

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 149 963

21 N° d'enregistrement national : 23 05889

51 Int Cl⁸ : F 28 D 7/12 (2024.01), F 24 S 10/30

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 11.06.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.12.24 Bulletin 24/51.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension : Polynésie-Fr

71 Demandeur(s) : ÖZTÜRK Saffet — FR.

72 Inventeur(s) : ÖZTÜRK Saffet.

73 Titulaire(s) : ÖZTÜRK Saffet.

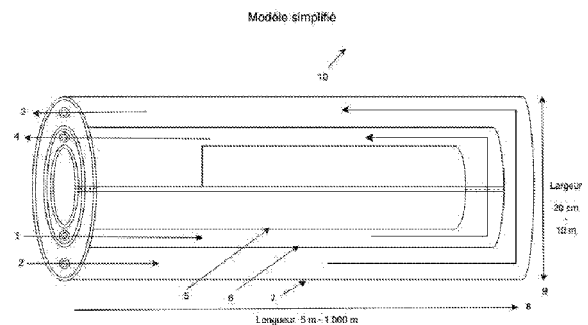
54 ~~Marque(s) de chaleur.~~

57 La présente invention concerne un échangeur de chaleur en forme de tube (Figure 1) cylindrique en acier inoxydable

lisse se compose de trois tube (5-6-7) concernant des méthodes de vaporisation de l'eau (de mer, de pur, de douce

ou des eaux usées) afin de produire de la vapeur d'eau (3) par un procédé de l'énergie solaire thermodynamique à concentration que par la chaleur de géothermique et d'autre forme de chaleur avec cogénération et par extension d'application de production de vapeur et de produire de l'hydrogène, de l'oxygène par électrolyse. Pour ses applications de procédé, il se présente sous la forme d'un tube cylindrique de diamètre variable (8-9) selon la quantité d'eau (2) à vaporiser et avec une longueur (8) et sa largeur (9) définie et modulée à partir des paramètres de flux d'un fluide caloporteur (1-4) chauffé par l'énergie solaire concentré in situ. L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable se caractérise par sa capacité particulière d'interaction de procédé par lequel se réalise un transfert thermique par convection et conduction par le tube (6), soit un transfert de chaleur d'un corps chaud, la fluide caloporteur huile (7), vers un corps plus froid (5), qui est un fluide l'eau (2). A partir de travaux simples effectués dans la zone d'ensoleillement où on peut placer sur la surface, de sous-sols ou d'un puit géothermique de moyenne ou haute enthalpie. L'échangeur de chaleur de température en forme de tube cylindrique en acier inoxydable étant installé et aménagé, des systèmes de conduites amènent l'eau (2) dans l'espace prévu jusqu'au système de transfert de chaleur selon l'invention

afin d'y porter la température du fluide à une valeur supérieure à celle d'ébullition, pour ensuite par le même système de conduite être remontée en surface pour être vaporisée par sa mise à l'extérieur (3) de l'échangeur de chaleur. L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable par son procédé d'utilisation se rapporte par ses fonctions aux méthodes de vaporisation de l'eau (de mer, douce et des eaux usées) par évaporation.



FR 3 149 963 - A1



Description

Titre de l'invention : Échangeur de chaleur EC3

- [0001] La présente invention concerne un système de production de vapeur d'eau et d'électricité avec cogénération par un échangeur de chaleur en forme de trois tubes cylindriques en acier inoxydable lisse. Ce système, via des méthodes de vaporisation de l'eau pur, de l'eau douce ou de l'eau de mer permet de produire d'une part de la vapeur d'eau saturée ou sèche, par un procédé d'énergie solaire thermodynamique à concentration, et d'autre part par cogénération d'obtenir de l'énergie électrique, de l'hydrogène et de l'oxygène à très bas coût.
- [0002] I – Champs techniques
- [0003] La présente invention d'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse, nous allons le nommer EC3, est un procédé par lequel est réalisé un transfert de chaleur par convection, ce qui signifie une différence de température entre deux milieux, un fluide qui est l'eau (douce, pur ou mer) et un flux thermique issu d'un corps solide, dans un autre tube cylindrique en acier inoxydable rempli par une fluide caloporteur hautement chaude (huile ou sel fondu) chauffé ou réchauffé par une centrale de l'énergie solaire à concentration.
- [0004] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse, pour son fonctionnement et sa capacité d'interaction thermique, est installé sur la surface dans une cuve cylindrique et aménagé à partir de travaux préliminaires qui sont effectués sur la terre à côté des capteurs solaire paraboliques à concentration ou dans des sous-sols, sans ou avec la cuve cylindrique, ou dans de puit géothermal de moyenne ou haute enthalpie, si les conditions de chaleur géothermiques et les flux thermiques le permettent. Pour sa fonction, l'énergie utilisée peut être l'énergie solaire concentrée ou l'énergie géothermique, deux ressources naturelles énergétique primaire, locales, abondantes et inépuisables sur terre.
- [0005] Pour la présente invention, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable, de par sa son concept et son procédé thermique, permet d'optimiser le vecteur convectif de transfert de chaleur d'un corps chaud vers un corps plus froid. Pour cela, l'énergie renouvelable utilisée, l'énergie solaire concentrée, tient ici un rôle important dans la fonction de l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable, ceci afin que l'eau (douce, pur) en circulation dans l'échangeur soit vaporisée in fine une fois sortie de l'échangeur de chaleur ou à l'extérieur du tube cylindrique pour être envoyée à la turbine à vapeur pour la production de l'électricité.
- [0006] Pour l'invention, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable proposé et l'énergie solaire concentrée en tant que vecteur énergétique sont étroitement liés. En utilisant cette source énergétique, l'échangeur de chaleur en forme

de tube cylindrique en acier inoxydable a la particularité de permettre à cette forme d'énergie de se substituer à l'utilisation des énergies fossiles utilisées aujourd'hui pour les méthodes de production de la vapeur et de l'énergie ; l'électricité, l'hydrogène, et l'oxygène. En effet, durant les prochaines décennies, les besoins d'accès à l'énergie et les besoins énergétiques mondiaux vont irrémédiablement croître. Face aux besoins légitimes, les énergies fossiles, qui se tarissent et chargent l'atmosphère en dioxyde de carbone, ne peuvent plus être la réponse universelle. Il est donc important de trouver de nouvelles ressources énergétiques de préférence non polluantes, sans gaz à effets de serre, sans dioxyde de carbone, propres, durables, fiables, accessibles et renouvelables. L'énergie solaire et l'énergie géothermique ont le potentiel nécessaire pour constituer des réponses à ces défis planétaires. Nous vivons sur un stock d'énergie pratiquement indéfini et infini.

[0007] Pour capter cette chaleur de l'énergie solaire, il faut un fluide caloporteur qui peut être soit l'huile soit du sel fondu dans notre système. L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable proposé ici selon l'invention est le producteur de la vapeur de l'eau par un flux thermique issu d'un corps solide du même tube cylindrique en acier inoxydable.

[0008] Adapté aux systèmes actuels de production de la vapeur d'eau, pour des capacités de production d'énergie très importante, le brevet proposé utilise l'énergie solaire concentrée dans son procédé. Elle permet ainsi de produire, sans autre frais que ceux de l'investissement et de fonctionnement, de l'eau de vapeur en abondance avec des prix de production de vapeur et d'électricité, d'hydrogène et d'oxygène à un coût très bas.

[0009] II – Champs d'applications

[0010] Les champs d'applications du brevet s'adressent aux systèmes actuels de production de vapeur d'eau, en vue de produire d'une part de la vapeur d'eau (douce, pur, mer) et d'autre part grâce au procédé de cogénération qui peut en être issue, produire de l'énergie sous forme d'électricité, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'eau potable à des coûts de production également très bas, inférieur au prix du marché actuel dans les meilleures conditions. Nous pouvons éviter les rejets de gaz à effets de serre, de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

[0011] Pour le brevet, parmi les échangeurs de chaleur, il existe plusieurs types de procédés d'échangeur de chaleur, qui se distinguent par leur conception, leur configuration et leur mode de fonctionnement. Voici quelques différents procédés d'échangeur de chaleur :

1. Les échangeurs de chaleur à contre-courant : dans ces échangeurs de chaleur, les fluides chauds et froids circulent dans des directions opposées, ce qui permet un transfert de chaleur efficace.

2. Les échangeurs de chaleur à co-courant : dans ces échangeurs de chaleur, les fluides chauds et froids circulent dans la même direction, ce qui permet un transfert de chaleur efficace, mais généralement moins efficace que les échangeurs de chaleur à contre-courant.
3. Les échangeurs de chaleur à double tube : dans ces échangeurs de chaleur, les fluides chauds et froids circulent dans des tubes concentriques, ce qui permet un transfert de chaleur efficace et une grande flexibilité de conception.
4. Les échangeurs de chaleur à plaques : dans ces échangeurs de chaleur, les fluides chauds et froids circulent à travers des plaques minces, ce qui permet un transfert de chaleur efficace et une grande surface d'échange.
5. Les échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire : dans ces échangeurs de chaleur, les fluides chauds et froids circulent à travers des tubes disposés en faisceaux, ce qui permet un transfert de chaleur efficace et une grande flexibilité de conception.
6. Les échangeurs de chaleur à récupération de chaleur : ces échangeurs de chaleur sont utilisés pour récupérer la chaleur perdue dans les processus industriels et la réutiliser pour d'autres applications.
7. Les échangeurs de chaleur à condensation : ces échangeurs de chaleur sont utilisés pour récupérer la chaleur latente de condensation des fluides de processus, ce qui permet une récupération de chaleur efficace.
8. Il existe de nombreux autres types d'échangeurs de chaleur, chacun étant conçu pour répondre à des besoins spécifiques en matière de transfert de chaleur.

[0012] Les différents procédés d'échangeur de chaleur ont tous pour but de transférer la chaleur d'un fluide à un autre. Ils partagent donc certaines particularités communes, telles que :

1. Une surface d'échange : tous les échangeurs de chaleur ont une surface d'échange, qui est l'endroit où les fluides chauds et froids entrent en contact et transfèrent la chaleur.
2. Des conduits pour les fluides : les échangeurs de chaleur ont des conduits pour permettre aux fluides chauds et froids de circuler à travers l'échangeur et de transférer la chaleur.
3. Un écoulement de fluides contrôlé : pour maximiser l'efficacité du transfert de chaleur, les échangeurs de chaleur doivent contrôler l'écoulement des fluides chauds et froids.
4. Un matériau conducteur de chaleur : tous les échangeurs de chaleur sont fabriqués à partir de matériaux conducteurs de chaleur, tels que l'acier inoxydable, l'aluminium, le cuivre, etc.

