



(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 42755 A1** (51) Cl. internationale : **F24J 2/54; H02S 20/32; F24J 2/38; G05D 3/10**
- (43) Date de publication : **28.09.2018**

-
- (21) N° Dépôt : **42755**
- (22) Date de Dépôt : **27.12.2016**
- (30) Données de Priorité : **04.01.2016 FR 1650014**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/FR2016/053672 27.12.2016**
- (71) Demandeur(s) : **OPTIMUM TRACKER, ARTEPARC Bâtiment A Route de la côte d'azur 13590 MEYREUIL (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **MICHOTTE DE WELLE, Madyan ; ARLIAUD, Jérôme**
- (74) Mandataire : **IP-TOP NOTH**

-
- (54) Titre : **CHAMP SOLAIRE AVEC CENTRALE SOLAIRE DE RÉFÉRENCE POUR UNE GESTION AMÉLIORÉE**
- (57) Abrégé : Champ solaire (1) comprenant des modules solaires (3)répartis en rangées (10), chaque module comprenant des capteurs solaires (5) portés par un suiveur solaire (4)mono-axe, une centrale solaire de référence (2)comprenant un module solaire de référence central et au moins un module solaire de référence secondaire,et une unité de pilotage conformée pour: -piloter l'orientation angulaire du module de référence central selon une consigne d'orientation de référence centrale correspondant à une consigne d'orien

Abrégé

Champ solaire (1) comprenant des modules solaires (3) répartis en rangées (10), chaque module comprenant des capteurs solaires (5) portés par un suiveur solaire (4) mono-axe, une centrale solaire de référence (2) comprenant un module solaire de référence central et au moins un module solaire de référence secondaire, et une unité de pilotage conformée pour: -piloter l'orientation angulaire du module de référence central selon une consigne d'orientation de référence centrale correspondant à une consigne d'orientation initiale; -piloter l'orientation de chaque module de référence secondaire selon une consigne d'orientation de référence secondaire correspondant à la consigne d'orientation initiale décalée d'un angle d'offset prédéfini; -recevoir une valeur de production d'énergie de chaque module de référence; -piloter l'orientation des modules, à l'exception des modules de référence, en appliquant la consigne d'orientation de référence associée au module de référence présentant la plus grande valeur de production.

Champ solaire avec centrale solaire de référence pour une gestion améliorée

La présente invention se rapporte à un champ solaire comprenant une pluralité de modules solaires répartis en plusieurs rangées parallèles, ainsi qu'à un procédé de gestion d'un tel champ solaire.

Elle se rapporte plus particulièrement à un champ solaire dans lequel chaque module solaire comprend au moins un capteur solaire, notamment du type panneau photovoltaïque, porté par un suiveur solaire mono-axe, où chaque suiveur solaire est piloté en rotation autour d'un axe principal au moyen d'un actionneur pour une rotation du module solaire permettant de suivre le soleil lors de son élévation et de sa descente d'est en ouest.

L'invention concerne donc le domaine des champs solaires comprenant des suiveurs solaires, autrement appelés systèmes de support suiveur ou « solar tracker », répartis en rangées parallèles et supportant des capteurs solaires, où les suiveurs solaires sont du type mono-axe c'est-à-dire orientable selon un unique axe principal, pour une rotation permettant de suivre le soleil lors de son élévation et de sa descente d'est en ouest. Pour précision, un tel axe principal s'étend généralement horizontalement et sensiblement parallèlement au sol sur lequel le suiveur solaire est ancré.

Au sein d'une même rangée, les suiveurs solaires sont alignés, avec leurs axes principaux sensiblement confondus, généralement selon une direction nord-sud.

Dans un champ solaire classique, il est connu de prévoir une unité de pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires, où l'unité de pilotage est reliée aux actionneurs pour asservir l'orientation angulaire des modules solaires en appliquant une consigne d'orientation commune à tous les modules solaires.

Cette consigne d'orientation commune est généralement établie sur la base d'un calcul astronomique de la position du soleil, pour un positionnement en temps réel en face du soleil, avec éventuellement des phases de mise à plat horizontal des capteurs solaires, en début et fin de journée. Cette consigne d'orientation commune dépend notamment de la date, car la position du soleil varie d'un jour à l'autre au fil des saisons.

Cependant, ce type d'asservissement basé uniquement sur base le calcul astronomique de la position du soleil, présente un inconvénient majeur en offrant un déficit de rendement dans certaines conditions météorologiques, et en particulier dans des conditions nuageuses qui sont causes d'un rayonnement solaire diffus. Le rayonnement solaire diffus se manifeste lorsque le rayonnement solaire direct se disperse dans les nuages et les particules atmosphériques. Le rayonnement solaire diffus résulte de la diffraction de la lumière par les nuages et les molécules diverses en suspension dans l'atmosphère. Le rayonnement solaire diffus ne suit donc pas nécessairement la direction définie par le soleil en direction du point d'observation à la surface de la Terre. Par conséquent, dans des conditions nuageuses, il peut être préférable, pour obtenir un rendement maximal au regard de ces conditions, d'orienter les suiveurs ou modules solaires sur une orientation dite indirecte ou diffuse qui ne correspond pas nécessairement à la direction du rayonnement solaire direct.

En outre, le capteur solaire peut être du type double face, c'est-à-dire avec une face supérieure productive faisant face au soleil et une face inférieure également productive faisant face au sol. La face inférieure reçoit le rayonnement solaire réfléchi par le sol, généralement appelé albédo. Ainsi, en fonction de l'albédo, il peut être préférable, pour obtenir un rendement maximal, d'orienter les suiveurs ou modules solaires sur une orientation dite indirecte qui ne correspond pas nécessairement à la direction du rayonnement solaire direct.

La présente invention a pour but de résoudre ces inconvénients en proposant un champ solaire, et un procédé de gestion associé, qui permettent d'asservir les modules solaires sur une consigne d'orientation commune qui prendra en compte, au moins partiellement, le rayonnement diffus et/ou l'albédo.

A cet effet, elle propose un champ solaire comprenant une pluralité de modules solaires répartis en plusieurs rangées parallèles, chaque module solaire comprenant au moins un capteur solaire, notamment du type panneau photovoltaïque, porté par un suiveur solaire mono-axe, où chaque suiveur solaire est piloté en rotation autour d'un axe principal au moyen d'un actionneur pour une rotation du module solaire permettant de suivre le soleil lors de son élévation et de sa descente d'est en ouest, ledit champ solaire comprenant en outre une unité de pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires,

- ladite unité de pilotage étant reliée aux actionneurs pour asservir l'orientation angulaire des modules solaires en appliquant une consigne d'orientation commune à tous les modules solaires, ledit champ solaire étant remarquable en ce qu'il comprend une centrale solaire de référence comprenant au moins
- 5 deux modules solaires de référence, dont un module solaire de référence central et au moins un module solaire de référence secondaire, où l'unité de pilotage est conformée pour :
- piloter l'orientation angulaire du module solaire de référence central selon une consigne d'orientation de référence dite centrale correspondant à une

10 consigne d'orientation initiale,

 - piloter l'orientation du ou de chaque module solaire de référence secondaire selon une consigne d'orientation de référence dite secondaire, ladite consigne d'orientation de référence secondaire correspondant à la consigne d'orientation initiale décalée d'un angle dit d'offset prédéfini non nul associé audit module

15 solaire de référence secondaire, le module solaire de référence central étant ainsi associé à un angle d'offset nul ;

 - recevoir une valeur de production d'énergie solaire de chaque module solaire de référence ;
 - piloter l'orientation angulaire des modules solaires, à l'exception des

20 modules solaires de référence, en appliquant comme consigne d'orientation commune la consigne d'orientation de référence associée au module solaire de référence présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire.

