

Production d'hydrogène à l'aide d'énergie solaire basse énergie.

La présente invention concerne un dispositif assurant la production d'hydrogène à l'aide d'énergie solaire basse énergie. De nombreux brevets décrivent de tels dispositifs.

5 Parmi ceux-ci, on peut citer US 5 924 287 A qui est un dispositif domestique de production d'hydrogène utilisant une source froide externe, et FR 2 317 523 A qui ne produit pas d'hydrogène.

Habituellement la production d'électricité à l'aide d'énergie solaire se fait suivant deux voies :

10 - avec des cellules photovoltaïques c'est simple mais cher,
- ou avec des hautes énergies, par exemple de l'eau est transformée en vapeur avec des concentrateurs solaires (c'est la source chaude), cette vapeur actionne une turbine, l'air ambiant étant la source plus froide. C'est très complexe
15 et très cher. Si l'on veut pouvoir utiliser comme source chaude basse énergie de l'eau chaude qui n'est pas sous forme de vapeur, l'air ambiant n'est pas une bonne source froide.

Le dispositif selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients. Il utilise une première solution qui est
20 d'obtenir de l'eau froide la nuit grâce à des dissipateurs d'énergie thermique. Il utilise une deuxième solution qui est de stocker l'eau chaude obtenue le jour et l'eau froide obtenue la nuit pour avoir les deux sources thermiques disponibles en permanence pour actionner une turbine dans un
25 cycle de Rankine couplée à un alternateur, ou pour actionner un moteur Stirling, ou par thermoélectricité.

L'alternance jour/nuit est habituellement un handicap pour l'énergie solaire, dans la présente invention nous en faisons un avantage majeur. L'électricité produite peut servir
30 à la fabrication d'hydrogène. L'hydrogène est ensuite transporté par gazoduc ou stocké dans des réservoirs sous pression.

Cet hydrogène est utilisé comme combustible non polluant soit pour la propulsion automobile (avec des piles à combustible) ou pour la production d'électricité de manière
35 non polluante dans des centrales. D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 de la planche 1/5 représente une vue schématique du dispositif de production d'électricité avec une turbine dans un cycle de Rankine couplée à un alternateur, associé à un électrolyseur produisant de l'hydrogène.

5 La figure 2 de la planche 2/5 représente une vue schématique du dispositif de production d'électricité avec un procédé thermoélectrique, associé à un électrolyseur produisant de l'hydrogène.

La figure 3 de la planche 3/5 représente une vue schématique
10 du dispositif de production d'électricité avec un moteur Stirling couplé à un alternateur, associé à un électrolyseur produisant de l'hydrogène.

La figure 4 de la planche 4/5 représente une vue schématique en coupe de face d'un dissipateur thermique.

15 La figure 5 de la planche 4/5 représente une vue schématique en coupe de dessus d'un dissipateur thermique.

La figure 6 de la planche 5/5 représente une vue schématique en coupe de face d'un dispositif de stockage d'eau.

La figure 7 de la planche 5/5 représente une vue schématique
20 en coupe de face d'un capteur solaire plan pouvant devenir un dissipateur thermique.

On a dessiné sur la figure 1 de la planche 1/5 le dispositif de production d'électricité avec une turbine dans un cycle de Rankine couplée à un alternateur, associé à un
25 électrolyseur produisant de l'hydrogène.

La journée de l'eau circule à l'intérieur des capteurs solaires plans (1), la température de l'eau est élevée car la chaleur du soleil y est piégée par effet de serre.

L'eau est pompée par une pompe (16) dans un circuit (12), elle
30 est stockée dans un réservoir (3). Puis l'eau circule à nouveau dans les capteurs solaires (1), ce cycle dure toute la journée pour avoir une température de l'eau stockée (3) la plus élevée possible. La nuit ce dispositif est arrêté.

La nuit de l'eau circule à l'intérieur des dissipateurs
35 thermiques (2), la température de l'eau est abaissée car la chaleur est dissipée par conduction, convection et rayonnement. L'eau est pompée par une pompe (17) dans un circuit (13), elle est stockée dans un réservoir (4).

Puis l'eau circule à nouveau dans les dissipateurs thermiques (2), ce cycle dure toute la nuit pour avoir une température de l'eau stockée (4) la plus basse possible. La journée ce dispositif est arrêté.

5 Ayant une source thermique chaude (3) et une source thermique froide (4) en permanence il est possible de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique en utilisant les principes de Carnot.

