

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 901 838**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 04964**

51) Int Cl<sup>8</sup> : E 21 B 43/24 (2006.01), F 24 J 2/14, 2/24, 2/40

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 02.06.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.12.07 Bulletin 07/49.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
— FR.

72) Inventeur(s) : UNGERER PHILIPPE.

73) Titulaire(s) :

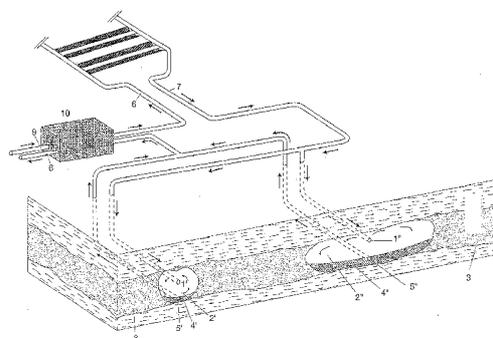
74) Mandataire(s) :

54) METHODE ET INSTALLATION OPTIMISEES DE RECUPERATION ASSISTEE DES BRUTS LOURDS PAR LA TECHNIQUE DE L'INJECTION DE VAPEUR UTILISANT L'ENERGIE SOLAIRE.

57) L'invention concerne une méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes:

- on génère de la vapeur à partir d'un ensemble de capteurs solaires (7),
- on injecte ladite vapeur dans au moins une première zone de production (2') d'un réservoir (3) et conjointement dans au moins une seconde zone (2''),
- on dispose de moyens de communication de la vapeur entre lesdites deux zones,
- on utilise lesdits moyens de communication pour réguler l'injection de la vapeur entre les zones.

L'invention concerne également une installation de génération de vapeur utilisant l'énergie solaire pour la récupération assistée des bruts lourds.



FR 2 901 838 - A1



### Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine de la récupération des bruts de pétrole, notamment les bruts lourds et extra-lourds par la technique de l'injection de vapeur.

### Art antérieur

Le problème technique posé est d'améliorer l'efficacité de la récupération des bruts lourds et extra-lourds par la technique de l'injection de vapeur, notamment par la technique souvent dénommée SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage). Plus précisément, l'invention consiste à optimiser la combinaison de l'énergie solaire en lieu et place des combustibles fossiles aux moyens de production de la vapeur nécessaire à la récupération des bruts lourds et extra-lourds par la technique de l'injection de vapeur.

### Fonctionnement du procédé de récupération des bruts extra-lourds par la technique de l'injection de vapeur

La technique de l'injection de vapeur est une technique connue qui est bien adaptée à l'exploitation de gisements de bruts lourds à profondeur modérée (jusqu'à quelques centaines de mètres). Dans sa version la plus répandue - SAGD "Steam Assisted Gravity Drainage"- on utilise (Figure 1) deux puits horizontaux traversant le gisement (3) à exploiter. Le puits supérieur (1) injecte la vapeur à une température de 250 à 350°C, permettant de réchauffer le brut dans la zone balayée (2). La réduction de viscosité du brut lui permet de s'écouler vers le bas de la chambre (4) balayée par la vapeur, où le puits inférieur (5) recueille le mélange de brut et d'eau. La taille de la chambre balayée par la vapeur augmente progressivement à mesure que l'exploitation progresse. Actuellement, l'un des problèmes majeurs du SAGD est l'importante émission de gaz à effet de serre associée à la production de vapeur, car celle-ci est produite à partir de gaz naturel ou de fioul. On estime que la production de vapeur engendre environ 120 kg de CO<sub>2</sub> par baril de brut produit. La séparation et la réinjection de ce gaz sont particulièrement coûteuses.

Un autre problème est la disponibilité de combustibles économiques pour assurer la production de vapeur, car les ressources en gaz sont souvent limitées et l'utilisation de fioul est coûteuse. Pour limiter la consommation d'énergie il est courant de récupérer l'énergie thermique des fluides produits, dont la température est de l'ordre de 200 ou 250°C, pour préchauffer l'eau destinée à la production de vapeur.

Afin d'améliorer l'efficacité de la récupération des bruts lourds et extra lourds, il est intéressant :

- d'éviter l'émission importante de gaz à effet de serre associée à une production de vapeur classique (estimée à 120 kg de CO<sub>2</sub> par baril produit en moyenne),
- d'éviter de brûler une partie du brut extrait pour produire de la vapeur (25% des quantités produites en moyenne), augmentant donc d'autant les quantités de brut qui pourront être mises sur le marché, autrement dit les réserves,
- de diversifier les sources d'énergie de façon significative.

L'utilisation de l'énergie solaire en lieu et place des combustibles fossiles pour la production de la vapeur dans la technique de l'injection de vapeur permet de remédier à ces inconvénients.

#### Techniques de captation de l'énergie solaire

Les capteurs solaires thermiques plans comprennent un élément absorbant derrière un vitrage assurant un effet de serre adéquat, selon un principe connu depuis longtemps. Les températures atteintes par bon ensoleillement approchent 100°C [Capteurs solaires thermiques, Techniques de l'Ingénieur, 2005].

La mise sous vide de l'élément absorbant permet de réduire les pertes thermiques et autorise donc des températures plus élevées, mais néanmoins inférieures à 130°C en général. Ces températures pouvant être atteintes par simple récupération de l'énergie thermique des fluides produits dans un procédé de SAGD, ce type de capteurs ne peut répondre à l'usage envisagé.

Les capteurs solaires à concentration permettent d'obtenir des températures nettement plus élevées (300°C et plus) en focalisant les rayons du soleil vers

l'élément absorbant [B. Rivoire, Le solaire thermodynamique, in L'énergie de demain, edited by J. L. Bobin, E. Huffer and H. Niffenecker, EDP Sciences, Les Ulis, France, 2005]. Ils comprennent généralement un ou plusieurs miroirs d'axe orienté nord-sud dont l'orientation doit être contrôlée pour maintenir la focalisation en suivant le mouvement apparent du soleil dans le ciel.

