



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
26.01.2000 Bulletin 2000/04

(51) Int Cl.7: **F28C 3/08, F28B 9/06**

(21) Numéro de dépôt: **99401868.7**

(22) Date de dépôt: **23.07.1999**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeur: **Roux, Roger**
58000 Nevers (FR)

(74) Mandataire: **Thibon-Littaye, Annick et al**
Cabinet THIBON-LITTAYE
11 rue de l'Etang,
BP 19
78164 Marly-le-Roi Cédex (FR)

(30) Priorité: **23.07.1998 FR 9809404**

(71) Demandeur: **Roux, Roger**
58640 Varennes Vauzelles (FR)

(54) **Procédé d'échange thermique avec récupération d'énergie à partir d'un fluide vaporisable et installation mettant en oeuvre ce procédé**

(57) L'invention concerne un procédé d'échange thermique avec récupération d'énergie, s'appliquant à un fluide vaporisable utilisé dans une unité industrielle (*Ch, U*). Le fluide (21) est introduit dans une première enceinte (20) où une fraction (23') de celui-ci est vaporisée sous vide (22). La partie non vaporisée et refroidie (23) est évacuée de la première enceinte (20) par une conduite (26) pour réutilisation, avec appoint de fluide utilitaire (27) pour compenser la fraction vaporisée (23').

La fraction de fluide vaporisée (23') est transférée vers une deuxième enceinte (30), par l'intermédiaire d'un cylindre (40) et d'un piston à double effet (41), et se retrouve comprimée en phase gazeuse (23'') dans cette deuxième enceinte (30). Le fluide comprimé (23'') est évacué ou récupéré par une conduite (33). Dans une variante, on met en oeuvre un ou plusieurs étages supplémentaires pour obtenir un taux de compression plus élevé.

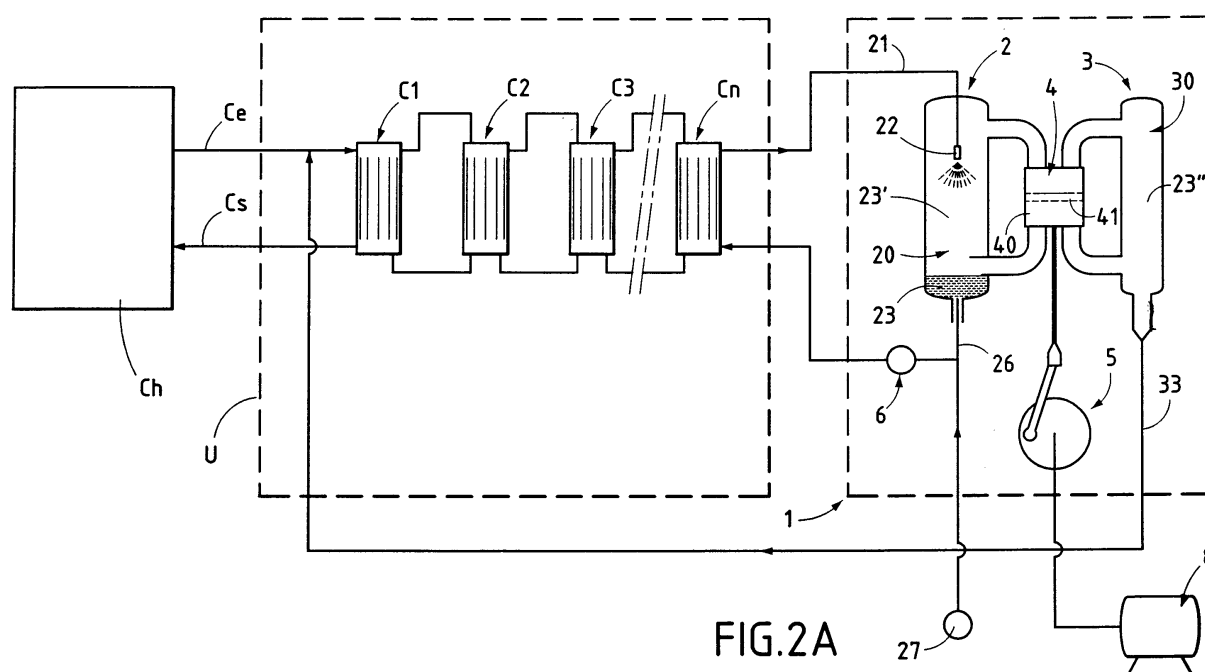


FIG.2A

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé d'échange d'énergie en récupération thermique mettant en oeuvre un fluide vaporisable et impliquant un refroidissement dudit fluide en phase liquide avec production du même fluide à l'état de vapeur sous pression. Elle concerne également une installation conçue pour la mise en oeuvre de ce procédé.

[0002] L'invention s'applique de manière particulièrement avantageuse au refroidissement d'un fluide utilitaire en sortie d'une unité industrielle où il a été utilisé, par exemple, pour assurer le refroidissement des machines et équipements, ou au contraire en tant que fluide de chauffage, éventuellement amené à l'état de vapeur dans une chaudière.

[0003] Le fluide vaporisable en question est donc couramment de l'eau, de sorte que dans la description détaillée qui sera donnée plus loin, on se placera pour l'essentiel dans le cas typique où le fluide vaporisable considéré est de l'eau, ou du moins un véhicule aqueux. Toutefois, on doit admettre que l'invention peut trouver application dans bien d'autres situations, de façon pratique à chaque fois que l'on veut refroidir un fluide, tel que de l'eau, du lait, des jus de fruits, des solutions chimiques, etc., se trouvant à l'état liquide à température chaude, ou du moins tiède, par rapport à une température de liquide froid que l'on désire atteindre pour le rejeter, ou, plus souvent, pour le recirculer à l'entrée de l'installation dans laquelle il s'est échauffé.