5. Une isolation thermique : pour minimiser les pertes de chaleur, les échangeurs de chaleur peuvent être isolés thermiquement pour réduire les transferts de chaleur indésirables entre l'environnement extérieur et les fluides de processus.
6. Une conception et une configuration adaptées à l'application : chaque procédé d'échangeur de chaleur a une conception et une configuration spécifiques qui sont adaptées aux besoins de l'application pour laquelle l'échangeur de chaleur est utilisé.

[0013] Ces particularités communes permettent aux différents procédés d'échangeur de chaleur de fonctionner efficacement pour transférer la chaleur d'un fluide à un autre dans une variété d'applications.

[0014] La quantification et la mesure de l'énergie dépensée pour les différents procédés d'échangeur de chaleur dépendent de plusieurs facteurs, tels que le type d'échangeur de chaleur, la température et le débit des fluides, le matériau utilisé pour la fabrication de l'échangeur de chaleur, et les conditions de fonctionnement.

[0015] Voici quelques méthodes courantes pour quantifier et mesurer l'énergie dépensée pour les différents procédés d'échangeur de chaleur :

1. La mesure de la température : la différence de température entre l'entrée et la sortie des fluides de processus peut être mesurée pour déterminer la quantité de chaleur transférée.
2. La mesure du débit de fluide : le débit de fluide peut être mesuré à l'aide d'un débitmètre pour calculer la quantité de chaleur transférée.
3. L'analyse thermique : l'analyse thermique peut être utilisée pour mesurer la quantité de chaleur transférée à l'intérieur de l'échangeur de chaleur en mesurant les gradients de température à l'intérieur des conduits.
4. Les mesures de pression : les mesures de pression peuvent être utilisées pour déterminer la résistance des fluides à travers l'échangeur de chaleur et la quantité de travail nécessaire pour le faire circuler.
5. Les modèles de simulation : les modèles de simulation peuvent être utilisés pour prédire les performances d'un échangeur de chaleur dans différentes conditions de fonctionnement et pour calculer la quantité d'énergie dépensée pour le fonctionnement de l'échangeur de chaleur.

[0016] En utilisant l'une ou plusieurs de ces méthodes de mesure, il est possible de quantifier et de mesurer l'énergie dépensée pour les différents procédés d'échangeur de chaleur. Ces informations peuvent être utilisées pour améliorer l'efficacité énergétique des systèmes de transfert de chaleur et pour réduire la consommation d'énergie.

[0017] La quantité d'énergie dépensée pour produire de la vapeur d'eau à l'aide d'un échangeur de chaleur dépend du procédé de production de vapeur utilisé, ainsi que de

l'efficacité de l'échangeur de chaleur lui-même. Il existe plusieurs procédés de production de vapeur utilisant un échangeur de chaleur, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients en termes d'efficacité énergétique.

- [0018] Il est important de noter que l'efficacité énergétique dépend également de la qualité et de la conception de l'échangeur de chaleur lui-même, ainsi que de l'efficacité globale du système de production de vapeur. Des méthodes telles que l'optimisation de la conception de l'échangeur de chaleur, l'utilisation de matériaux conducteurs de chaleur de haute qualité et l'optimisation des processus de combustion peuvent contribuer à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire la quantité d'énergie dépensée pour produire de la vapeur.
- [0019] Il n'y a pas d'échangeur de chaleur en soi qui dépense plus d'énergie qu'un autre. En effet, le rôle d'un échangeur de chaleur est de transférer de la chaleur d'un fluide à un autre, sans produire ni consommer de l'énergie en soi.
- [0020] Cependant, le choix d'un type d'échangeur de chaleur peut influencer la consommation d'énergie d'un système dans son ensemble. Par exemple, certains types d'échangeurs de chaleur peuvent présenter des pertes de chaleur plus importantes que d'autres en raison de leur conception, de leur matériau ou de leur taille. Cela peut se traduire par une consommation d'énergie accrue pour maintenir la température souhaitée ou pour compenser les pertes de chaleur.
- [0021] De plus, le choix du fluide de travail, de la température d'entrée et de sortie, de la pression et de la vitesse du fluide, ainsi que de l'efficacité de l'isolation peuvent également affecter la quantité d'énergie dépensée dans un système d'échangeur de chaleur.
- [0022] Il est donc important de considérer l'ensemble du système de production de chaleur et de refroidissement, ainsi que l'ensemble des paramètres qui influencent la performance de l'échangeur de chaleur, pour évaluer l'efficacité énergétique globale d'un système d'échangeur de chaleur et identifier les possibilités d'amélioration.
- [0023] Par l'utilisation de l'énergie solaire concentrée ou l'énergie géothermique, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable permet de remplacer les énergies fossiles consommées aujourd'hui et de les réserver et/ou les destiner selon leurs particularités à d'autres secteurs économiques. La présente invention par son procédé permet de faire des économies de maintenance dues à la simplicité de son système de fonctionnement, et enfin d'éviter les rejets de dioxyde de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- [0024] **Applications complémentaires**
- [0025] La présente invention s'adresse aux méthodes de production de vapeur d'eau.
- [0026] Toutefois, sous une autre forme d'application, il est important de préciser que comme pour la production de la vapeur d'eau pur, douce et de mer, le procédé technique de

l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse peut permettre également, après la production de la vapeur et de l'électricité, in fine de produire de l'hydrogène, d'oxygène et de l'eau potable. En effet, l'échangeur de chaleur a pour fonction d'une part de réchauffer l'eau pour la vaporiser selon les méthodes de production thermique afin d'obtenir de la vapeur de l'eau douce, pur et de mer et d'autre part par cogénération d'obtenir de l'énergie électrique, de l'hydrogène et d'oxygène à très bas coût. Avec l'eau et l'électricité, nous avons ainsi les deux éléments essentiels afin d'obtenir de l'hydrogène et d'oxygène par électrolyse. L'hydrogène et l'oxygène purs produits par électrolyseur sont les plus compatibles pour toutes formes d'applications industrielles. De plus, comme pour la production de la vapeur de l'eau, l'échangeur de chaleur de la présente invention, grâce à l'utilisation de l'énergie solaire concentrée, permet d'obtenir des bas coûts de production avec d'importantes capacités de production d'hydrogène et d'oxygène. L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable utilisé à la base pour cette application particulière est identique que celle aux méthodes de production de la vapeur, aussi les revendications du brevet sont identiques.

[0027] En outre, il peut être utilisé efficacement dans des domaines tels que l'obtention d'eau chaude, le chauffage d'espaces et ville, la culture en serre dans l'agriculture et pisciculture, les applications de climatisation-refroidissement, les processus industriels et la fourniture de vapeur aux entreprises industrielles. Les unités de production complètement autonomes qui n'utiliseront aucun combustible fossile dans les opérations et ne produiront aucun dioxyde de carbone et différents gaz à effet serre.

[0028] **Descriptif de l'invention**

[0029] Pour ses applications, le brevet proposé est simple dans son esprit, sûr dans son principe, modulable dans son fonctionnement et efficace par son positionnement en horizontale, verticale ou différent type d'angle in situ, ceci principalement dans les zones (solaire ou géothermique) de moyenne ou de haute enthalpie. Pour les travaux concernant l'installation, l'aménagement et le positionnement de l'échangeur de chaleur peut être variable. Elle peut se faire soit sur la surface avec une centrale d'énergie solaire thermodynamique à concentration [Fig.7], soit en profondeur avec un puit sous terre à chaleur géothermique.

[0030] L'énergie solaire concentrée et l'énergie géothermique peuvent être utilisées avec succès dans deux cas essentiels : l'un pour la production de chaleur et ensuite la production de vapeur, d'électricité, d'hydrogène, d'oxygène et d'eau potable, et l'autre pour la production de la vapeur d'eau directement par la chaleur géothermique et ensuite d'électricité, d'hydrogène, d'oxygène et d'eau potable. Ceci implique que la démonstration de ces capacités des deux procédés en tant que vecteur énergétique n'est plus à démontrer.

- [0031] Par l'invention, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable et son procédé, est une voie est ouverte et n'est plus à démontrer, celle de la production de la vapeur de l'eau par transfert direct de chaleur d'un flux de l'énergie solaire concentré local à un fluide caloporteur, ici l'huile ou le sel fondu, l'énergie solaire concentrée comme source de chaleur permet de produire de la vapeur d'eau.
- [0032] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable proposé ici dans ses applications permet d'obtenir des coûts de production plus faible, comparativement au marché actuel en fonction des capacités de production réalisables avec des grandeurs d'échelles comparables. Sur ces bases, le prix de la vapeur, de l'électricité, l'hydrogène, l'oxygène et de l'eau douce potable produite, hormis le coût de l'investissement, les frais d'entretien, de maintenance et d'exploitation sera très bas et le restera. Grâce à ce système, il sera possible de produire de la vapeur, de l'électricité, de l'eau propre, de l'hydrogène et de l'oxygène avec un nouveau procédé de production d'énergie, dont la technologie est in situ, renouvelable, durable, propre, fiable, accessible pratiquement pour tout le monde, sans déchet ni rejets de dioxyde de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et que nous pouvons produire entièrement avec les propres ressources renouvelables.
- [0033] L'énergie solaire thermodynamique à concentration : cette technologie utilise des miroirs pour concentrer la lumière solaire et produire de la chaleur, qui peut ensuite être utilisée pour produire de l'électricité ou pour chauffer ou vaporiser de l'eau. C'est en réalité une technologie ancienne, mais qui a souvent été ignorée au profit des panneaux photovoltaïques, et qui commencent à nouveau à se développer.
- [0034] Un système de production d'électricité par les collecteurs cylindro-paraboliques est un type de centrale de l'énergie solaire thermodynamique [Fig.7] qui utilise des miroirs cylindro-paraboliques pour concentrer la lumière du soleil sur des tubes contenant un fluide caloporteur, sel fondu ou huile, à un axe médian. Ce fluide caloporteur est chauffé, réchauffé par l'énergie solaire concentrée et utilisé pour produire de la vapeur par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur qui alimente une turbine à vapeur pour produire de l'électricité.
- [0035] Le système se compose de rangées de miroirs cylindro-paraboliques [Fig.7], également appelés collecteurs, qui sont alignés dans une direction d'est en ouest pour suivre la trajectoire du soleil tout au long de la journée par un système de traqueur (tracker) solaire. Chaque collecteur est composé d'une section efficace parabolique à concentration, qui réfléchit la lumière du soleil vers un tuyau placé au foyer de la section parabolique. Le tube [Fig.7] contient le fluide caloporteur qui circule à travers le système.
- [0036] Le fluide caloporteur est une huile ou sel fondu, qui est chauffée à des températures très élevées dans les tubes se trouvant à un axe central. La chaleur de ce fluide ca-

loporteur est ensuite utilisée pour chauffer et réchauffer l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable qui va produire de la vapeur d'eau avec l'aide de ce même échangeur de chaleur, et qui va alimenter une turbine à vapeur pour produire de l'électricité.

