



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 32229 B1** (51) Cl. internationale : **F03G 6/00; F22B 1/00; F24J 2/00**
- (43) Date de publication : **01.04.2011**

-
- (21) N° Dépôt : **33249**
- (22) Date de Dépôt : **15.10.2010**
- (30) Données de Priorité : **16.04.2008 US 61/045,361 ; 05.06.2008 US 61/059,080 ; 09.04.2009 US 12/421,060 ; 09.04.2009 US 12/421,047**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/US2009/040338 13.04.2009**
- (71) Demandeur(s) : **ALSTOM TECHNOLOGY LTD, BROWN BOVERI STRASSE 7 CH-5400 BADEN (CH)**
- (72) Inventeur(s) : **PALKES, Mark ; TEIGEN, Bard ; JUKKOLA, Glen, D.**
- (74) Mandataire : **SABA & CO**

-
- (54) Titre : **SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE VAPEUR À L'AIDE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE À LIT MOBILE CONTINU**
- (57) Abrégé : **SYSTÈME DE GÉNÉRATION ET DE STOCKAGE DE VAPEUR À L'AIDE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE, À LIT MOBILE CONTINU, PERMETTANT DE GÉNÉRER DE LA CHALEUR POUR DES PROCESSUS PRODUCTIFS APRÈS PERTE OU BAISSÉ DE L'ÉNERGIE SOLAIRE REÇUE. CE SYSTÈME COMPREND UN RÉCEPTEUR (10) RECEVANT UN COURANT DE MATÉRIAU PARTICULAIRE (30) QUI ABSORBE L'ÉNERGIE SOLAIRE RAYONNANTE (15) LORSQU'IL TRAVERSE DES FAISCEAUX D'ÉNERGIE (15) REÇUS DE CAPTEURS (14). LE COURANT CHAUFFÉ DE MATÉRIAU (30) PÉNÈTRE DANS UNE PREMIÈRE CHAMBRE (40) DANS LAQUELLE IL CHAUFFE UN SERPENTIN (42). LA CHALEUR DÉGAGÉE PAR LE MATÉRIAU PARTICULAIRE (30) EST TRANSFÉRÉE AU SERPENTIN (42), L'ÉVAPORATION DE L'EAU GÉNÉRANT, RÉCHAUFFANT (RH) OU SURCHAUFFANT (SH) LA VAPEUR (46). LE MATÉRIAU REFROIDI (30) TRAVERSE UNE SECONDE CHAMBRE (60). DE CETTE SECONDE CHAMBRE (60), LEDIT MATÉRIAU PASSE DANS UN CYCLONE (80) DANS LE**

RÉCEPTEUR (10). LE CYCLE S'ACHÈVE PAR L'ÉVACUATION DU MATÉRIAU (30)
HORS DU CYCLONE (80).

ABRÉGÉ

L'invention concerne un système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire à lit mobile continu pour la production de vapeur destinée à des processus de production après une perte ou une diminution de l'énergie solaire reçue. Le système comprend un récepteur 10 qui reçoit un courant de matériau particulaire 30 en circulation absorbant l'énergie solaire rayonnante 15 lorsqu'il passe à travers des faisceaux d'énergie 15 reçue de collecteurs 14. Le courant de matériau chauffé 30 pénètre dans une première chambre 40 pour chauffer un faisceau de tubes 42 s'y trouvant. La chaleur provenant du matériau particulaire 30 est transférée au faisceau 42 en évaporant l'eau pour produire, réchauffer (RH) et/ou surchauffer (SH) de la vapeur 46. Le matériau refroidi 30 passe vers une seconde chambre 60. Le matériau 30 est retiré de la seconde chambre 60 et acheminé vers un cyclone 80 dans le récepteur 10. Le matériau 30 s'écoule depuis le cyclone 80 pour achever le cycle d'écoulement.

(VINGT ET UNE PAGES)

ALSTOM TECHNOLOGY LTD.
P. P. SABA & CO., Casablanca



WO 2009/129170

PCT/US2009/040338

5 RENVOI À DES DEMANDES APPARENTÉES

[0001] La présente demande de brevet revendique le bénéfice, conformément à l'article 35 du code U.S.C. §119(e), de la demande de brevet provisoire U.S. en coïncidence, de numéro de série 61/059080, déposée le 5
10 juin 2008, et de la demande de brevet provisoire U.S. de numéro de série 61/045361 déposée le 16 avril 2008, dont les contenus sont cités ici en totalité à titre de référence.

15 DOMAINE TECHNIQUE

[0002] La présente invention concerne de manière générale un générateur de vapeur à énergie solaire et plus précisément, un générateur de vapeur à énergie solaire ayant un lit mobile continu (CMB) de matériau
20 absorbant l'énergie.

ARRIÈRE-PLAN DE L'INVENTION

[0003] De manière générale, un générateur solaire comprend un récepteur solaire destiné à chauffer un
25 fluide de transfert thermique en concentrant de l'énergie solaire rayonnante collectée par une pluralité de miroirs et/ou d'héliostats sur le récepteur. Au cours des périodes lors desquelles le soleil fournit peu d'énergie solaire rayonnante (par
30 exemple de nuit ou par temps relativement nuageux), la température du fluide de transfert thermique décroît et le fluide se refroidit, cela conduisant à une perte d'énergie et à la nécessité d'augmenter le temps de récupération pour réchauffer le fluide de transfert
35 thermique une fois qu'une quantité suffisante d'énergie solaire rayonnante est de nouveau fournie au récepteur solaire.