Cette technologie comprend en particulier les capteurs cylindro-paraboliques, dont le principe est relativement simple puisque leur orientation n'implique qu'un degré de liberté au lieu de deux dans les capteurs qui visent un facteur de concentration plus élevé. Connus depuis le 19<sup>ème</sup> siècle, ces capteurs permettent d'atteindre des températures approchant 500°C dans les versions les plus récentes, utilisées à l'échelle industrielle dans les déserts du Sud des Etats-Unis pour produire environ 600 GWh d'électricité par an [Sargent-Lundy, Assesment of parabolic trough and solar solar tower technology cost and performance forecasts, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Co, USA, 530-344440, 2003.]. Ces dernières versions utilisent un fluide caloporteur [Sargent-Lundy, Assessment of parabolic trough and solar tower technology cost and performance forecasts, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Co, USA, 530-344440, 2003] ou de l'air surchauffé [US 6 694 738 B2, 2001] et nécessitent donc un bouilleur pour produire la vapeur de la centrale de production d'électricité.

Pour simplifier le dispositif de production de vapeur, il a été essayé d'engendrer directement la vapeur dans le tube collecteur du capteur dans un dispositif pilote de génération directe de vapeur [M. Muller, Direct solar steam in parabolic trough collectors. Plataforma solar de Almeria (PSA), CIEMAT and DLR, ISBN 84-605-1479-X, 1994; E. Zarza, L. Valenzuela, J. Leon, H.-D. Weyers, M. Eickhoff, M. Eck and K. Hennecke, The DISS Project: Direct Steam Generation in Parabolic Trough Systems. Operation and Maintenance Experience and Update on Project Status, Journal of Solar Energy Engineering 124 (2002) 126-133], mais le contrôle d'un tel système est complexe.

En effet, le système prévoit la production directe de vapeur dans l'élément absorbant d'un capteur cylindro-parabolique au moyen d'un train de capteurs disposés horizontalement, mais une telle disposition rend nécessaire un séparateur liquide-vapeur en sortie des capteurs solaires. Par ailleurs, la disposition horizontale du

capteur risque d'occasionner un écoulement instable du fait de bouchons de liquide. Enfin, les capteurs sont disposés en série occasionnant un débit de fluide important dans chaque capteur.

La mise en oeuvre des capteurs industriels à concentration est complexe. Les capteurs existants pivotent autour d'un axe situé sous le miroir parabolique ou coïncidant avec le centre de masse [US department of energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Solar parabolic trough, [http://www.eere.energy.gov/troughnet/pdfs/solar\\_trough.pdf](http://www.eere.energy.gov/troughnet/pdfs/solar_trough.pdf), 1996-2006]. De ce fait, le tube collecteur doit pivoter avec le miroir et il doit être relié par des flexibles ou des joints tournants au réseau d'approvisionnement en eau et de collecte de vapeur.

Les capteurs à tour constituent un autre type de capteur à concentration, dans lesquels des miroirs orientables font converger les rayons réfléchis au sommet d'une tour où se trouve l'élément absorbant. Utilisé dans des installations semi industrielles comme le four solaire d'Odeillo ou la centrale Themis [B. Rivoire, Le solaire thermodynamique, in L'énergie de demain, edited by J. L. Bobin, E. Huffer and H. Niffenecker, EDP Sciences, Les Ulis, France, 2005], ce principe permet d'atteindre des températures encore plus élevées approchant 800°C, mais il semble plus onéreux, car il faut actionner les miroirs selon deux degrés de liberté et le problème du fluide caloporteur (sels fondus ou métal fondu) est plus ardu.

#### Application des capteurs solaires à concentration dans le domaine pétrolier

L'utilisation de l'énergie solaire dans le domaine pétrolier est citée dans le brevet US 5 058 675 qui décrit l'utilisation de capteurs solaires à concentration pour la production de schistes bitumineux.

Les demandes de brevets US 2003/0111223A1, US2003/0196810A1, et WO 02/085821A2 décrivent la récupération assistée de bruts lourds en mentionnant schématiquement l'utilisation de capteurs solaires à concentration solaire.

En vue du SAGD, les conditions particulières définissent un optimum spécifique qu'il s'agit de déterminer. Cet optimum ne concerne pas seulement les capteurs, mais

l'ensemble du procédé, et il doit donc aussi intégrer des aspects tels que la récupération de l'énergie thermique des fluides produits, le stockage de l'énergie ou la disposition des capteurs.

En effet, l'utilisation de l'énergie solaire comme source de production de vapeur pose un certain nombre de difficultés notamment en raison du caractère dispersé et intermittent de l'énergie solaire, en sus des contraintes techniques liées aux capteurs eux-mêmes.

Si l'on met de côté l'inégalité de l'ensoleillement en fonction des zones géographiques, les difficultés à vaincre pour l'utilisation de l'énergie solaire pour la récupération assistée des bruts lourds sont de plusieurs types.

Une première difficulté tient au caractère dispersé de l'énergie solaire (maximum de l'ordre de  $1 \text{ kW/m}^2$  au niveau du sol par bon ensoleillement), qui oblige à prévoir de grandes surfaces de capteurs et donc un fort niveau d'investissement. Si l'on applique les rendements de conversion de l'énergie solaire en énergie thermique constatés aux USA et les quantités moyennes d'énergie nécessaires à la production par SAGD, on arrive à la conclusion que chaque mètre carré de capteur autorise la production d'environ 1,5 baril de brut lourd par an. Pour un projet de taille industrielle (20000 barils/jour) la surface de capteurs nécessaire est donc de l'ordre de  $5 \text{ km}^2$ , ce qui occuperait une surface au sol de 7-8  $\text{km}^2$ . Ces surfaces sont importantes, mais néanmoins réalistes en regard des surfaces consacrées à d'autres filières énergétiques comme les barrages hydroélectriques par exemple.

En raison de l'étendue à prévoir, la réduction du coût des capteurs à concentration revêt une importance particulière pour l'économie du procédé.

Une deuxième difficulté tient au caractère intermittent de l'énergie solaire, qui est disponible dans les meilleurs cas pendant un tiers du temps.