Ainsi, la centrale solaire de référence va permettre de tester une consigne d'orientation initiale (par exemple une consigne de suivi du

25 rayonnement solaire direct) et au moins une consigne d'orientation de référence secondaire (avantageusement plusieurs consignes d'orientation de référence secondaires) décalée angulairement par rapport à la consigne d'orientation initiale d'un angle d'offset. La plupart du temps, c'est la consigne d'orientation initiale qui sera appliquée, mais en cas de nuage, et donc de

30 rayonnement diffus, et/ou en cas d'albédo élevé, un décalage d'un angle d'offset peut s'avérer offrir une meilleure production d'énergie solaire, et donc la centrale solaire de référence va permettre de relever qu'une consigne d'orientation de référence secondaire associée à un angle d'offset est à privilégier, et donc l'unité de pilotage mettra en œuvre un décalage de l'angle

35 d'offset pour l'ensemble des modules solaires, à l'exception des modules

solaires de référence. Plus il y a de modules solaires de référence secondaires, et plus il sera possible de tester différents angles d'offset.

Cette solution est particulièrement simple et peu coûteuse à mettre en œuvre, tout en procurant une amélioration de la production d'énergie solaire globale du champ solaire, car elle prend en compte directement la production d'énergie solaire pour un ou plusieurs angles d'offset autour de la consigne d'orientation initiale.

Selon une caractéristique, la centrale solaire de référence comprend plusieurs modules solaires de référence secondaires associés chacun à un angle d'offset dédié.

Selon une autre caractéristique, la centrale solaire de référence comprend un nombre N de modules solaires de référence secondaire associés à des angles d'offset positifs et un nombre M de modules solaires de référence secondaire associés à des angles d'offset négatifs, où N et M sont des entiers.

Quatre configurations générales sont envisageables :

- si $N=M \neq 0$, alors la centrale solaire de référence comprend au moins une paire de modules solaires de référence secondaires associés respectivement à un angle d'offset positif et à un angle d'offset négatif.
- si $N \neq 0$ et $M=0$, alors la centrale solaire de référence comprend uniquement des modules solaires de référence secondaires associés à des angles d'offset positifs ;
- si $N=0$ et $M \neq 0$, alors la centrale solaire de référence comprend uniquement des modules solaires de référence secondaires associés à des angles d'offset négatifs ;
- si $N \neq 0$, $M \neq 0$ et $N \neq M$, alors la centrale solaire de référence comprend un nombre différent de modules solaires de référence secondaires associés à des angles d'offset positifs que de modules solaires de référence secondaires associés à des angles d'offset négatifs.

Dans un mode de réalisation particulier, au moins un écart entre deux angles d'offset voisins est inférieur à 3 degrés en valeur absolue ; l'un de ces deux angles d'offset pouvant correspondre à l'angle d'offset nul du module solaire de référence central.

Autrement dit, le décalage angulaire entre les consignes d'orientation d'au moins deux modules solaires de référence voisins ne dépasse pas 3 degrés, ce qui est suffisant pour tester différents angles d'offset.

Il est à noter que l'écart entre deux angles d'offset voisins peut être constant ou bien au contraire ne pas être constant.

Selon une possibilité de l'invention, le champ solaire comprend, en entrée de l'unité de pilotage, une unité de calcul de la consigne d'orientation initiale en fonction d'un calcul astronomique de la position du soleil.

Il est également envisageable que l'unité de calcul soit conformée pour calculer la consigne d'orientation initiale en fonction de l'un au moins des paramètres suivants : orientations minimales et maximales accessibles pour les suiveurs solaires, ombrages des modules solaires d'une rangée sur les modules solaires d'une rangée adjacente.

Selon une autre possibilité de l'invention, l'unité de pilotage est conformée pour piloter l'orientation angulaire des modules solaires, à l'exception des modules solaires de référence, en appliquant comme consigne d'orientation commune la consigne d'orientation secondaire appliquée à un module solaire de référence secondaire présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire, seulement si ce module solaire de référence secondaire présente la plus grande valeur de production d'énergie solaire pendant une durée d'attente prédéfinie.

Ainsi, une attente est mise en place avant de basculer sur une consigne d'orientation secondaire, pour éviter de changer d'orientation plus ou moins souvent et plus ou moins vite. En effet, chaque changement d'orientation sollicite au moins un actionneur (généralement un moteur électrique), engendrant une consommation électrique et une usure des organes mécaniques sollicités par le changement d'orientation (paliers, éléments de guidage en rotation, ...). Ces consommations électriques et ces usures ne seront pas nécessairement compensées par les gains de productivité obtenus en se calant sur les consignes d'orientation secondaires.

L'invention se rapporte également à procédé de gestion d'un champ solaire conforme à l'invention, ce procédé comprenant les étapes suivantes réalisées de manière répétitive :

- calcul d'une consigne d'orientation initiale ;

- pilotage de l'orientation angulaire du module solaire de référence central selon une consigne d'orientation de référence dite centrale correspondant à la consigne d'orientation initiale ;
 - pilotage de l'orientation du ou de chaque module solaire de référence
5 secondaire selon une consigne d'orientation de référence dite secondaire, ladite consigne d'orientation de référence secondaire correspondant à la consigne d'orientation initiale décalée d'un angle dit d'offset prédéfini non nul associé audit module solaire de référence secondaire ;
 - réception d'une valeur de production d'énergie solaire de chaque module
10 solaire de référence ;
 - pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires, à l'exception des modules solaires de référence, en appliquant comme consigne d'orientation commune la consigne d'orientation de référence associée au module solaire de référence présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire.
 - 15 Conformément à une caractéristique avantageuse de l'invention, si la plus grande valeur de production d'énergie solaire est associée à la consigne d'orientation de référence secondaire associée à un module solaire de référence secondaire, alors le procédé met en œuvre le pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires, à l'exception des modules solaires
20 de référence, en appliquant comme consigne d'orientation commune ladite consigne d'orientation de référence secondaire, seulement si ce module solaire de référence secondaire présente la plus grande valeur de production d'énergie solaire pendant une durée d'attente prédéfinie.
- Avantageusement, la durée d'attente est établie en fonction de l'un
25 au moins des paramètres suivants :
- une consommation d'énergie nécessaire pour modifier l'orientation des modules solaires, à l'exception des modules solaires de référence, de l'angle d'offset associé au module solaire de référence secondaire présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire ;
 - 30 - un taux d'usure d'organes mécaniques des suiveurs solaires des modules solaires, à l'exception des modules solaires de référence, sollicités lors d'un changement d'orientation de l'angle d'offset associé au module solaire de référence secondaire présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire.