[0004] L'art antérieur à la présente invention se trouve illustré en particulier par les documents de brevet US 4 413 669 ou GB 967 548. Suivant ces documents, qui se placent spécifiquement dans le cadre du refroidissement d'eau de chaudière, on fait passer le fluide chaud à refroidir à travers une série d'enceintes constituant des évaporateurs en cascade, dans lesquels il se refroidit par paliers à des pressions progressivement décroissantes, avec vaporisation partielle. Les différents flux de vapeur en provenance des étages successifs sont soit extraits en parallèle et réunis pour être réutilisés, soit regroupés en cascade suivant un circuit passant d'une enceinte à l'autre, en sens inverse du fluide chaud.

[0005] Dans tous les cas, l'installation comporte un condenseur final, sur le circuit de la vapeur, qui est réalisé sous la forme d'un échangeur de chaleur à surface, c'est-à-dire que la vapeur chaude et l'eau liquide froide circulent de part et d'autre d'une paroi matérielle (en général métallique pour l'efficacité des échanges thermiques) à travers laquelle s'effectue le transfert thermique.

[0006] Dans ce genre d'installation, la présente invention vise essentiellement à améliorer les conditions thermodynamiques et le rendement de la récupération d'énergie thermique, à simplifier la construction des matériels nécessaires, à réduire les coûts, tant ceux liés à la conception et à l'installation qu'à ceux liés au fonctionnement et à l'entretien. Elle s'applique notamment

que l'on ait à récupérer pour recyclage le fluide condensé à l'état de liquide refroidi, ou le fluide en phase gazeuse, ou encore l'un et l'autre.

[0007] Elle a aussi le remarquable avantage de limiter la consommation d'un fluide de refroidissement nécessaire au fonctionnement d'une unité de production industrielle, par rapport à ce que l'on connaît de ce qu'il est convenu d'appeler des tours de refroidissement, dans lesquelles un courant d'air entraîne de la vapeur d'eau qui est rejetée à l'atmosphère. Pour l'essentiel, l'invention conduit alors à rejeter à l'atmosphère une vapeur comprimée, se trouvant donc à une température supérieure à la température de 100 °C prévalant à la pression atmosphérique ambiante.

[0008] Pour ce faire, l'invention prévoit de procéder sans le moindre échangeur à surface, pour au moins un dernier étage d'une installation de récupération d'énergie thermique à partir d'un fluide vaporisable, en provoquant une vaporisation partielle du liquide à refroidir dans une enceinte sous vide d'où la vapeur est comprimée vers une enceinte sous pression, et en assurant une récupération d'énergie par couplage mécanique entre deux circuits reliant les deux enceintes qui opèrent à tour de rôle répétitivement un transfert de masse du fluide en phase vapeur de l'enceinte sous vide à l'enceinte sous pression.

[0009] De manière avantageuse, le couplage mécanique est réalisé au moyen d'un piston en déplacement alternatif en limitation de deux chambres complémentaires, dans lesquelles un jeu de valves approprié commande un double transfert de masse, de manière alternative et répétitive, en admettant la vapeur hors de la première enceinte et en la refoulant au retour du piston dans la seconde enceinte.

[0010] Un dispositif suivant l'invention, permettant la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention comprend donc deux enceintes où règnent des pressions différentes. On admet dans la première le fluide à refroidir, en phase liquide et chaud. Une fraction de celui-ci est vaporisée, ce qui provoque un refroidissement. De la vapeur est extraite de cette première enceinte et transférée dans la seconde enceinte où elle est recueillie comprimée. L'organe de couplage mécanique assurant le transfert est essentiellement constitué par un cylindre à piston à double effet. Le piston y sépare deux chambres complémentaires qui communiquant l'une et l'autre avec les deux enceintes. Des valves d'admission et de refoulement établissent un transfert unidirectionnel de la première à la seconde enceinte au cours du déplacement alternatif du piston.

[0011] De la sorte, les mêmes mouvements du piston contribuent à l'obtention de la dépression dans la première enceinte et assurent la compression de la vapeur dans la seconde enceinte. Egalement, selon une caractéristique importante du procédé de l'invention, l'énergie thermique est extraite du liquide chaud par transfert de masse du fluide en phase gazeuse, qui passe de la première enceinte à la seconde enceinte, dans laquelle ce

fluide, toujours en phase gazeuse, est sous pression. Le liquide refroidi extrait de la première enceinte. Il peut être recyclé. On peut aussi utiliser la vapeur comprimée disponible en sortie de la seconde enceinte.

[0012] L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

- les figures 1A et 1B illustrent schématiquement le fonctionnement d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, dans deux états de fonctionnement ;
- la figure 2A illustre schématiquement l'application d'un dispositif selon l'invention à une installation industrielle nécessitant le refroidissement d'une masse d'eau importante ;
- la figure 2B illustre schématiquement un condenseur utilisé dans une installation industrielle du type de celle décrite sur la figure 2A ;
- les figures 3A et 3B illustrent un exemple de réalisation pratique d'un dispositif selon l'invention, comprenant plusieurs étages ;
- et la figure 4 illustre un dispositif de ce type, selon mode de réalisation supplémentaire permettant d'obtenir un fluide en phase gazeuse sous pression élevée.

[0013] Le procédé selon l'invention va maintenant être décrit par référence aux figures 1A et 1B. Ces figures illustrent de façon schématique un exemple de réalisation d'un dispositif assurant la mise en oeuvre de ce procédé.

[0014] Le dispositif 1 comprend essentiellement trois parties : deux cuves 2 et 3, délimitant respectivement une première enceinte dite sous vide 20 et une seconde enceinte dite sous pression 30, du fait qu'en fonctionnement, on maintient l'enceinte 20 sous vide relativement à la seconde enceinte 30, et un organe de transfert de fluide 4 permettant de faire communiquer les deux enceintes 20 et 30 selon des modalités qui vont être explicitées ci-après.

[0015] En pratique, on comprendra que par là, on réalise un couplage mécanique entre deux circuits qui font passer le fluide en phase vapeur de l'enceinte de production de vapeur à la seconde enceinte de compression de cette vapeur, lesdits transferts ayant lieu de manière répétitive à tour de rôle tels qu'ils sont commandés par le mouvement de translation en va-et-vient d'un piston à double effet dans un cylindre dans lequel il délimite deux chambres complémentaires appartenant respectivement à chacun des deux circuits.

