

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية و التجارية  
-----

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38286 B1** (51) Cl. internationale : **F22B 1/00; F24J 2/54; F24J 2/40; F24J 2/16**  
(43) Date de publication : **30.12.2016**

---

(21) N° Dépôt : **38286**

(22) Date de Dépôt : **21.01.2014**

(30) Données de Priorité : **22.01.2013 FR 13 50539**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
N° Dépôt international Date D'entrée en phase nationale  
**PCT/EP2014/051094 21.07.2015**

(71) Demandeur(s) : **COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES, 25 rue Leblanc Bâtiment "Le Ponant D" F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur(s) : **RODAT, Sylvain ; VUILLERME, Valéry**

(74) Mandataire : **CABINET CHARDY**

---

(54) Titre : **CENTRALE SOLAIRE A CONCENTRATION DE TYPE FRESNEL A MAITRISE AMELIOREE DE LA TEMPERATURE DE LA VAPEUR EN SORTIE**

(57) Abrégé : Centrale solaire de type Fresnel comportant un récepteur de vaporisation (2) et un récepteur de surchauffe (4) disposés parallèlement, et des miroirs (8.1, 8.2) comportant des premiers miroirs (8.1) focalisés sur le récepteur de vaporisation (2) en fonctionnement nominal et les deuxièmes miroirs (8.2) étant focalisés sur le récepteur de surchauffe (4) en fonctionnement nominal, des moyens de déplacement des miroirs, dans laquelle le récepteur de surchauffe (4) est alimenté en fluide sous forme vapeur par le récepteur de vaporisation(2), ladite centrale comportant également des moyens de commande des moyens de déplacement, et des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale. Les moyens de commande actionnent les moyens de déplacement en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale de sorte qu'au moins un miroir (8.1, 8.2) soit focalisé sur un récepteur (2, 4) différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal.

## ABRÉGÉ DESCRIPTIF

Centrale solaire de type Fresnel comportant un récepteur de vaporisation (2) et un récepteur de surchauffe (4) disposés parallèlement, et des miroirs (8.1, 8.2) comportant des premiers miroirs (8.1) focalisés sur le récepteur de vaporisation (2) en fonctionnement nominal et les deuxièmes miroirs (8.2) étant focalisés sur le récepteur de surchauffe (4) en fonctionnement nominal, des moyens de déplacement des miroirs, dans laquelle le récepteur de surchauffe (4) est alimenté en fluide sous forme vapeur par le récepteur de vaporisation(2), ladite centrale comportant également des moyens de commande des moyens de déplacement, et des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale. Les moyens de commande actionnent les moyens de déplacement en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale de sorte qu'au moins un miroir (8.1, 8.2) soit focalisé sur un récepteur (2, 4) différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal.

15

Figure 2B.

(P.V. 38286)

Dix neuvième et dernier feuillet  
DUPLICATA CONFORME A L'ORIGINAL  
RABAT, LE 21-07-2015

**CENTRALE SOLAIRE A CONCENTRATION DE TYPE FRESNEL  
A MAITRISE AMELIOREE DE LA TEMPERATURE DE LA VAPEUR EN SORTIE**

**DESCRIPTION**

**DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR**

5 La présente invention se rapporte à une centrale solaire à concentration de type Fresnel à génération directe de vapeur, offrant une maîtrise améliorée de la température en sortie.

10 Une centrale solaire à concentration de type Fresnel comporte un récepteur muni d'un ou plusieurs tubes dans lequel circule un fluide, le récepteur étant suspendu au dessus de miroirs plans qui réfléchissent les rayons lumineux sur le récepteur, ce qui a pour effet d'échauffer le fluide.

15 Une centrale solaire à concentration de type Fresnel peut être associée à des moyens de conversion thermodynamique qui sont par exemple des turbines à vapeur. Pour cela, le fluide sortant du récepteur est sous forme de vapeur surchauffée ou de vapeur saturée.

20 Afin d'assurer un fonctionnement optimal de la turbine, la température de la vapeur sortant du récepteur doit correspondre à la température nominale de fonctionnement de la turbine. Cela implique donc de contrôler la température de la vapeur.

25 Comme indiqué ci-dessus, les récepteurs comportent un ou plusieurs conduits parallèles dans lesquels circule le fluide. A l'entrée du récepteur, le fluide est sous forme liquide, il se vaporise en circulant dans le ou les conduits et sort du récepteur sous forme de vapeur surchauffée ou saturée. Les miroirs sont montés mobiles sur un châssis et des moyens déplacent les miroirs pour leur permettre de suivre le déplacement du soleil au cours de la journée. Dans le cas de vapeur surchauffée, chaque conduit comporte une section ou portion de vaporisation dans laquelle le fluide est vaporisé et une section de surchauffe en aval de la section de vaporisation dans laquelle le fluide vaporisé est surchauffé.

Le document US 6 131 565 décrit une centrale solaire de type Fresnel comportant plusieurs récepteurs disposés parallèlement les uns aux autres et suspendus aux dessus de miroirs. Une partie des miroirs est orientée de sorte à n'éclairer que l'un des récepteurs et une autre partie des miroirs peut être orientées de sorte à éclairer l'un ou l'autre des récepteurs, afin de minimiser l'ombrage.

Le suivi du rendement des récepteurs, qui exprime la part du flux incident effectivement absorbé par le fluide caloporteur, permet de surveiller le bon fonctionnement de la centrale. Ce rendement est principalement fonction de la valeur du flux incident, de la température de fonctionnement, des propriétés des matériaux et de l'encrassement des surfaces constitutives des miroirs et de toutes celles soumises au rayonnement.

Ce rendement varie au cours du temps à moyen et long termes, par exemple du fait de la dégradation progressive des performances d'un récepteur par rapport à un autre. Une telle dégradation peut provoquer une baisse de l'énergie transmise dans la zone de surchauffe, il en résulte une vapeur dont la température est inférieure à la température nominale de la turbine.

Or, dans les centrales solaires à concentration de type Fresnel à génération directe de vapeur en mode recirculation, le champ solaire est dimensionné afin d'obtenir la longueur de la section ou portion de vaporisation et la longueur de la section ou portion de surchauffe permettant d'atteindre la consigne nominale en température, en pression et en débit de vapeur. La longueur de la section d'évaporation détermine le débit de vapeur produit, la longueur de la section de surchauffe fixe la température de vapeur en sortie du récepteur. Le dimensionnement est réalisé pour des conditions données. En dehors du point nominal, le débit de vapeur produit ou la température à laquelle la vapeur sort diffère, par exemple si le flux solaire sur le récepteur diffère du flux nominal. Par exemple, si le flux sur le récepteur est diminué par rapport au flux nominal, le rendement de la portion de surchauffe sera plus affecté que le rendement de la portion de vaporisation du fait du niveau de température requis relativement plus élevé sur la portion de surchauffe. Dans ce cas, la portion de surchauffe est sous-dimensionnée et la température de consigne de la vapeur en sortie du récepteur

ne pourra être atteinte. La dégradation des performances de l'un ou l'autre des récepteurs peut être due au vieillissement et/ou aux salissures.