[0004] Par conséquent, la demanderesse a découvert qu'en utilisant un système fournisseur de chaleur ayant

un lit mobile continu (CMB) de matériau absorbant l'énergie, les problèmes associés au refroidissement du fluide de transfert thermique pendant les périodes de moindre énergie rayonnante pouvaient être résolus.

5

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

[0005] Conformément à certains aspects décrits ici, l'invention concerne un système de production et de stockage à énergie solaire. Le système comprend un récepteur solaire ayant un orifice d'entrée et un orifice de sortie permettant à un courant de matériau particulaire de s'écouler à travers celui-ci et d'absorber la chaleur de l'énergie solaire rayonnante fournie au récepteur solaire. Une première chambre comportant un orifice d'entrée est reliée au récepteur. La première chambre reçoit le courant chauffé de matériau particulaire en provenance du récepteur solaire. Un premier tube est disposé dans la première chambre. Le premier tube contient un fluide de transfert thermique passant à travers celui-ci. Dans un mode de réalisation, dans la première chambre, le courant chauffé de matériau particulaire s'écoule le long du premier tube en transférant de la chaleur au fluide de transfert thermique et en refroidissant le courant chauffé de matériau particulaire. Le système comprend également une seconde chambre qui reçoit le courant refroidi de matériau particulaire et un conduit de transport qui achemine le courant refroidi de matériau particulaire vers l'orifice d'entrée du récepteur solaire.

[0006] Dans un mode de réalisation, le fluide de transfert thermique comprend de l'eau et/ou de la vapeur. Lorsqu'il est chauffé, le fluide de transfert thermique comprend de la vapeur et/ou de la vapeur réchauffée et/ou de la vapeur surchauffée. Dans un mode de réalisation, le premier tube comprend une pluralité de tubes. Un second tube de la pluralité de tubes contient de l'eau et de la vapeur produite. Au moins un troisième tube de la pluralité de tubes comprend de la

vapeur, de la vapeur réchauffée et de la vapeur surchauffée.

[0007] Dans un mode de réalisation, le système de production et de stockage à énergie solaire comprend en outre au moins une première vanne de commande de matériau particulaire qui commande l'écoulement du matériau particulaire de la première chambre vers la seconde chambre. Le système de production et de stockage à énergie solaire peut également comprendre un séparateur de matériau particulaire disposé dans le récepteur solaire qui reçoit le matériau particulaire en provenance de la seconde chambre. Dans un mode de réalisation, le système comprend en outre au moins une seconde vanne de commande de matériau particulaire qui commande l'écoulement du matériau particulaire de la seconde chambre vers le récepteur solaire et, dans un mode de réalisation, la seconde vanne de commande de matériau particulaire commande l'écoulement vers le séparateur.

[0008] Les caractéristiques décrites ci-dessus et d'autres encore sont illustrées dans les figures et la description détaillée présentées ci-après.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0009] Se référant à présent aux figures, qui illustrent des exemples de réalisation et dans lesquelles des éléments identiques sont numérotés de la même manière :

[0010] la figure 1 représente un schéma de principe d'une partie formant récepteur solaire d'un système de production et de stockage de vapeur, conformément à un mode de réalisation ;

[0011] la figure 2 est un schéma de principe d'un système à lit mobile continu (CMB) du récepteur solaire de la figure 1, contenu dans le système de production et de stockage de vapeur conformément à un mode de réalisation ;

[0012] la figure 3 est un schéma de principe du système de production et de stockage de vapeur à récepteur

solaire CMB de la figure 2 intégré à un système générateur à turbine à vapeur conformément à un mode de réalisation ; et

5 [0013] la figure 4 est un schéma de principe du système de production et de stockage de vapeur à récepteur solaire CMB de la figure 2 intégré à un système de transformation chimique conformément à encore un autre mode de réalisation.

10 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

[0014] Comme illustré sur la figure 1, conformément à un mode de réalisation, un récepteur solaire 10 est disposé sur une tour 12 à proximité d'une pluralité de collecteurs solaires 14, comme par exemple des miroirs
15 ou des héliostats. Un exemple de générateur solaire comprenant le récepteur solaire 10 est décrit dans la demande de brevet provisoire U.S. en coinstance détenu en commun, déjà identifié ci-dessus, et de numéro de série 61/045361.

20 [0015] Les collecteurs solaires 14 dirigent de l'énergie solaire rayonnante 15 provenant du soleil 16 vers le récepteur solaire 10. Dans un mode de réalisation, les collecteurs 14 ont une configuration incurvée ou plane et sont réglables indépendamment les
25 uns des autres en réponse à la position relative du soleil 16. A titre d'exemple, un ou plusieurs des collecteurs 14 est/sont commandé(s) par un ou plusieurs dispositif(s) de commande (non représenté(s)) afin de détecter et de poursuivre la position relative du
30 soleil 16 lorsqu'il se déplace au cours d'un intervalle de temps. De ce fait, les collecteurs 14 s'ajustent périodiquement en fonction de la position instantanée du soleil 16 afin de réfléchir l'énergie solaire rayonnante 15 (par exemple la lumière solaire) vers le
35 récepteur 10, pour ainsi chauffer le récepteur 10 et un milieu de transfert thermique 30 fourni au récepteur 10 par l'intermédiaire d'un conduit d'entrée 18 et achemine depuis le récepteur 10 par l'intermédiaire d'un conduit de sortie 20.