[0016] Dans l'enceinte 20 de la cuve 2, on admet en tête, par une canalisation 21, un fluide chaud à l'état liquide, que pour fixer les idées, on supposera être de l'eau chaude, ou pour le moins tiède, provenant d'une installation en aval non représentée. Une pompe 210 assure la circulation du liquide dans la conduite d'ali-

mentation 21. Celle-ci débouche, à l'intérieur de l'enceinte 20 par une buse de pulvérisation 22 ou rampe similaire. L'eau se vaporise partiellement dans l'atmosphère en dépression. L'eau non vaporisée 23 se réunit dans le fond de l'enceinte 20, cependant qu'une partie de la masse d'eau injectée dans se retrouve sous forme de vapeur d'eau 23'.

[0017] La fraction d'eau 23 non vaporisée 23 peut être récupérée, refroidie du fait de la détente subie, dans le fond de l'enceinte 20. Elle en est extraite soit pour la réutiliser dans l'installation aval où elle se réchauffe et la ré-injecter par le circuit d'entrée 21, soit pour la rejeter, mais à basse température. La conduite d'évacuation 26 est symbolisée par un simple trait plein sur les figures. On dispose sur cette conduite 26 un système d'extraction 6, illustré par une pompe 60 et un clapet anti-retour 61.

[0018] Comme il a été indiqué, l'enceinte 30 de la deuxième cuve 3 communique avec l'enceinte 20 de la première cuve 2, par l'intermédiaire de moyens de couplage mécanique illustrés par un cylindre 40 dans lequel un piston à double effet 41 se meut en translation alternativement dans un sens et dans l'autre, complété par un jeu de conduites autorisant un double transfert de masse de la première enceinte 20 vers la deuxième enceinte 30.

[0019] Le piston 41 divise, à tout moment de sa course, l'enceinte interne du cylindre 40 en deux chambres complémentaires, respectivement une chambre haute 400 et une chambre basse 401. La chambre haute 400 communique avec la partie haute de la première enceinte 20, par une première conduite 24 et une valve d'admission 42, disposée en entrée de la chambre haute 400, et avec la partie haute de l'enceinte 30, par une deuxième conduite 31 et une valve d'échappement 43 en sortie de la chambre haute 400. De même, la chambre basse 401 communique avec la partie basse de la première enceinte 20, par une troisième conduite 25 et une valve d'admission 44, disposée en entrée de la chambre basse 401, et avec la partie basse de l'enceinte 30, par une quatrième conduite 32 et une valve d'échappement 45 en sortie de la chambre basse 401. Le jeu de valves d'admission et d'échappement impose un transfert de fluide unidirectionnel, de la première enceinte 20 vers la seconde enceinte 30, respectivement par l'intermédiaire de chacune des chambres du cylindre 40.

[0020] Le piston 41 est entraîné par une machinerie 5, comprenant un moteur (non représenté) entraînant à son tour un volant 50. Le volant 50 est couplé mécaniquement au piston 41 par un ensemble classique à bielle 52 et manivelle 51, reliées par un axe 510, de manière à ce que le piston 41 exécute un déplacement répétitif de translations alternatives en sens aller et en sens retour à l'intérieur du cylindre 40.

[0021] Sur la figure 1A, on a représenté une phase du cycle au cours de laquelle le piston 41 est tiré vers le bas. Les valves 42 et 45 sont ouvertes et les valves 43

et 44 fermées. Dans cet état, la vapeur d'eau 23', produite sous pression réduite, est aspirée par le piston 41 de l'enceinte 20 vers la chambre haute 400, via la conduite 24 et la valve d'admission 42, ce qui contribue à créer une dépression dans l'enceinte 20. Dans le même temps, le contenu de la chambre basse 401 est refoulé vers l'enceinte 30 par le mouvement du piston vers le bas, via la valve d'échappement 45 et la conduite 32. Il s'agit, comme il le sera décrit ci-après, de vapeur d'eau aspirée au cycle précédent, qui se trouve ainsi expulsée comprimée vers l'enceinte sous pression. En effet, la valve d'admission 44 étant fermée, le mouvement du piston 41 s'accompagne d'une compression dans la chambre basse 401.

[0022] Sur la figure 1B, on a représenté une phase du cycle pour laquelle le piston 41 est poussé vers le haut, les valves 43 et 44 ouvertes et les valves 42 et 45 fermées. Il s'agit d'un état entièrement dual de celui décrit en regard de la figure 1B. Le processus et les effets obtenus sont tout à fait similaires à ceux qui viennent d'être décrits, à la seule exception près que la chambre haute 400 joue le rôle de la chambre basse 401, et inversement. Il s'ensuit que ce sont les conduites 25 et 31 qui deviennent actives en transfert de masse de la première à la seconde enceinte.

[0023] La conduite 25 débouche dans l'enceinte 20 à un niveau approprié pour ne pas aspirer le liquide en fond de cuve 23. De plus, la forme de son embouchure est prévue pour ne pas recevoir un flux direct de liquide, par aspersion. Il est possible, pour ce faire, de lui donner une forme de sifflet, dont la partie biseautée est orientée vers le bas, comme suggéré par les figures 1A et 1B, ou une forme similaire.

[0024] La vapeur d'eau 23' (ou de façon plus générale le fluide en phase gazeuse) extraite de l'enceinte 20 est transférée dans l'enceinte 30. Elle se retrouve dans cette enceinte, toujours sous forme gazeuse, mais à une pression plus élevée que la pression régnant dans l'enceinte 20. L'enceinte 30 s'ouvre sur une conduite de sortie de vapeur 33. Celle-ci débouche avantageusement en zone basse de cette enceinte, près du fond où sont collectés les condensats éventuels. Une purge 34 permet d'évacuer ces condensats.

[0025] Selon l'application spécifique, la vapeur d'eau 23", présente dans l'enceinte 30, peut être soit éjectée à pression atmosphérique, si la conduite de sortie 33 est ouverte, soit disponible sous pression pour une utilisation ultérieure (installation en amont non représentée).

[0026] On va maintenant décrire un exemple d'installation industrielle utilisant un dispositif selon l'invention pour le refroidissement d'eau, par référence aux figures 2A et 2B.