- [0037] Le système utilise également un système de stockage thermique pour stocker l'énergie thermique [Fig.7] générée pendant la journée afin de produire de l'électricité pendant la nuit ou par temps nuageux. Les options de stockage thermique comprennent souvent des réservoirs d'eau chaude, des sels fondus, d'huile synthétique, d'huile siliconé et d'autres matériaux de stockage de chaleur.
- [0038] Le projet de production de vapeur d'eau, d'électricité, d'hydrogène et d'oxygène à partir d'énergie solaire thermodynamique à concentration est une initiative prometteuse pour la production d'énergie propre, durable et renouvelable. Cette technologie utilise l'énergie solaire concentrée pour chauffer un fluide caloporteur qui produit de la vapeur, qui à son tour peut être utilisée pour produire de l'électricité.
- [0039] Le processus de production d'hydrogène et d'oxygène se produit grâce à l'électrolyse de l'eau, qui est alimentée par l'électricité produite par la centrale solaire thermodynamique. L'hydrogène et l'oxygène produits peuvent être utilisés pour une variété d'applications, telles que le stockage d'énergie, les combustibles pour les voitures, l'aviation, les locomotives de train, les bus, les camions à hydrogène, la production dans l'industrie, la production de l'énergie propre et bien d'autres.
- [0040] En résumé, un système de production de la vapeur d'eau, d'électricité, d'hydrogène et d'oxygène et d'eau potable par les collecteurs cylindro-paraboliques utilise des miroirs cylindro-paraboliques pour concentrer la lumière du soleil sur des tubes contenant un fluide caloporteur, qui est chauffé et réchauffé pour produire de la vapeur et alimenter une turbine pour produire de l'électricité, de l'hydrogène, de l'oxygène et éventuellement de l'eau potable. Le système utilise également un système de stockage thermique pour stocker l'énergie thermique générée pendant la journée pour une utilisation ultérieure.
- [0041] **Description des figures de l'invention**
- [0042] [Fig.1] :
- [0043] Donne une vue d'ensemble de modèle simplifié du principe énoncé de l'échangeur de chaleur en forme de trois tubes cylindriques en acier inoxydable l'un à l'intérieur de l'autre qui selon sa longueur (8) et sa largeur (9) déterminée en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau ; l'entrée d'eau (2), sortie de la vapeur (3), pour réchauffer l'eau il faut un fluide caloporteur d'huile chauffé ou de sel fondu et réchauffé par l'énergie solaire concentrée qui entre (entrée) (1) et sort (sortie) (4), peut se positionner aussi bien sur la surface de la terre que sous la terre. Le premier tube (5) cylindrique en acier inoxydable lisse se trouve à l'intérieure du deuxième (6) tube cy-

lindrique en acier inoxydable lisse. Entre les deux se trouve un espace assez serré pour le passage de l'eau et de la vapeur. Les deux tubes sont enveloppés par un troisième (7) tube cylindrique en acier inoxydable lisse. Il y a un espace entre le deuxième et troisième tube pour le passage de fluide caloporteur. L'ensemble de ces tubes peut se mettre à l'intérieure d'une cuve qui comporte des sables fins afin de maintenir la chaleur au sein de l'échangeur de chaleur.

[0044] [Fig.2] :

[0045] Donne une vue schématique du premier tube cylindrique en acier inoxydable lisse fermée d'en bas (13) et d'en haut (15), coupé d'en haut d'un vingtième (14) de sa longueur (12) pour faire un réservoir tampon et supplémentaire (14) pour la vapeur d'eau. Il est divisé en deux parts égales de demi-cercle cylindrique par une paroi (17) de l'extérieur assez large (16) et qui selon sa longueur (18), sa largeur (10), son épaisseur (11) et sa longueur (12) de l'échangeur de chaleur, déterminée en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau, fait une séparation égale de demi-cercle sur les deux côtés de la longueur de l'extérieure du premier tube cylindrique en acier inoxydable lisse.

[0046] [Fig.3] :

[0047] Donne une vue schématique du deuxième tube cylindrique en acier inoxydable lisse fermé d'en bas (22) et d'en haut (23). Il y a deux accès, dont un pour l'entrée (24) du fluide de l'eau et l'autre accès (25) est la sortie de la vapeur d'eau saturée ou sèche. Il est divisé en deux parts égales de demi-cercle cylindrique par une paroi (27) assez large (26) et épaisseur (28) de l'extérieur du tube et qui selon sa longueur (21), sa largeur (19) et son épaisseur (20) du tube cylindrique, déterminée en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau, qui fait une séparation égale sur les deux côtés de la longueur de l'extérieure du deuxième tube cylindrique en acier inoxydable.

[0048] [Fig.4] :

[0049] Donne une vue schématique du troisième tube cylindrique en acier inoxydable fermé d'en bas (32) et d'en haut (33). Le couvercle (33) qui se trouve en haut du tube cylindrique possède quatre accès dont l'accès (34), qui correspond à l'entrée du fluide caloporteur chauffé et réchauffé par l'énergie solaire concentrée, l'accès (35), qui correspond à la sortie du fluide caloporteur (huile froid ou sel fondu), l'accès (24), qui correspond à l'entrée du fluide d'eau, l'accès (25), qui correspond à la sortie de la vapeur d'eau. La longueur (31), la largeur (29) et l'épaisseur (30) du troisième tube sont déterminées en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau.

[0050] [Fig.5] :

[0051] Donne une vue d'ensemble de la cuve en forme de tube cylindrique dans lequel va se trouver l'échangeur de chaleur en forme de trois tubes cylindriques en acier inoxydable. La cuve va entourer l'ensemble de ces tubes cylindriques en acier in-

oxydable qui selon leur longueur (37), diamètre (36), épaisseur (38) et largeur (36), sera plus grand que l'échangeur de chaleur, qui sera mis à l'intérieur (39), déterminée en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau. L'espace prévu (40) des sables fins pour qui tiendra en chaud par le fluide caloporteur d'huile.

[0052] [Fig.6] :

[0053] Donne une vue d'ensemble du principe énoncé de l'échangeur de chaleur en forme de trois tubes cylindriques en acier inoxydable lisse assemblé l'un à l'intérieur de l'autre qui selon la longueur (10), la largeur (11), déterminées en fonction de la capacité de production de la vapeur d'eau, peut se positionner aussi bien en surface (sur la terre) qu'en profondeur (sous la terre).

[0054] L'échangeur de chaleur d'EC3 peut être chauffé et réchauffé aussi bien par l'énergie solaire thermodynamique à concentration par un fluide caloporteur, que par la chaleur de la géothermie ou par une autre forme de chaleur.

[0055] La première partie de l'échangeur de chaleur se compose d'un premier tube (5) cylindrique en acier inoxydable lisse qui se trouve à l'intérieur du second tube en acier inoxydable lisse (6). Le premier tube cylindrique en acier inoxydable, deux cotés d'en bas (18) et d'en haut couvert (5), divisé en deux parts égales de demi-cercle cylindrique (15-29) par une paroi (8-28) assez large qui fait une séparation égale sur les deux côtés de la longueur de l'extérieur du premier tube cylindrique. Le premier tube cylindrique en acier inoxydable est coupé, d'en haut, en demi-cercle (32) d'un vingtième sur sa longueur. Le deuxième tube cylindrique en acier inoxydable (6) couvre le premier tube qui est plus long que celui-ci (14) et sa largeur est l'espace se trouvant entre les deux tubes (16-31), qui peut être variable. Le deuxième tube (6) cylindrique en acier inoxydable lisse est divisé en deux parts égales de demi-cercle cylindrique (15) par une paroi (9-21) assez large qui fait une séparation égale sur les deux côtés de la longueur de l'extérieure du deuxième tube cylindrique en acier inoxydable (6). Le troisième tube (7) cylindrique en acier inoxydable couvre le deuxième tube cylindrique qui est plus long que deuxième tube cylindrique en acier inoxydable sa longueur et sa largeur par apport au deuxième tube cylindrique en acier inoxydable.

[0056] L'espace de conduit prévu de circulation de l'eau et vapeur, entre le premier tube et deuxième tube de l'échangeur chaleur en acier inoxydable lisse, est demi-cercle par un paroi de séparation de chaque côté du tube cylindrique permet d'un côté de l'écoulement de l'eau (16-19) en entrée et la vapeur en sortie de l'autre cote (27-31-33) et ainsi que la vaporisation de l'eau qui se forme par le transfert de la chaleur du fluide caloporteur d'huile par l'extérieur du deuxième tube de l'échangeur. Lorsque l'eau entre presque immédiatement se transforme en vapeur d'eau, par le biais du fluide caloporteur d'huile chauffant par l'extérieur du deuxième tube. Le réservoir d'en bas du tube (19) et en haut du tube entre le premier (32) et deuxième tube de l'échangeur

permettra de stocker la vapeur d'eau et créer une pression supplémentaire avec la chaleur de la vapeur avant la sortie à l'extérieur de l'échangeur.

[0057] L'espace de conduit prévu de circulation du fluide caloporteur d'huile (ou sel fondu) (12), entre le deuxième tube et troisième tube de l'échangeur chaleur en acier inoxydable lisse, est demi-cercle par un paroi de séparation de l'extérieure de deuxième tube de chaque côté du tube cylindrique permet d'un côté de l'écoulement du fluide caloporteur chaud (12-22-25) en entrée et du fluide caloporteur froid en sortie (30-34) de l'autre cote et ainsi que le fluide caloporteur dès que descend à un seuil de chaleur moins il est rempli par le fluide caloporteur chaude immédiatement par le fluide caloporteur chaude se trouvant dans des cuves stocké ou par le circuit des collecteur paraboliques à concentration.

[0058] L'échangeur de chaleur en forme du tube cylindrique en acier inoxydable lisse et son positionnement face au régime thermique local est placé en fonction de la réception de la chaleur du fluide caloporteur chauffé par l'énergie solaire concentrée, principalement en moyenne ou haute enthalpie. Le diamètre (sa largeur) (11) et la longueur (10) de l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse seront variables en fonction de la conjugaison des facteurs et paramètres de gradient et de flux des chaleurs locales, mais aussi des capacités de production de la vapeur d'eau selon les besoins. La mesure de diamètre donnée ici à titre indicatif dans le schéma ([Fig.1]) correspond à un échangeur de chaleur incluant des capacités de production importante de vapeur d'eau.

[0059] [Fig.7] :

[0060] Donne une vue d'ensemble de schéma d'une centrale de l'énergie solaire thermodynamique parabolique à concentration (1) avec l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse (5) dans une cuve (5) pour produire de la vapeur d'eau, de l'électricité (15-16-17-18), de l'hydrogène, de l'oxygène (20) et de l'eau potable (21).