Au début de l'exploitation, quand la chambre de vapeur est encore peu développée, l'interruption de l'injection de vapeur se traduit par une chute rapide de la pression et une condensation de la vapeur dans la chambre, ces phénomènes contrecarrant la production ultérieure. On peut certes envisager une autre source d'énergie (gaz, fioul) pendant les périodes sans soleil, mais cela réduit les bénéfices attendus du

procédé. Il est donc utile de se pencher sur les possibilités de stockage de l'énergie produite pendant les périodes ensoleillées pour alimenter le procédé dans les heures ou les jours qui suivent. Un autre problème posé par le caractère intermittent de la production de vapeur est la récupération de l'énergie thermique des fluides produits en-dehors des périodes d'ensoleillement. La solution consistant à stocker cette énergie thermique (lit de graviers par exemple) est certes possible mais onéreuse, et ne permet de continuer à produire de la vapeur que pendant quelques heures après la fin de l'ensoleillement.

La présente invention se propose de remédier notamment à ces deux principaux groupes d'inconvénients :

- Optimisation du coût et de la performance des capteurs cylindro-paraboliques pour un usage en récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur.
- Adaptation de la récupération assistée des bruts lourds par injection de vapeur au caractère intermittent de l'énergie solaire par l'utilisation d'un réservoir déjà exploité comme stockage de chaleur et par un rythme de production optimisé.

## **Description de l'invention**

### Résumé de l'invention

La méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur, notamment du type SAGD, comporte les étapes suivantes :

- on génère de la vapeur à partir d'un ensemble de capteurs solaires,
- on injecte ladite vapeur dans au moins une première zone de production d'un réservoir et conjointement dans au moins une seconde zone,
- on dispose de moyens de communication de la vapeur entre lesdites deux zones,
- on utilise lesdits moyens de communication pour réguler l'injection de la vapeur entre les zones.

Dans un mode de réalisation préféré, la zone de production est une chambre de SAGD.

De manière préférée, ladite seconde zone est adaptée à être un stockage de la vapeur.

Avantageusement, on régule l'injection de vapeur à partir de la seconde zone pendant la phase nocturne.

Dans la méthode selon l'invention on peut disposer de communications entre les drains d'injection de vapeur, en sous-sol de forage ou en surface.

La première zone de production et la seconde zone peuvent être situées dans le même réservoir ou dans des réservoirs différents.

De préférence, dans la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'invention, les capteurs sont inclinés et disposés en parallèle.

De manière très préférée, les capteurs sont disposés de façon optimale en fonction du terrain, les points d'entrée des capteurs montés en parallèle étant situés dans un même plan horizontal.

Il est également possible d'effectuer un contrôle hydraulique pour adapter le débit de fluide à la puissance thermique variable délivrée par un train de capteurs disposés en parallèle.

En début ou en fin de journée, la méthode selon l'invention prévoit de manière avantageuse de ne tourner qu'un capteur sur deux vers le soleil, les autres capteurs étant disposés de façon à minimiser l'ombre portée.

L'invention concerne également une installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur, notamment du type SAGD, qui comporte:

- un ensemble de capteurs solaires pour la génération de vapeur,

- des moyens d'injection de vapeur dans au moins une première zone de production d'un réservoir et dans au moins une seconde zone,
- des moyens de communication entre les moyens d'injection de la vapeur desdites deux zones,
- des moyens de régulation de l'injection de la vapeur entre les zones.

De préférence, l'installation est du type SAGD.

Dans ladite installation, les capteurs solaires sont préférentiellement des capteurs à concentration cylindrico-paraboliques, inclinés et disposés en parallèle.

Les capteurs solaires sont de préférence à collecteur fixe, le miroir parabolique pivotant autour de l'axe du tube collecteur de manière à laisser ce dernier rigoureusement fixe.

L'installation peut comprendre un capteur de pression différentiel entre le collecteur de vapeur et la tuyauterie d'approvisionnement en eau et un système d'asservissement commandant le débit d'eau liquide injectée en fonction de la différence de pression mesurée.

#### Description détaillée de l'invention

#### Description de la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique de l'injection de vapeur utilisant l'énergie solaire selon l'invention

La méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur comporte les étapes suivantes :

- on génère de la vapeur à partir d'un ensemble de capteurs solaires,
- on injecte ladite vapeur dans au moins une première zone de production d'un réservoir et conjointement dans au moins une seconde zone,
- on dispose de moyens de communication de la vapeur entre lesdites deux zones,

- on utilise lesdits moyens de communication pour réguler l'injection de la vapeur entre les zones.

De préférence la zone de production est une chambre de SAGD.

De manière préférée, ladite seconde zone est adaptée à être un stockage de la vapeur.

Avantageusement, on régule l'injection de vapeur à partir de la seconde zone pendant la phase nocturne.

Dans la méthode selon l'invention on peut disposer de communications entre les drains d'injection de vapeur, en sous-sol de forage ou en surface.

De préférence, dans la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'invention, les capteurs sont inclinés et disposés en parallèle.

Les figures 2A et 2B illustrent l'invention à titre non limitatif et décrivent l'utilisation d'un réservoir déjà exploité comme stockage de chaleur dans un système de type SAGD.

Dans la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique de l'injection de vapeur (SAGD) utilisant l'énergie solaire selon l'invention, la production de vapeur est effectuée par génération directe dans des capteurs solaires et adaptée au caractère intermittent de l'énergie solaire en ce que l'on utilise un réservoir déjà exploité comme stockage de chaleur.

1<sup>ère</sup> phase : Pendant les périodes de bon ensoleillement (figure 2-A), la chambre (2'') faisant fonction de stockage est approvisionnée en vapeur par le champ de capteurs (7).

2<sup>ème</sup> phase : Pendant les périodes non ensoleillées (figure 2-B), on peut envisager de laisser la vapeur de cette chambre rejoindre une (ou plusieurs) chambre(s) de plus petite taille telles qu'elles existent en début d'exploitation (2'), afin de limiter la baisse

de pression et la condensation qui y interviendraient en l'absence de stockage. Ce stockage ne demande aucune installation spécifique et l'inertie thermique des réservoirs en fin d'exploitation est suffisante pour autoriser une fourniture de vapeur sur des durées de plusieurs heures, voire de plusieurs jours.

Dans la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'invention, le rythme de production est de manière avantageuse adapté à la récupération de l'énergie thermique en ce que:

- le puits inférieur (5', 5") fonctionne de manière intermittente pendant les périodes pendant lesquelles on a besoin de préchauffer l'eau destinée à la production de vapeur au moyen de l'échangeur (10),
- l'eau liquide condensée et le brut réchauffé s'accumulent dans le fond de la chambre de vaporisation (4', 4") pendant les périodes non ensoleillées,
- le flux des produits (8) varie en fonction du flux d'approvisionnement en eau froide (9).