[0027] L'installation industrielle représentée sur la figure 2A comprend essentiellement trois parties : une chaufferie *Ch* produisant de la vapeur d'eau, une unité *U* dans laquelle cette vapeur est utilisée et un dispositif 1 selon l'invention, tel que celui des figures 1A et 1B.

On n'a représenté sur la figure 2A que les éléments nécessaires à la bonne compréhension de l'invention. Les éléments communs aux figures précédentes portent les mêmes références et ne seront redécrits qu'en tant que de besoin.

[0028] La vapeur est transmise de la chaufferie *Ch* à l'unité *U* par une ou plusieurs conduites d'alimentation *Ce* et les condensats sont retournés à la chaufferie *Ch* par une ou plusieurs conduites de recyclage *Cs*. L'unité *U* comprend un certain nombre de machines ou dispositifs utilisant la vapeur produite. Dans l'exemple décrit, la vapeur alimente une batterie de condenseurs C_1 à C_n , disposés en cascade, n étant un nombre arbitraire qui dépend de l'application spécifique. En exemple d'application, on peut citer les étages successifs de concentration de petit-lait en sous-produit d'une fromagerie.

[0029] La figure 2B illustre schématiquement la structure d'un tel condenseur, référencé 7. Il s'agit d'un échangeur à surface, de type à tubes. Il reçoit de la vapeur par une conduite d'arrivée 70 et les condensats sont retournés par une conduite 71. De l'eau froide est introduite dans le circuit tubulaire par une conduite d'arrivée 73, elle s'y réchauffe par échange thermique avec la vapeur présente dans le condenseur, et ressort par la conduite 72.

[0030] Dans l'exemple illustré par la figure 2A, les condenseurs C_1 à C_n sont tous similaires au condenseur 7. Pour fixer les idées, on va considérer que la température de la vapeur dans la conduite *Ce* (entrant dans le condenseur C_1) est à une température de 75 °C, et qu'elle entre dans le dernier condenseur, par exemple le quatrième si $n = 4$, à une température de 40 °C. Compte tenu que les échanges thermiques ne sont pas parfaits, l'eau quittant ce condenseur par la conduite 21 est typiquement à une température de l'ordre de 40 °C.

[0031] Elle doit être refroidie, qu'elle soit recyclée ou non (rejet en rivière par exemple). Dans une installation selon l'art connu, on utilise pour ce faire une tour de refroidissement, avec les inconvénients propres à ce type d'installation qui ont été précédemment rappelés. La tour de refroidissement, ou toute installation similaire, est avantageusement remplacée par un dispositif 1 conforme à l'invention, comme illustré sur la figure 2A.

[0032] Le fonctionnement de ce dispositif 1 est identique à ce qui a été décrit en regard des figures 1A et 1B, et il est inutile de le rappeler en détail. L'eau chaude, en sortie de la batterie de condenseurs, C_1 à C_n , est introduite dans l'enceinte 20 de la cuve 2, où elle est vaporisée en 22. La partie restant liquide 23, à basse température, est retournée vers la batterie de condenseurs par l'intermédiaire de la conduite 26, équipée du dispositif d'extraction sous vide 6 (figures 1A et 1B : pompe 60 et clapet anti-retour 61). Elle parcourt ces condenseurs en série en sens inverse de la vapeur d'alimentation.

[0033] La partie de l'eau pulvérisée (en 22) se transformant en vapeur d'eau 23' est transférée dans l'enceinte 30 de la seconde cuve 3, sous une pression plus

élevée que la pression régnant dans l'enceinte 20. Sa température s'élève également. La vapeur comprimée 23" peut alors être recyclée par la conduite 33 et ré-injectée en entrée de la batterie de condenseurs, C_1 à C_n , plutôt que d'être rejetée à l'atmosphère.

[0034] En compensation des pertes liées à la vaporisation, on prévoit un appoint en eau dans le circuit de re-circulation (conduite 26). Cet appoint d'eau est assuré par une conduite supplémentaire 27 branchée sur un réseau de distribution d'eau à basse température. Par ailleurs, on a fait figurer sur la figure un moteur 8, par exemple un moteur électrique, qui commande la machinerie 5 d'entraînement du piston 41.

[0035] Pour fixer les idées, et sans que cela limite en quoi que ce soit la portée de l'invention, on va donner maintenant un exemple numérique relatif à une installation de refroidissement d'eau typique.

[0036] On suppose que le débit d'eau entrant dans la cuve 2 via la conduite 21 est de 30 000 l/h et que sa température est de 40 °C. Par le processus de vaporisation par détente et compression de la vapeur produite, en coopération avec l'action de l'organe de transfert de fluide sous couplage mécanique 4, qui fait passer la vapeur de l'enceinte sous vide 20, fonctionnant en vaporisation partielle de l'eau et production de froid, à l'enceinte sous pression 30 fonctionnant en compression de vapeur, on peut obtenir un refroidissement du liquide entrant qui soit tel que la température du liquide 23, récupéré en fond de l'enceinte 20 et recyclé par la conduite 26, soit typiquement de l'ordre de 15 °C. Avec une tour de refroidissement atmosphérique, on ne descendrait pas en dessous de 20 à 25 °C.

[0037] La pression régnant dans l'enceinte 20 est très inférieure à la pression atmosphérique, soit 0,017 atm (soit 1,72 kPa) pour les conditions précitées. Dans ces mêmes conditions, compte tenu de la différence de température obtenue, la quantité de calories dégagées est $30.000 \times (40-15) = 750\,000$ kcal (soit 179 135 kJ). L'enthalpie de la vapeur d'eau à 15 °C étant égale à 588,8 kcal/kg, la quantité de vapeur produite par heure est égale à $(750\,000 / 588,8)$, soit 1 273 kg/h. Il est effectué un appoint équivalent en eau dans le circuit de retour (conduite 26).