Or, afin d'assurer un fonctionnement optimal du système utilisant la vapeur produite par la centrale, par exemple une turbine, il est important de maintenir la température de la vapeur en sortie de la centrale proche de la température nominale.

Une solution pour pallier ce problème serait de surdimensionner les portions de vaporisation et de surchauffe, en ajoutant une longueur de récepteur à l'une et/ou l'autre des sections et des miroirs supplémentaires. Les miroirs supplémentaires sont alors focalisés sur la ou les sections concernées en cas de nécessité, sinon ceux-ci sont défocalisés par exemple en pointant alors vers le bas. Ce surdimensionnement permet de pallier les déséquilibres. Cependant, il a un coût relativement important et une partie de l'énergie qui pourrait être récupérée est perdue du fait de la défocalisation des miroirs.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir une centrale solaire à concentration de type Fresnel dont le fonctionnement permet de délivrer une vapeur à une température maîtrisée en maximisant le taux d'utilisation de la surface des miroirs.

Le but de la présente invention est atteint par une centrale solaire à concentration de type Fresnel comportant au moins deux récepteurs disposés parallèlement l'un par rapport à l'autre et des miroirs réfléchissant les rayons lumineux sur les récepteurs. Le premier récepteur est destiné à la vaporisation du fluide et le deuxième récepteur est destiné à surchauffer la vapeur produite par le premier récepteur, le deuxième récepteur est donc connecté en sortie du premier récepteur. La centrale comporte des moyens de commande du déplacement d'au moins une partie des miroirs de sorte à orienter ceux-ci vers l'un ou l'autre des récepteurs en fonction de l'état de fonctionnement de la centrale.

Ainsi, en modifiant la focalisation des miroirs vers l'un ou l'autre des récepteurs, il est possible de compenser l'évolution différentielle des rendements des récepteurs au cours du temps et de rééquilibrer l'ensemble de la centrale.

5 En d'autres termes, on utilise, dans une centrale solaire à concentration de type Fresnel comportant au moins un récepteur de vaporisation et au moins un récepteur de surchauffe, au moins une partie des miroirs du récepteur qui se trouve en surplus d'énergie pour renvoyer l'énergie sur le récepteur voisin. Ainsi, on peut rééquilibrer le récepteur de vaporisation et de surchauffe sans diminuer le taux d'utilisation de la surface des miroirs.

10 Ainsi, grâce l'invention, on optimise le taux d'utilisation de l'ensemble des miroirs mis en œuvre dans la centrale lors de son fonctionnement contrairement aux centrales solaires de l'état de la technique dans lesquelles une partie des miroirs serait défocalisée et donc non utilisée.

15 Par exemple, dans le cas d'une baisse de performance du récepteur de surchauffe, i.e. la température de la vapeur est inférieure à la température nominale, il est possible d'orienter des miroirs initialement dédiés à l'illumination du récepteur de vaporisation vers le récepteur de surchauffe. Ainsi la quantité de vapeur produite est réduite, il est alors possible de la surchauffer avec moins d'énergie. En effet, du fait de la focalisation des miroirs, plus d'énergie est apportée au récepteur de surchauffe ce qui  
20 permet de compenser la baisse de performance du récepteur de surchauffe.

De manière avantageuse, il est possible également d'accélérer la phase de démarrage de la centrale en orientant tout ou partie des miroirs initialement dédiés au récepteur de surchauffe à l'éclairement du récepteur de vaporisation. Ainsi une montée en température du fluide est obtenue plus rapidement que dans les centrales de l'état de  
25 la technique. Il est également possible d'absorber les variations de température du fluide sortant de la turbine.

Dans le cas où la centrale comporte plusieurs récepteurs de vaporisation, des miroirs peuvent être commandés pour changer de récepteur de vaporisation.

La présente invention a alors pour objet une centrale solaire à concentration de type Fresnel comportant au moins un module élémentaire comprenant au moins un premier récepteur et au moins un deuxième récepteur disposés parallèlement l'un par rapport à l'autre et directement adjacents, et des miroirs destinés à réfléchir un flux solaire concentré sur lesdits premier et deuxième récepteurs, lesdits premier et deuxième récepteurs étant suspendus au dessus des miroirs, chacun desdits premier et deuxième récepteurs comportant au moins un conduit dans lequel un fluide est destiné à circuler, lesdits conduits étant destinés recevoir le flux solaire concentré réfléchi, lesdits miroirs comportant des premiers miroirs focalisés sur le premier récepteur en fonctionnement nominal et les deuxièmes miroirs étant focalisés sur le deuxième récepteur en fonctionnement nominal, des moyens de déplacement des miroirs, des premiers moyens de commande des moyens de déplacement actionnant les moyens de déplacement des miroirs en fonction de l'heure de la journée, dans laquelle le premier récepteur, dit récepteur de vaporisation, est connecté à une alimentation en fluide en phase liquide, et dans laquelle le deuxième récepteur, dit récepteur de surchauffe, est alimenté en fluide sous forme vapeur par le premier récepteur, ledit deuxième récepteur étant destiné à délivrer de la vapeur surchauffée, ladite centrale comportant également des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale, des deuxièmes moyens de commande des moyens de déplacement, lesdits deuxièmes moyens de commande actionnant les moyens de déplacement en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale de sorte qu'au moins un miroir soit focalisé sur un récepteur différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal.

De manière préférée, la température de la vapeur en sortie du récepteur de surchauffe est un des paramètres de fonctionnement de la centrale.

La centrale solaire peut comporter au moins deux récepteurs de vaporisation disposés de part et d'autre du récepteur de surchauffe, les deux récepteurs de vaporisation étant connectés en parallèle à une alimentation en fluide liquide et alimentant le récepteur de vaporisation, les deuxièmes moyens de commande étant

aptes à focaliser une partie des deuxièmes miroirs sur l'un des récepteurs de vaporisation et une partie des premiers miroirs sur l'autre récepteur de vaporisation.

Avantageusement, les deuxièmes moyens de commande sont aptes à focaliser au moins une partie des premiers miroirs focalisés sur l'un des récepteurs de vaporisation vers l'autre récepteur de vaporisation.

Par exemple, la centrale solaire peut comporter des lignes de miroirs parallèles s'étendant sur toute la longueur de la centrale, les moyens de déplacement étant tels que les miroirs d'une même ligne sont déplacés simultanément par les premiers moyens de commande ou les deuxièmes moyens de commande.