On peut en effet envisager de ne laisser le puits inférieur (5', 5") produire que pendant les périodes pendant lesquelles on a besoin de préchauffer l'eau destinée à la production de vapeur au moyen de l'échangeur (10). Cela revient à laisser s'accumuler l'eau liquide condensée et le brut réchauffé dans le fond de la chambre de vaporisation (4") pendant les périodes non ensoleillées (figure 2-B). Cette solution évite le recours à un stockage de chaleur spécifique pour stocker l'énergie thermique des fluides produits en attendant qu'on ait de l'énergie solaire pour produire la vapeur.

Par ailleurs, la méthode de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur optimisée selon l'invention permet une utilisation de l'énergie solaire de façon complémentaire et progressive au cours de l'exploitation.

Variante 1 : Utilisation à titre complémentaire de l'énergie solaire

On peut envisager de n'utiliser l'énergie solaire qu'en complément de sources d'énergie classiques (gaz, fioul) pour produire la vapeur. En tablant sur une durée

d'ensoleillement moyenne de 6 heures par jour, l'utilisation d'énergie solaire économise ainsi 25 % des combustibles et des installations de traitement de CO<sub>2</sub> nécessaires.

Variante 2 : Utilisation progressive de l'énergie solaire au cours de l'exploitation

L'utilisation de l'énergie solaire à titre complémentaire est en particulier attrayante en début d'exploitation, quand on ne dispose pas encore d'un réservoir exploité pour assurer le stockage de chaleur et quand on n'a pas encore installé la totalité du champ de capteurs. En effet, la puissance solaire nécessaire pour alimenter par exemple le SAGD en complément d'un combustible fossile n'est que le quart de la puissance totale, et il suffit donc d'un quart de la surface de capteurs nécessaire à un SAGD exclusivement solaire (environ 1,25 km<sup>2</sup> pour une production de 20 000 barils/jour). Dans une deuxième phase, on peut étendre le champ de capteurs pour augmenter le taux de couverture des besoins par l'énergie solaire, en profitant des statistiques d'exploitation de la première phase pour dimensionner au mieux l'extension du champ de capteurs.

De manière préférée, la vapeur est générée directement dans des capteurs solaires à concentration inclinés.

De préférence, l'énergie solaire est produite au moyen de capteurs solaires disposés en parallèle.

De manière très préférée, les capteurs solaires sont à collecteur fixe, le miroir parabolique pivotant autour de l'axe du tube collecteur de manière à laisser ce dernier rigoureusement fixe.

#### Disposition optimale des capteurs en fonction du terrain

Pour la génération directe de vapeur notamment, il est avantageux que les points d'entrée des capteurs montés en parallèle soient situés dans un même plan horizontal pour que le niveau de liquide soit identique dans les différents tubes collecteurs. Dans le cas de terrains présentant une bonne planéité, on aura intérêt à disposer la rangée de capteurs en parallèle le long d'un axe est-ouest, afin de

minimiser la longueur de tuyauterie. Dans le cas de terrains présentant des déclivités significatives, on aura intérêt à disposer les capteurs d'une même rangée le long d'une courbe de niveau afin d'éviter des terrassements importants.

### Contrôle hydraulique

De manière préférée, on effectue un contrôle hydraulique pour adapter le débit de fluide à la puissance thermique variable délivrée par le train de capteurs, un système d'asservissement commandant le débit d'eau liquide injectée en fonction de la différence de pression mesurée (par exemple au moyen d'une vanne commandée).

La valeur de consigne est fixée à  $\varepsilon h \Delta \rho g$  où  $\varepsilon$  est un nombre compris entre zéro et 1,  $h$  est la différence de niveau entre l'entrée et la sortie du capteur,  $\Delta \rho$  est la différence de masse volumique entre le liquide et la vapeur, et  $g$  est l'accélération de la pesanteur. Selon la valeur du paramètre  $\varepsilon$  on peut produire de la vapeur faiblement surchauffée ( $\varepsilon$  proche de l'unité) ou fortement surchauffée (valeurs plus faibles de  $\varepsilon$ ). Dans un tel système la sortie de vapeur peut être asservie en pression (là encore au moyen d'une vanne commandée), ce qui permet de contrôler la température puisque celle-ci s'établit de façon à ce que la pression de vapeur saturante soit égale à la consigne. Dans un système dimensionné pour de faibles pertes de charge, on peut éviter ainsi le risque d'une vaporisation incomplète de l'eau.

### Fonctionnement en début et fin de journée

En début et en fin de journée le soleil est bas sur l'horizon et les capteurs se font de l'ombre mutuellement, et la quantité de rayonnement arrivant sur chaque capteur n'est plus suffisante pour atteindre la température de 250-300°C nécessaire au SAGD. En conséquence la méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'invention prévoit avantageusement de ne tourner qu'un capteur (12A) sur deux vers le soleil (Figure 5), les autres étant disposés de façon à minimiser l'ombre portée (12B). De la sorte on augmente le flux de rayonnement incident sur les capteurs actifs (12A), qui peuvent vaporiser l'eau à une température supérieure. Dans un ensemble de capteurs montés en parallèle, le niveau de liquide s'élève dans les capteurs non ensoleillés (12B), ce qui interrompt le débit. Le débit de fluide se concentre ainsi dans les

capteurs recevant le plus de rayonnement. Le débit ainsi obtenu est restreint, mais le fluide est à la température et à la pression recherchées.

### **Installation de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur**

La présente invention a également pour objet une installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur comprenant un ensemble de capteurs solaires pour la génération de vapeur, des moyens d'injection de vapeur dans au moins une première zone de production d'un réservoir et dans au moins une seconde zone, des moyens de communication entre les moyens d'injection de la vapeur desdites deux zones, et des moyens de régulation de l'injection de la vapeur entre les zones au moyen de capteurs solaires à concentration, où les capteurs solaires sont de préférence des capteurs cylindrico-paraboliques inclinés et disposés en parallèle.

De préférence, l'installation est du type SAGD.