[0038] La vapeur d'eau dans l'enceinte 30 est sous une pression proche de la pression atmosphérique, donc beaucoup plus importante que la pression régnant dans l'enceinte 20. En outre, la température de la vapeur d'eau 23" dans l'enceinte 30 s'élève et peut atteindre des valeurs typiquement comprises entre 75 et 100 °C. Cette vapeur 23" peut donc être recyclée par ré-injection en entrée de l'unité U (conduite C_e), via la conduite 33. On suppose, en effet, que la chaudière Ch produit de la vapeur à une température de 75 °C, sous une pression de 0,39 atm (soit 39,5 kPa). Après une période d'initialisation, c'est-à-dire lorsque le régime de "croisière" est atteint, aux pertes près compensées par une production de vapeur par la chaudière Ch , la vapeur récupérée peut être suffisante pour alimenter l'unité U .

[0039] Les cuves 2 et 3 sont réalisées suivant les techniques de chaudronnerie usuelles sous forme de viroles cylindriques fermées par des fonds et couvercles bombés. Le diamètre de chaque enceinte est de 480 mm et la hauteur 1,5 m. Le diamètre des conduites 24, 25, 31 et 32 est typiquement de 200 mm. Les cuves, 2 et 3, doivent être étanches et résister aux pressions de fonctionnement. Le diamètre de l'enceinte du piston 41, et donc de l'enceinte du cylindre 40, est de 630 mm, et la hauteur de cette enceinte est de 610 mm. Le piston 41 peut être animé à une vitesse de 2 tours par seconde par un moteur d'entraînement 8 capable de développer une puissance de l'ordre de 100 kW. On peut utiliser un moteur électrique standard de 115 kW.

[0040] Le dispositif 1, tel qu'il a été plus particulièrement décrit en regard des figures 1A et 1B, convient pour des installations de faible ou moyenne puissance. Le mot "puissance" est entendu ici en termes de débit d'eau à traiter par unité de temps, ou plus généralement de fluide utile circulant dans le circuit primaire.

[0041] Compte tenu que le volume spécifique de la vapeur d'eau sous faible pression est très important, il est nécessaire d'obtenir un débit de transfert de fluide par l'organe 4 (figures 1A et 1B) également important. Ceci peut naturellement être obtenu, du moins théoriquement, en augmentant les dimensions du dispositif 1, à savoir les capacités des cuves, les diamètres des conduites, les volumes des cylindres, etc.

[0042] Cependant, cette solution devient vite impraticable, en particulier en ce qui concerne les organes de transfert, et plus particulièrement les pièces en mouvement que sont les valves et les pistons. Aussi, dans le mode de réalisation préféré, un débit nominal important peut être obtenu en prévoyant une succession d'organes de transfert (cylindres et pistons), disposés en parallèle. Un exemple pratique d'un tel mode de réalisation est illustré par les figures 3A et 3B, en vue de côté et de face, respectivement.

[0043] Pour fixer les idées, on a supposé que le dispositif, référencé désormais 1', comprenait deux rangées de quatre organes de transfert. Les cylindres de chaque rangée sont repérés a à d , et les deux rangées sont repérées arbitrairement, d et g , pour "droite" et "gauche". Les mêmes conventions ont été adoptées pour les autres éléments du dispositif 1' qui sont relatifs à l'un ou à l'autre des huit organes de transfert. En outre, Les éléments communs aux figures précédentes portent les mêmes références et ils ne seront à nouveau décrits qu'en tant que de besoin.

[0044] Dans l'exemple décrit, on a supposé que l'eau chaude, en provenance de l'unité industrielle (figure 2A : U), était stockée dans l'enceinte 90 d'une cuve intermédiaire 9 et injectée dans le dispositif proprement dit par un système comprenant une pompe 210 et un clapet anti-retour 211, et la conduite 21.

[0045] Selon une première caractéristique de ce mode de réalisation, la première cuve est divisée en deux : cuves 2a et 2b, délimitant les enceintes 20a et 20b. De

façon plus précise, dans la configuration illustrée, la cuve 2a est disposée verticalement et elle joue le rôle de la cuve 2 du dispositif décrit précédemment. La conduite 21 pénètre dans l'enceinte et elle comporte une buse de pulvérisation 22, comme précédemment également.

[0046] Une partie de l'eau chaude injectée se transforme en phase vapeur, 23', tandis que le reste de l'eau, 23, qui est refroidi, remplit le fond de l'enceinte 20a de la cuve 2a, pour être rejeté ou recyclé par le circuit habituel : conduite 26, pompe 60 et clapet anti-retour 61. Selon les applications, on prévoit ou non un appoint d'eau froide par la conduite 27.

[0047] La cuve 2b se présente sous la forme d'un cylindre horizontal débouchant dans l'enceinte 20a. L'enceinte 20b de la cuve 2b peut avoir le même diamètre que celui de l'enceinte 20a de la cuve 2a. De la même manière, la cuve 3 est disposée avantageusement horizontalement, parallèlement à la cuve 2b. En réalité, la cuve 2b constitue une extension de la cuve 2a, ce qui permet un couplage plus aisé des cuves "primaire" et "secondaire", compte tenu de la structure particulière des organes de transfert de fluide.

[0048] En effet, de part et d'autre de ces deux cuves parallèles, 2b et 3, on dispose deux rangées d'organes de transfert, avec leurs tuyauteries associées. Ainsi, sur la figure 3A, qui montre la partie "droite" du dispositif 1', on a fait figurer quatre éléments de transfert, référencés 4ad à 4dd. La figure 3B, en vue de face, montre les deux organes de transfert extrêmes, appartenant aux rangées droite et gauche, c'est-à-dire les organes 4dd et 4dg.

[0049] Chacun de ces organes de transfert, 4ad à 4dg, est tout-à-fait similaire à l'organe de transfert unique des figures 1A et 2A. Seule la configuration des conduites d'alimentation et d'extraction est adaptée à la disposition particulière dans l'espace des cuves 2b et 3, d'une part, et à la localisation des organes de transfert, 4ad à 4dg, par rapport à ces cuves, d'autre part. La figure 3B illustre les conduites associées aux organes de transferts 4dd et 4dg, à savoir les conduites 24dd et 25dd faisant communiquer l'enceinte 20b avec le cylindre de l'organe de transfert 4dd, les conduites 31dd et 32dd faisant communiquer l'enceinte 30 avec le cylindre de ce même organe de transfert 4dd, les conduites 24dg et 25dg faisant communiquer l'enceinte 20b avec le cylindre de l'organe de transfert 4dg, et les conduites 31dg et 32dg faisant communiquer l'enceinte 30 avec le cylindre de ce même organe de transfert 4dg.