La centrale solaire peut comporter des moyens de séparation liquide-vapeur connectant la sortie d'au moins un récepteur de vaporisation et le récepteur de surchauffe.

Dans un exemple de réalisation, la centrale solaire peut comporter une pluralité de modules élémentaires juxtaposés, chaque module élémentaire comportant un récepteur de surchauffe et  $n$  récepteurs de vaporisation,  $n$  étant égal à au moins 1.

Chaque module élémentaire peut comporter un récepteur de surchauffe et 2, 3, ou plus récepteurs de vaporisation répartis de part et d'autre du récepteur de surchauffe.

La présente invention a également pour objet un ensemble de production d'électricité comportant une centrale solaire selon la présente invention et une turbine à vapeur alimentée en vapeur par le ou les récepteurs de surchauffe et alimentant en fluide en phase liquide le ou les récepteurs de vaporisation.

La présente invention a également pour objet un procédé de commande de fonctionnement d'une centrale solaire à concentration de type Fresnel selon la présente invention, comportant les étapes :

- mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale,
- déplacement d'au moins un miroir de sorte qu'il soit focalisé sur un récepteur différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal lorsque le paramètre de fonctionnement de la centrale diffère du paramètre de fonctionnement correspondant en fonctionnement nominal.



Le paramètre de fonctionnement est avantageusement la température de la vapeur en sortie du deuxième récepteur.

De préférence, en phase de démarrage, au moins l'un des deuxièmes miroirs, est focalisé sur au moins un récepteur de vaporisation.

5 Dans le cas où la centrale comporte au moins un deuxième récepteur de vaporisation, disposé de manière directement adjacente au premier récepteur de surchauffe, le procédé de commande peut comporter en phase de démarrage une étape de focalisation sur le deuxième récepteur de vaporisation d'au moins un premier miroir, qui est focalisé sur le premier récepteur de vaporisation en fonctionnement nominal.

10 De préférence, lorsque la température de la vapeur en sortie du récepteur de surchauffe est inférieure à une température nominale, au moins un des premiers miroirs est focalisé sur le récepteur de surchauffe.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

15 La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre et des dessins en annexes sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe du circuit de connexion des récepteurs d'un centrale solaire de type Fresnel selon l'invention,
- les figures 2A à 2C sont des vues en coupes partielles représentées schématiquement de la centrale solaire à concentration de la figure 1 dans différents états de focalisation des miroirs,
- la figure 3 est une représentation schématique partielle d'un autre exemple de centrale solaire à concentration avec quatre récepteurs de vaporisation et un récepteur de surchauffe selon l'invention dans une phase de démarrage de la centrale.

#### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

25 Sur la figure 1, on peut voir un schéma de principe d'une centrale C solaire à concentration de type Fresnel selon l'invention, désignée "centrale" dans la suite de la description. Selon la présente invention, la centrale solaire comporte un ou plusieurs récepteurs de vaporisation 2 et au moins un récepteur de surchauffe 4, le ou les récepteurs de vaporisation étant distincts du ou des récepteur de surchauffe.

Les récepteurs de vaporisation 2 sont connectés en entrée à une alimentation en fluide à l'état liquide. Il peut s'agir par exemple d'eau. A des fins de simplicité, nous considérerons l'eau comme le fluide vaporisé et surchauffé dans la centrale. Tout autre fluide pouvant être surchauffé peut convenir, comme par exemple le  
5 le 1,1,1,3,3-Pentafluoropropane (HFC-245fa ou R245fa) utilisé dans les cycles de Rankine organiques.

Dans l'exemple représenté, la centrale C est destinée à alimenter une turbine à vapeur T. L'eau sous forme liquide provient alors de la sortie de la turbine après un cycle de conversion thermodynamique. Une pompe d'alimentation 5 est prévue pour  
10 faire circuler l'eau dans les récepteurs de vaporisation 2. Les récepteurs d'évaporation 2 sont alimentés en parallèle.

Le récepteur de surchauffe 4 est connecté en sortie des récepteurs de vaporisation 2 par l'intermédiaire de moyens de séparation de l'eau liquide de la vapeur saturée sortant des récepteurs de vaporisation 2, de sorte à n'alimenter le récepteur de  
15 surchauffe 4 qu'avec de l'eau sous forme vapeur. Les moyens de séparation sont par exemple formés par un ballon séparateur 6. La sortie du récepteur de surchauffe 4 est connectée à l'entrée de la turbine 4. Une pompe de recirculation 7 est également prévue pour renvoyer l'eau liquide séparée par le ballon 6 en entrée des récepteurs de  
vaporisation 2.

20 On peut par exemple associer 2, 3, 4 récepteurs de vaporisation et même au-delà de 4 récepteurs de vaporisation à un récepteur de surchauffe. En associant plusieurs récepteurs de vaporisation à un récepteur de surchauffe, le débit de vapeur obtenu est plus important dans le récepteur de surchauffe, ce qui favorise les coefficients d'échange. Le récepteur de surchauffe 4 et les récepteurs de vaporisation sont disposés  
25 parallèlement les uns à côtés des autres. Et de préférence, les récepteurs de vaporisation et de surchauffe présentent des longueurs égales ou proches. Ainsi le même miroir peut être focalisé soit sur un récepteur de surchauffe, soit sur un récepteur de vaporisation et éclairé entièrement l'un ou l'autre des récepteur.

La disposition de la figure 1 permet à la fois d'optimiser l'occupation du  
30 sol, en choisissant des récepteurs de vaporisation et de surchauffe de même longueur ou

de longueur proche, et d'assurer une production suffisante de vapeur en connectant plusieurs récepteurs de vaporisation, de préférence quatre récepteurs de vaporisation, à un récepteur de surchauffe, puisque plus d'énergie est requise pour la phase de vaporisation que pour la phase de surchauffe. Au contraire, dans les centrales solaires de type Fresnel de l'état de la technique, un même récepteur assure la production de la vapeur puis la surchauffe de la vapeur, l'occupation du sol n'est pas optimisée. Par ailleurs, il n'est pas possible de focaliser le ou les miroirs uniquement sur la zone de vaporisation ou sur la zone de surchauffe.

De préférence, les points de distribution et de collecte du fluide froid et chaud sont situés du même côté du module afin de limiter la longueur de canalisation. Les récepteurs de vaporisation et de surchauffe ont des structures similaires. Ils comportent un absorbeur qui reçoit le flux solaire sur sa face inférieure et dans lequel circule le fluide, l'absorbeur peut être formé par exemple d'un ou plusieurs tubes juxtaposés dans lesquels circule le fluide. Ils peuvent éventuellement comporter une couche d'un matériau isolant thermique permettant de limiter les pertes thermiques depuis l'absorbeur vers l'extérieur, et/ou éventuellement un panneau vitré permettant d'isoler l'absorbeur du milieu extérieur en délimitant une cavité fermée entre l'absorbeur et la vitre.