[0061] L'ensemble de Schéma a pour but uniquement de montrer et pour mémoire un schéma technique de procédé de la vapeur d'eau par central de l'énergie solaire thermodynamique parabolique à concentration de notre système qu'on appelle « CEST » (Centrale de l'Énergie Solaire Thermodynamique). L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse, appelé EC3, selon l'invention qui est alimentée par l'énergie solaire (1-2-3-4) se substitut à la centrale thermique utilisée actuellement et alimentée en énergie fossile nécessaire au fonctionnement d'une unité centrale électrique existante.

[0062] Le schéma montre bien le fonctionnement de la CEST (1) avec le positionnement de l'EC3 (5) selon en fonction de sa longueur, sa largeur pour différentes capacités de production et différents débits de fluide d'eau (9-14) et de fluide caloporteur (2)

imposés pour la production de la vapeur d'eau.

[0063] La CEST fonctionne et utilise des miroirs (3) pour concentrer la lumière solaire et produire de la chaleur par les collecteurs cylindro-paraboliques (3) est un type de centrale solaire thermodynamique à concentration qui utilise des miroirs cylindro-paraboliques pour concentrer la lumière du soleil sur des tubes (2) contenant un fluide caloporteur à axe médian (2), et qui sont alignés dans une direction est-ouest pour suivre la trajectoire du soleil tout au long de la journée. Ce fluide caloporteur est chauffé par l'énergie solaire concentrée, stocké dans des cuves (des citernes) (4) et utilisé pour produire de la vapeur d'eau par l'intermédiaire de notre échangeur de chaleur (5) qui alimente une turbine à vapeur (15) pour produire de l'électricité.

[0064] Le fluide caloporteur est soit de l'huile, soit du sel fondu, chauffé et réchauffé à des températures très élevées pouvant atteindre de 300°C à 800°C dans les tubes se trouvant dans un axe central. Cette chaleur est ensuite utilisée, en même temps pour chauffer l'ensemble de l'EC3. La cuve comportera également du sable fin qui permettra de tenir constamment la chaleur de la cuve ainsi que de l'EC3 à une température assez élevée.

[0065] Le système utilise également un système de stockage thermique pour stocker l'énergie thermique (4) générée en surplus pendant la journée afin de produire de la vapeur d'eau et de l'électricité pendant la nuit, par temps nuageux ou pour une utilisation ultérieure. Les options de stockage thermique (4) comprennent souvent des réservoirs d'eau chaude, des sels fondus, huile synthétique, huile siliconé et d'autres matériaux de stockage de chaleur.

[0066] Le système CEST (1) utilisera d'un point d'eau (10), mer, lac ou rivière de l'eau douce ou pur après avoir purifié (11) ou dessalé (11) dans le système d'osmose inverse, l'eau pur (12) est envoyée à l'échangeur de chaleur d'EC3 par le caloduc (9-14). L'eau pur est vaporisée dès l'entrée à l'EC3, pousser par le débit et ensuit la vapeur (7) commence à être stocker dans l'espace de réservoir tampon et tampon supplémentaire pour être envoyer à turbine à vapeur (15). Après la production de l'électricité, la vapeur est récupérée, collecte dans le condenseur (19). Il y a trois possibilités d'utiliser cette même vapeur d'eau, soit par un électrolyseur à produire d'hydrogène et d'oxygène, soit l'eau potable en reminéralisant, soit réutiliser la même vapeur en circuit fermée par la même l'EC3.

Références

[0067] [Fig.1] : Modèle simplifié de l'échangeur de chaleur EC3

1. Entrée du fluide caloporteur huile chaude
2. Entrée de l'eau
3. Sortie de la vapeur

4. Sortie du fluide caloporteur froid
5. Premier tube cylindrique
6. Deuxième tube cylindrique
7. Troisième tube cylindrique
8. Longueur de l'échangeur de chaleur
9. Largeur ou diamètre de l'échangeur de chaleur

[0068] [Fig.2] : Première tube cylindrique en acier inoxydable

1. Largeur du tube
2. Épaisseur du tube
3. Longueur du tube
4. Couvercle du bas du tube
5. Espace prévue comme réservoir tampon supplémentaire vapeur
6. Couvercle du haut du tube
7. Largeur de la paroi de séparation extérieur du tube
8. Longueur de la paroi de séparation extérieur du tube
9. L'épaisseur de la paroi de séparation extérieur du tube

[0069] [Fig.3] : Deuxième tube cylindrique en acier inoxydable

1. Largeur du tube
2. Épaisseur du tube
3. Longueur du tube
4. Couvercle du bas du tube
5. Couvercle du haut du tube
6. Entrée de l'eau
7. Sortie de la vapeur d'eau
8. Largeur de la paroi de séparation extérieur du tube
9. Longueur de la paroi de séparation extérieur du tube
10. Épaisseur de la paroi de séparation extérieur du tube

[0070] [Fig.4] : Troisième tube cylindrique en acier inoxydable

1. Largeur du tube
2. Épaisseur du tube
3. Longueur du tube
4. Couvercle du bas du tube
5. Couvercle du haut du tube
6. Entrée du fluide caloporteur de l'huile chaude
7. Sortie du fluide caloporteur de l'huile froid
8. Entrée de l'eau froide
9. Sortie de la vapeur chaude

[0071] [Fig.5] : Cuve pour l'échangeur de chaleur

1. Largeur ou diamètre de la cuve
2. Longueur de la cuve
3. Épaisseur de la cuve
4. L'emplacement de l'échangeur de chaleur EC3
5. L'emplacement prévue pour les sables
6. Couvercle haut de la cuve
7. Entrée du fluide caloporteur de l'huile chaude
8. Entrée de l'eau froide
9. Sortie de la vapeur chaude
10. Sortie du fluide caloporteur de l'huile froid
11. Couvercle bas de la cuve

[0072] [Fig.6] : Échangeur de chaleur (EC3) ; Ensemble des Tubes cylindriques en acier inoxydable assemblé avec le coffre

1. L'échangeur de chaleur EC3 ; Ensemble des Tubes cylindriques en acier inoxydable assemblée avec la cuve
2. Entrée du fluide caloporteur de l'huile chaude
3. Entrée de l'eau froide
4. Sortie de la vapeur chaude
5. Sortie du fluide caloporteur de l'huile froid
6. Première tube
7. Deuxième tube
8. Troisième tube
9. Paroi de séparation entre le premier et deuxième tube qui coupe en demi-cercle cylindrique pour l'eau et la vapeur
10. Paroi de séparation entre le deuxième et troisième tube qui coupe en demi-cercle cylindrique pour le caloporteur huile
11. Longueur de la cuve avec l'échangeur de chaleur
12. Largeur de la cuve avec l'échangeur de chaleur
13. L'espace du conduit du fluide de caloporteur huile de l'entrée
14. L'extérieur du troisième tube
15. L'extérieure du deuxième tube
16. L'extérieure du première tube
17. L'espace du conduit de l'eau et la vapeur
18. Le demi-cercle entre le premier tube et deuxième tube
19. Le couvercle du bas du première tube
20. Réservoir tampon, entre le première et deuxième tube, permet de continuer vers la sortie de la vapeur
21. Le couvercle du bas du deuxième tube

22. Le paroi séparation de l'extérieure du deuxième tube qui permet de circuler, le caloporteur huile entre le deuxième et troisième tube, dans l'espace prévu
23. Réservoir et conduit entre le deuxième et troisième tube pour le fluide caloporteur huile
24. L'espace pour les sables fins pour le stockage de chaleur thermique
25. L'extérieure de la cuve
26. Le retour du fluide caloporteur huile dans le conduit vers la sortie
27. Réservoir d'eau et de la vapeur d'eau
28. Le retour de la vapeur d'eau dans l'espace conduit pour la sortie
29. La paroi de séparation du première tube de l'extérieure qui coupe en deux demi-cercles cylindriques
30. L'extérieure du première tube vers la sortie
31. L'espace du conduit du fluide caloporteur d'huile
32. L'espace du conduit de la vapeur d'eau
33. Réservoir tampon supplémentaire de la vapeur
34. L'espace du conduit vers la sortie de la vapeur chaude

[0073] [Fig.7] : Un schéma d'un central de l'énergie solaire parabolique concentrée thermodynamique (CEST) pour produire de la vapeur d'eau, de l'électricité, de l'hydrogène, oxygène et de l'eau potable.

1. Un système de production et une centrale de l'énergie solaire parabolique à concentration thermodynamique,
2. Caloduc
3. Parabolique creux
4. Cuve de stockage de chaleur par le fluide caloporteur huile
5. L'échangeur de chaleur EC3
6. Caloduc
7. Caloduc vapeur
8. Cuve de stockage et séparateur de vapeur
9. Conduit de l'eau
10. L'espace de l'eau de mer, ou de douce
11. L'espace de dessalement ou purification de l'eau
12. Cuve de stockage d'eau pur pour être envoyer à l'échangeur de chaleur EC3
13. Conduit de récupération de la vapeur du condenseur
14. Conduit de l'eau
15. Turbine à vapeur
16. Alternateur
17. Transformateur
18. Réseau électrique