[0016] La figure 2 illustre le récepteur 10 de la figure 1 utilisé dans un système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire 100 à lit mobile continu (CMB) permettant la production de vapeur à la fois pendant les périodes de plus forte réception d'énergie solaire rayonnante (par exemple à la lumière du jour) et pendant les périodes de plus faible réception d'énergie solaire rayonnante (par exemple de nuit ou par temps nuageux). Comme décrit ici, le système 100 produit et stocke de l'énergie thermique destinée à des applications de processus industriels. Comme illustré sur la figure 2, le récepteur 10 reçoit un courant de matériau particulaire 30 en circulation qui absorbe le rayonnement solaire 15 lorsque des particules contenues dans le courant en circulation 30 passent à travers une partie 11 du récepteur 10 et à travers des faisceaux concentrés de rayonnement solaire 15 fournis par le champ de collecteurs solaires 14. Dans un mode de réalisation, les particules du courant de matériau particulaire 30 sont constituées de matériau granulaire particulaire ayant une taille de particule sélectionnée de manière à rendre maximal le stockage de chaleur, tout en minimisant la différence de température entre les régions superficielles et les régions internes moyennes des particules. D'autres facteurs intervenant dans la sélection de la taille de particule comprennent par exemple certaines considérations aérodynamiques visant à empêcher une perte de particules du fait des vents au niveau de l'interface avec le récepteur, les propriétés de transport thermique et la densité des particules, et des considérations économiques comme par exemple le coût et la disponibilité du matériau. Il est à noter que toutes ces considérations sont optimisées lors de la sélection des tailles de particules préférées.

[0017] Le courant de matériau particulaire 30 est amené à passer du récepteur 10 à une température se situant par exemple dans une gamme d'environ mille cinq cent à environ deux mille degrés Fahrenheit (1550°F à 2000°F,

environ 816°C à environ 1093°C) vers une première chambre 40, comme par exemple une chambre de stockage chaude 40 reliée au récepteur 10. La première chambre 40 comprend un faisceau de tubes 42 produisant de la
5 vapeur situé dans une partie de la première chambre 40. Le faisceau de tubes 42 comprend un fluide de transfert thermique. Dans un mode de réalisation, le faisceau de tubes 42 produisant de la vapeur est situé dans une partie inférieure 44 de la première chambre 40. Dans
10 divers modes de réalisation, le faisceau de tubes 42 produisant de la vapeur produit, régénère et surchauffe de la vapeur 46 à partir du fluide de transfert thermique et la vapeur 46 est dirigée vers un ou plusieurs générateur(s) à turbine à vapeur 202 (figure
15 3), vers une tour de craquage pétrochimique 302 (figure 4), ou en tant que vapeur à usage industriel destinée à être utilisée dans d'autres processus commerciaux et/ou industriels.

[0018] Comme illustré sur la figure 2, le matériau
20 particulaire chaud 30 pénètre dans la première chambre 40, circule et passe le long du faisceau de tubes 42 produisant de la vapeur par exemple par écoulement gravitationnel et/ou par écoulement assisté
mécaniquement (par exemple par pompage vers et autour
25 de la chambre 40), de manière à produire, régénérer et/ou surchauffer de la vapeur à partir du fluide de transfert thermique et/ou de la vapeur se trouvant dans le faisceau de tubes 42. Lorsque le matériau
particulaire 30 s'écoule le long du faisceau de tubes
30 42, de la chaleur provenant du matériau particulaire 30 est transférée au faisceau de tubes 42 afin de produire, de régénérer et/ou de surchauffer la vapeur circulant dans le faisceau de tubes 42. A titre
d'exemple, dans un mode de réalisation, de l'eau et/ou
35 un mélange d'eau et de vapeur d'eau s'écoule à l'intérieur du faisceau de tubes 42 et s'évapore en produisant de la vapeur 46, et/ou de la vapeur à usage industriel 46 est soumise à un chauffage supplémentaire dans le faisceau de tubes 42 pour produire de la vapeur

5 surchauffée (SH) ou réchauffée (RH) 46 dans le faisceau
de tubes 42. Il est à noter que le transfert thermique
du matériau particulaire 30 au faisceau de tubes 42 et
à l'eau, à la vapeur et à la vapeur d'eau 46 qui s'y
trouvent conduit à un refroidissement du matériau
particulaire 30. Dans un mode de réalisation le
faisceau de tubes 42 comprend une pluralité de tubes,
un ou plusieurs des tubes de la pluralité de tubes
ayant une superficie augmentée, par exemple au moyen
10 d'ailettes, de nervures, etc., afin d'augmenter le taux
de transfert de chaleur vers le faisceau de tubes 42.
Les ailettes peuvent également réduire le poids et/ou
le coût de fabrication et d'entretien du faisceau de
tubes 42 et de parties de celui-ci. Il est à noter
15 qu'en maintenant une réserve de matériau particulaire
chauffé 30 dans la première chambre 40 et en lui
permettant de circuler autour, et/ou de passer le long
du faisceau de tubes 42, de la vapeur peut être
produite et/ou régénérée (surchauffée et/ou réchauffée)
20 pendant des intervalles de temps lors desquels le
récepteur 10 reçoit une quantité ou une intensité
réduite d'énergie solaire rayonnante (15) (par exemple
de nuit ou par temps nuageux).