Sur les figures 2A à 2C et 3, on peut voir une représentation en coupe schématique partielle de la figure 1. Sur les figures 2A à 2C, un récepteur de vaporisation 2 et un récepteur de surchauffe 4 sont représentés. Sur la figure 3, deux récepteurs de vaporisation 2.1 et 2.1' et un récepteur de surchauffe 4 sont représentés. Les connexions fluidiques entre les récepteurs ne sont pas représentées à des fins de simplicité des figures. L'axe de symétrie des centrales est schématisé par un trait en pointillé.

Comme on peut le voir sur les figures 2A à 2C, le récepteur de vaporisation 2 et le récepteur de surchauffe 4 sont disposés l'un à côté de l'autre et parallèlement l'un par rapport à l'autre. Les récepteurs présentent une très grande longueur, par exemple plusieurs dizaines de mètres, voir plusieurs centaines de mètres.

Ils sont suspendus au-dessus de réflecteurs ou miroirs 8. Les structures de suspension des récepteurs de centrale solaire de type Fresnel sont bien connues de l'homme du métier et ne seront pas décrites en détails. L'entrée du récepteur de surchauffe est connectée en sortie du récepteur de vaporisation par l'intermédiaire d'un ballon de séparation liquide/gaz.

Les miroirs sont répartis en deux groupes, les miroirs 8.1 sont disposés sous le récepteur de vaporisation 2 et sont destinés à réfléchir le flux solaire concentré sur le récepteur de vaporisation dans un fonctionnement de la centrale dans les conditions nominales, et les miroirs 8.2 sont disposés sous le récepteur de surchauffe 4 et sont destinés à réfléchir le flux solaire concentré sur le récepteur de surchauffe 4 dans un fonctionnement de la centrale dans les conditions nominales.

Les miroirs sont répartis en lignes qui s'étendent sur toute la longueur des récepteurs. Dans la représentation des figures 2A à 2C et 3, seul le premier miroir de chaque ligne est visible. Dans l'exemple représenté sur la figure 2B, la centrale comporte 10 lignes de miroirs, dont quatre sont focalisées sur le récepteur de surchauffe et six sont focalisées sur le récepteur d'évaporation en fonctionnement nominal.

Les miroirs 8.1, 8.2 sont montés sur un châssis et sont déplacés par des moyens de déplacement, par exemple des moteurs électriques, de sorte que les miroirs puissent se déplacer au cours de la journée pour optimiser le flux solaire transmis quelle que soit la position du soleil dans le ciel. De préférence, les miroirs de chaque ligne sont solidaires en déplacement. Ils sont par exemple portés par le même châssis actionné par un ou plusieurs moteurs. Ainsi une commande provoque le déplacement de plusieurs miroirs simultanément. Sur une très grande longueur, plusieurs châssis sont prévus. Cette configuration permet de réduire le nombre de moteurs mis en œuvre et permet un contrôle simplifié de la position des miroirs.

Le déplacement des miroirs est commandé par des premiers moyens de commande qui actionnent les moteurs pour modifier l'orientation des miroirs en fonction de l'heure de la journée. La commande des premiers moyens de commande autorise uniquement une modification de l'orientation des miroirs 8.1 par rapport au récepteur de vaporisation, ceux-ci restant focalisés sur le récepteur de vaporisation, et une

modification de l'orientation des miroirs 8.2 par rapport au récepteur de surchauffe, ceux-ci restant focalisés sur le récepteur de surchauffe. On peut envisager que les lignes de miroirs soient commandées individuellement ou par groupe.

5 La centrale selon l'invention comporte également des deuxièmes moyens de commande destinés à commander les moyens de déplacement d'au moins une partie des lignes de miroirs pour modifier leur orientation de sorte qu'elles soient focalisées sur un autre récepteur que celui sur lequel elles sont focalisées en fonctionnement nominal.

10 Les deuxièmes moyens de commande actionnent les moyens de déplacement en fonction de données de fonctionnement de la centrale, par exemple en fonction de la qualité de la vapeur en sortie du récepteur de surchauffe, par exemple en fonction de sa température que l'on cherche à maintenir au plus près de la température nominale de la turbine. Le débit en sortie du récepteur de vaporisation, et/ou la pression et/ou flux solaire peuvent également être utilisés comme paramètres de commande. A  
15 titre d'exemple, les moyens pour mesurer la température de vapeur sont formés par des sondes platine au contact ou insérées dans les tubes, un pyréliomètre est par exemple utilisé pour mesurer l'intensité du rayonnement solaire.

Il sera compris que les premiers et deuxièmes moyens de commande peuvent faire partie de la même unité de commande de la centrale, qui comprend les  
20 données de commande des miroirs en fonction de l'heure de la journée et reçoit les signaux émis par les capteurs des paramètres de fonctionnement de la centrale, par exemple le capteur de température de la vapeur surchauffée en sortie du récepteur de surchauffe. Une base de données contient des informations sur les récepteurs à focaliser par chacun des miroirs en fonction de la valeur du ou des paramètres de fonctionnement.

25 Le fonctionnement de la centrale selon l'invention va maintenant être décrit.

En phase de démarrage, l'eau en phase liquide est à basse température, une grande quantité d'énergie est donc requise. Les deuxièmes moyens de commande focalisent alors les miroirs 8.2 sur le récepteur de vaporisation 4. Ainsi les 10 lignes de  
30 miroirs renvoient le flux solaire concentré sur le récepteur de vaporisation comme cela

est visible sur la figure 2A. Par exemple, on utilise, comme paramètres de fonctionnement, la température et la pression du ballon séparateur et la mesure de température au sein de la section d'évaporation.

Lorsque la centrale a atteint un état de fonctionnement qui permet de produire une quantité suffisante de vapeur, les deuxièmes moyens de commande modifient l'orientation des lignes de miroirs 8.2 de sorte qu'elles se focalisent sur le récepteur de surchauffe. La centrale suit alors son fonctionnement normal. L'eau liquide est vaporisée dans le récepteur de vaporisation, de préférence dans plusieurs récepteurs de vaporisation, la vapeur est séparée de la phase liquide, la vapeur est envoyée dans le récepteur de surchauffe 4 dans lequel la vapeur est surchauffée. Elle sort à la température nominale et est injectée dans la turbine T. L'eau liquide qui sort de la turbine est renvoyée au récepteur de vaporisation.

Lorsque l'on détecte une diminution du rendement de la section de surchauffe, par exemple due au vieillissement de celle-ci, une telle diminution est détectée en mesurant la température de la vapeur surchauffée qui est alors inférieure à la température nominale.