19. Condenseur
 20. L'électrolyseur
 21. L'unité de minéralisation de l'eau potable
- [0074] Principe technique et fonctionnement
- [0075] L'échangeur de chaleur d'EC3, à l'aide de l'énergie solaire concentrée de moyenne ou haute enthalpie selon les ensoleillements de la météorologie locale, permet de transférer la chaleur du fluide caloporteur et de vaporiser instantanément la source d'eau utilisée.
- [0076] L'énergie solaire thermodynamique concentrée offre une grande quantité d'énergie constituant un potentiel énergétique accessible sous certaines conditions, et son flux thermique, un fluide de caloporteur est exprimé en W/m². Voir les informations de calculs et unité mesure [Fiche 1] et [Fiche 2].
- [0077] Chaque site d'exploitation est caractérisé par l'ensoleillement et son flux de température exprimé en W/m² et on utilise comme unité de mesure [Fiche 1] et [Fiche 2]. L'exploitation des centrales CEST a notamment mis en évidence le fait que la température augmente progressivement dans des endroits où il y aura des rayonnements du soleil à flux de température élevée comprenant la réception de l'irradiation solaire.
- [0078] Selon l'invention, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable est formé par deux tubes séparés en deux demi lunes, cette forme sera le plus souvent préconisée pour permettre la circulation du fluide caloporteur (sel fondu ou huile) et de l'eau douce, purifiée, d'un côté en sens aller et de l'autre côté en sens retour pour vaporisation de l'eau et réchauffement du fluide caloporteur (sel fondu ou huile) refroidi en surface.
- [0079] Toutefois, selon la topologie géographique de la localisation du CEST, il sera amené à ce que l'échangeur EC3 de température soit constitué, par l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique d'un troisième tube qui se trouve à l'intérieure d'une cuve de sables fins, dans lequel la température du fluide caloporteur hautement chaud sera maintenu par la cuve, elle-même chauffée par le fluide caloporteur. Les deux autres échangeurs de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable seront positionnés et installés en surface ou sous terre dans la cuve de sables fines. L'espace qui se trouve entre le premier échangeur de chaleur et deuxième échangeur de chaleur permet la circulation du fluide l'eau en sens aller. L'autre moitié de l'espace entre le premier échangeur de chaleur et deuxième échangeur de chaleur permet la circulation de la vapeur d'eau en sens de sortie du tube cylindrique de l'échangeur de chaleur. Lorsque l'eau rentre et que la sortie est bloquée, la pression augmente dû à l'espace étroit du demi-cercle du tube.
- [0080] L'échangeur de chaleur EC3 a la forme d'un tube cylindrique, avec un diamètre variable selon la quantité d'eau et une longueur ([Fig.1] du modèle simplifié) qui sera

définie par les calculs fournis à partir des indications de quantité de production prévu et des paramètres du site sur lequel lors des études de faisabilité in situ. Pour un meilleur rendement thermique de l'élément caloporteur, l'échangeur de chaleur est constitué en matériaux en acier inoxydable lisse composites, comme l'inox, le titane, le chrome ou le nickel, avec des résistances à de fortes différences de températures positives allant au-delà de 300°C et résistant à l'oxydation et à la corrosion. Ces températures sont bien supérieures aux températures de l'énergie solaire concentrée qui sont nécessaires dans la cadre de l'invention.

- [0081] Pour l'application du procédé d'échangeur de chaleur qui nous concerne ici, l'eau (douce ou purifiée) doit atteindre une température d'environ 110 °C / 550°C pour être vaporisée dans l'échangeur de chaleur. Il sera toujours possible que la température de vaporisation évolue en fonction de la pression atmosphérique naturelle ou technique impliquée. L'utilisation de matériaux composites pour l'échangeur de chaleur permet des polyvalences d'utilisation parfaitement maîtrisées aujourd'hui par les gens qui fabriquent. L'échangeur de chaleur est préfabriqué par élément et assemblé sur site et positionné selon les besoins soit en sous-sol ou soit sur sol (surface) et peut mettre dans la cuve sablée fins.
- [0082] L'échangeur de chaleur est équipé à chacune des extrémités d'un réservoir tampon pour le transfert de l'eau entre les tuyaux de descente et de remontée du fluide de la vapeur d'eau et l'échangeur de chaleur qu'il soit sous forme d'un tube double ou triple. Dans la partie avant de l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable, le réservoir tampon sert de stockage et augmente la pression de la vapeur de l'eau vers la surface de l'échangeur de chaleur dans la cuve chaude.
- [0083] Il permet également dans cette même phase de canaliser l'eau jusqu'à la sortie de l'échangeur de chaleur en forme de vapeur. Toujours dans la partie avant de l'échangeur de chaleur, le réservoir tampon permet de canaliser la vapeur de l'eau chaude après circulation dans l'échangeur de chaleur vers les tuyaux de remontés à la surface pour que la vapeur de l'eau à température et pression nécessaire selon les applications soit vaporisée à la sortie du tube. Le réservoir tampon avant est séparé en demi-cercle cylindrique pour permettre la circulation de la vapeur de l'eau dans le sens du retour. Dans la partie arrière de l'échangeur de chaleur en forme de cylindre, le réservoir tampon installé ne sert lui que pour le transfert à l'aller de l'eau et au retour de la vapeur de l'eau qui se charge en température pendant son passage dans l'échangeur de chaleur en forme de cylindre sur toute sa longueur [Fig.1].
- [0084] L'invention, échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable, est une conduite en tube ou en cylindre [Fig.1] fermé d'en bas et d'en haut avec un diamètre externe variant selon la capacité d'un fluide caloporteur de l'eau, pouvant aller de 20 centimètres à 10 mètres de largeur (diamètre), l'épaisseur du tube pouvant

aller d'un 1 mm à 1 cm, et sa longueur pouvant aller de 2 m à 1 000 m. Le haut du tube est coupé d'un dixième de la longueur du tube en demi-cercle cylindrique [Fig.2] et [Fig.3] pour permettre de faire un réservoir tampon de vapeur et la circulation de la vapeur d'eau dans le sens de la sortie de l'échangeur de chaleur. L'intérieur du premier tube de l'échangeur de chaleur peut être rempli (air ou fluide caloporteur) ou laissé vide.

[0085] La géométrie et la largeur de la cercle cylindrique de circulation de l'eau sont calculées afin que l'écoulement de l'eau dans le milieu environnant évite des turbulences thermiques où des processus de transfert de chaleur interagissent, tel que les phénomènes :

- De Reynolds, qui exprime les interactions entre les propriétés du fluide et sa vitesse de circulation. Le nombre de Reynolds décrit le rapport des forces inertes sur les forces visqueuses.
- De Prandtl, le nombre de Prandtl correspond au rapport établi entre la diffusion de la chaleur dépendante et des propriétés spécifiques du fluide.
- De Peclet, qui est le produit des nombres de Prandtl et de Reynolds, et correspond au rapport entre la chaleur advectée (transportée par mouvement) et la chaleur diffusée.
- Enfin le nombre d'Eckert, qui est le rapport de l'énergie cinétique sur l'énergie interne.

[0086] L'eau (douce ou pur) est injectée à 20°C environ au commencement à une vitesse donnée jusqu'à l'échangeur de chaleur à la profondeur de circulation, qui est déduite du régime thermique local. Les échanges thermiques se produisent alors entre l'eau (douce ou pur) et le troisième tube cylindrique dans lequel il a fluide caloporteur chaude d'entre 380°C et 420°C, jusqu'à ce qu'après une circulation de longueur (l'espace prévue), la température de 400°C soit atteinte dans un laps de temps dont on peut trouver deux cas de calcul [Fig.3], [Fig.4] et maintenu tout au long de l'écoulement et transformation en vapeur et jusqu' à la sortie du vapeur. L'eau (douce ou pur) ainsi réchauffée immédiatement à l'entrée du tube est alors transformé en vapeur d'eau dont on peut trouver un cas de calcul [Fig.5] et conduit en surface dans la phase de vapeur chaude en haute pression, sans aucun échange de chaleur supplémentaire. Les chemins verticaux ou horizontaux (selon le positionnement de l'échangeur de chaleur) de l'échangeur de chaleur sont adiabatiques.

[0087] Le régime thermique local est contrôlé par la température du fluide caloporteur (huile ou sel fondu) sur la surface stockée dans des cuves assez chaudes et par le flux de chaleur de ces fluide caloporteurs. Les propriétés thermiques de l'acier inoxydable et de l'eau, de même que la vitesse du fluide, caractérisent les processus de transfert de chaleur entre l'acier inoxydable et l'eau qui circule. A la profondeur (longueur de

l'échangeur de chaleur) de circulation, c'est à dire à profondeur fixée pour l'application fonctionnelle de l'échangeur de chaleur selon l'invention, et avant que la circulation commence, la température de l'acier inoxydable est logiquement constante.

- [0088] L'eau est injectée à un débit volumique constant selon les capacités d'eau à vaporiser. Les conditions de pression sont telles que la vaporisation se fait au sein de l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable.
- [0089] Le transfert de chaleur ou le contact thermique de la tube cylindrique à l'eau (de douce ou pur) circulant dans le demi-cercle se produit entre l'espace prévue entre deux tubes en acier et la surface externe de l'échangeur de chaleur qui est parfaitement isolante par l'emploi de matériaux composites comme l'acier inoxydable.
- [0090] En résumé, le brevet d'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable proposé est simple dans son esprit, dans son principe et il est modulable dans son fonctionnement. Pour exprimer pleinement son fonctionnement, l'échangeur de chaleur est installé et positionné directement dans la cuve en sables fins chaud en moyenne ou haute enthalpie par des travaux d'aménagement comme décrit auparavant dans le document. Dans sa fonction, en utilisant directement les ressources énergétiques du flux de l'énergie solaire concentré en chauffant un fluide caloporteur (sel fondu ou huile) in situ, c'est à dire par le transfert de chaleur par convection d'un corps chaud vers un corps plus froid qui est l'eau douce ou pur acheminée jusqu'à l'échangeur de chaleur selon son procédé.
- [0091] Pour ses pleines fonctions de mouvement convectif de chaleur, l'eau est acheminée jusqu'à la zone de convection thermique de l'échangeur de chaleur. Le transfert de chaleur par convection est plus rapide et plus important que par d'autres formes de transfert de chaleur comme la conduction ou le rayonnement. Pour utiliser l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable et pour permettre de vaporisation de l'eau.
- [0092] Par son procédé, l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable en utilisant l'énergie solaire concentrée et étant associé aux méthodes de production d'électricité, d'hydrogène, d'oxygène et d'eau potable permettrait d'obtenir des coûts de production encore plus bas qu'à ce jour, de pouvoir substituer aux énergies fossiles utilisées aujourd'hui et ainsi de les réserver à d'autres secteurs économiques à valeurs ajoutées, de pouvoir faire des économies de maintenance par de nouveaux systèmes de fonctionnement moins contraignants, de ne rejeter aucun CO₂ ou gaz à effet de serre dans l'atmosphère et de répondre technologiquement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- [0093] [Fiche 1] :
- [0094] Au niveau mondial, compte-tenu de l'ensoleillement réel, l'énergie solaire reçue au sol en moyenne annuelle se monte à environ 75 000 GTep² ou 0,9 milliards de TWh³.

Cette énergie représente 6000 fois la consommation mondiale annuelle actuelle d'énergie (12,5 GTep). L'irradiation solaire, puissance émise par le soleil : 63 500 kW/m², arrive à l'extérieur de l'atmosphère de la Terre avec une puissance d'environ 1 367 W/m². C'est ce qu'on appelle la constante solaire. La Terre, une petite boule comparée au Soleil, les parties du rayonnement qui atteignent la Terre sont diffusées dans toutes les directions au cours de la traversée de l'atmosphère. 10 à 20 % de ces rayonnements absorbés par l'atmosphère atteignent directement la surface.

[0095] Le rayonnement solaire reçu sur une surface varie donc au cours du temps en fonction de la position du Soleil et de la couverture nuageuse. La puissance solaire à la surface de la Terre est d'environ 1 000 W/m² pour une surface perpendiculaire aux rayons.