Nous utilisons un cycle de Rankine. Pour cela nous utilisons
10 un circuit secondaire (19) en boucle fermée dans lequel circule un fluide de travail frigorigène par exemple de l'ammoniaque (ou de l'alcane ou du HCFC ou du "Fréon" ou du propylène ou de l'isobutane ou de l'isopentane ou autre) qui subit des changements de phase (liquide/gaz) et de
15 pression au cours du cycle.

Le fluide frigorigène s'évapore dans un serpentin (14) (évaporateur) plongé dans l'eau chaude stockée (3), il prélève de la chaleur à la source chaude (3), la vapeur produite actionne une turbine basse pression (6) en se détendant, la
20 vapeur se condense dans un serpentin (15) (condenseur) plongé dans l'eau froide stockée (4), elle cède de la chaleur à la source froide (4), une pompe (5) fait circuler le fluide de la source froide (4) vers la source chaude (3), et remet sous pression le fluide. Un nouveau cycle reprend.

25 L'eau chaude stockée (3) est refroidie par les prélèvements du fluide de travail et doit donc être réchauffée par les capteurs solaires (1) pendant la journée. L'eau froide stockée (4) est réchauffée par les apports du fluide de travail et doit donc être refroidit par les dissipateurs
30 thermiques (2) la nuit.

La turbine (6) entraîne un alternateur (18) qui produit de l'électricité.

Un des grands intérêts est d'utiliser cette électricité pour produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau. Un
35 électrolyseur (9) utilise l'électricité produite par l'alternateur (18) pour réaliser l'électrolyse de l'eau venant d'une cuve (10), l'hydrogène produit est stocké dans un réservoir (11).

Si l'électricité est produite dans des régions isolées c'est une très bonne utilisation que de réaliser l'électrolyse de l'eau pour obtenir de l'hydrogène, qui est utilisé plus tard comme combustible non polluant.

5 Ce dispositif est particulièrement écologique à tous les niveaux et constitue une des meilleures alternatives aux énergies fossiles. Le pétrole et toutes les énergies fossiles sont très polluants et il y aura assez rapidement une pénurie de ces énergies. L'hydrogène est un carburant non polluant,
10 pour concurrencer le pétrole il faut pouvoir le produire à partir d'une énergie renouvelable et de façon bon marché.

La production est réalisée de préférence dans des régions arides, semi-arides, désertiques ou semi-désertiques proches des tropiques car :

- 15 - l'amplitude thermique entre le jour et la nuit y est plus grande,
- il y a une forte insolation,
- il y a peu de nuages,
- l'hygrométrie est très basse d'où un rayonnement plus
20 intense,
- la nuit le ciel est très dégagé, d'où un bon refroidissement par rayonnement des dissipateurs thermiques,
- plus on est près de l'équateur plus la transition jour/nuit est rapide, et moins il y a de variations entre les saisons,
25 - on peut utiliser de vastes étendues non urbanisées et non utilisées par l'agriculture.

L'aspect économique :

pour que ce dispositif soit réellement compétitif par rapport à la production d'électricité réalisée avec de l'énergie
30 nucléaire, ou des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon), il faut que les coûts de construction et d'exploitation des centrales de production utilisant ce dispositif soit les plus faibles possibles.

Nous allons décrire des moyens les moins coûteux possibles
35 pour produire un kWh au prix le plus bas, et ayant une bonne rusticité pour être adaptés à des climats rudes.

Le fluide caloporteur le plus simple, le moins cher et parmi les plus efficaces est l'eau; à la fois comme fluide caloporteur à l'intérieur des capteurs solaires (1), comme fluide caloporteur à l'intérieur des dissipateurs thermiques (2), et pour le stockage d'énergie calorique chaude (3) et froide (4). L'eau a un fort pouvoir de stockage calorique. L'eau est amenée lors de la mise en place du dispositif, le dispositif fonctionnant en circuit fermé, il n'est pas nécessaire d'en ajouter par la suite.

10 Ensuite il y a besoin d'apports d'eau uniquement pour la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau. Si l'eau n'est pas de bonne qualité, l'utilisation de distillateurs solaires permet d'avoir une eau de bonne qualité (sans calcaire etc) pour éviter des dépôts nuisibles au
15 dispositif.

L'eau peut être additionnée de glycol ou d'éthyl-glycol pour éviter le gel. D'autres fluides caloporteurs peuvent être utilisés avec des performances supérieures suivants les climats.