La présente invention concerne également la caractéristique selon laquelle la consigne d'orientation initiale est calculée en fonction d'un calcul astronomique de la position du soleil.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, d'un exemple de mise en œuvre non limitatif, faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un champ solaire conforme à l'invention ;
- 10 - la figure 2 est une vue schématique en perspective de plusieurs rangées de modules solaires dans un champ solaire conforme à l'invention ;
- les figures 3 et 4 sont des vues schématiques en perspective de deux exemples de centrale solaire de référence ;
- 15 - la figure 5 est une représentation sous forme d'un schéma fonctionnel des étapes mises en œuvre lors d'un procédé de gestion conforme à l'invention ; et
- la figure 6 est une représentation schématique d'une courbe de variation de la consigne d'orientation initiale en fonction du temps, à une date donnée.
- 20

La figure 1 illustre un champ solaire 1 conforme à l'invention, comprenant plusieurs groupements GR de plusieurs rangées 10 de modules solaires (ces modules solaires étant non illustrés sur la figure 1 et visibles sur la figure 2), ces groupements GR et ces rangées 10 étant répartis et dimensionnés en fonction de la morphologie du terrain qui accueille le champ solaire 1. Le champ solaire 1 comporte également une centrale solaire de référence 2 décrite ultérieurement.

En référence à la figure 2, chaque rangée 10 comprend plusieurs modules solaires 3 alignés selon la direction nord-sud et disposés côte à côte au sein de la rangée 10.

Chaque module solaire 3 comprend un suiveur solaire 4 mono-axe orientable autour d'un axe principal A de rotation, du type comprenant :

- une structure fixe 40 d'ancrage au sol constituée par exemple d'un ou plusieurs pylônes ancrés au sol, par exemple par battage, vissage, boulonnage, lestage, ou autre moyen équivalent permettant de fixer et stabiliser au sol la structure fixe 40 ;
- 35

- une structure mobile (non visible), notamment du type plateforme composée d'un assemblage de poutres, longerons et/ou traverses, où la structure mobile est montée à rotation sur la structure fixe 40 selon l'axe principal A, et notamment montée à rotation sur les extrémités supérieures du ou des pylônes ;
- un système mécanique d'entraînement en rotation de la structure mobile selon l'axe principal A.

Chaque suiveur solaire 3 est piloté en rotation autour de son axe principal A au moyen d'un actionneur (non illustré) pour une rotation du module solaire 3 permettant de suivre le soleil lors de son élévation et de sa descente d'est en ouest. Cet actionneur peut être propre à chaque module solaire 3, ou peut être mis en commun entre plusieurs modules solaires 3, par exemple au sein d'une même rangée 10, voire de deux ou plus rangées 10.

Chaque module solaire 3 comprend en outre au moins un capteur solaire 5, et notamment un ou plusieurs panneaux photovoltaïques, supporté par ou monté sur la structure mobile du suiveur solaire 4. Pour la suite de la description, les capteurs solaires sont des panneaux photovoltaïques 5.

En référence à la figure 2, l'axe de rotation A est substantiellement horizontal et dirigé selon la direction nord-sud. Lorsque le suiveur solaire 1 est à l'horizontal ou à plat (comme visible sur la figure 2), le ou les panneaux photovoltaïques 5 sont à l'horizontale en s'étendant selon un plan horizontal défini par un axe longitudinal X (parallèle à l'axe principal A) selon la direction nord-sud et par un axe transversal Y selon la direction est-ouest, de manière orthogonale à un axe vertical Z.

Pour la suite de la description, l'orientation angulaire, autrement appelée angle d'inclinaison, d'un module solaire 3 (ou orientation angulaire du suiveur solaire 3 et du ou des panneaux photovoltaïques 5) correspond à l'angle de la normale au(x) panneau(x) photovoltaïque(s) 5 vis-à-vis de l'axe vertical Z pris dans un plan horizontal (X, Y). Ainsi, lorsque le suiveur solaire 1 est à l'horizontal ou à plat (comme schématisé sur la figure 2), cette orientation angulaire est de 0 degré.

En référence à la figure 5, le champ solaire 1 comprend en outre une unité de calcul 6 propre à calculer une consigne d'orientation initiale COI en fonction d'un calcul astronomique de la position du soleil.

La figure 6 illustre un exemple de variation de la consigne d'orientation initiale COI en fonction du temps t, à une date donnée, sur une

amplitude horaire d'une journée prise entre 4 heures du matin (4 AM) et sept heures du soir (7 PM). Il est à noter que cette variation présente des paliers à - 50 degrés en matinée et à + 50 degrés en après-midi, correspondant aux orientations maximales et minimales du module solaire 3, car la rotation du module solaire 3 est limitée pour des raisons mécaniques.

Cette consigne d'orientation initiale COI peut également être calculée en fonction d'autres paramètres, comme par exemple une optimisation prenant en compte les phénomènes d'ombrage des modules solaires 3 d'une rangée 10 sur les modules solaires 3 d'une rangée 10 adjacente.

En référence à la figure 5, le champ solaire 1 comprend également une unité de pilotage 7 propre à piloter l'orientation angulaire des modules solaires 3 des rangées 10 des groupements GR, cette unité de pilotage 7 étant reliée aux actionneurs de ces modules solaires 3 pour asservir leurs orientations angulaires en appliquant une consigne d'orientation commune COC à tous ces modules solaires 3.

Cette unité de pilotage 7 est reliée en entrée à l'unité de calcul 6 afin de recevoir comme donnée d'entrée la consigne d'orientation initiale COI et est reliée en sortie à ces modules solaires 3 (et plus spécifiquement à leurs actionneurs) afin de délivrer en sortie la consigne d'orientation commune COC qui sera appliquée à tous les modules solaires 3.

Cette unité de pilotage 7 est également raccordée à la centrale solaire de référence 2 pour établir cette consigne d'orientation commune COC en fonction de la consigne d'orientation initiale COI et également en fonction d'une réponse de cette centrale solaire de référence 2.

En référence aux figures 3 et 4, la centrale solaire de référence 2 comprend plusieurs modules solaires de référence 20(i) (i entier relatif), dont un module solaire de référence central 20(0) et plusieurs modules solaires de référence secondaires 20(j) (j entier relatif non nul). Dans l'exemple des figures 3 à 5, la centrale solaire de référence 2 comprend deux paires de modules solaires de référence secondaires, à savoir une première paire de modules solaires de référence secondaires 21(+1), 21(-1), et une seconde paire de modules solaires de référence secondaires 21(+2), 21(-2).

Les modules solaires de référence 20(i) sont du même type que les modules solaires 3 décrits précédemment, mais ils peuvent éventuellement présenter des dimensions différentes. Les modules solaires de référence 20(i) comprennent ainsi un support suiveur 4 mobile en rotation selon un axe

principal A et supportant au moins un capteur solaire 5 de la même technologie que les capteurs solaires 5 des modules solaires 3.

Au sein de la centrale solaire de référence 2, ces modules solaires de référence 20(i) peuvent par exemple être alignés orthogonalement à leurs axes principaux A de rotation (comme visible sur la figure 3), ou bien être alignés selon leurs axes principaux A de rotation.