[0096] [Fiche 2] :

[0097] Pour calculer les équivalences pour le flux thermique exprimé en W/m², nous pouvons utiliser les conversions comme suivantes :

- 1 Watt (W) = 1 Joule/seconde (J/s) 1 heure (h) = 3600 secondes (s) 1 mètre carré (m²) = 10 000 centimètres carrés (cm²)
- 1 W/m² = 0,0001 W/cm²
- 1 W/m² = 0,001 kW/m²
- 1 W/m² = 1 J/s/m²
- 1 W/m² = 3600 J/h/ m²
- 1 kW/m² = 3,6 MJ/h/ m²

Ainsi, si un flux thermique de 1000 W/m², cela équivaut à :

- 0,1 W/cm²
- 1 kW/m²
- 1000 J/s/m²
- 3 600 000 J/h/m²
- 3,6 MJ/h/m²

Ces équivalences nous permettent de convertir le flux thermique exprimé en W/m² en d'autres unités de mesure selon les besoins.

[0098] [Fiche 3] :

[0099] Pour calculer la ressource en énergie solaire concentrée disponible pour un lieu de l'ensoleillement, en utilisant les données suivantes (un fluide caloporteur d'huile synthétique) :

- Irradiation solaire moyenne : 1000 W/m²/h
- Largeur du collecteur solaire : 2,5 m
- Longueur du collecteur solaire : 100 m
- Taux de concentration : 90%
- Tuyau central : Longueur de 100 m et diamètre de 0,07 m

- Fluide caloporteur d'huile avec les propriétés suivantes :
 - Valeur calorifique : 1562 J/kg
 - Température initiale : 20°C
 - Température finale : 420°C
 - Masse volumique : 1060 kg/m³
- [0100] Calcul de la puissance solaire incidente sur le collecteur solaire :
- Aire du collecteur = Largeur du collecteur x Longueur du collecteur
 - Aire du collecteur = 2,5 m x 100 m = 250 m²
 - Puissance solaire incidente = Irradiation solaire moyenne x Aire du collecteur
 - Puissance solaire incidente = 1000 W/m²/h x 250 m² = 250,000 W/h
- [0101] Calcul de la puissance solaire concentrée :
- Puissance solaire concentrée = Puissance solaire incidente x Taux de concentration
 - Puissance solaire concentrée = 250,000 W/h x 0,9 = 225,000 W/h.
- [0102] Calcul de la masse d'huile dans le tuyau :
- Volume du tuyau = Aire de la base du tuyau x Longueur du tuyau
- L'aire de la base du tuyau (cylindre) peut être calculée en utilisant le diamètre :
- Aire de la base = $\pi \times (\text{diamètre}/2)^2$
 - Aire de la base = $3.1416 \times (0,07/2)^2 = 0,003847 \text{ m}^2$.
 - Volume du tuyau = Aire de la base du tuyau x Longueur du tuyau
 - Volume du tuyau = $0,003847 \text{ m}^2 \times 100 \text{ m} = 0,3847 \text{ m}^3$.
 - Masse d'huile dans le tuyau = Volume du tuyau x Masse volumique de l'huile
 - Masse d'huile dans le tuyau = $0,3847 \text{ m}^3 \times 1060 \text{ kg/m}^3 \approx 407,642 \text{ kg}$.
 - Donc, la masse d'huile dans le tuyau est d'environ 407,642 kg.
- [0103] Calcul du temps de chauffage du caloporteur huile :
- Chaleur = Masse d'huile x Valeur calorifique spécifique x (Température finale - Température initiale)
 - Chaleur = $407,642 \text{ kg} \times 1562 \text{ J/kg} \times (420^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \approx 100,899,907,040 \text{ J}$.
 - Temps de chauffage = Chaleur / Puissance solaire concentrée
 - Temps de chauffage = $100,899,907,040 \text{ J} / 225,000 \text{ W/h} \approx 448,888 \text{ s}$.
 - Donc, le temps de chauffage du caloporteur huile est d'environ 448,888 secondes ou environ 7 minutes et 28,9 secondes.
- [0104] [Fiche 4] :
- [0105] Recalculer la ressource en énergie solaire concentrée disponible pour un lieu de l'ensoleillement, en utilisant les données suivantes (un fluide caloporteur d'huile) :
- Calculer la puissance solaire incidente sur le collecteur solaire.
 - Calculer la puissance solaire concentrée.
 - Calculer la masse d'huile dans le tuyau.

- Calculer le temps de chauffage du caloporteur (huile synthétique).
- [0106] Étape 1 : Calcul de la puissance solaire incidente sur le collecteur solaire La puissance solaire incidente peut-être calculée en multipliant l'irradiation solaire moyenne (1000 W/m²/h) par l'aire du collecteur solaire (2,5 m x 100 m).
- Aire du collecteur = 2,5 m x 100 m = 250 m²
 - Puissance solaire incidente = Irradiation solaire moyenne x Aire du collecteur
 - Puissance solaire incidente = 1000 W/m²/h x 250 m² = 250,000 W/h
- [0107] Étape 2 : Calcul de la puissance solaire concentrée La puissance solaire concentrée est obtenue en multipliant la puissance solaire incidente par le taux de concentration (90%).
- Puissance solaire concentrée = Puissance solaire incidente x Taux de concentration
 - Puissance solaire concentrée = 250,000 W/h x 0,9 = 225,000 W/h
- [0108] Étape 3 : Calcul de la masse d'huile dans le tuyau La masse d'huile dans le tuyau peut être calculée en utilisant la formule :
- Masse = Volume x Masse volumique.
- Le volume du tuyau peut être calculé en utilisant la formule du volume du cylindre :
- Volume = $\pi \times (\text{diamètre}/2)^2 \times \text{longueur}$.
 - Volume = $\pi \times (0,07 \text{ m}/2)^2 \times 100 \text{ m}$
 - Volume $\approx 0,384 \text{ m}^3$.
 - Masse = Volume x Masse volumique
 - Masse = $0,384 \text{ m}^3 \times 1060 \text{ kg/m}^3$ Masse $\approx 407.04 \text{ kg}$.
- [0109] Étape 4 : Calcul du temps de chauffage du caloporteur (huile) Le temps de chauffage peut être calculé en utilisant la formule de la chaleur :
- Chaleur = Masse x Valeur calorifique spécifique x (Température finale - Température initiale)
- Nous connaissons la masse d'huile (407.04 kg), la valeur calorifique spécifique (1562 J/kg), la température initiale (380 °C) et la température finale (400 °C).
- Chaleur = Masse x Valeur calorifique spécifique x (Température finale - Température initiale)
 - Chaleur = 407.04 kg x 1562 J/kg x (400 °C - 380 °C).
 - Chaleur = 407.04 kg x 1562 J/kg x 20 °C
 - Chaleur $\approx 12,124,480 \text{ J}$.
- Ensuite, nous pouvons calculer le temps de chauffage en divisant la chaleur par la puissance solaire concentrée.
- Temps de chauffage = Chaleur / Puissance solaire concentrée.
 - Temps de chauffage = 12,124,480 J / 225,000 W/h
 - Temps de chauffage ≈ 53.89 .

Ainsi, selon les données fournies, la masse d'huile dans le tuyau est d'environ 407.04 kg et le temps de chauffage du caloporteur huile est d'environ 54 secondes.

[0110] [Fiche 5] :

[0111] Un exemple de calcul le temps de chauffage de l'eau et sa transformation en vapeur d'eau, ainsi que la sortie de la vapeur dans un échangeur de chaleur de dimensions 100 m de longueur, 1 m de largeur et un espace de 0,10 m, chauffé constamment à 400°C pendant 1 heure par un fluide caloporteur d'huile chaude également à 400°C, avec un débit d'eau de 100 litres par seconde entrant à 20°C, voici les étapes de calcul à suivre :

1. Calculer le volume de l'espace de l'échangeur de chaleur :
 - a. $\text{Volume} = \text{Longueur} * \text{Largeur} * \text{Espacement}$
 - b. $\text{Volume} = 100 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,10 \text{ m}$
 - c. $\text{Volume} = 10 \text{ m}^3$
2. Convertir le débit d'eau de 100 litres/seconde en mètres cubes/seconde :
 - a. $\text{Débit d'eau} = 100 \text{ litres/seconde} = 0,1 \text{ m}^3/\text{seconde}$ (puisque 1 mètre cube équivaut à 1000 litres).
3. Calculer la masse d'eau chauffée pendant la période d'1 heure :
 - a. $\text{Masse d'eau} = \text{Débit d'eau} * \text{Temps de chauffage}$
 - b. $\text{Masse d'eau} = 0,1 \text{ m}^3/\text{seconde} * 1 \text{ heure} * 3600 \text{ secondes/heure}$
 - c. $\text{Masse d'eau} = 360 \text{ m}^3$.
4. Utiliser la densité de l'eau à 20°C, qui est d'environ 998,29 kg/m³, pour calculer la masse d'eau :
 - a. $\text{Masse d'eau} = \text{Volume} * \text{Densité de l'eau}$
 - b. $\text{Masse d'eau} = 10 \text{ m}^3 * 998,29 \text{ kg/m}^3$
 - c. $\text{Masse d'eau} = 9982,9 \text{ kg}$.
5. Utiliser la chaleur spécifique de l'eau, qui est d'environ 4182 J/kg/°C, pour calculer la quantité de chaleur requise pour chauffer l'eau :
 - a. $\text{Quantité de chaleur} = \text{Masse d'eau} * \text{Chaleur spécifique de l'eau} * (\text{Température finale} - \text{Température initiale})$
 - b. $\text{Quantité de chaleur} = 9982,9 \text{ kg} * 4182 \text{ J/kg/}^\circ\text{C} * (400^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$
 - c. $\text{Quantité de chaleur} = 1,668,748,104 \text{ J}$.
6. En utilisant la chaleur latente de vaporisation de l'eau, qui est d'environ 2,257,000 J/kg, calculer la quantité de vapeur produite :
 - a. $\text{Quantité de vapeur} = \text{Quantité de chaleur} / \text{Chaleur latente de vaporisation de l'eau}$
 - b. $\text{Quantité de vapeur} = 1,668,748,104 \text{ J} / 2,257,000 \text{ J/kg}$
 - c. $\text{Quantité de vapeur} = 739,476 \text{ kg}$.

[0112] Les résultats peuvent varier en fonction des conditions, différents facteurs et des

propriétés thermiques spécifiques des fluides utilisés.