[0019] Dans un mode de réalisation, le débit du courant
25 de matériau particulaire 30 sortant de la première
chambre 40 est commandé par une ou plusieurs vannes de
commande d'écoulement 50 reliées à une sortie 48 de la
première chambre 40 se trouvant à titre d'exemple en
aval de l'écoulement passant autour du faisceau de
30 tubes 42 produisant de la vapeur. Comme illustré sur la
figure 2, le matériau particulaire refroidi 30 passe à
travers les vannes de commande d'écoulement 50 vers une
seconde chambre 60 qui peut par exemple être une
chambre de stockage froide 60. Dans un mode de
35 réalisation, les vannes de commande 50 coopèrent afin
de commander la quantité de matériau particulaire 30
passant à travers, circulant autour et/ou s'écoulant le
long du faisceau de tubes 42 et commandent ainsi la
quantité, la température, la pression et/ou l'intensité

de la vapeur produite par le système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100. A titre d'exemple, les inventeurs ont découvert qu'il était avantageux de commander l'écoulement de matériau
5 particulaire 30 provenant de la première chambre 40 pendant les périodes de plus forte réception d'énergie solaire rayonnante (par exemple à la lumière du jour) afin que la première chambre 40 se remplisse lentement du matériau particulaire chaud 30 pendant ces périodes
10 de plus forte réception en vue d'une utilisation instantanée et ultérieure. De même, les inventeurs ont découvert qu'il était avantageux de commander l'écoulement de matériau particulaire 30 provenant de la première chambre 40 pendant les périodes de plus
15 faible réception d'énergie solaire rayonnante (par exemple de nuit ou lors par temps nuageux) afin que la première chambre 40 maintienne en circulation et continue de permettre la circulation et l'écoulement du matériau particulaire chaud 30 le long du faisceau de
20 tubes 42 lors de ces périodes de plus faible réception, afin que de la vapeur continue d'être produite, régénérée et/ou surchauffée au cours de ces périodes. Il est à noter que les débits et les tailles de
25 particule des chambres 40 et 60 sont sélectionnées pour permettre un fonctionnement continu à pleine charge, par exemple pendant une période de vingt-quatre (24) heures.

[0020] Dans un mode de réalisation, le matériau particulaire refroidi 30 est admis à passer de la
30 première chambre 40, à une température dans la gamme d'environ trois cents à environ cinq cents degrés Fahrenheit (300°F à 500°F, environ 149°C à environ 260°C), vers la seconde chambre 60 reliée aux vannes de commande 50. Dans un mode de réalisation, pour
35 permettre un écoulement continu prédéterminé dans le système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100, le matériau particulaire 30 est prélevé ou retiré de la seconde chambre 60 pour passer dans un conduit de transport 70, comme par

exemple un conduit de transport pneumatique 70, par l'intermédiaire d'une ou plusieurs vanes de commande de matériau particulaire 72 placée(s) à une sortie 62 de la seconde chambre 60. Le conduit de transport 70
5 achemine le matériau particulaire 30 vers le conduit d'entrée 18 du récepteur 10. Dans un mode de réalisation, un cyclone 80 est relié au conduit d'entrée 18, par exemple dans le récepteur 10, pour prélever par exemple l'air ou le gaz 82 utilisé dans le
10 conduit de transport 70 pour renvoyer le matériau particulaire 30 vers le récepteur 10. Le matériau particulaire 30 s'accumule et s'écoule depuis le cyclone 80 dans la partie 11 du récepteur 10 afin d'exposer le matériau particulaire 30 aux faisceaux
15 concentrés 15 provenant du champ solaire 14 pour ainsi achever le cycle d'écoulement du matériau particulaire 30 à travers le système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100.

[0021] Il est à noter que la taille et/ou la capacité de stockage d'un ou plusieurs parmi le récepteur 10, la première chambre 40, la seconde chambre 60, et le faisceau de tubes 42 produisant de la vapeur est/sont sélectionnée(s) afin d'optimiser la production de vapeur pendant des périodes de plus forte réception
20 d'énergie solaire rayonnante (par exemple pendant les périodes de lumière solaire) et/ou des périodes de plus faible réception d'énergie solaire rayonnante (par exemple, par temps nuageux ou de nuit).

[0022] Comme cela est généralement connu, de la vapeur
30 peut être utilisée dans diverses applications commerciales et industrielles. Par conséquent, le système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100 de la figure 2 peut être utilisé pour produire de la vapeur servant par exemple
35 à entraîner une ou plusieurs turbine(s) afin de produire de l'électricité de manière financièrement rentable et respectueuse de l'environnement, ainsi que dans des processus chimiques. A titre d'exemple, la figure 3 illustre l'intégration du système de

production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100 dans un système générateur d'énergie électrique à vapeur 200 comportant une ou plusieurs turbine(s) 202. Comme illustré sur la figure 3, la vapeur 46
5 produite dans le faisceau de tubes 42 produisant de la vapeur est dirigée vers la ou les turbine(s) à vapeur 202 afin d'entraîner les turbines et un générateur 204 qui leur est relié pour ainsi générer de l'électricité E. En outre, comme illustré sur la figure 4, le système
10 de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100 est intégré à un système de traitement chimique 300 afin de fournir par exemple de la vapeur à une tour de craquage pétrochimique 302 dans laquelle de la vapeur à haute température est utilisée pour
15 décomposer des hydrocarbures à chaîne relativement longue (par exemple du pétrole brut lourd) en des hydrocarbures plus petits (par exemple de l'essence, du kérosène, etc.) et d'autres substances chimiques et matériaux. Dans d'autres modes de réalisation, le
20 système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire CMB 100 fournit la vapeur 46 à un processus de vaporeformage, comme par exemple un processus de vaporeformage du méthane (SMR) afin de produire de l'hydrogène (H₂).