L'unité de pilotage 7 est conformée pour :

- piloter l'orientation angulaire du module solaire de référence central 20(0) selon une consigne d'orientation de référence dite centrale COR(0) correspondant à la consigne d'orientation initiale COI (autrement dit $COR(0) = COI$ et angle d'offset associé OFF(0) nul) ;
- piloter l'orientation de chaque module solaire de référence secondaire 20(j) selon une consigne d'orientation de référence secondaire COR(j) associée, cette consigne d'orientation de référence secondaire COS(j) correspondant à la consigne d'orientation initiale COI décalée d'un angle dit d'offset OFF(j) prédéfini associé au module solaire de référence secondaire 20(j) (autrement dit $COR(j) = COI + OFF(j)$).

Ainsi, l'unité de pilotage 7 pilote l'orientation angulaire du module solaire de référence central 20(0) de sorte qu'il suive la courbe de la consigne d'orientation initiale COI. De plus, l'unité de pilotage 7 pilote l'orientation angulaire de chaque module solaire de référence secondaire 20(j) de sorte qu'il suive la courbe de la consigne d'orientation initiale COI décalée de l'angle d'offset OFF(j) dédié au module solaire de référence secondaire 20(j).

Pour chaque paire de modules solaires de référence secondaires 21(+1), 21(-1) (respectivement 21(+2), 21(-2)), un module de référence secondaire 21(+1) (respectivement 21(+2)) est associé à un angle d'offset OFF(+1) (respectivement OFF(+2)) positif et l'autre module de référence secondaire 21(-1) (respectivement 21(-2)) est associé à un angle d'offset OFF(-1) (respectivement OFF(-2)) négatif. De plus, OFF(-1) et OFF(+1) (respectivement OFF(-2) et OFF(+2)) sont égaux en valeur absolue.

De manière générale, $j = +k$ ou $-k$ (ou k entier positif), et $OFF(+k) = +Ak$ et $OFF(-k) = -Ak$, où Ak angle positif. Autrement dit, l'angle d'offset positif (+ Ak) et l'angle d'offset négatif (- Ak) de chaque paire de modules solaires de référence secondaires 20(+ k), 20(- k) sont égaux en valeur absolue.

Il est à noter que plus j est élevé en valeur absolue (autrement dit plus k est grand), et plus l'angle d'offset $OFF(i)$ (autrement dit $OFF(+k)$ ou $OFF(-k)$) est grand en valeur absolue.

De plus, les angles d'offset de plus petite valeur absolue, c'est-à-dire les angles d'offset $OFF(+1)$ et $OFF(-1)$, sont inférieurs ou égaux à 3 degrés en valeur absolue. Autrement dit, $|OFF(+1)| = |OFF(-1)| = A1 \leq 3$ degrés.

De plus, l'écart entre deux angles d'offset voisins est inférieur ou égal à 3 degrés en valeur absolue. Autrement dit, $|OFF(i) - OFF(i+1)| \leq 3$ degrés et $|OFF(i) - OFF(i-1)| \leq 3$ degrés.

Il est envisageable que $|OFF(i) - OFF(i+1)| = |OFF(i) - OFF(i-1)| = PA$. Autrement dit, le pas PA est constant entre les angles d'offset, de sorte que $OFF(i) = i.PA$, avec un angle d'offset $OFF(0)$ nul pour le module solaire de référence central $20(0)$ (où $i=0$). Ce pas PA est positif, non nul et inférieur ou égal à 3 degrés. Donc, $OFF(+1) = PA$, $OFF(-1) = -PA$, $OFF(+2) = 2PA$ et enfin $OFF(-2) = -2PA$. Ainsi, on a la relation générale suivante : $COR(i) = COI + i.PA$.

Il est bien entendu envisageable que l'écart entre deux angles d'offset $OFF(i)$ voisins varie, autrement dit le pas peut ne pas être constant.

Il est aussi envisageable d'avoir plus de modules solaires de référence secondaires $21(j)$ associés à des angles d'offset $OFF(j)$ positifs, ou inversement avoir plus de modules solaires de référence secondaires $21(j)$ associés à des angles d'offset $OFF(j)$ négatifs. Autrement dit, il est envisageable que la centrale solaire de référence 2 comprenne :

- des modules solaires de référence secondaire $20(j)$ associés uniquement à des angles d'offset $OFF(j)$ positifs ; ou
- des modules solaires de référence secondaire $20(j)$ associés uniquement à des angles d'offset $OFF(j)$ négatifs ; ou
- $P1$ modules solaires de référence secondaire $20(j)$ associés à des angles d'offset $OFF(j)$ positifs et $P2$ modules solaires de référence secondaire $20(j)$ associés à des angles d'offset $OFF(j)$ négatifs, où $P1$ et $P2$ sont des entiers non nuls et $P1$ différent de $P2$ ($P1$ peut être supérieur ou inférieur à $P2$).

Le nombre de modules solaires de référence secondaires $21(j)$ et le choix de leurs angles d'offset $OFF(j)$ (pas, signes, valeurs) dépend notamment du site d'accueil du champ solaire 1 (configuration, environnement tel que présence de collines, montagnes, étendues d'eau, etc.) et de la technologie des capteurs solaires 5.

Ensuite, l'unité de pilotage 7 met en œuvre les étapes suivantes :

- recevoir une valeur de production d'énergie solaire $P(i)$ de chaque module solaire de référence 20(i) ;
- adresser aux modules solaires 3 (à l'exception des modules solaires de référence 20(i)), comme consigne d'orientation commune COC, la consigne d'orientation de référence $COR(i)$ associée au module solaire de référence 20(i) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire $P(i)$.

Ainsi, l'unité de pilotage 7 pilote l'orientation angulaire des modules solaires 3 en appliquant comme consigne d'orientation commune la consigne d'orientation de référence $COR(i)$ associée au module solaire de référence 20(i) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire $P(i)$. Autrement dit, $COC = COR(m) = COI + m.PA$ où $P(m)$ correspond au maximum des $P(i)$.

Si la plus grande valeur de production d'énergie solaire est associée à la consigne d'orientation de référence secondaire $COR(j)$ associée à un module solaire de référence secondaire 20(j), alors l'unité de pilotage 7 met en œuvre le pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires 3 en appliquant comme consigne d'orientation commune COC ladite consigne d'orientation de référence secondaire $COR(j)$, seulement si ce module solaire de référence secondaire 20(j) présente la plus grande valeur de production d'énergie solaire $P(j)$ pendant une durée d'attente DAT prédéfinie.

Cette durée d'attente DAT est établie en fonction de l'un au moins des paramètres suivants :

- une consommation d'énergie nécessaire pour modifier l'orientation des modules solaires 3, à l'exception des modules solaires de référence 20(i), de l'angle d'offset $OFF(j)$ associé au module solaire de référence secondaire 20(j) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire $P(j)$;
- un taux d'usure d'organes mécaniques des suiveurs solaires 4 des modules solaires 3, à l'exception des modules solaires de référence 20(i), sollicités lors d'un changement d'orientation de l'angle d'offset $OFF(j)$ associé au module solaire de référence secondaire 20(j) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire $P(j)$.