Dans ce cas, les moyens de commande modifient l'orientation d'une ou plusieurs lignes de miroirs 8.1 de sorte qu'elles soient focalisées sur le récepteur de surchauffe. Dans l'exemple représenté sur la figure 2C, une ligne de miroirs 8.1 est déplacée de sorte à être focalisée sur le récepteur de surchauffe 4. Il en résulte que la quantité d'énergie transmise au récepteur de vaporisation est réduite, le débit de vapeur produite par le récepteur de vaporisation est alors réduit et la quantité d'énergie transmise au récepteur de surchauffe est augmentée, ce qui permet de compenser la baisse de rendement du récepteur de surchauffe. La vapeur sortant du récepteur de surchauffe est de nouveau proche de ou égale à la température nominale.

De préférence et comme cela est schématisé sur la figure 1 et sur la figure 3, la centrale solaire comporte plusieurs récepteurs de vaporisation disposés parallèlement les uns aux autres et un récepteur de surchauffe disposé entre les récepteurs de vaporisation. Sur la figure 1, la centrale comporte quatre récepteurs de vaporisation, deux de part et d'autre du récepteur de surchauffe.

Sur la figure 3, on peut voir une représentation schématique de la centrale sur laquelle seuls deux récepteurs de vaporisation disposés du côté droit dans la représentation de la figure 1 sont représentés. La centrale comporte également de préférence le même nombre de récepteurs de vaporisation sur le côté gauche du récepteur de surchauffe (non représentés).

Sur la figure 3, la centrale solaire est dans une phase de démarrage. Tous les miroirs sont focalisés sur les récepteurs de vaporisation. Aucun miroir 8.2 n'est focalisé sur le récepteur de surchauffe 4, ils sont focalisés sur le récepteur de vaporisation 2.1 (miroirs 8.2 entourés). Afin d'équilibrer la quantité d'énergie transmise aux deux récepteurs de vaporisation 2.1, 2.1', deux miroirs désignés 8.1 (entourés sur la figure 3) focalisés sur le récepteur de vaporisation 2.1 en fonctionnement nominal sont focalisés sur le récepteur de vaporisation 2.1'. Ainsi, dans l'exemple représenté, 13 lignes de miroirs sont focalisées sur le récepteur de vaporisation 2.1 et 12 lignes de miroirs sont focalisés sur le récepteur de vaporisation 2.1'. La même distribution de miroirs peut être faite sur le côté gauche du récepteur de surchauffe.

Un exemple numérique non limitatif va maintenant être donné.

Une installation selon l'invention ayant le point de fonctionnement nominal suivant est considérée :

- Débit nominal : 1 kg/s,
- Pression de travail : 110 Bar,
- Température d'entrée : 200°C,
- Température de sortie : 450°C.

La section d'évaporation formée par un ou plusieurs récepteurs de vaporisation présente :

- un rendement : 0,8
- une largeur de récepteur : 0,3 m
- une longueur de récepteur : 156 m

La section de surchauffe formée par un ou plusieurs récepteurs de surchauffe présente :

- un rendement de la section de surchauffe : 0,7

- une largeur de récepteur : 0,3 m
- une longueur de récepteur : 50 m

Le champ solaire est tel que le flux au récepteur vaut  $49,5 \text{ kW/m}^2$ .

Le rendement est égal au rapport puissance transmise à l'eau-vapeur /

5 puissance incidente sur le récepteur

Si suite à un vieillissement du traitement sélectif par exemple, le rendement sur la surchauffe est égal à 0,62 au lieu de 0,7 toutes choses étant égales par ailleurs. Alors, la centrale produira  $1 \text{ kg/s}$  de vapeur sortant à  $430^\circ\text{C}$  au lieu de la température nominale de  $450^\circ\text{C}$ . Le débit de vapeur produit par la section d'évaporation

10 ne varie pas, mais la section de surchauffe n'a plus les performances suffisantes sur la surchauffe pour fournir une vapeur à  $450^\circ\text{C}$ .

Grâce à l'invention, la puissance incidente sur la section évaporation est réduite en défocalisant une ligne de miroirs de sorte que l'on produise un peu moins de vapeur. Cette ligne de miroirs est focalisée sur la section surchauffe afin de compenser sa

15 dégradation. En modifiant la focalisation d'une ligne de miroirs, moins de puissance est envoyée sur la section évaporation et plus de puissance est envoyée sur la section surchauffe. Ainsi un débit de vapeur de  $0,9375 \text{ kg/s}$  peut être surchauffé à  $450^\circ\text{C}$ . Ainsi grâce à l'invention, la température nominale est atteinte et toute la surface de miroir est utilisée.

20 Grâce à l'invention, il est possible d'accélérer la phase de démarrage d'une centrale solaire à concentration de type Fresnel, de dépointer certains miroirs de la section de surchauffe en mode régulation lorsqu'une baisse de la température de la vapeur est requise, de modifier la répartition des facteurs de concentration entre la section de vaporisation et la section de surchauffe suite à la dégradation attendue des

25 performances dans le temps de la section de surchauffe et de pallier les variations de température retour turbine en fonctionnement hors nominal, i.e. lorsque l'eau liquide sortant de la turbine et renvoyée en entrée de la centrale est à une température inférieure à la température nominale de l'eau liquide.

On peut envisager qu'une partie des miroirs réfléchissant le flux solaire

30 concentré sur le récepteur de surchauffe soient constamment focalisés sur le récepteur



de surchauffe et qu'une partie seulement soit déplacée pour focaliser sur un ou plusieurs récepteurs de vaporisation. Il est à noter que, lorsqu'une ligne de miroirs qui est telle qu'elle peut focaliser sur l'un ou l'autre des récepteurs de vaporisation et de surchauffe, lorsqu'elle est focalisée sur l'un ou l'autre des récepteurs, la ligne est commandée par les premiers moyens de commande et est déplacée en fonction des heures de la journée.

Il sera compris que les nombres de lignes de miroirs mis en œuvre dans les exemples ne sont que des exemples de réalisation et ne sont en aucun cas limitatifs.

Par exemple dans le cas de la figure 2C où une baisse de la température de la vapeur sortant du récepteur de surchauffe est détectée, le nombre de lignes de miroirs qui sont déplacées pour être focalisées sur le récepteur de surchauffe et non plus sur celui de vaporisation peut dépendre de l'écart entre la température de la vapeur mesurée et la température nominale.

On peut envisager que une ou des lignes de miroirs soient articulées de sorte qu'elles puissent présenter des miroirs dont la focalisation est différente. Par exemple une partie des miroirs serait focalisée sur un récepteur et une autre partie des miroirs seraient focalisée sur un autre récepteur. La centrale présenterait alors une flexibilité encore augmentée.