25 **[0023]** Bien que l'invention ait été décrite en référence à divers exemples de réalisation, l'homme du métier notera que diverses modifications peuvent lui être apportées, et que des équivalents peuvent être substitués à certains de ses éléments sans s'écarter du
30 cadre de l'invention. De plus, de nombreuses modifications peuvent être effectuées afin d'adapter une situation ou un matériau particulier aux directives de l'invention sans s'écarter de son cadre essentiel. Par conséquent, l'invention ne doit pas être considérée
35 comme étant limitée au mode de réalisation particulier présenté comme étant le meilleur mode de mise en œuvre envisagé de l'invention, mais comme couvrant tous les modes de réalisation entrant dans le cadre des revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire, comprenant :
- 5 un récepteur solaire ayant un orifice d'entrée et un orifice de sortie permettant à un courant de matériau particulaire de s'écouler à travers celui-ci et d'absorber la chaleur de l'énergie solaire rayonnante fournie au récepteur solaire ;
- 10 une première chambre comportant un orifice d'entrée qui reçoit le courant chauffé de matériau particulaire en provenance du récepteur solaire ;
- un premier tube disposé dans la première chambre, le premier tube contenant un fluide de transfert thermique passant dans celui-ci, dans lequel, dans la première
- 15 chambre, le courant chauffé de matériau particulaire s'écoule le long du premier tube en transférant de la chaleur au fluide de transfert thermique et en refroidissant le courant chauffé de matériau
- 20 particulaire ;
- une seconde chambre qui reçoit le courant refroidi de matériau particulaire ; et
- un conduit de transport destiné à acheminer le courant refroidi de matériau particulaire vers l'orifice
- 25 d'entrée du récepteur solaire.
2. Système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire selon la revendication 1, dans lequel le fluide de transfert thermique est constitué
- 30 d'eau et/ou de vapeur et, lorsqu'il est chauffé, de vapeur et/ou de vapeur réchauffée et/ou de vapeur surchauffée.
3. Système de production et de stockage de
- 35 vapeur à énergie solaire selon la revendication 2, dans lequel le premier tube comprend une pluralité de tubes, au moins un second tube contenant de l'eau et de la vapeur produite, et au moins un troisième tube contenant de la vapeur, de la vapeur réchauffée et de

la vapeur surchauffée.

4. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1, dans
5 lequel le premier tube comprend une pluralité de tubes,
la pluralité de tubes comprenant au moins un tube ayant
une superficie augmentée afin d'augmenter le taux de
transfert de chaleur au premier tube.

- 10 5. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1, dans
lequel l'énergie solaire rayonnante fournie au
récepteur solaire provient d'un champ de collecteurs
solaires ayant une pluralité de miroirs et/ou
15 d'héliostats.

6. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1,
comprenant en outre au moins une première vanne de
20 commande de matériau particulaire qui commande
l'écoulement du matériau particulaire de la première
chambre vers la seconde chambre.

7. Système de production et de stockage de
25 vapeur à énergie solaire selon la revendication 6, dans
lequel, pendant les périodes de plus forte réception
d'énergie solaire rayonnante, la ou les première(s)
vanne(s) de commande de matériau particulaire
commande/commandent l'écoulement de façon à ce que la
30 première chambre se remplisse du courant chauffé de
matériau particulaire.

8. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 6, dans
35 lequel, pendant les périodes de plus faible réception
d'énergie solaire rayonnante, la ou les vanne(s) de
commande de matériau particulaire commande/commandent
l'écoulement de façon à ce que la première chambre
maintienne et permette un écoulement continu du courant



chauffé de matériau particulaire le long du premier tube en transférant de la chaleur à celui-ci.

5 9. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 6, dans
lequel la ou les première(s) vanne(s) de commande de
matériau particulaire commande/commandent l'écoulement
du matériau particulaire de la première chambre à la
10 seconde chambre afin de commander une quantité et/ou
une température et/ou une pression et/ou une intensité
de la vapeur générée, régénérée et réchauffée à
l'intérieur du premier tube.

15 10. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1,
comprenant en outre un séparateur de matériau
particulaire disposé dans le récepteur solaire qui
reçoit le matériau particulaire en provenance de la
seconde chambre de stockage.

20 11. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1,
comprenant en outre au moins une seconde vanne de
commande de matériau particulaire qui commande
25 l'écoulement du matériau particulaire de la seconde
chambre de stockage vers le récepteur solaire.

30 12. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1, dans
lequel, lorsque le fluide de transfert thermique est
chauffé et contient au moins de la vapeur, le système
comprend en outre un conduit destiné à fournir la
vapeur en tant que vapeur à usage industriel à un
générateur à turbine à vapeur et/ou à une tour de
35 craquage pétrochimique et/ou à un processus de
vaporeformage.

13. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 1, dans

lequel le matériau particulaire est constitué de
matériau particulaire granulaire ayant une taille de
particule sélectionnée de manière à rendre maximal le
stockage de chaleur, en minimisant la différence de
5 température entre une région superficielle et une
région interne moyenne des particules.

14. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 13,
10 dans lequel la taille de particule est en outre
sélectionnée sur la base de considérations
aérodynamiques visant à empêcher la perte de particules
du fait des vents au niveau du récepteur solaire et/ou
de propriétés de transport thermique et de densité des
15 particules et/ou de considérations économiques
comprenant le coût et la disponibilité du matériau.

15. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire, comprenant :

20 un récepteur solaire ayant un orifice d'entrée et un
orifice de sortie permettant à un courant de matériau
particulaire de s'écouler à travers celui-ci et
d'absorber la chaleur de l'énergie solaire rayonnante
fournie au récepteur solaire ;

25 une première chambre comportant un orifice d'entrée qui
reçoit le courant chauffé de matériau particulaire en
provenance du récepteur solaire ;
un premier tube disposé dans la première chambre, le
premier tube ayant un milieu de transfert thermique
30 passant à travers celui-ci, dans lequel, dans la
première chambre, le courant chauffé de matériau
particulaire s'écoule le long du premier tube en
transférant de la chaleur au milieu de transfert
thermique et en refroidissant le courant chauffé de
35 matériau particulaire ;
une seconde chambre qui reçoit le courant refroidi de
matériau particulaire ; et
une vanne de commande de matériau particulaire reliée
entre la première chambre et la seconde chambre, qui

commande l'écoulement du matériau particulaire de la première chambre vers la seconde chambre ; et un conduit de transport destiné à acheminer le courant refroidi de matériau particulaire vers l'orifice d'entrée du récepteur solaire ;
5 dans lequel la vanne de commande de matériau particulaire commande l'écoulement du matériau particulaire de façon à remplir la première chambre du courant chauffé de matériau particulaire et à continuer
10 de chauffer le premier tube pendant les périodes de plus faible réception d'énergie solaire rayonnante par le récepteur solaire.

16. Système de production et de stockage de
15 vapeur à énergie solaire selon la revendication 15, dans lequel le milieu de transfert thermique est constitué d'eau et/ou de vapeur et, lorsqu'il est chauffé, de vapeur et/ou de vapeur réchauffée et/ou de vapeur surchauffée.

20 17. Système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire selon la revendication 15, dans lequel le matériau particulaire est constitué d'un matériau particulaire granulaire ayant une taille de
25 particule sélectionnée de façon à rendre maximal le stockage de chaleur, en minimisant une différence de température entre une région superficielle et une région interne moyenne des particules.

30 18. Système de production et de stockage de vapeur à énergie solaire selon la revendication 17, dans lequel la taille de particule est en outre sélectionnée sur la base de considérations
aérodynamiques visant à empêcher la perte de particules
35 du fait des vents au niveau du récepteur solaire et/ou de propriétés de transport thermique et de densité des particules et/ou de considérations économiques comprenant le coût et la disponibilité du matériau.

19. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 15,
dans lequel la vanne de commande de matériau
particulaire remplit la première chambre du courant
5 chauffé de matériau particulaire pendant les périodes
de plus forte réception d'énergie solaire rayonnante.

20. Système de production et de stockage de
vapeur à énergie solaire selon la revendication 15,
10 dans lequel la vanne de commande de matériau
particulaire commande l'écoulement du matériau
particulaire de la première chambre vers la seconde
chambre afin de commander une quantité et/ou une
température et/ou une pression et/ou une intensité de
15 la vapeur produite, régénérée et réchauffée à
l'intérieur du premier tube.