Ainsi, en particulier en cas de rayonnement diffus et/ou d'albédo si les panneaux photovoltaïques sont du type double face, la central solaire de référence 2 permet de détecter qu'un angle d'offset $OFF(j)$ appliqué par rapport à la consigne d'orientation initiale COI, procurera un accroissement dans la

production d'énergie solaire, et l'unité de pilotage 7 reportera cet angle d'offset OFF(j) à l'ensemble des modules solaires 3 afin d'augmenter la production électrique du champ solaire 1.

5 Bien entendu l'exemple de mise en œuvre évoqué ci-dessus ne présente aucun caractère limitatif et d'autres améliorations et détails peuvent être apportés au champ solaire selon l'invention, sans pour autant sortir du cadre de l'invention où d'autres formes de modules solaires et/ou de capteurs solaires peuvent par exemple être réalisées.

REVENDEICATIONS

1. Champ solaire (1) comprenant une pluralité de modules solaires (3) répartis en plusieurs rangées (10) parallèles, chaque module solaire (3) comprenant au moins un capteur solaire (5), notamment du type panneau photovoltaïque, porté par un suiveur solaire (4) mono-axe, où chaque suiveur solaire (4) est piloté en rotation autour d'un axe principal (A) au moyen d'un actionneur pour une rotation du module solaire (3) permettant de suivre le soleil lors de son élévation et de sa descente d'est en ouest, ledit champ solaire (1) comprenant en outre une unité de pilotage (7) de l'orientation angulaire des modules solaires (3), ladite unité de pilotage (7) étant reliée aux actionneurs pour asservir l'orientation angulaire des modules solaires (3) en appliquant une consigne d'orientation commune (COC) à tous les modules solaires (3), ledit champ solaire (1) étant caractérisé en ce qu'il comprend une centrale solaire de référence (2) comprenant au moins deux modules solaires de référence (20(i)), dont un module solaire de référence central (20(0)) et au moins un module solaire de référence secondaire (20(j)), où l'unité de pilotage (7) est conformée pour :

- piloter l'orientation angulaire du module solaire de référence central (20(0)) selon une consigne d'orientation de référence dite centrale (COR(0)) correspondant à une consigne d'orientation initiale (COI),
- piloter l'orientation du ou de chaque module solaire de référence secondaire (20(j)) selon une consigne d'orientation de référence dite secondaire (COR(j)), ladite consigne d'orientation de référence secondaire (COR(j)) correspondant à la consigne d'orientation initiale (COI) décalée d'un angle dit d'offset (OFF(j)) prédéfini non nul associé audit module solaire de référence secondaire (20(j)), le module solaire de référence central (20(0)) étant ainsi associé à un angle d'offset (OFF(0)) nul ;
- recevoir une valeur de production d'énergie solaire (P(i)) de chaque module solaire de référence (20(i)) ;
- piloter l'orientation angulaire des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), en appliquant comme consigne d'orientation commune (COC) la consigne d'orientation de référence (COR(i) ; COR(0), COR(j)) associée au module solaire de référence (20(i)) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(i)).

2. Champ solaire (1) selon la revendication 1, dans lequel la centrale solaire de référence (2) comprend plusieurs modules solaires de référence secondaires (20(j)) associés chacun à un angle d'offset (OFF(j)) dédié.

5 3. Champ solaire (1) selon la revendication 2, dans lequel la centrale solaire de référence (2) comprend un nombre N de modules solaires de référence secondaire (20(j)) associés à des angles d'offset (OFF(j)) positifs et un nombre M de modules solaires de référence secondaire (20(j)) associés à des angles d'offset OFF(j) négatifs, où N et M sont des entiers.

10

4. Champ solaire (1) selon les revendications 2 ou 3, dans lequel l'écart (PA) entre deux angles d'offset (OFF(i)) voisins est inférieur ou égal à 3 degrés en valeur absolue.

15

5. Champ solaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant, en entrée de l'unité de pilotage (7), une unité de calcul (6) de la consigne d'orientation initiale (COI) en fonction d'un calcul astronomique de la position du soleil.

20

6. Champ solaire (1) selon la revendication 5, dans lequel l'unité de calcul (6) est conformée pour calculer la consigne d'orientation initiale (COI) en fonction de l'un au moins des paramètres suivants : orientations minimales et maximales accessibles pour les suiveurs solaires, ombrages des modules solaires d'une rangée sur les modules solaires d'une rangée adjacente.

25

7. Champ solaire (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'unité de pilotage (7) est conformée pour piloter l'orientation angulaire des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), en appliquant comme consigne d'orientation commune (COC) la consigne d'orientation secondaire (COR(j)) appliquée à un module solaire de référence secondaire (20(j)) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)), seulement si ce module solaire de référence secondaire (20(j)) présente la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)) pendant une durée d'attente (DAT) prédéfinie.

35

8. Procédé de gestion d'un champ solaire (1) conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, ledit procédé comprenant les étapes suivantes réalisées de manière répétitive :

- calcul d'une consigne d'orientation initiale (COI) ;
- 5 - pilotage de l'orientation angulaire du module solaire de référence central (20(0)) selon une consigne d'orientation de référence dite centrale (COR(0)) correspondant à la consigne d'orientation initiale (COI) ;
- pilotage de l'orientation du ou de chaque module solaire de référence secondaire (20(j)) selon une consigne d'orientation de référence dite
10 secondaire (COR(j)), ladite consigne d'orientation de référence secondaire (COR(j)) correspondant à la consigne d'orientation initiale (COI) décalée d'un angle dit d'offset (OFF(j)) prédéfini non nul associé audit module solaire de référence secondaire (20(j)) ;
- réception d'une valeur de production d'énergie solaire (P(i)) de chaque
15 module solaire de référence (20(i)) ;
- pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), en appliquant comme consigne d'orientation commune (COC) la consigne d'orientation de référence (COR(i) ; COR(0), COR(j)) associée au module solaire de référence (20(i))
20 présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(i)).

9. Procédé de gestion selon la revendication 8, dans lequel, si la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)) est associée à la consigne d'orientation de référence secondaire (COR(j)) associée à un
25 module solaire de référence secondaire (20(j)), alors le procédé met en œuvre le pilotage de l'orientation angulaire des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), en appliquant comme consigne d'orientation commune (COC) ladite consigne d'orientation de référence secondaire (COR(j)), seulement si ce module solaire de référence
30 secondaire (20(j)) présente la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)) pendant une durée d'attente prédéfinie.

10. Procédé de gestion selon les revendications 8 ou 9, dans lequel la durée d'attente est établie en fonction de l'un au moins des paramètres
35 suivants :

- 5 - une consommation d'énergie nécessaire pour modifier l'orientation des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), de l'angle d'offset (OFF(j)) associé au module solaire de référence secondaire (20(j)) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)) ;
- 10 - un taux d'usure d'organes mécaniques des suiveurs solaires des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), sollicités lors d'un changement d'orientation de l'angle d'offset (OFF(j)) associé au module solaire de référence secondaire (20(j)) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(j)).

15 11. Procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel la consigne d'orientation initiale (COI) est calculée en fonction d'un calcul astronomique de la position du soleil. .