[0050] On retrouve une organisation identique pour les autres étages (par exemple figure 3A : 4ad à 4cd).

[0051] Comme précédemment, ces organes de transfert, 4ad à 4dg, comprennent un cylindre et un piston double effet, ainsi que deux paires de valves d'admission et d'échappement, une paire pour la chambre supérieure et l'autre pour la chambre inférieure. Pour ne pas surcharger le dessin, ces éléments n'ont pas été référencés individuellement.

[0052] Les pistons sont entraînés par une machinerie

à quatre étages (en réalité deux fois quatre étages), 5ad à 5dg, comprenant des systèmes "bielles-manivelles" (non référencés explicitement) et des volants, 53ad à 53dg. Un moteur unique 8 entraîne l'ensemble, par exemple et de façon classique en soi, par le biais de courroies, alternativement disposées à droite et à gauche du dispositif 1" : courroies de droite 55 et 57, et de gauche 56 et 58. Les volants, 53ad à 53dg, sont disposés par paires sur des arbres communs, 500a à 500d. Ces arbres tournent dans des paires de paliers, droits et gauches, 53ad à 53dg. Les paliers, 53ad à 53dg, et le moteur 8 sont fixés à un support inférieur *Sup* du dispositif 1", qui peut lui-même être fixé au sol par tout moyen approprié (non représenté).

[0053] Pour obtenir un fonctionnement équilibré du dispositif 1", notamment pour éviter les vibrations et les à-coups, il est avantageux de décaler temporellement les positions des pistons dans les cylindres, par paires, d'une part, et par étages d'une même rangée, d'autre part, comme le suggère les figures 3A et 3B.

[0054] Le fonctionnement global du dispositif 1", selon le mode de réalisation qui vient d'être décrit, est tout à fait similaire à celui du dispositif 1, tel qu'il a été explicité en regard des figures 1A à 1B, et il est inutile de le redécrire en détail. L'avantage essentiel de la configuration du dispositif 1", du fait de la mise en parallèle de plusieurs organes de transfert, est de pouvoir traiter un débit de fluide utile plus important, sans être pour autant obligé d'augmenter considérablement les dimensions des éléments constitutifs, du moins celles des organes de transferts, 4ad à 4dg, de la tuyauterie, et des pièces de la machinerie, 5ad à 5dg, actionnant les pistons.

[0055] Pour certaines applications, il est nécessaire de disposer de vapeur sous haute pression. Tout en conservant l'architecture de base du dispositif des figures 2A et 2B, il est possible d'obtenir un tel résultat.

[0056] Pour ce faire, selon un mode de réalisation supplémentaire, on partitionne le dispositif en deux étages en cascade, et plus particulièrement la cuve "secondaire" recevant la vapeur sous pression.

[0057] La figure 4 illustre, en vue de côté, un tel mode de réalisation. Les éléments communs aux figures précédentes portent les mêmes références et ne seront redécrits qu'en tant que de besoin.

[0058] Le dispositif, désormais référencé 1", comprend deux parties, ou étages de compression en cascade : e_I et e_{II} . L'étage e_I comprend tous les éléments du dispositif 1", à l'exception du fait que, dans l'exemple illustré sur la figure 4, on n'a prévu que trois étages d'organes de transfert par rangée, par exemple les organes 4ad à 4cd, pour la partie droite. A cette exception près, le fonctionnement de cet étage e_I est strictement identique à celui du dispositif 1' des figures 2A et 2B.

[0059] Selon une autre caractéristique de ce mode de réalisation, la cuve du circuit "secondaire" est également divisée en deux cuves, référencées 3a et 3b.

[0060] L'eau vaporisée 23' est transférée dans l'en-

ceinte 20b de la cuve 2b vers l'enceinte 30a de cette cuve 3a, sous une pression plus élevée que celle régnant dans l'enceinte 20a.

[0061] Selon une autre caractéristique encore de ce mode de réalisation, le dernier étage d'organes de transfert, c'est-à-dire la paire d'organes droit et gauche, dont seul l'organe droit 4'd est visible sur la figure 4, a un rôle particulier. Il met en communication l'enceinte 30a de la cuve 3a avec l'enceinte 30b de la cuve 3b. Le transfert de la vapeur 23'a s'effectue de nouveau avec une augmentation du taux de compression (vapeur 23'b). Aussi, les chambres haute et basse (non représentées) des cylindres de la paire d'organes de transfert du dernier étage e_{ij} , communiquent avec l'enceinte 30a par l'intermédiaire de deux conduites, 24'd et 25'd, respectivement. De même, ces chambres haute et basse communiquent avec l'enceinte 30b par l'intermédiaire de deux conduites, 31'd et 32'd, respectivement.

[0062] La machinerie d'entraînement est strictement identique à celle décrite en regard des figures 3A et 3B.

[0063] Il est encore possible de généraliser le fonctionnement du dispositif 1", en lui adjoignant un ou plusieurs étages de surcompression supplémentaires, c'est-à-dire en prévoyant trois cuves "secondaires", ou plus, et non deux comme illustré par la figure 4. On dispose entre chaque cuve un organe de transfert ou une paire d'organes de transfert. A chaque étage, la pression de la vapeur obtenue augmente, ainsi d'ailleurs que sa température.

[0064] Compte tenu que la vapeur, même après un seul transfert, est sous une pression beaucoup plus élevée que celle régnant dans les enceintes du circuit "primaire", par exemple dans l'enceinte 23b, il est généralement inutile de prévoir plusieurs étages d'organes de transfert, car le volume spécifique de la vapeur a fortement diminué. Selon le débit de vapeur à obtenir, un organe de transfert unique peut d'ailleurs s'avérer suffisant, au lieu d'une paire.