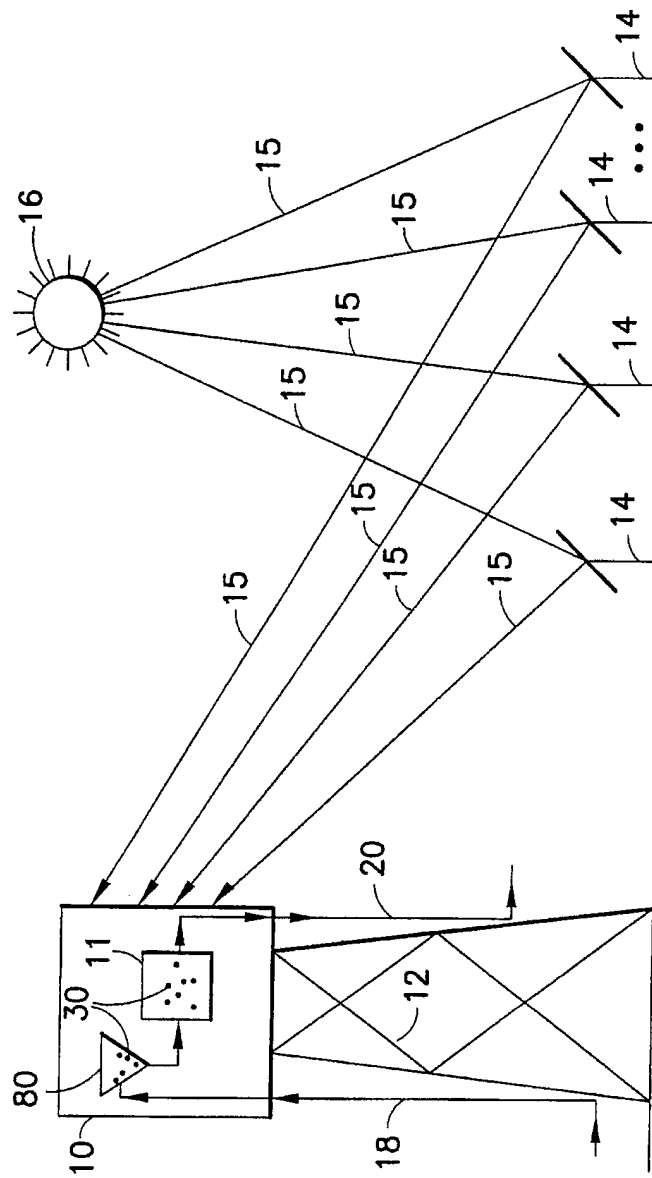


FIG.1

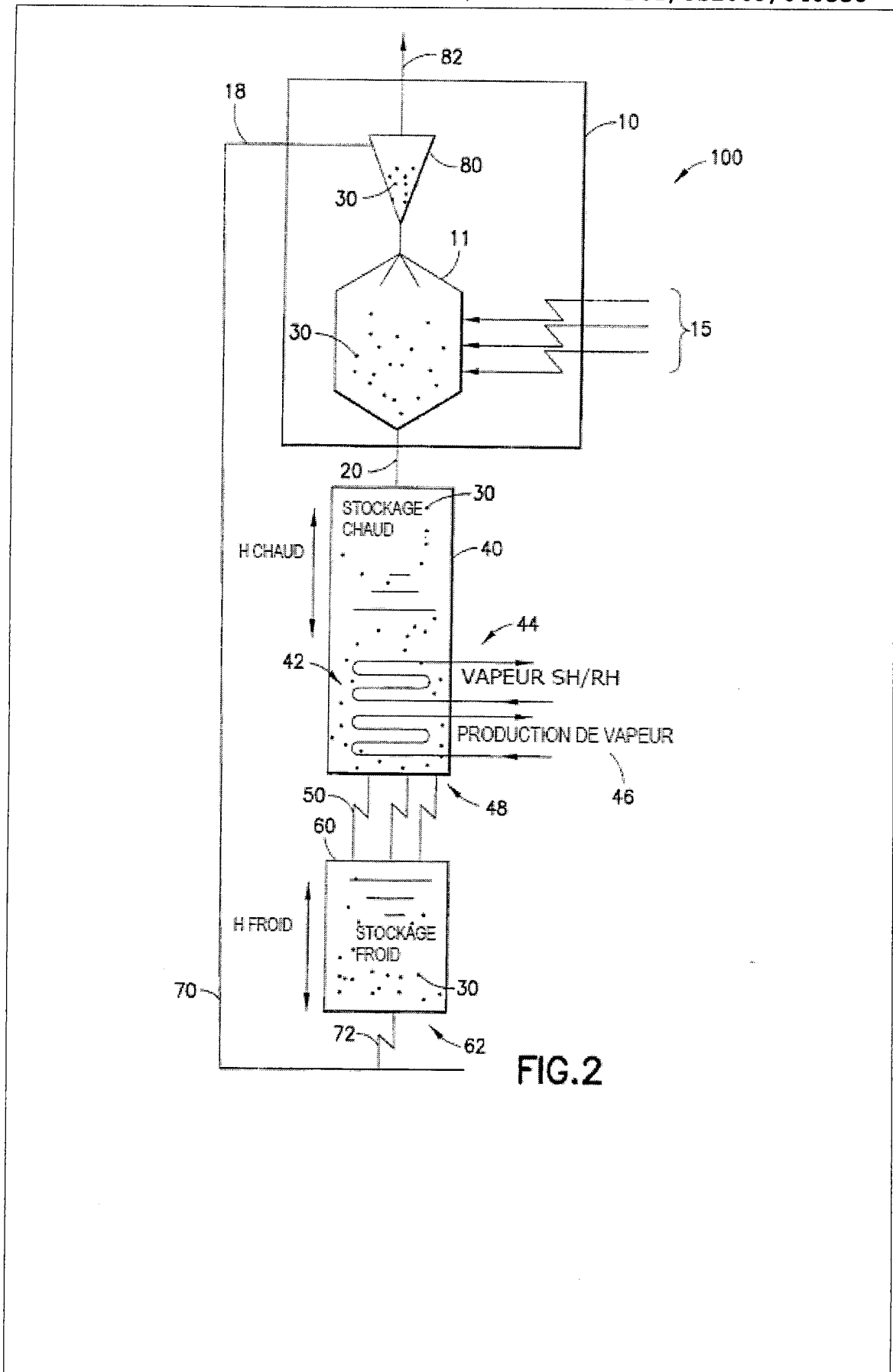


FIG.2