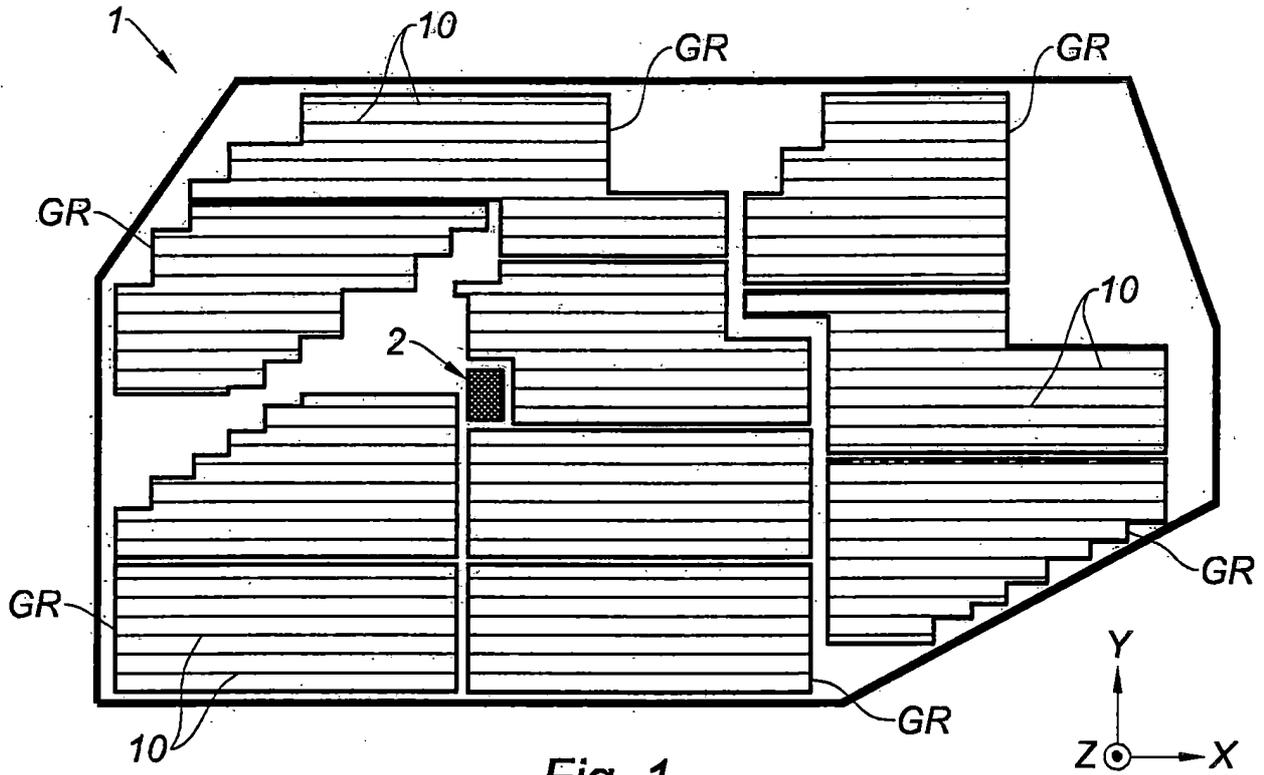


Fig. 1

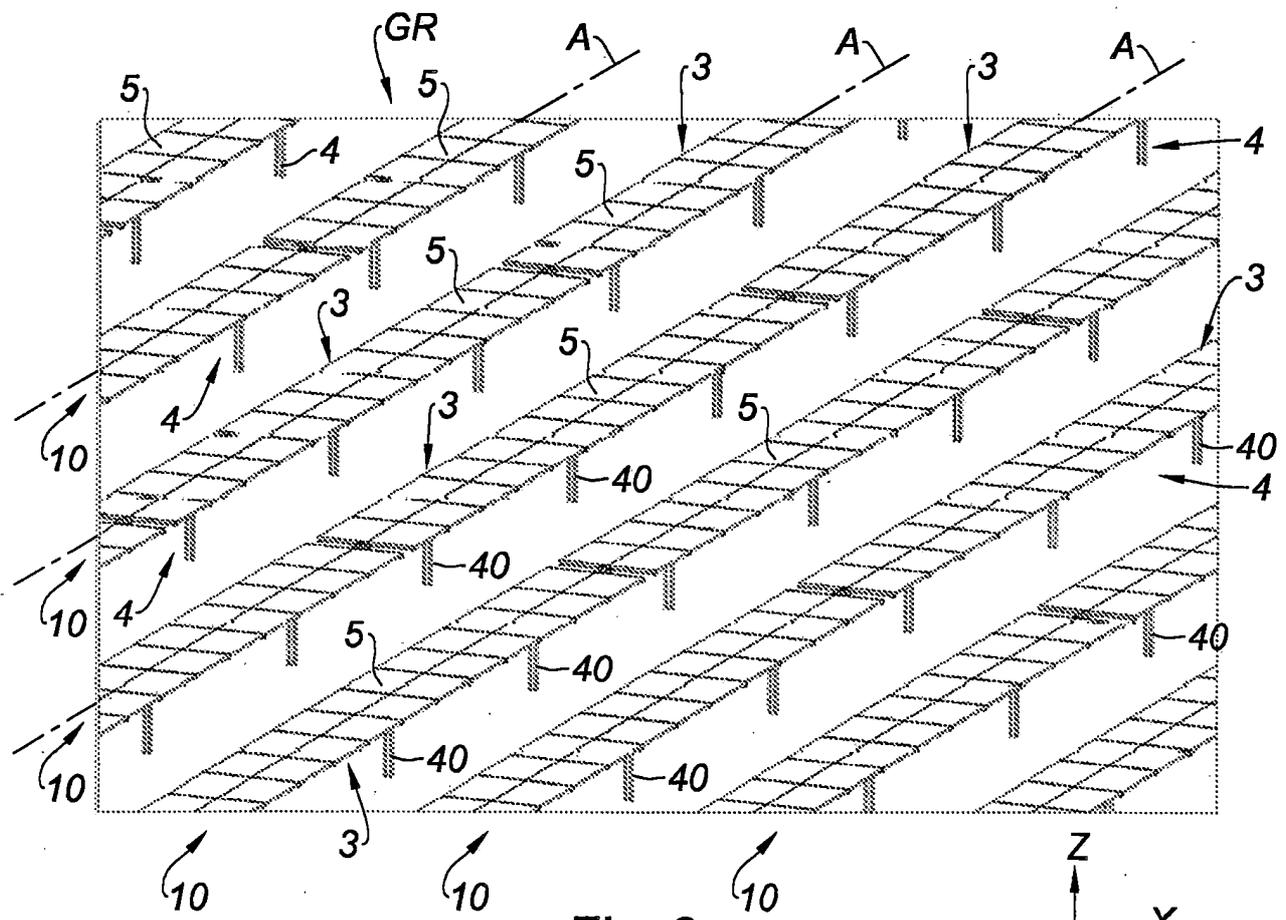