[0065] A la lecture de ce qui précède, on constate aisément que l'invention atteint bien les buts qu'elle s'est fixés.

[0066] Il doit être clair cependant que l'invention n'est pas limitée aux seuls exemples de réalisations explicitement décrits, notamment en relation avec les figures 1A à 4. En particulier, les valeurs numériques n'ont été précisées que pour fixer les idées. Elles dépendent essentiellement de l'application précise visée. De même, lorsqu'il en existe plusieurs, le nombre d'organes de transfert n'est pas limité à deux paires de quatre organes en parallèle. Ce nombre dépend essentiellement de la quantité instantanée de fluide à traiter. Bien que la configuration par paires soit avantageuse, on peut également adopter une autre configuration, par exemple en ligne.

[0067] Il doit être clair aussi que, bien que particulièrement adaptée à des applications de refroidissement et de recyclage d'eau chaude ou tiède, provenant d'installations industrielles (centrale nucléaire, etc.), on ne

saurait cantonner l'invention à ce seul type d'applications. L'invention trouve application à chaque fois qu'il s'agit de refroidir un fluide sous forme liquide et de récupérer les calories emmagasinées, avec recyclage ou non de ce fluide, et utilisation éventuelle de la vapeur générée conformément au procédé, sous une forme plus ou moins comprimée, selon le type de dispositif mis en oeuvre. A titre d'exemples non exhaustifs, on peut citer le refroidissement du lait, des jus de fruits divers, des solutions chimiques, refroidissement d'eau provenant d'une source chaude en vue de produire de la vapeur, etc.

[0068] Enfin, bien que particulièrement adaptée pour des installations de grandes puissances, le procédé de l'invention est tout à fait compatible avec des installations de moyennes ou petites puissances, voire avec des installations et/ou des appareils domestiques.

20 Revendications

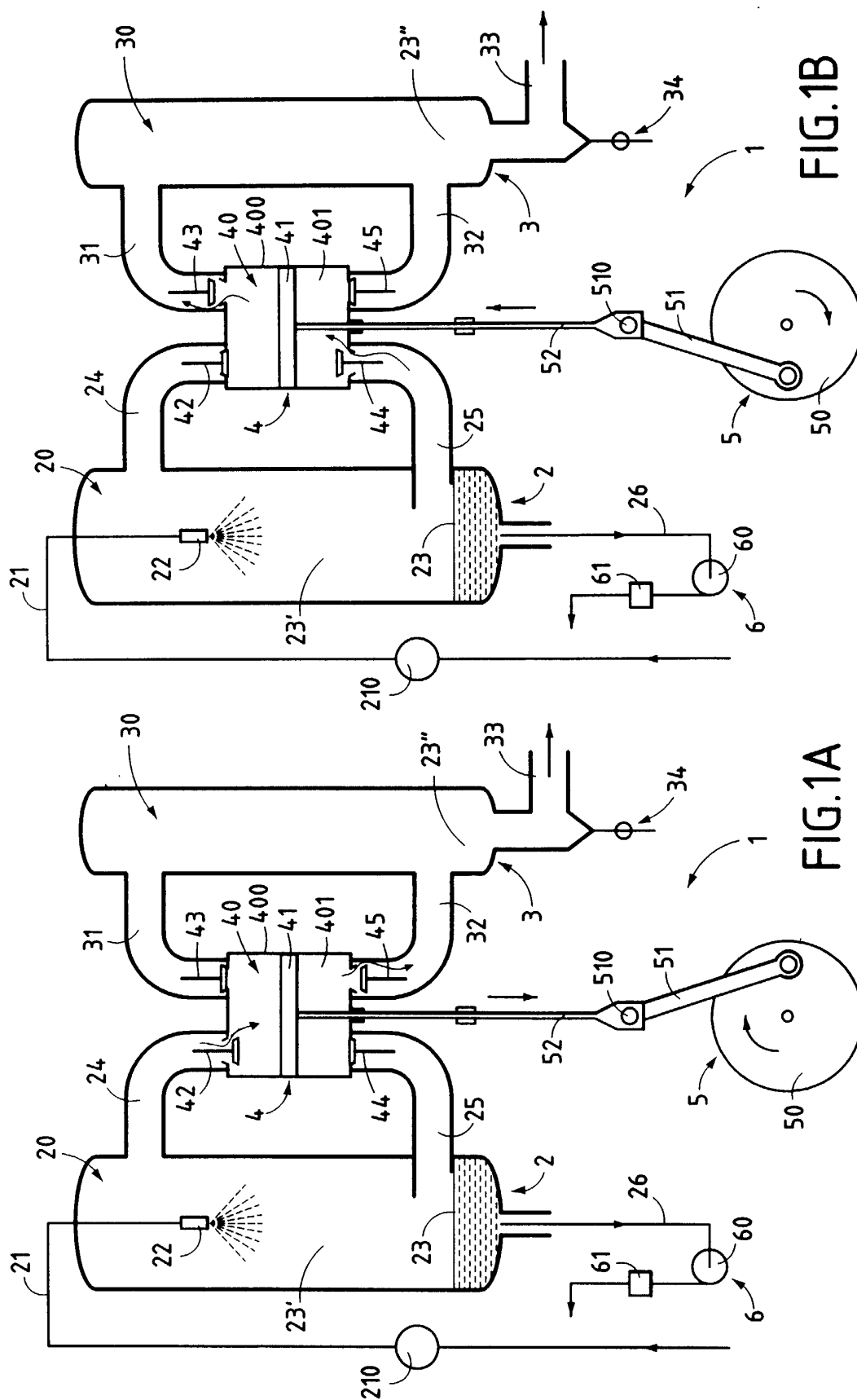
1. Procédé de récupération d'énergie thermique à partir d'un fluide vaporisable suivant lequel, dans au moins un étage de mise en oeuvre :