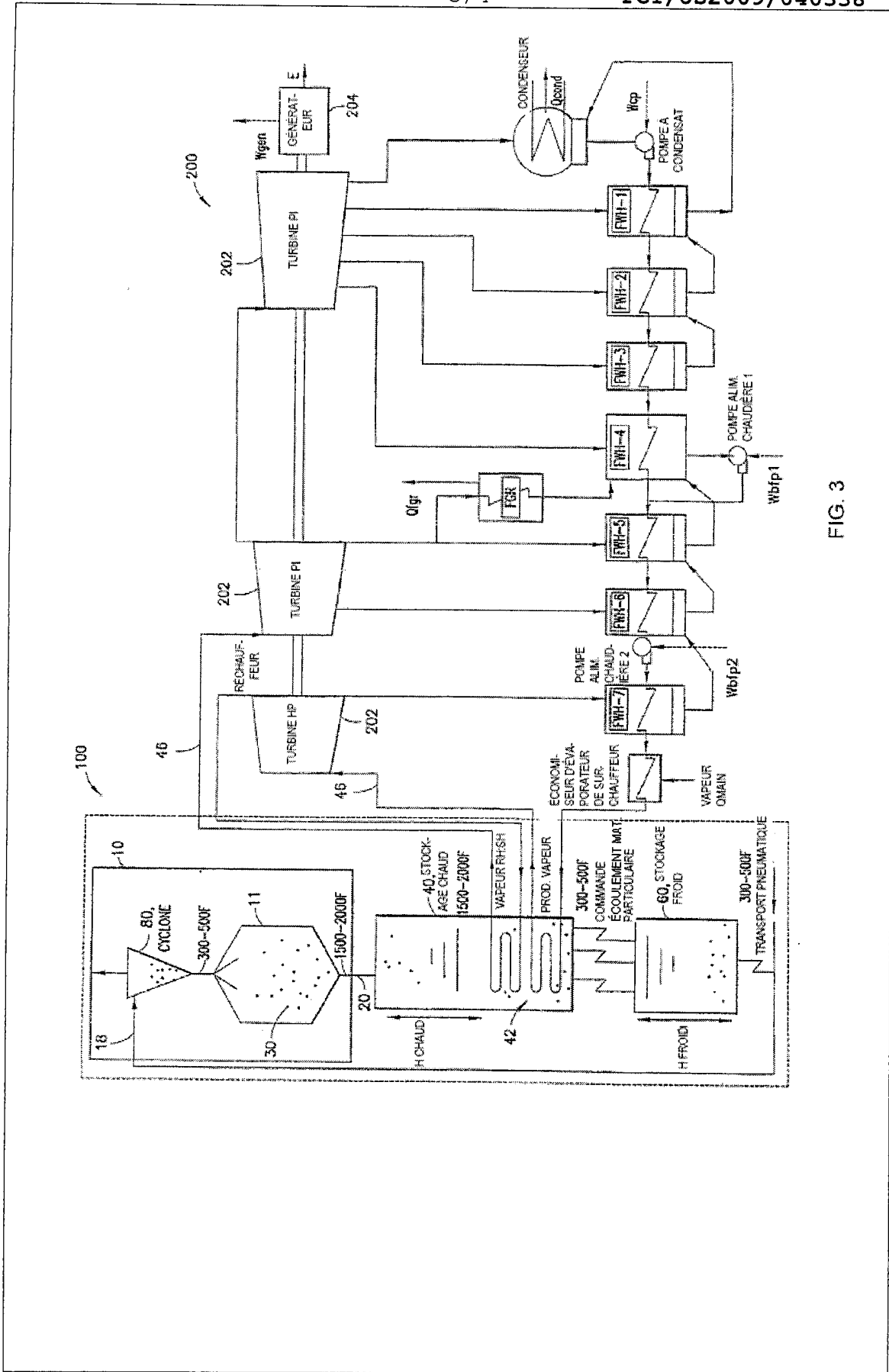


FIG. 3

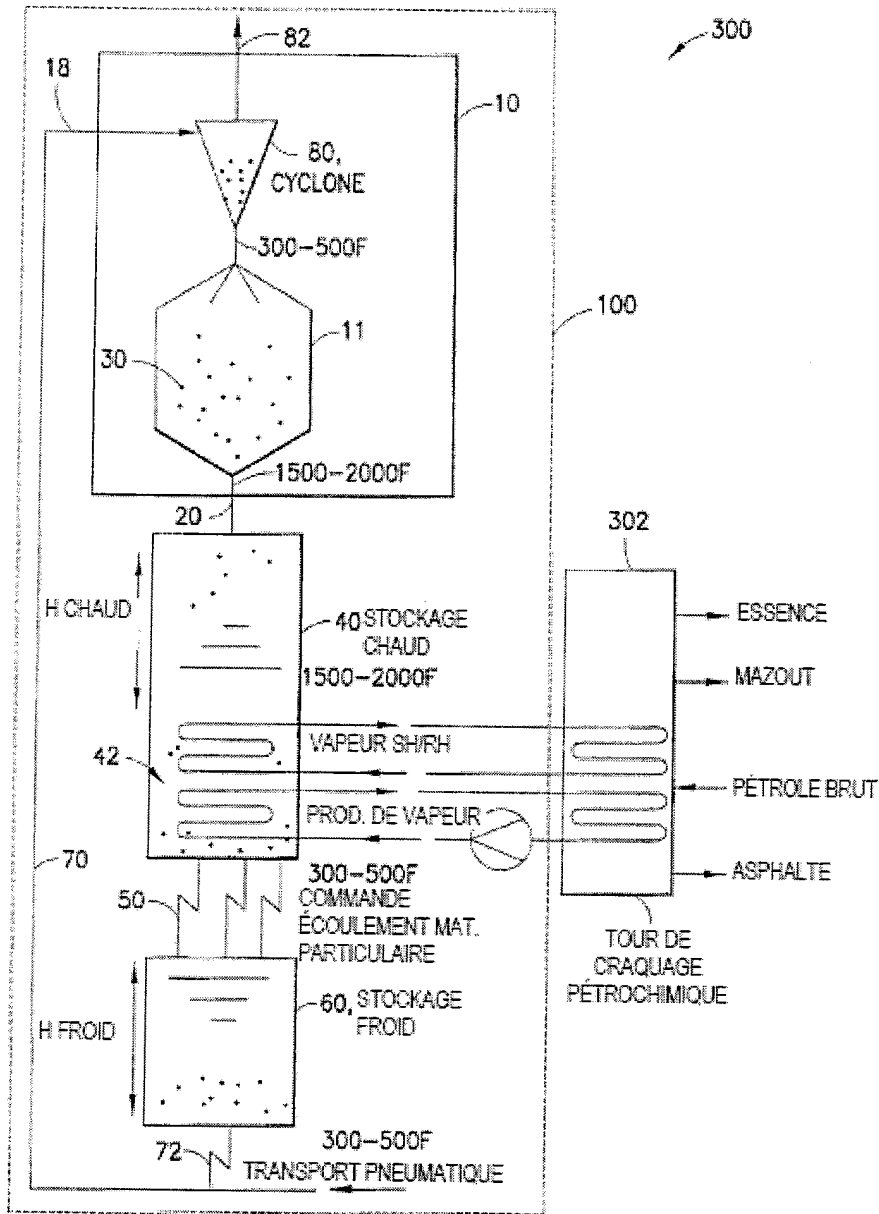


FIG. 4