Revendications

[Revendication 1]

L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable lisse a une conception et une configuration spécifiques qui permettent la production de la vapeur d'eau (à partir d'eau douce, pur ou de mer) et par la suite d'électricité, d'hydrogène, d'oxygène et d'eau potable par un procédé d'énergie solaire thermodynamique à concentration avec cogénération par un système d'électrolyseur. L'échangeur de chaleur d'EC3 est caractérisé par les éléments et les vecteurs de conception suivants :

- a. La première partie de l'échangeur de chaleur est composé de trois tubes, les deux premiers tubes sont imbriqués l'un dans l'autre puis englobé dans le troisième tube. Les deux premiers tubes sont séparés en deux demi-cercle par une paroi externe du l'extrémité du premier tube créant deux espaces de demi-cercle qui fait une séparation à part égale. L'espace de conduit pour le fluide de l'eau en descente et celui en remonté de la vapeur. Il existe un réservoir en bas d'entre le premier et deuxième tube car le deuxième tube est plus long que le première tube, et également un deuxième réservoir tampon supplémentaire de la vapeur pour existe en avant un vingtième du premier tube coupé qui permet de faire cette espace entre le premier et deuxième tube.
- b. La deuxième partie de l'échangeur de chaleur EC3, deux tubes séparés en part égal de deux demi-cercles par une paroi de l'extérieur du deuxième tube, que le troisième tube est plus long que le deuxième tube permet de faire un réservoir en bas de ces tubes. Cette séparation à part égale par cette paroi permet d'avoir un espace de conduit entre les deux tubes qui permet la circulation du fluide de caloporteur d'huile chaud en descente et permet, en remontée, de sortir le fluide caloporteur froid.
- c. L'espacement de conduit assez serré entre les tubes (première partie 1-a) offre une certaine zone d'écoulement où la couche limite peut se former et interagir avec la surface de demi-cercle cylindrique des tubes. Cela permet un transfert de chaleur entre les tubes et le fluide. Un espacement plus réduit entre les tubes pourrait être préférable pour favoriser une in-

teraction plus étroite entre le fluide et la surface des tubes, ce qui améliorerait le transfert de chaleur plus efficace.

- d. Exploiter la couche limite de la vapeur d'eau qui se forme à l'intérieur d'un espace lisse entre deux tubes de l'espace assez serré. La couche limite est la zone adjacente à une surface solide où les effets de frottement, poussée et de traînée sont importants, cela pourrait également augmenter la résistance à l'écoulement et générer une pression plus élevée.
- e. C'est très important de concevoir l'espace lisse entre les tubes de manière à faciliter l'écoulement de la vapeur d'eau et à minimiser les pertes de chaleur ou de masse. Une surface lisse et propre, ainsi que des conditions de flux bien contrôlées, peuvent améliorer l'efficacité de l'exploitation de la couche limite.
- f. On peut maximiser le transfert de chaleur, de masse et favoriser la condensation de la vapeur d'eau sur la paroi extérieure et intérieure des tubes en maintenant une différence de température entre les tubes et la vapeur d'eau. Cela peut être réalisé en maintenant une différence de pression entre l'espace lisse et la vapeur d'eau, ce qui encouragera l'évaporation de l'eau à la surface des tubes et Cela permettra la libération de chaleur latente lors de la condensation, ce qui augmentera le transfert de chaleur. Cependant, cela pourrait également augmenter la résistance à l'écoulement et générer des pressions plus élevées.
- g. L'échangeur de chaleur EC3 a pour but de transférer la chaleur d'un fluide caloporteur d'huile à l'eau. Ils partagent donc certaines particularités communes, telles que :
 - i. Une surface d'échange de chaque côté de demi-cercle cylindrique d'un côté d'effectuer la transfère les fluides chauds et à l'eau froide en contact de chaleur pour vaporise et de l'autre côté maintenir la vapeur et la pression en chauds.
 - ii. L'espace de conduit prévue pour les fluides dans les échangeurs de chaleur EC3 a pour but de permettre aux fluides chauds et froids de circuler à travers l'échangeur et de transférer la chaleur.
 - iii. Nous pouvons contrôler l'écoulement des fluides

chauds et froids et maximiser l'efficacité du transfert de chaleur pour améliorer le rendement.

- iv. L'échangeur de chaleur est construit en acier inoxydable lisse et par mélange d'autres composites de matériaux qui sont de bons conducteurs de chaleur.
- v. En mettant l'échangeur de chaleur EC3 dans une cuve de sables fins chauds peut maintenir la chaleur et minimiser les pertes de chaleur thermiquement pour réduire les transferts de chaleur indésirables entre l'environnement extérieur et les fluides du processus.

- [Revendication 2] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon la revendication 1 est caractérisé dans sa forme par une dimension atteignant plusieurs mètres de diamètre et d'une longueur variable qui peut dépasser plusieurs mètres, selon les données et les paramètres, fournis à partir des calculs de capacités de production d'eau à vaporiser possibles et souhaitées, ainsi que des facteurs thermiques de flux de l'énergie solaire concentrée ou d'autre source de chaleur.
- [Revendication 3] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon la revendication 1 est caractérisé par une conduite en demi-cercle cylindrique permettant la circulation et la canalisation du fluide, l'eau, pendant sa phase de réchauffement par convection lors de son passage dans le demi-cercle de l'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable et du réservoir tampon.
- [Revendication 4] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon la revendication 3 est caractérisé du fait de sa fonction et de sa forme, en utilisant directement les ressources énergétiques d'un flux de l'énergie solaire concentrée et géothermique de sous-sol en moyenne ou haute enthalpie, c'est à dire par le transfert de chaleur par convection d'un corps chaud vers un corps plus froid, qui est ici l'eau.
- [Revendication 5] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon la revendication 1 est caractérisé par le fait que son procédé de fonctionnement utilise l'énergie solaire concentrée et géothermique à la place des énergies fossiles telles que le gaz ou le pétrole.
- [Revendication 6] L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon les revendications 1, 2 et 3 du fait de sa fonction de procédé technique est équipé d'un réservoir tampon à l'extrémité en bas

du tube selon le modèle de l'échangeur, que ce soit sous forme d'un tube double ou triple. Entre le première et deuxième tube, un réservoir tampon derrière est placé, entre les espaces de conduit de descente de l'eau et de remontée de la vapeur d'eau chaude. Il y a un second réservoir tampon supplémentaire en avant, un vingtième de sa longueur du première tube, du premier et deuxième tube, ne sert uniquement qu'à faciliter l'écoulement de la vapeur d'eau et augmentation de la pression de vapeur d'eau avant la sortie de l'échangeur de chaleur.

[Revendication 7]

L'échangeur de chaleur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable selon les revendications 1, 2, 3 et 4 comme mentionné dans le texte, positionné dans la surface et sous-sol, est alimenté d'un première fluide caloporteur d'huile chauffé par l'énergie solaire concentrée qui sert à vaporiser second fluide l'eau par des tuyaux de sections différentes entre les espace de conduit de descente en eau à température de l'eau prélevée en surface ou en profondeur ou de la mer selon et les espaces de remontés de l'eau réchauffées après circulation dans la demi-cercle de l'échangeur en forme de tube cylindrique en acier inoxydable. A partir de là, l'eau chaude est vaporisée. La vitesse de circulation de l'eau en descente jusqu'à l'échangeur est inférieure à la vitesse de l'eau chaude lorsque qu'elle remonte, ainsi elle peut emmagasiner des calories dans sa phase de descente et en opposition en perdre le moins possible à la remontée après passage dans l'échangeur de chaleur. Les espace de conduit de remonté de l'eau chaude pour vaporisation en surface seront conçus en matériaux calorifères. L'énergie solaire ou géothermique pour fonctionnement selon l'invention permet d'obtenir des coûts de production de vaporisation de l'eau (douce, pur ou de mer) inférieurs à ceux que l'on peut trouver sur le marché actuel selon les techniques employées, même pour les moins énergivores.

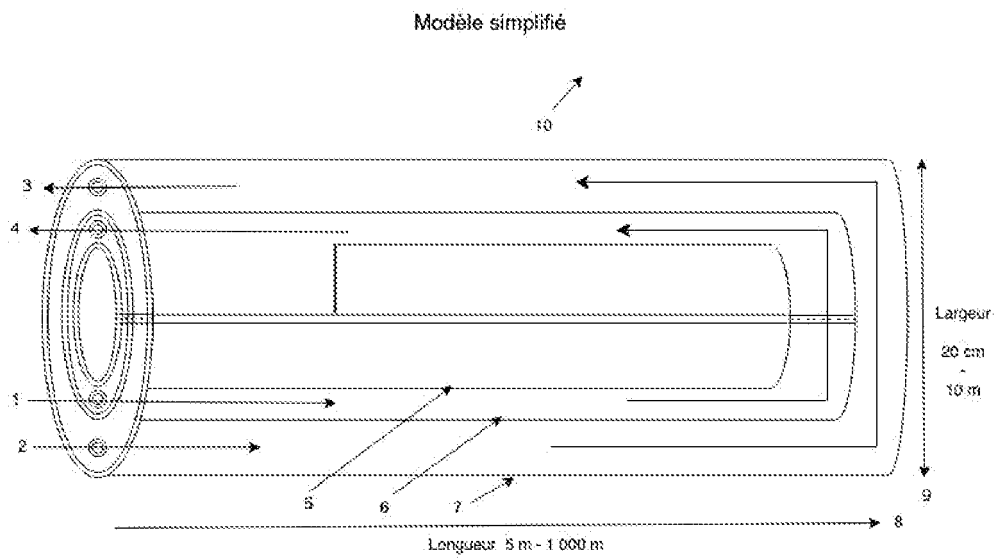
[Revendication 8]

Aujourd'hui les coûts de production d'eau de vaporisation et les prix de l'énergie sont étroitement liés, quel que soit les méthodes.

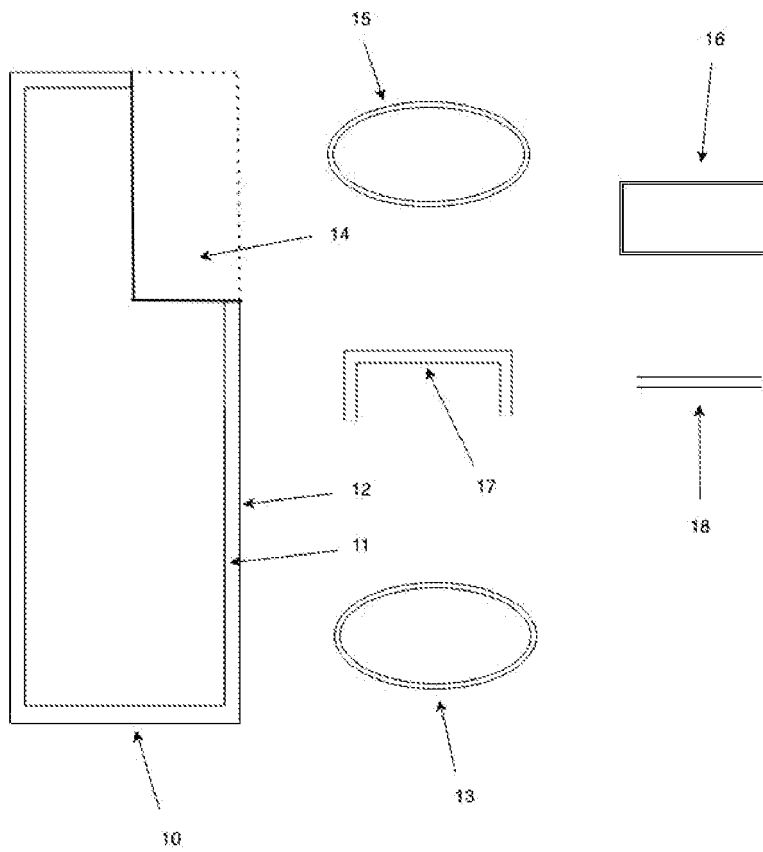
[Revendication 9]

L'énergie solaire concentrée utilisée pour l'échangeur de chaleur d'EC3 selon l'invention permet d'obtenir à des coûts très bas de production d'eau de vaporisation et de l'énergie, d'électricité, d'hydrogène, d'oxygène et de l'eau potable à de prix inférieure du marché.