### **Génération directe de vapeur dans des capteurs inclinés**

La production directe de vapeur dans l'élément absorbant de capteurs cylindro-paraboliques disposés horizontalement est difficile à mettre en oeuvre à cause de la création de bouchons et rend nécessaire une séparation liquide-vapeur en sortie de capteurs solaires.

La présente invention envisage d'incliner l'axe (13) du capteur (12) d'un angle modéré (par exemple compris entre 5° et 10°) pour assurer cette séparation dans le capteur lui-même, en évitant ainsi les bouchons de liquide dans le collecteur (14) de vapeur (figure 3-A). Une inclinaison de quelques degrés reste compatible avec la longueur souhaitable d'un capteur cylindrico-parabolique (quelques dizaines de mètres) sans grever notablement les coûts d'installation.

En effet la partie haute est surélevée de quelques mètres au plus (par exemple surélévation de 3 mètres pour un capteur de 30 m de long incliné de 5°).

### Disposition des capteurs en parallèle

La présente invention envisage une disposition en parallèle des capteurs (12) (et des tubes collecteurs (13)), le liquide arrivant par la tuyauterie d'approvisionnement en liquide (11) et la vapeur ressortant par une tuyauterie de sortie (14) (figure 3-B).

Cela permet de réduire le débit de fluide dans chaque capteur et donc de faciliter la ségrégation par gravité des bulles de vapeur avec une inclinaison faible.

Cette disposition présente aussi l'avantage de répartir au mieux le débit si les capteurs ne délivrent pas tous la même puissance thermique. En effet la vaporisation sera plus faible dans un capteur de moindre puissance, d'où un niveau de liquide plus élevé et donc un obstacle supplémentaire à l'écoulement. Un bref calcul de dimensionnement montre que les vitesses de liquide à prévoir dans un collecteur de diamètre moyen (5-6 cm) sont de l'ordre du centimètre par seconde pour un capteur de 30 mètres de long par bon ensoleillement, celles de vapeur étant de l'ordre de la vingtaine de centimètres par seconde. Ces vitesses sont suffisamment faibles pour éviter l'entraînement du liquide par la vapeur (ou inversement).

### Conception mécanique simplifiée à collecteur fixe

Pour simplifier le système, la présente invention prévoit de manière avantageuse un dispositif permettant (figure 4 A) de faire pivoter le miroir parabolique (12) autour de l'axe du tube collecteur (13) de manière à laisser ce dernier rigoureusement fixe. L'absence de joints mobiles réduit fortement les coûts et les risques de panne. Dans le dispositif de SAGD selon l'invention, les capteurs sont à collecteur fixe, le miroir parabolique (12) pivotant autour de l'axe du tube collecteur (13) de manière à laisser ce dernier rigoureusement fixe.

Ce mouvement de rotation du miroir peut s'obtenir par exemple (figure 4-A) au moyen d'une demi-couronne d'appui (15) de forme circulaire, centrée sur le tube collecteur, s'appuyant sur des galets porteurs (16). Des galets de maintien (17) sont également envisageables pour assurer une bonne tenue au vent de l'ensemble.

Dans un autre mode de réalisation (figure 4-B), le miroir parabolique (12) pourrait être suspendu à des roulements (19) situés autour du tube collecteur (13) au moyen d'entretoises (18), le tube collecteur étant soutenu par des portiques (20) de place en place.

#### Contrôle hydraulique

De manière préférée, pour adapter le débit de fluide à la puissance thermique variable délivrée par un train de capteurs disposés en parallèle, l'installation comprend un capteur de pression différentiel entre le collecteur de vapeur (14) et la tuyauterie d'approvisionnement en eau (11) et un système d'asservissement commandant le débit d'eau liquide injectée en fonction de la différence de pression ( $\Delta P$ ) mesurée (par exemple au moyen d'une vanne commandée). La figure 3B illustre ce mode de fonctionnement à titre non limitatif.