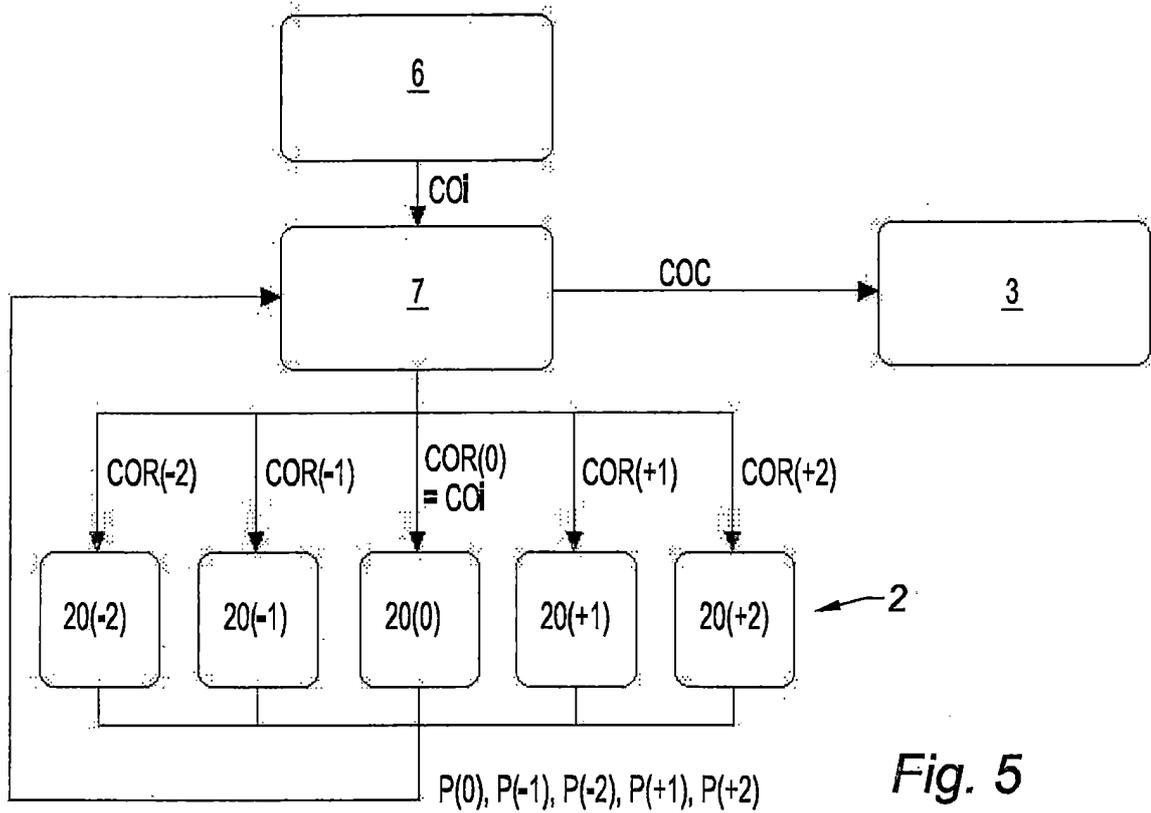
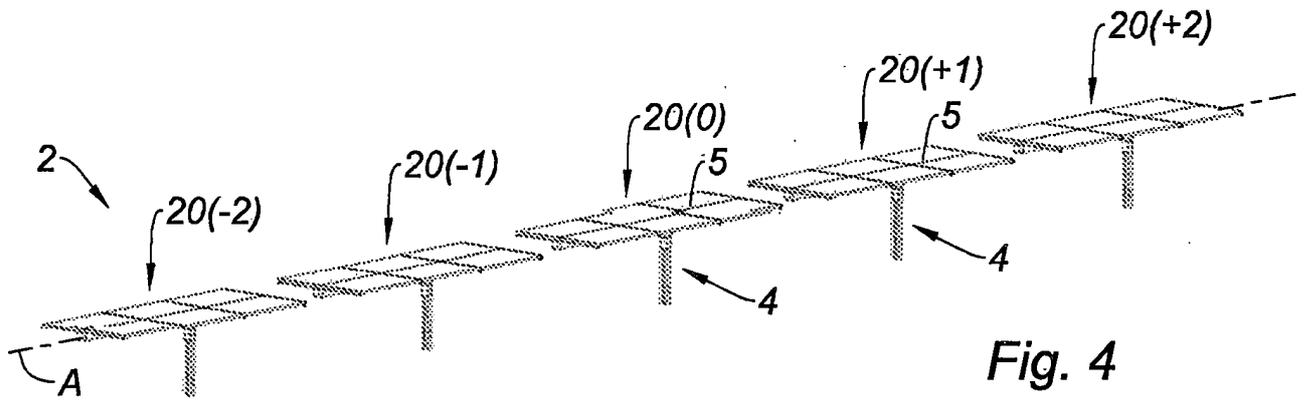
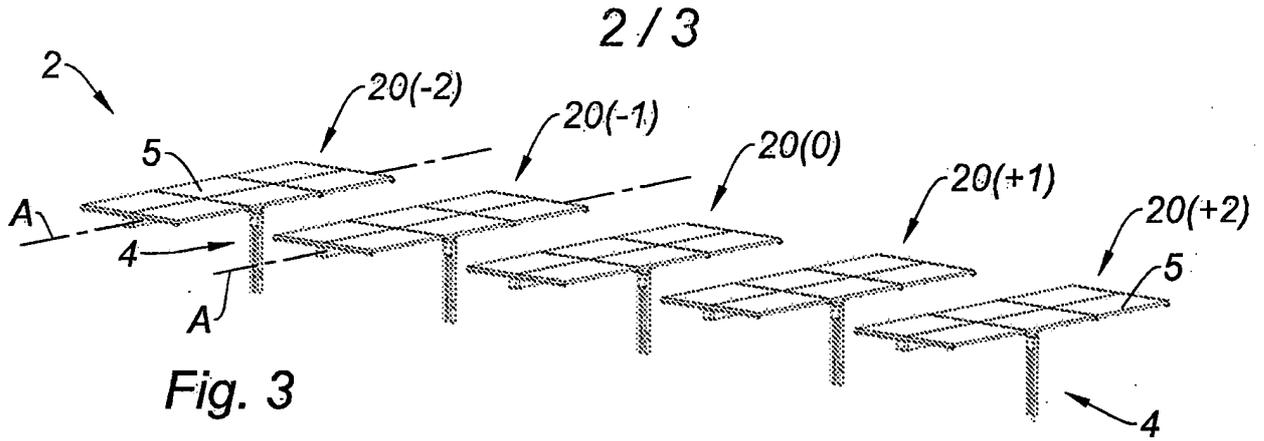