20 Nous allons décrire un moyen simple et très peu coûteux de réaliser un stockage efficace de l'eau chaude et froide dans des zones désertiques sans avoir à transporter beaucoup de matériel. Ce dispositif est connu de l'état de l'art, il est indiqué à titre d'exemple.

25 On a dessiné à la figure 6 de la planche 5/5 un dispositif de stockage d'eau. Le stockage d'eau chaude et froide est de préférence réalisé en creusant dans le sol des tranchées en forme de V, profondes de quelques mètres.

Les parois des tranchées sont recouvertes de films plastiques étanches et résistants (67).

30 Le stockage enterré est thermiquement efficace et très bon marché, le sol étant un bon isolant naturel. L'isolation thermique est bien meilleure qu'avec des cuves à l'air libre. Des plaques d'isolant léger (62) (polystyrène par exemple)
35 sont placées à la surface du réservoir pour assurer l'isolation thermique au-dessus.

Un film plastique (63) évite l'évaporation de l'eau (61).
Des tuyaux (65) et (66) permettent de pomper et d'amener
l'eau. Une grille (64) recouverte d'une bâche plastique (68)
ferme le réservoir et évite que de la poussière etc ne tombe
5 dans le réservoir.

Plus la différence de température est importante entre
la source chaude (3) et la source froide (4) plus la puissance
pour actionner la turbine (6) est grande. Les volumes de
stockage d'eau chaude (3) et d'eau froide (4) doivent être les
10 plus importants possibles pour que les performances ne se
dégradent pas à la fin de chaque demi cycle (fin de journée,
fin de nuit), car la nuit l'eau chaude (3) devient de moins en
moins chaude, et la journée l'eau froide (4) devient de moins
en moins froide, à cause des différents transferts thermiques
15 réalisés par le fluide de travail, et par les inévitables
pertes thermiques des réservoirs de stockage.
Ainsi les températures chaudes et froides restent les plus
constantes possibles.

L'eau chaude ayant une densité plus faible que l'eau
20 froide, la température est plus élevée en haut des réservoirs
de stockage qu'en bas. On place donc l'évaporateur (14) en
haut du réservoir chaud (3), et le condenseur (15) en bas du
réservoir froid (4).

On obtient une différence de température supplémentaire en
25 ayant des réservoirs les plus hauts possibles pour profiter au
maximum de ce phénomène. On gagne encore une petite différence
de température supplémentaire en réalisant une fosse à froid
dans le réservoir froid (4), il s'agit d'un endroit plus
profond où l'eau la plus froide se trouve par gravité.

30 Le jour on pompe l'eau à chauffer en bas du réservoir
chaud (3) et une fois réchauffée par les capteurs solaires (1)
on l'amène en haut du réservoir chaud (3). La nuit on pompe
l'eau à refroidir en haut du réservoir froid (4) et une fois
refroidie par les dissipateurs thermiques (2) on l'amène en
35 bas du réservoir froid (4).

On a dessiné à la figure 4 de la planche 4/5 et à la figure 5 de la planche 4/5 des dissipateurs thermiques simples, à titre d'exemple, ce dispositif est connu de l'état de l'art, et est semblable aux dissipateurs se trouvant à l'arrière des réfrigérateurs.

Les dissipateurs thermiques (2) sont par exemple constitués de tubes métalliques (40) où circule le fluide caloporteur (41). Les tubes métalliques (40) sont par exemple en cuivre qui a une très bonne conductivité thermique. Des tiges (42) du même métal sont soudées aux tubes (40) au-dessus et au-dessous, elles donnent une rigidité à l'ensemble et participent au refroidissement.

Les dissipateurs thermiques sont peints en noir, car cette couleur permet la meilleure dissipation thermique par rayonnement. Des pieds (43) surélèvent les dissipateurs par rapport au sol, et facilitent la convection.

On peut utiliser des capteurs solaires plans rudimentaires, l'utilisation de zones arides où l'on dispose de grandes surfaces de captage avec un rayonnement intense permet d'avoir des capteurs peu sophistiqués et bons marchés, car on peut se contenter d'un rendement faible.

On a dessiné à la figure 7 de la planche 5/5 un capteur plan très simple et bon marché, ayant la particularité de pouvoir servir de dissipateur thermique la nuit.

Ce type de capteur est connu de l'état de l'art dans sa fonction capteur; par contre le fait de gonfler la partie assurant l'effet de serre le jour, et de dégonfler cette partie la nuit pour transformer le capteur en dissipateur thermique n'est pas inclus dans l'état de l'art.