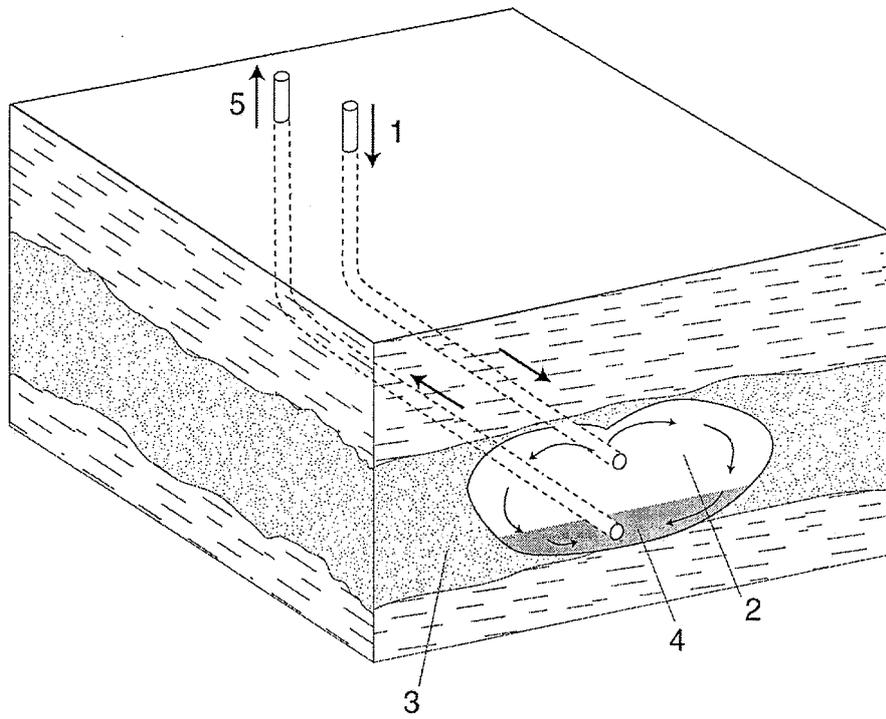
## REVENDEICATIONS

1. Méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes :
  - on génère de la vapeur à partir d'un ensemble de capteurs solaires (7),
  - on injecte ladite vapeur dans au moins une première zone de production (2') d'un réservoir (3) et conjointement dans au moins une seconde zone (2''),
  - on dispose de moyens de communication de la vapeur entre lesdites deux zones,
  - on utilise lesdits moyens de communication pour réguler l'injection de la vapeur entre les zones.
2. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle la zone de production (2') est une chambre de SAGD.
3. Méthode selon les revendications 1 ou 2 dans laquelle ladite seconde zone (2'') est adaptée à être un stockage de la vapeur.
4. Méthode selon les revendications 1 à 3, dans laquelle on régule l'injection de vapeur à partir de la seconde zone (2'') pendant la phase nocturne.
5. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on dispose de communications entre les drains d'injection de vapeur (1') et (1'') en sous-sol de forage ou en surface.
6. Méthode selon l'une des revendications précédentes dans laquelle la première zone (2') et la seconde zone (2'') sont situées dans des réservoirs différents.
7. Méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'une des revendications précédentes dans laquelle on incline les capteurs (12) par rapport à l'horizontale et on les dispose en parallèle.
8. Méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon la revendication 7 dans laquelle on dispose les capteurs de façon optimale en fonction du terrain, les points d'entrée des capteurs montés en parallèle étant situés dans un même plan horizontal.
9. Méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'une des revendications 7 ou 8 dans laquelle on effectue un contrôle hydraulique pour

adapter le débit de fluide à la puissance thermique variable délivrée par un train de capteurs (12) disposés en parallèle.

10. Méthode optimisée de récupération assistée des bruts lourds selon l'une des revendications précédentes où on ne tourne qu'un capteur (12A) sur deux vers le soleil en début ou en fin de journée, les autres capteurs (12B) étant disposés de façon à minimiser l'ombre portée.
11. Installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur, caractérisée en ce qu'elle comporte :
  - un ensemble de capteurs solaires pour la génération de vapeur (7),
  - des moyens d'injection de vapeur (1'), (1'') dans au moins une première zone de production (2') d'un réservoir (3) et dans au moins une seconde zone (2''),
  - des moyens de communication entre les moyens d'injection de la vapeur desdites deux zones,
  - des moyens de régulation de l'injection de la vapeur entre les zones.
12. Installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur selon la revendication 11 du type SAGD.
13. Installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur selon la revendication 11 ou 12 dans laquelle les capteurs solaires sont des capteurs à concentration cylindrico-paraboliques (12) inclinés et disposés en parallèle.
14. Installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur selon l'une des revendications 11 à 13 dans laquelle les capteurs sont à collecteur fixe, le miroir parabolique (12) pivotant autour de l'axe du tube collecteur (13) de manière à laisser ce dernier rigoureusement fixe.
15. Installation optimisée de récupération assistée des bruts lourds par la technique d'injection de vapeur selon l'une des revendications 11 à 14 comprenant un capteur de pression différentiel ( $\Delta P$ ) entre le collecteur de vapeur (14) et la tuyauterie d'approvisionnement en eau (11) et un système d'asservissement commandant le débit d'eau liquide injectée en fonction de la différence de pression mesurée.