Fig. 2



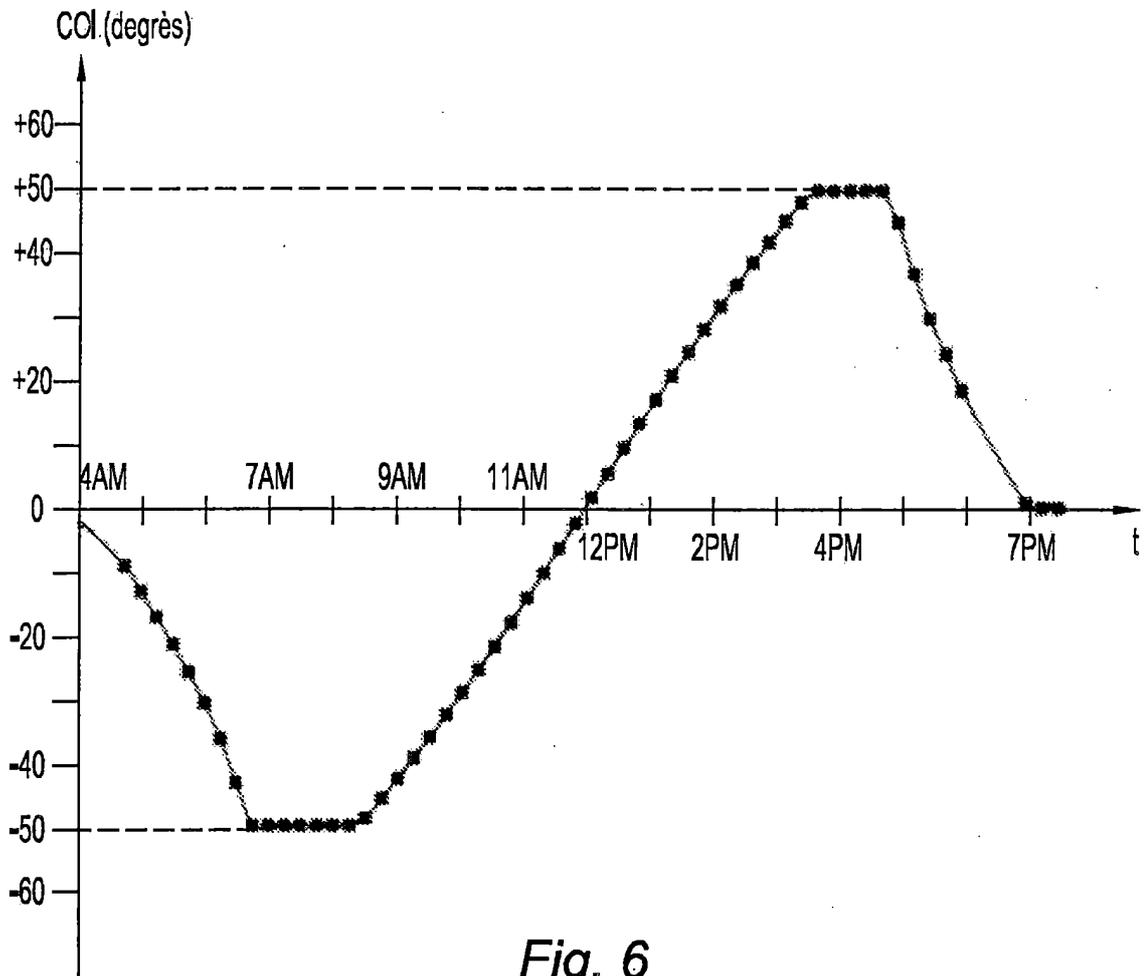


Fig. 6



**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)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 42755	Date de dépôt : 27/12/2016 ; Date d'entrée en phase nationale : 29/06/2018
Déposant : OPTIMUM TRACKER	Date de priorité: 04/01/2016
Intitulé de l'invention : CHAMP SOLAIRE AVEC CENTRALE SOLAIRE DE RÉFÉRENCE POUR UNE GESTION AMÉLIORÉE	
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 http://worldwide.espacenet.com , 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: 19/09/2018
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales		
<i>Cadre 1 : base du présent rapport</i>		
Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :		
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 13 Pages • <u>Revendications</u> 1-11 • <u>Planches de dessin</u> 3 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
Classement de l'objet de la demande :		
CIB : H02S20/32, G05D3/10, F24J2/54, F24J2/38		
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
A	GB2467197; EMCORE SOLAR POWER INC [US] ; 28/07/2010	1-11
A	US2013056614 ; BALACHANDRESWARAN DHANUSHAN [CA], et al ; 07/03/2013	1
A	US2014014157 ; LEE TSUNG CHIEH [TW], et al ; 16/01/2014	1
*Catégories spéciales de documents cités :		
<p>-« 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</p> <p>-« 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</p> <p>-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>-« 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</p> <p>-« 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</p>		

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui 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 : GB2467197

1. Nouveauté (N) :

Aucun document de l'état de la technique considéré ne divulgue un champ solaire comprenant une pluralité de modules solaires répartis en plusieurs rangées parallèles tel que décrit dans la revendication 1 de la présente demande.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 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 2-11 est également nouveau.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un champ solaire (implicite) comprenant une pluralité de modules solaires répartis en plusieurs rangées parallèles, chaque module solaire (fig. 1) comprenant au moins un capteur solaire (fig. 1, 2), notamment du type panneau photovoltaïque, porté par un suiveur solaire (paragraphe 1) mono-axe, où chaque suiveur solaire (4) est piloté en rotation autour d'un axe principal au moyen d'un actionneur pour une rotation du module solaire permettant de suivre le soleil lors de son élévation (fig. 1D) et de sa descente d'est en ouest, ledit champ solaire comprenant en outre une unité de pilotage (212) de l'orientation angulaire des modules solaires (paragraphe 0076, 0077), ladite unité de pilotage étant reliée aux actionneurs pour asservir l'orientation angulaire des modules solaires en appliquant une consigne d'orientation commune (602) à tous les modules solaires.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce champs connu en ce que ledit champ solaire (1) étant caractérisé en ce qu'il comprend une centrale solaire de référence (2) comprenant au moins deux modules solaires de référence (20(i)), dont un module solaire de référence central (20(0)) et au moins un module solaire de référence secondaire (20(j)), où l'unité de pilotage (7) est conformée pour :

- piloter l'orientation angulaire du module solaire de référence central (20(0)) selon une consigne d'orientation de référence dite centrale (COR(0)) correspondant à une consigne d'orientation initiale (COI),
- piloter l'orientation du ou de chaque module solaire de référence secondaire(20(j)) selon une consigne d'orientation de référence dite secondaire (COR(j)), ladite consigne d'orientation de référence secondaire (COR(j)) correspondant à la consigne d'orientation initiale (COI) décalée d'un angle dit d'offset (OFF(j)) prédéfini non nul associé audit module solaire de référence secondaire (20(j)), le module solaire de référence central (20(0)) étant ainsi associé à un angle d'offset (OFF(0)) nul ;
- recevoir une valeur de production d'énergie solaire (P(i)) de chaque module solaire de référence (20(i)) ;
- piloter l'orientation angulaire des modules solaires (3), à l'exception des modules solaires de référence (20(i)), en appliquant comme consigne d'orientation commune (COC) la consigne d'orientation de référence (COR(i) ; COR(0), COR(j)) associée au module solaire de référence (20(i)) présentant la plus grande valeur de production d'énergie solaire (P(i)).

Le problème technique objectif que la présente invention se propose de résoudre peut être considéré comme fournir un champ solaire permettant une alternative de suivi du soleil.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande n'est ni décrite ni rendue évidente par l'art antérieur considéré et est considérée donc 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.

Le même raisonnement s'applique à l'objet de la revendication de méthode 8 qui est aussi considérée comme inventif.

Les revendications 2-7, 9-11 dépendent d'une ou de plusieurs revendications indépendantes dont l'objet est considéré nouveau et inventif, comme indiqué auparavant, et elles satisfont donc également, aux exigences de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'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.