Un film plastique noir (50) constitue la base, un autre film plastique noir (52) y est soudé pour créer des canaux où circule le liquide caloporteur (51). Un autre film plastique transparent (54) est soudé pour créer un volume (53) gonflable et dégonflable. La lumière visible traverse ce film transparent et se transforme en infra-rouge lorsqu'elle atteint la surface noire (52).

Ce plastique doit être d'une bonne opacité aux infra-rouges pour générer un effet de serre. Quand ce dispositif est utilisé en mode dissipation thermique il n'est pas aussi efficace que les dissipateurs métalliques, on utilise donc ce
5 dispositif avant les dissipateurs métalliques.

On a dessiné à la figure 2 de la planche 2/5 une vue schématique du dispositif de production d'électricité avec un couple thermoélectrique, associé à un électrolyseur produisant de l'hydrogène. Le fonctionnement diffère du dispositif avec
10 une turbine dans un cycle de Rankine avec un alternateur par l'utilisation d'un générateur thermoélectrique (20).

La thermoélectricité ou "effet Seebeck-Peltier" est le phénomène physique suivant : quand on soumet à une différence de température deux métaux appropriés soudés ensembles il se
15 dégage un courant électrique.

La thermoélectricité a été peu utilisée jusqu'à présent, mais de récents progrès liés à l'utilisation de semi-conducteurs en couche mince en font un mode de génération électrique basse énergie intéressant.

20 Dans le cas de l'utilisation d'un générateur thermoélectrique (20), on utilise directement les sources chaude et froide, sans utiliser de fluide de travail intermédiaire. L'eau chaude stockée dans le réservoir (3) est pompée par une pompe (23) dans un circuit (21), qui alimente
25 le générateur thermoélectrique en chaleur, l'eau froide stockée dans le réservoir (4) est pompée par une pompe (24) dans un circuit (22), qui alimente le générateur thermoélectrique en source froide.

La figure 3 de la planche 3/5 représente une vue
30 schématique du dispositif de production d'électricité avec un moteur Stirling couplé à un alternateur, associé à un électrolyseur produisant de l'hydrogène. On peut aussi utiliser un moteur Stirling à la place d'un cycle de Rankine classique.

35 Un moteur Stirling utilise un gaz enfermé dans un ensemble piston (26) cylindre (27).

Ce gaz est mis alternativement en contact avec la source
chaude qui donne de la chaleur au gaz et avec la source froide
qui prend de la chaleur au gaz. Quand le gaz est mis en
contact avec la source chaude, sa pression monte et pousse le
5 piston moteur (26), puis il est mis en contact avec la source
froide, sa pression baisse, le piston moteur (26) comprime le
gaz et le cycle peut recommencer.

Le piston est couplé à un volant d'inertie (28).

Différents types de moteurs Stirling existent, ces moteurs
10 sont connus de l'état de l'art.

La thermoélectricité ainsi que les moteurs Stirling
sont deux moyens d'utiliser la base de l'invention;
néanmoins du point de vue économique, dans l'état actuel de la
technique, il est préférable d'utiliser une turbine dans un
15 cycle de Rankine.

REVENDEICATIONS

1) Dispositif de production d'hydrogène dans des zones désertiques ou arides à l'aide d'énergie solaire comprenant des capteurs solaires (1) produisant un fluide chaud le jour à l'aide d'énergie solaire,
5 comprenant un réservoir où ledit fluide chaud est stocké, ledit fluide chaud stocké constituant une source thermique chaude (3) permanente, comprenant un premier circuit fermé (12) permettant la circulation dudit fluide chaud uniquement le jour entre lesdits
10 capteurs solaires (1) et ledit réservoir de fluide chaud, comprenant un second circuit fermé (19) contenant un fluide de travail utilisé selon un cycle de Rankine, ledit fluide de travail étant différent dudit fluide chaud, comprenant un évaporateur (14) dans lequel ledit fluide de
15 travail est vaporisé grâce à ladite source chaude (3), ledit évaporateur (14) étant situé à l'intérieur dudit réservoir de fluide chaud, comprenant une turbine (6) mue par la détente dudit fluide de travail vaporisé,
20 comprenant un condenseur (15) dans lequel ledit fluide de travail est ensuite condensé, comprenant une pompe (5) permettant la circulation dudit fluide de travail entre ledit condenseur (15) et ledit évaporateur (14),
25 comprenant un alternateur (18) couplé à ladite turbine (6), ledit alternateur (18) produisant de l'électricité, comprenant un électrolyseur (9) utilisant l'électricité produite par ledit alternateur (18) pour réaliser l'électrolyse de l'eau (10) pour produire de l'hydrogène (11),
30 caractérisé en ce qu'il comporte des dissipateurs thermiques (2) produisant un fluide froid uniquement la nuit, ledit fluide froid étant différent du fluide de travail, en ce qu'il comporte un réservoir où ledit fluide froid est stocké, le dispositif créant ainsi une source thermique
35 froide (4) permanente,