FIG. 1



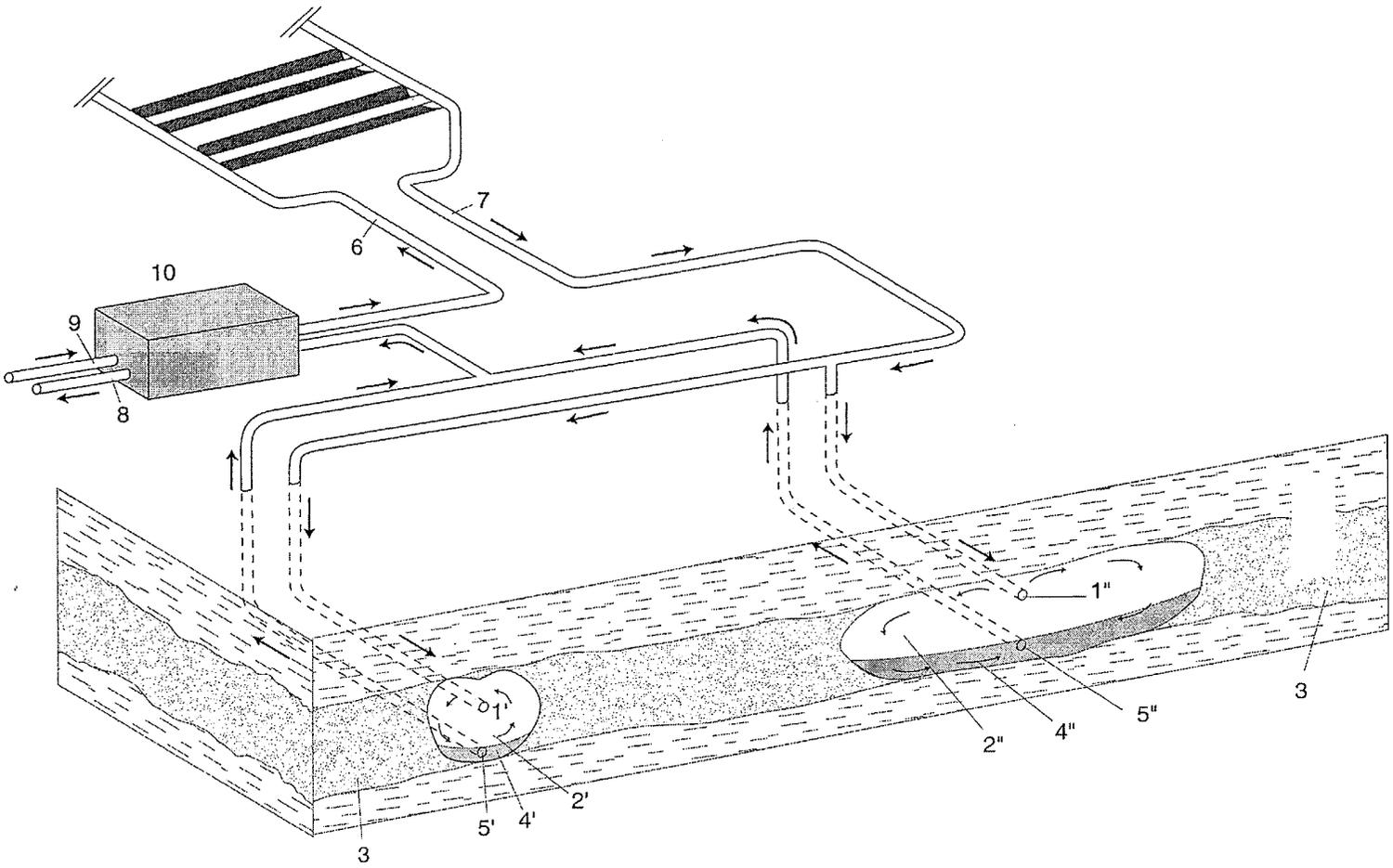


FIG. 2A



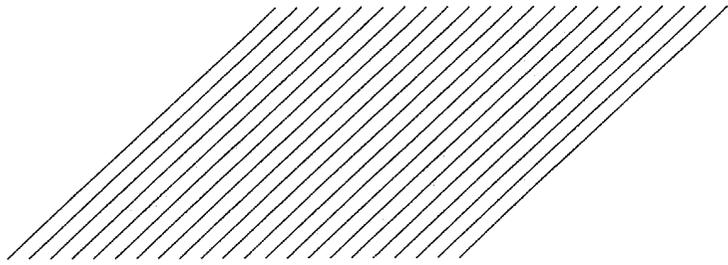
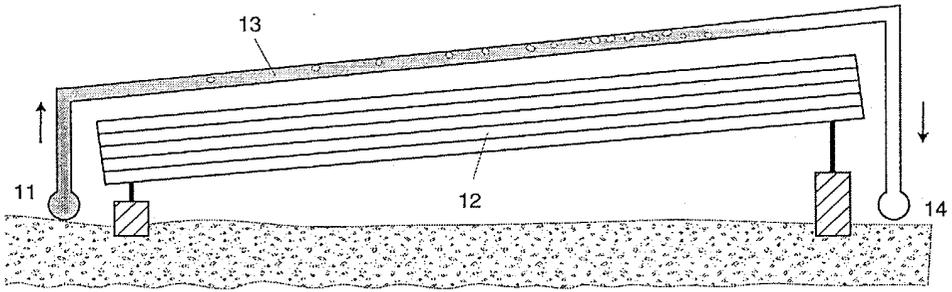