Le nombre de lignes de miroirs à déplacer peut être déterminé en prévoyant, en phase d'apprentissage lors de l'installation de la centrale, qu'une seule ligne de miroirs à la fois change sa focalisation d'un récepteur de vaporisation/de surchauffe vers un récepteur de surchauffe/de vaporisation respectivement afin de vérifier l'effet de ce changement de focalisation. Il sera compris qu'une centrale comportant plusieurs récepteurs de surchauffe chacun étant au moins disposé directement à côté d'un récepteur de vaporisation de sorte à pouvoir partager des miroirs et une centrale solaire comportant un seul récepteur de vaporisation et un seul récepteur de surchauffe ne sortent pas du cadre de la présente invention.

## REVENDEICATIONS

1. Centrale solaire à concentration de type Fresnel comportant au moins un module élémentaire comprenant au moins un premier récepteur (2) et au moins un deuxième récepteur (4) disposés parallèlement l'un par rapport à l'autre et directement adjacents, et des miroirs (8.1, 8.2) destinés à réfléchir un flux solaire concentré sur lesdits premier (2) et deuxième (4) récepteurs, lesdits premier (2) et deuxième (4) récepteurs étant suspendus aux dessus des miroirs (8.1, 8.2) , chacun desdits premier (2) et deuxième (4) récepteurs comportant au moins un conduit dans lequel un fluide est destiné à circuler, lesdits conduits étant destinés recevoir le flux solaire concentré réfléchi, lesdits miroirs (8.1, 8.2) comportant des premiers miroirs (8.1) focalisés sur le premier récepteur (2) en fonctionnement nominal et les deuxièmes miroirs (8.2) étant focalisés sur le deuxième récepteur (4) en fonctionnement nominal, des moyens de déplacement des miroirs, des premiers moyens de commande des moyens de déplacement actionnant les moyens de déplacement des miroirs en fonction de l'heure de la journée, dans laquelle le premier récepteur (2), dit récepteur de vaporisation, est connecté à une alimentation en fluide en phase liquide, et dans laquelle le deuxième récepteur (4), dit récepteur de surchauffe, est alimenté en fluide sous forme de vapeur par le premier récepteur (2), ledit deuxième récepteur (4) étant destiné à délivrer de la vapeur surchauffée, ladite centrale comportant également des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale, des deuxièmes moyens de commande des moyens de déplacement, lesdits deuxièmes moyens de commande actionnant les moyens de déplacement en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale de sorte qu'au moins un miroir (8.1, 8.2) soit focalisé sur un récepteur (2, 4) différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal.

2. Centrale solaire selon la revendication 1, dans lequel la température de la vapeur en sortie du récepteur de surchauffe est un des paramètres de fonctionnement de la centrale.

3. Centrale solaire selon la revendication 1 ou 2, comportant au moins deux récepteurs de vaporisation (2.1; 2.1') disposés de part et d'autre du récepteur de surchauffe (4), les deux récepteurs de vaporisation étant connectés en parallèle à une alimentation en fluide liquide et alimentant le récepteur de vaporisation, les deuxièmes  
5 moyens de commande étant aptes à focaliser une partie des deuxièmes miroirs (8.1, 8.1') sur l'un des récepteurs de vaporisation (2.1, 2.1') et une partie des premiers miroirs (8.1, 8.1') sur l'autre récepteur de vaporisation (2.1', 2.1).

4. Centrale solaire selon la revendication 3, dans laquelle les  
10 deuxièmes moyens de commande sont aptes à focaliser au moins une partie des premiers miroirs (8.1, 8.1') focalisés sur l'un des récepteurs de vaporisation (2.1, 2.1') vers l'autre récepteur de vaporisation (2.1', 2.1).

5. Centrale solaire selon l'une des revendications 1 à 4, comportant  
15 des lignes de miroirs parallèles s'étendant sur tout la longueur de la centrale, les moyens de déplacement étant tels que les miroirs d'une même ligne sont déplacés simultanément par les premiers moyens de commande ou les deuxièmes moyens de commande.

6. Centrale solaire selon l'une des revendications 1 à 5, comportant  
20 des moyens de séparation liquide-vapeur (6) connectant la sortie d'au moins un récepteur de vaporisation et le récepteur de surchauffe.

7. Centrale solaire selon l'une des revendications 1 à 6, comportant  
25 une pluralité de modules élémentaires juxtaposés, chaque module élémentaire comportant un récepteur de surchauffe et n récepteurs de vaporisation, n étant égal à au moins 1.

8. Centrale solaire selon la revendication 7, dans lequel chaque  
30 module élémentaire comporte un récepteur de surchauffe et 2, 3 ou plus récepteurs de vaporisation répartis de part de d'autre du récepteur de surchauffe.

9. Ensemble de production d'électricité comportant une centrale solaire selon l'une des revendications 1 à 8 et une turbine à vapeur (T) alimentée en vapeur par le ou les récepteurs de surchauffe (4) et alimentant en fluide en phase liquide le ou les récepteurs de vaporisation (2, 2.1, 2.1').

5

10. Procédé de commande de fonctionnement d'une centrale solaire à concentration de type Fresnel selon l'une des revendications 1 à 8, comportant les étapes :

- mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale,
- déplacement d'au moins un miroir de sorte qu'il soit focalisé sur un

10

récepteur différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal lorsque le paramètre de fonctionnement de la centrale diffère du paramètre de fonctionnement correspondant en fonctionnement nominal.

11 Procédé de commande de fonctionnement selon la revendication

15

10, dans lequel le paramètre de fonctionnement est la température de la vapeur en sortie du deuxième récepteur.

12 Procédé de commande de fonctionnement selon la revendication

20

10 ou 11, dans lequel en phase de démarrage, au moins l'un des deuxièmes miroirs, est focalisé sur au moins un récepteur de vaporisation.

13. Procédé de commande de fonctionnement selon la revendication

25

12, dans lequel la centrale comportant au moins un deuxième récepteur de vaporisation, disposé de manière directement adjacente au premier récepteur de surchauffe, ledit procédé comportant en phase de démarrage une étape de focalisation sur le deuxième récepteur de vaporisation d'au moins un premier miroir, qui est focalisé sur le premier récepteur de vaporisation en fonctionnement nominal,

14. Procédé de commande de fonctionnement selon l'une des

30

revendications 10 à 13, dans lequel, lorsque la température de la vapeur en sortie du récepteur de surchauffe est inférieure à une température nominale, au moins un des premiers miroirs est focalisé sur le récepteur de surchauffe.