en ce que le volume de fluide froid est constant,
en ce que le condenseur (15) est situé à l'intérieur du
réservoir de fluide froid, ledit fluide de travail étant
condensé grâce à ladite source froide (4),

5 en ce qu'il comporte un troisième circuit fermé (13) permettant
la circulation dudit fluide froid uniquement la nuit entre
lesdits dissipateurs thermiques (2) et ledit réservoir où
ledit fluide froid est stocké,

10 en ce que ledit troisième circuit fermé de fluide froid (13)
comporte une pompe (17),

en ce que le circuit fermé de fluide chaud (12) comporte une
pompe (16).

2) Dispositif de production d'hydrogène dans des zones
désertiques ou arides à l'aide d'énergie solaire

15 comprenant des capteurs solaires (1) produisant un fluide
chaud le jour à l'aide d'énergie solaire,

comprenant un réservoir où ledit fluide chaud est stocké,
ledit fluide chaud stocké constituant une source thermique
chaude (3) permanente,

20 comprenant un premier circuit fermé (12) permettant la
circulation dudit fluide chaud uniquement le jour entre lesdits
capteurs solaires (1) et ledit réservoir de fluide chaud,

comprenant un alternateur (18) produisant de l'électricité,
comprenant un électrolyseur (9) utilisant l'électricité

25 produite par ledit alternateur (18) pour réaliser
l'électrolyse de l'eau (10) pour produire de l'hydrogène (11),

caractérisé en ce qu'il comporte des dissipateurs
thermiques (2) produisant un fluide froid uniquement la nuit,

30 en ce qu'il comporte un réservoir où ledit fluide froid est
stocké, le dispositif créant ainsi une source thermique

froide (4) permanente,

en ce que le volume de fluide froid est constant,

en ce qu'il comporte un circuit fermé (13) permettant
la circulation dudit fluide froid uniquement la nuit entre

35 lesdits dissipateurs thermiques (2) et ledit réservoir où
ledit fluide froid est stocké,

en ce que ledit circuit fermé de fluide froid (13) comporte une pompe (17),

en ce que le circuit fermé de fluide chaud (12) comporte une pompe (16),

5 en ce qu'il comporte un moteur Stirling utilisant la source chaude (3) et la source froide (4) pour produire de l'énergie mécanique,

ledit moteur Stirling étant couplé à l'alternateur (18).

3) Dispositif de production d'hydrogène dans des zones
10 désertiques ou arides à l'aide d'énergie solaire comprenant des capteurs solaires (1) produisant un fluide chaud le jour à l'aide d'énergie solaire, comprenant un réservoir où ledit fluide chaud est stocké, ledit fluide chaud stocké constituant une source thermique
15 chaude (3) permanente, comprenant un premier circuit fermé (12) permettant la circulation dudit fluide chaud uniquement le jour entre lesdits capteurs solaires (1) et ledit réservoir de fluide chaud, comprenant un électrolyseur (9) réalisant l'électrolyse de
20 l'eau (10) pour produire de l'hydrogène (11), caractérisé en ce qu'il comporte des dissipateurs thermiques (2) produisant un fluide froid uniquement la nuit, en ce qu'il comporte un réservoir où ledit fluide froid est stocké, le dispositif créant ainsi une source thermique
25 froide (4) permanente, en ce que le volume de fluide froid est constant, en ce qu'il comporte un circuit fermé (13) permettant la circulation dudit fluide froid uniquement la nuit entre lesdits dissipateurs thermiques (2) et ledit réservoir où
30 ledit fluide froid est stocké, en ce que ledit circuit fermé de fluide froid (13) comporte une pompe (17), en ce que le circuit fermé de fluide chaud (12) comporte une pompe (16),
35 en ce qu'il comporte un générateur thermoélectrique (20) utilisant la source chaude (3) et la source froide (4) pour produire de l'électricité qui est fournie à l'électrolyseur (9).