FIG. 3A

FIG. 3B

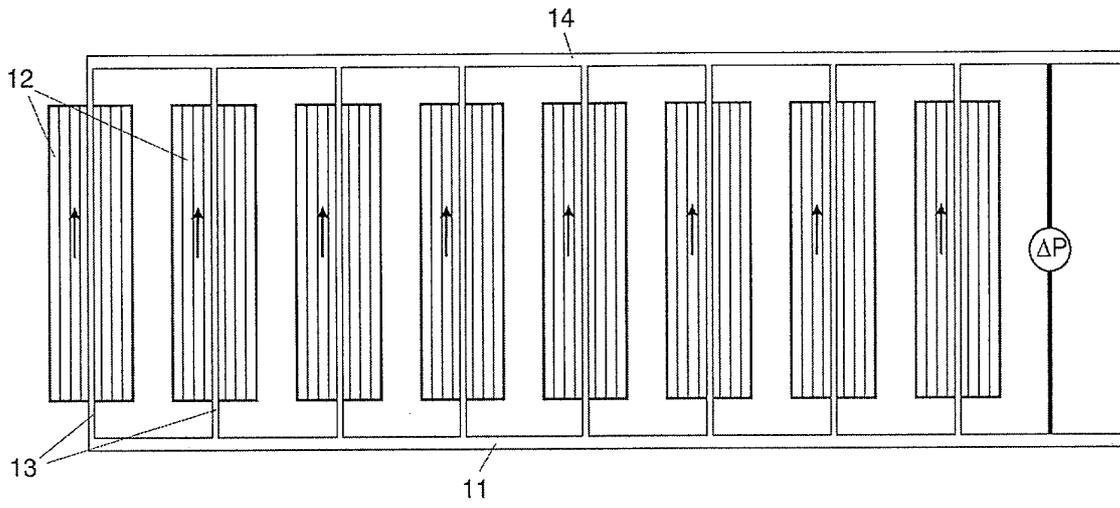


FIG. 4A

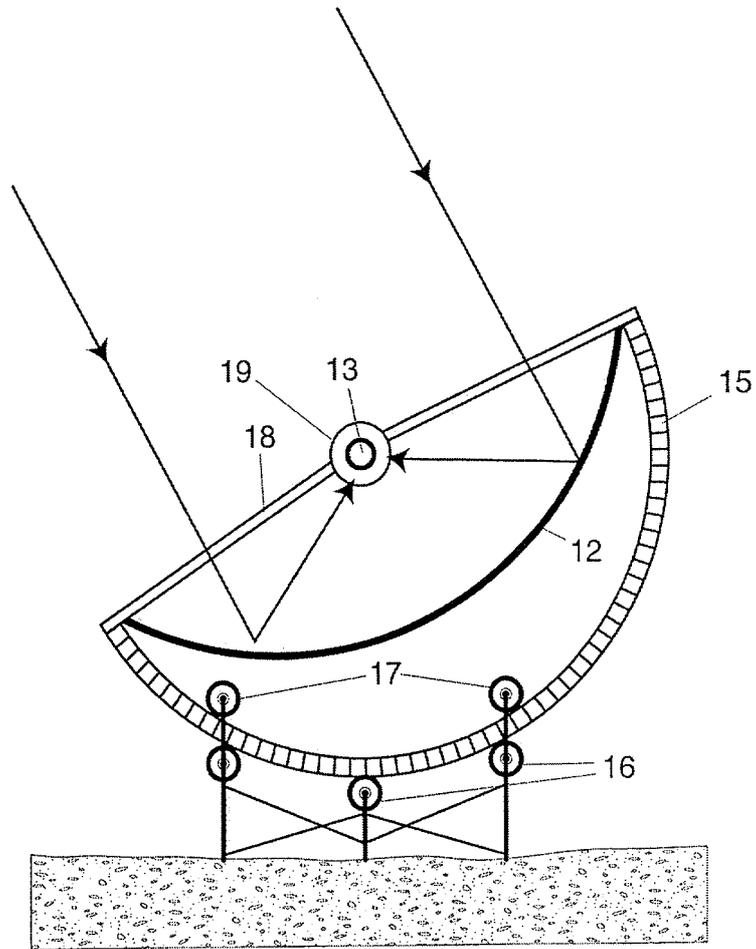


FIG. 4B

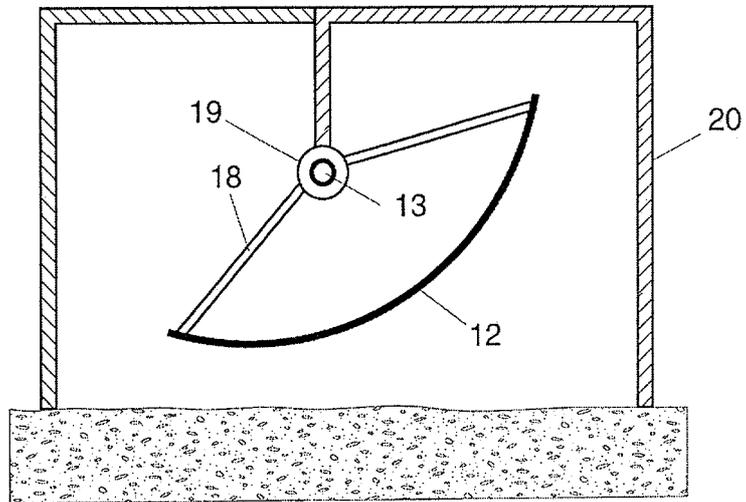
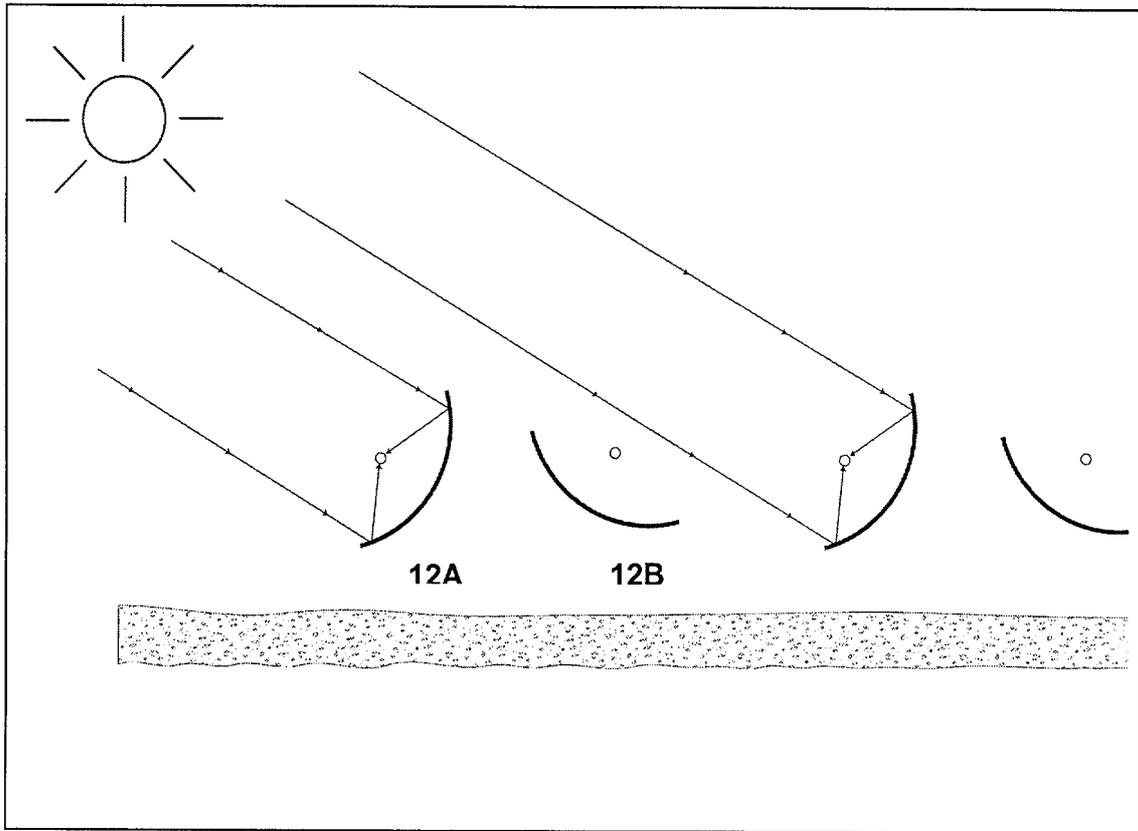


FIG. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 679851  
FR 0604964

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2006/029112 A (MEKSVANH SOVANI [US]; WHELAN RONALD P [US]; SWIFT DOUGLAS B [US]) 16 mars 2006 (2006-03-16) * alinéas [0005], [0006], [0043] - [0045], [0050], [0080], [0093], [0103], [0125] *	1,3-6,11	E21B43/24 F24J2/14 F24J2/24 F24J2/40
Y	* figure 1 *	2,7-10, 12-15	
Y	----- US 2005/072567 A1 (STEELE DAVID JOE [US] ET AL STEELE DAVID JOE [US] ET AL) 7 avril 2005 (2005-04-07) * le document en entier *	2,12	
Y	----- US 4 306 540 A (HUTCHISON JOSEPH A) 22 décembre 1981 (1981-12-22) * colonne 2, ligne 22-34 * * colonne 5, ligne 12-19,42-46 * * figure 1 *	7-10, 13-15	
A	----- US 1 872 927 A (GAY FRAZER W) 23 août 1932 (1932-08-23) * revendication 2 *	3,4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	----- EP 0 109 288 A2 (BABCOCK & WILCOX CO [US]) 23 mai 1984 (1984-05-23) * le document en entier *		E21B F24J F28D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 février 2007		BELLINGACCI, F	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0604964 FA 679851**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 16-02-2007

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2006029112 A	16-03-2006	AUCUN	
US 2005072567 A1	07-04-2005	CA 2483371 A1 US 2007017677 A1	06-04-2005 25-01-2007
US 4306540 A	22-12-1981	AUCUN	
US 1872927 A	23-08-1932	AUCUN	
EP 0109288 A2	23-05-1984	CA 1197454 A1 ES 8505021 A1 ES 8606617 A1 GR 82249 A1 JP 59192192 A US 4513733 A	03-12-1985 16-07-1985 01-10-1986 13-12-1984 31-10-1984 30-04-1985