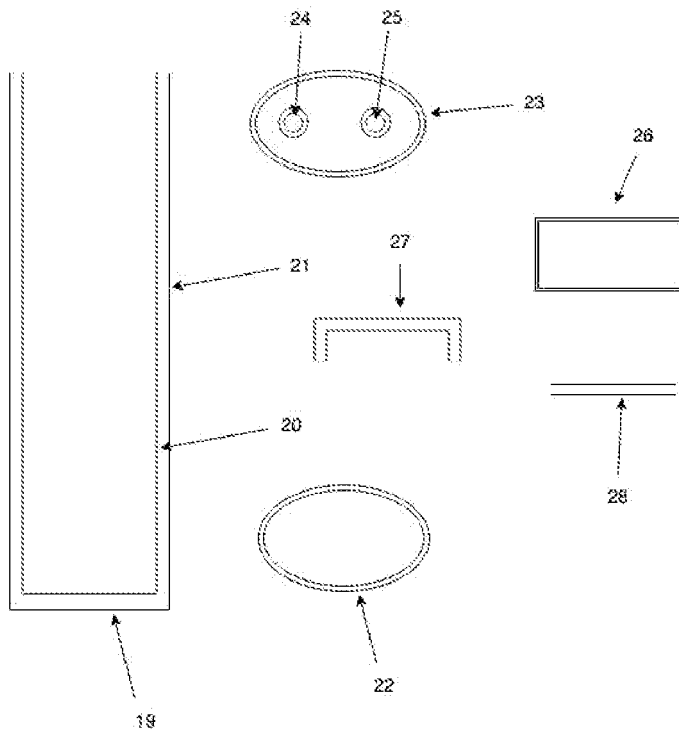
[Fig. 1]



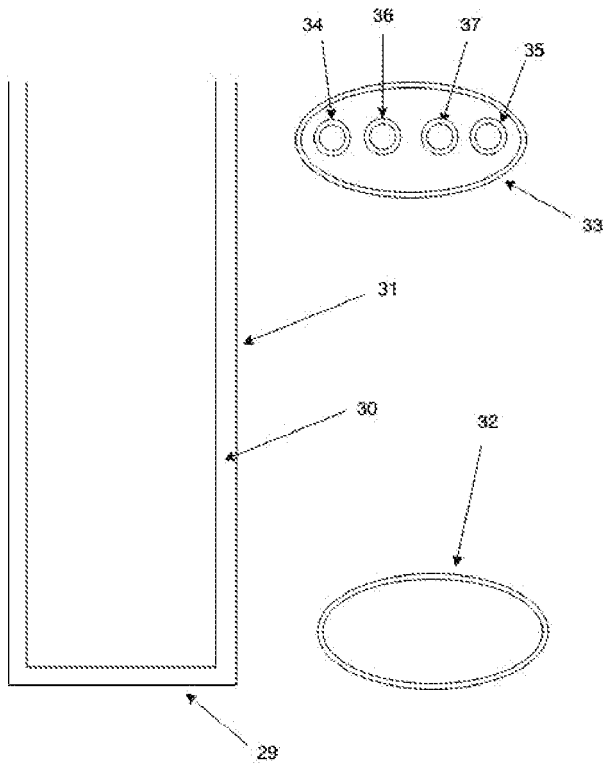
[Fig. 2]



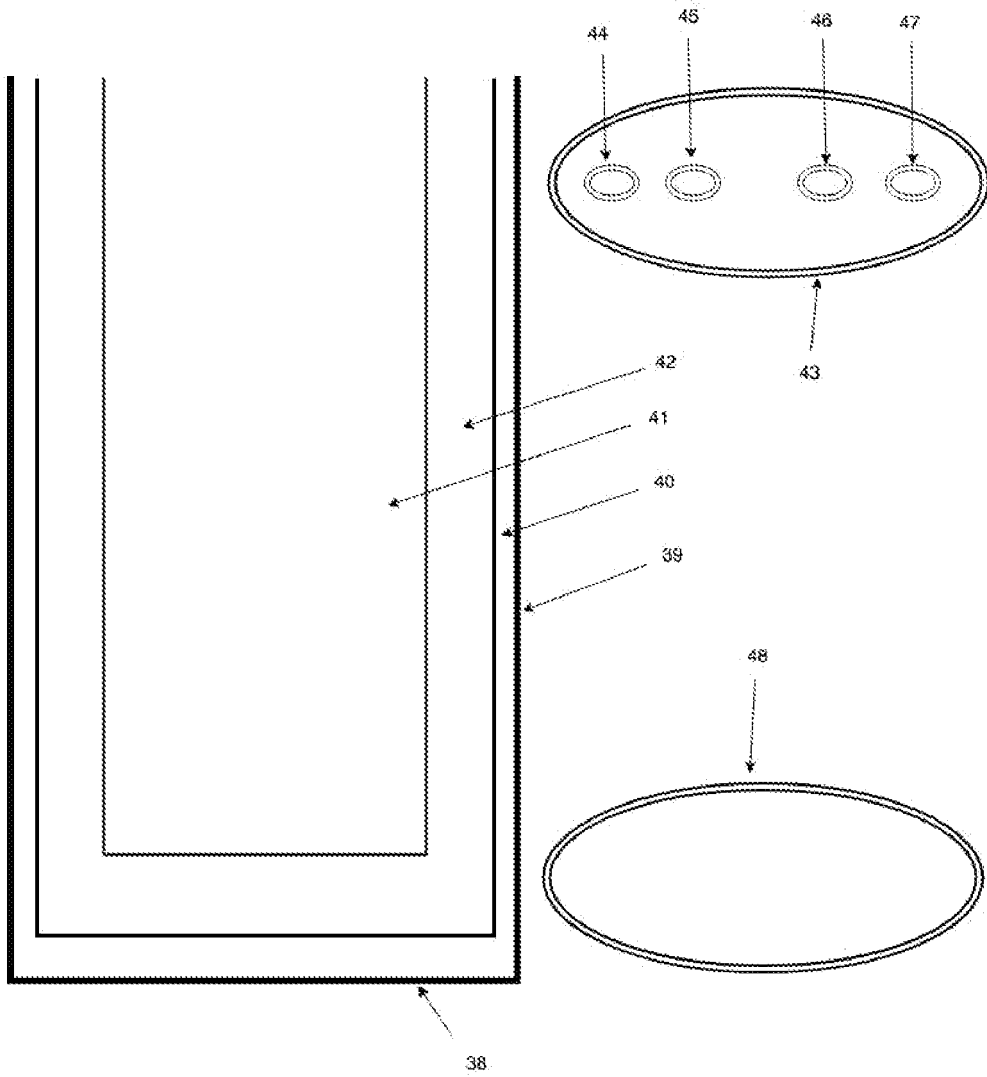
[Fig. 3]



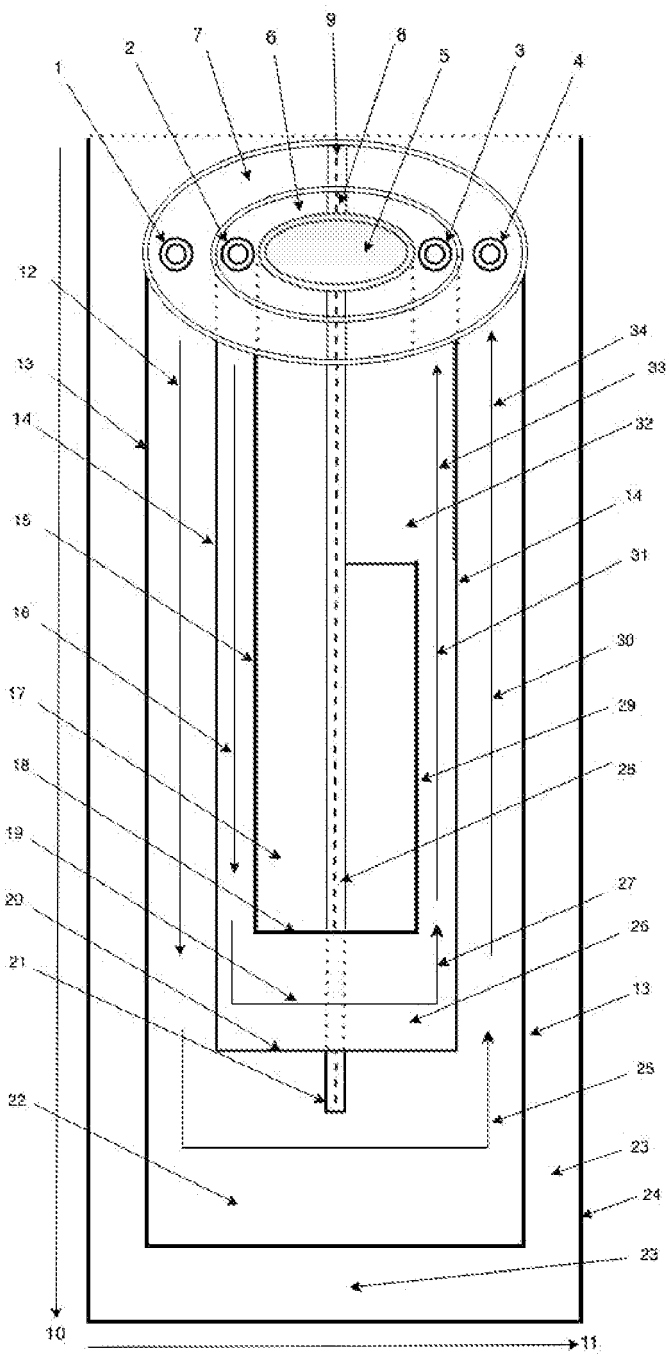
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]