1 / 3

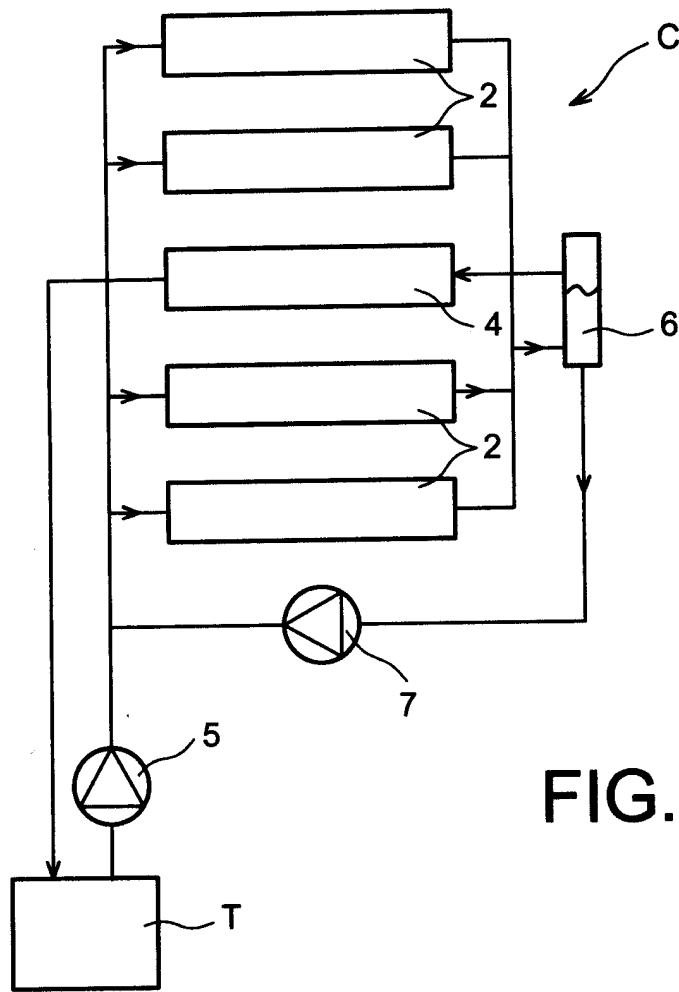
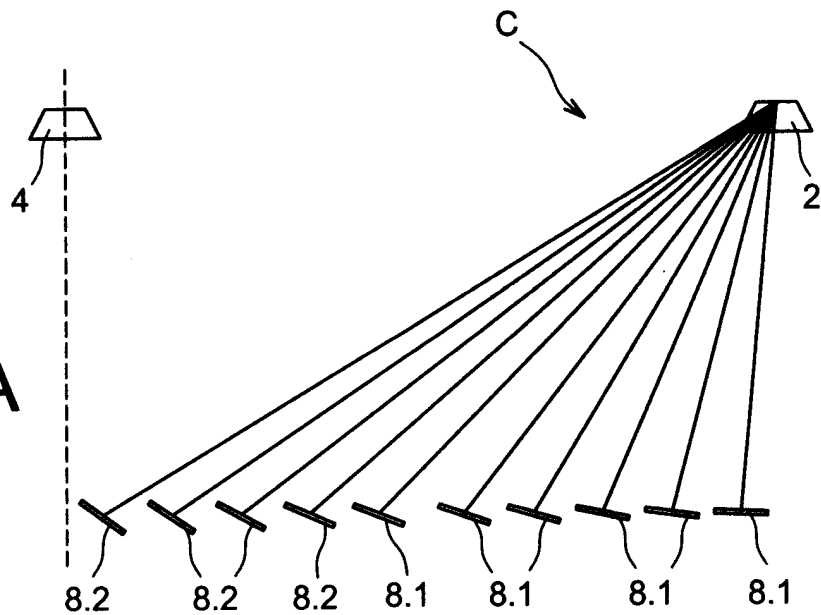


FIG. 1

FIG. 2A



2 / 3

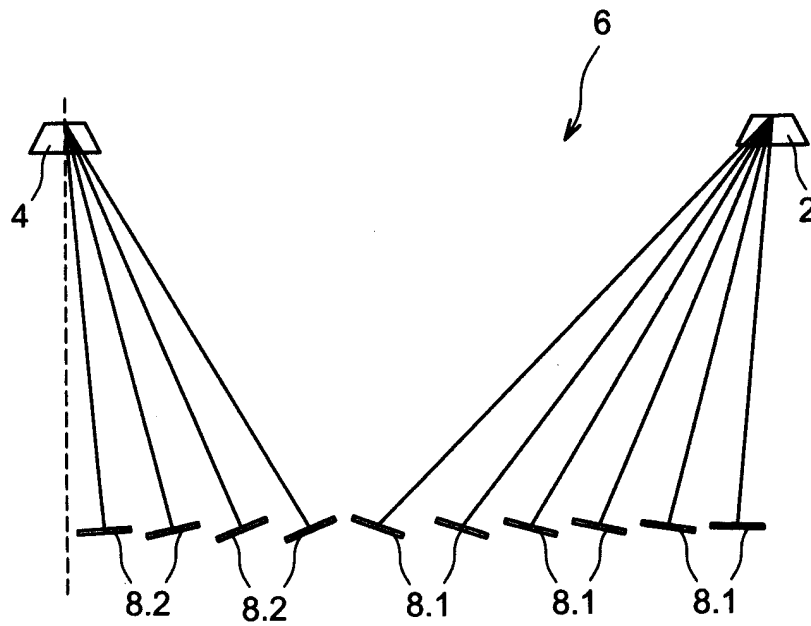


FIG. 2B

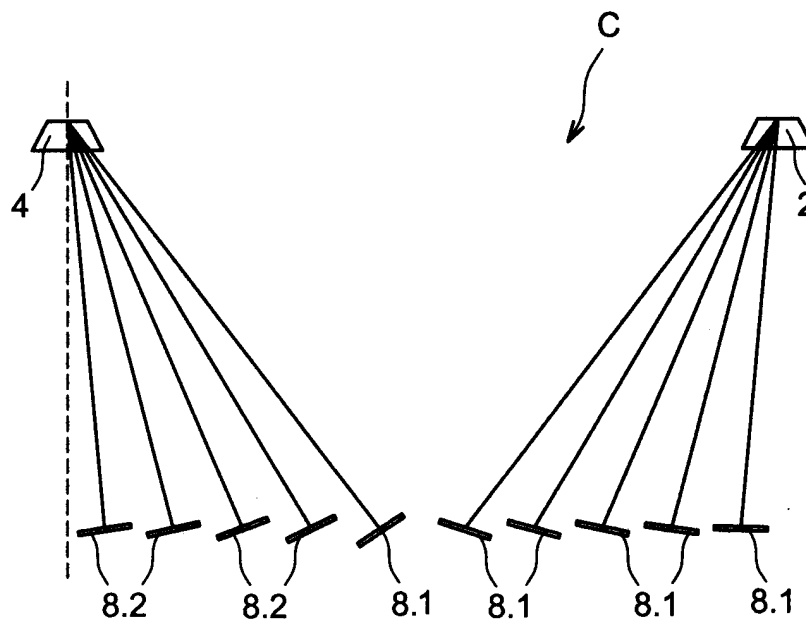


FIG. 2C

3 / 3

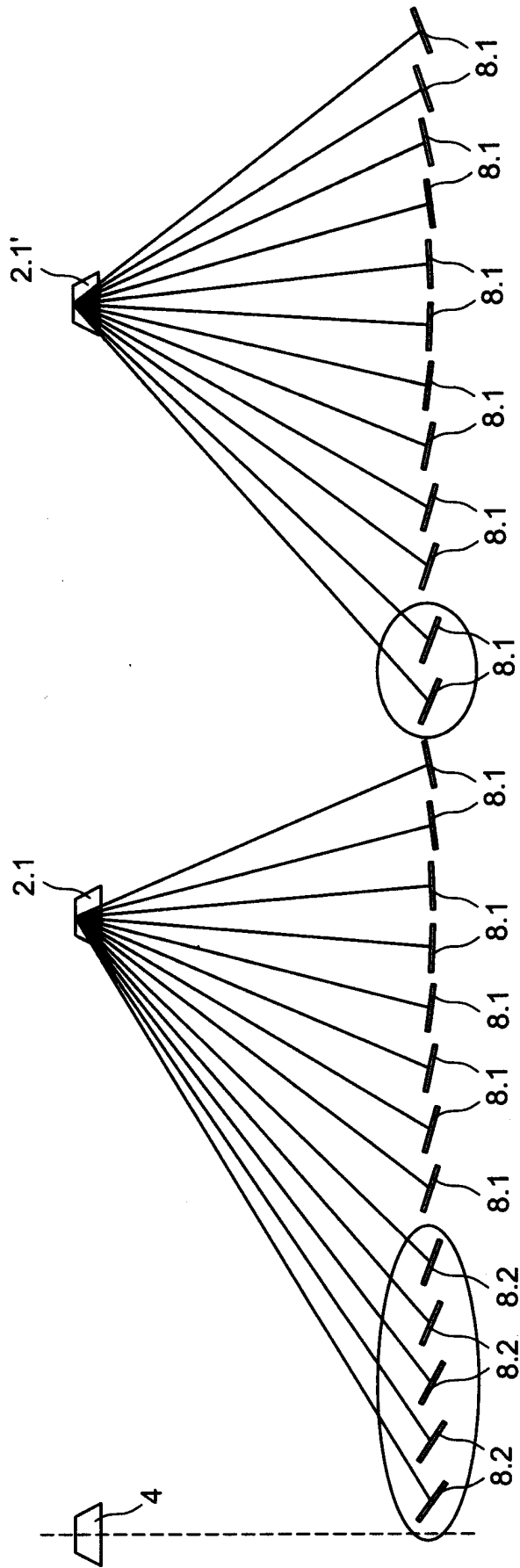


FIG. 3

ROYAUME DU MAROC  
\*\*\*\*\*  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
\*\*\*\*\*



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
الملكية الصناعية والتجارية  
-----

**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*

**Renseignements relatifs à la demande**

N° de la demande : 38286

Date de dépôt : 21/01/2014;

Date d'entrée en phase nationale : 21/07/2015

Déposant : COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE  
ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES

Date de priorité: 22/01/2013

Intitulé de l'invention : CENTRALE SOLAIRE A CONCENTRATION DE TYPE FRESNEL A MAITRISE  
AMELIOREE DE LA TEMPERATURE DE LA VAPEUR EN SORTIE

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

CIB : F 22B 1/00, F 24J 2/16, F 24J 22/40, F24J22/54

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport  
 Cadre 2 : Priorité

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 3 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu  
de la demande telle qu'initialement déposée  
 Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application  
Industrielle  
 Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: A.FERHANE

Date d'établissement du rapport : 24/11/2016

Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14



**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 :
- 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)

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-14 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-14 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-14 Revendications aucune	Oui Non

D1 : US 2009121 7921 A1 (GILON YOEL [IL] ET AL) ; 2009-09-03

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun des brevets mentionnés ci-dessus ne divulgue une centrale solaire à concentration de type Fresnel comprenant l'ensemble des caractéristiques techniques citées dans les revendications indépendantes 1,9 et 10, d'où l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par la suite toutes les revendications dépendantes le sont au sens.

**2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, il divulgue une centrale solaire à tour (200) comportant au moins un module élémentaire comprenant au moins un premier récepteur (202) et au moins un deuxième récepteur (206) disposés parallèlement l'un par rapport à l'autre et directement adjacents, et des miroirs (210) destinés à réfléchir un flux solaire concentré sur lesdits premier (202) et deuxième (206) récepteurs, lesdits premier (202) et deuxième (206) récepteurs étant suspendus au-dessus des miroirs (210), chacun desdits premier (202) et deuxième (206) récepteurs comportant au moins un conduit dans lequel un fluide est destiné à circuler, lesdits conduits étant destinés recevoir le flux solaire concentré réfléchi, lesdits miroirs (210) comportant des premiers miroirs (figure 2B) focalisés sur le premier récepteur (202) en fonctionnement nominal et les deuxièmes miroirs (figure 2B) étant focalisés sur le deuxième récepteur (206) en fonctionnement nominal, des moyens de déplacement des miroirs, des premiers moyens de commande des moyens de déplacement actionnant les moyens de déplacement des miroirs en fonction de l'heure de la journée, dans laquelle le premier récepteur (202), dit récepteur de vaporisation, est connecté à une alimentation en fluide en phase liquide, et dans laquelle le deuxième récepteur (206), dit récepteur de surchauffé, est alimenté en fluide sous forme de vapeur par le premier récepteur (202), ledit deuxième récepteur (206) étant destiné à délivrer de la vapeur surchauffée, ladite centrale comportant également des moyens de mesure d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale, des deuxièmes moyens de commande des moyens de déplacement, lesdits deuxièmes moyens de commande actionnant les moyens de déplacement en fonction d'au moins un paramètre de fonctionnement de la centrale de sorte qu'au moins un miroir (210) soit focalisé sur un récepteur (202, 206) différent de celui sur lequel il est focalisé en fonctionnement nominal.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce dispositif en ce qu'il concentre le flux solaire type Fresnel comprenant des tubes rectilignes.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme maîtriser et améliorer la température de sortie du fluide à circuler.

La solution à ce problème, proposée dans la revendication 1 de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive, en effet l'homme du métier ne trouve aucune incitation pour combiner un document de l'état de la technique avec le document D1 pour résoudre le problème objectif cité ci-dessus en se servant des caractéristiques de la revendication 1. Par conséquent, l'objet de la revendication 6 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**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.