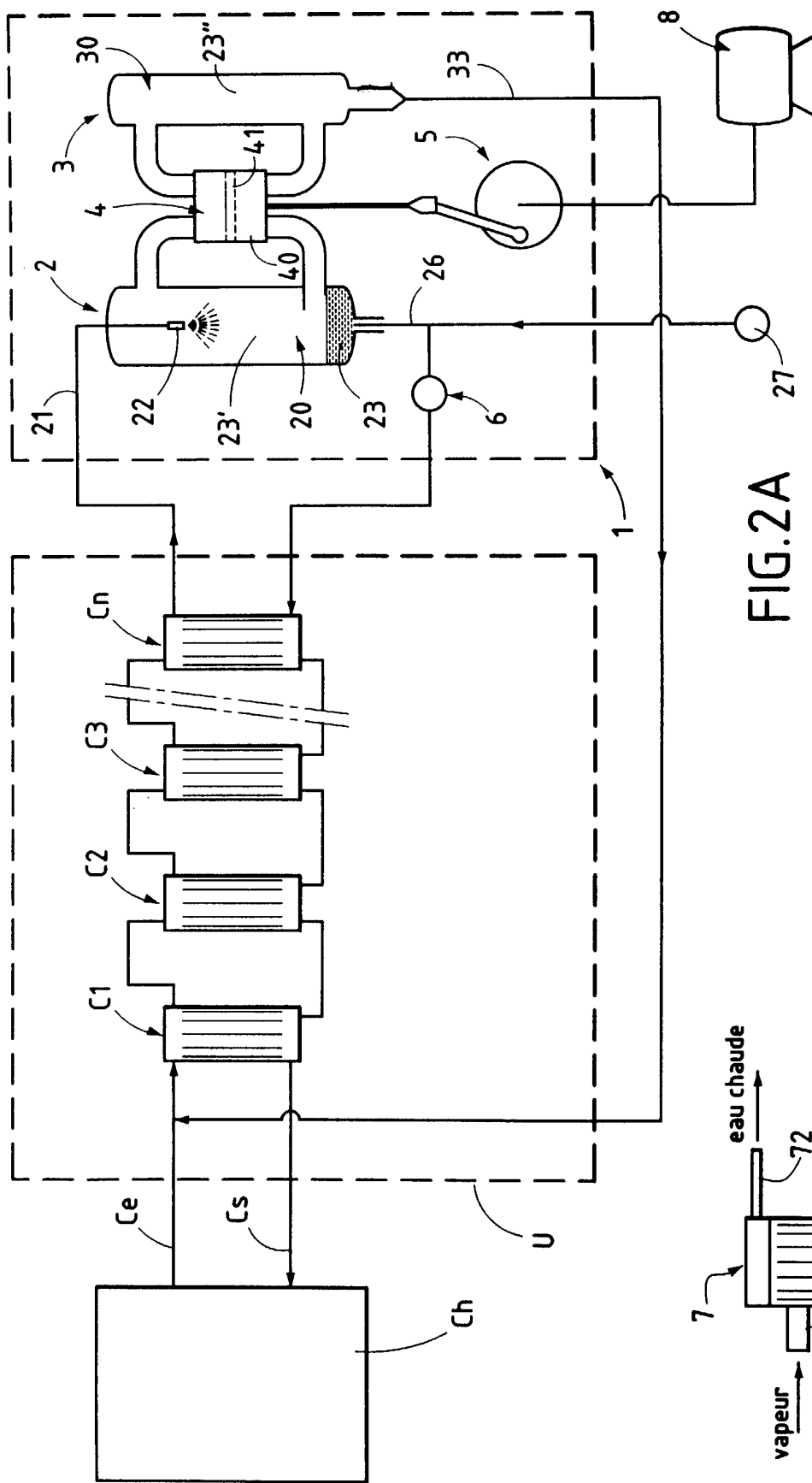
- on admet ledit fluide à l'état de liquide chaud dans une première enceinte (20) sous pression réduite où il se vaporise partiellement en provoquant le refroidissement de la fraction de fluide non vaporisée (23) que l'on récupère en phase liquide ;
- et on admet de la vapeur produite dans ladite première enceinte en la comprimant dans une seconde enceinte (30) sous pression d'où elle est extraite en phase gazeuse chaude ;
- en assurant le transfert de la vapeur de la première enceinte à la seconde enceinte, par deux circuits sous couplage mécanique qui sont opératifs répétitivement en alternance pour aspirer la vapeur hors de la première enceinte et la refouler dans ladite deuxième enceinte (30) .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits circuits de transfert de vapeur passent respectivement par deux chambres complémentaires séparées par un piston entraîné en déplacement de translation alternatif.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit fluide vaporisable est un fluide utilitaire provenant d'une unité industrielle (U) dans laquelle il a subi un réchauffement et en ce que ledit fluide refroidi en phase liquide (23) est renvoyé, par un circuit de recyclage de fluide froid (26, 6), dans ladite unité industrielle (U), et réintroduit dans ladite première enceinte (20) après réchauffement

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend une étape supplémentaire consistant à amener une quantité supplémentaire dudit fluide utilitaire vaporisable dans ledit circuit de fluide froid, de masse égale à ladite fraction de fluide vaporisée transférée de ladite première enceinte dans ladite deuxième enceinte, de manière à compenser cette quantité de fluide transférée. 5
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que ladite unité industrielle (U) comprenant un générateur (Ch) de fluide en phase gazeuse, sous pression et température déterminées, et des moyens (C_1 - C_n) d'échange thermique entre cette vapeur et un circuit (21-26) dans lequel circule ledit fluide utilitaire à refroidir, ledit fluide comprimé en phase gazeuse (23") présent dans ladite deuxième enceinte (30) est renvoyé (33) vers l'unité industrielle (U) et lesdits moyens d'échange (C_1 - C_n). 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une étape supplémentaire consistant à transférer ledit fluide comprimé en phase gazeuse (23") de ladite seconde enceinte (30a) vers une enceinte supplémentaire (30b), par l'intermédiaire de moyens de couplage mécanique supplémentaires (4'd) aspirant le fluide comprimé en phase gazeuse (23"a) hors de la deuxième enceinte (30a) et le refoulant, avec un taux de compression supplémentaire, dans ladite enceinte supplémentaire (30b). 15
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit fluide utilitaire vaporisable est de l'eau. 20
8. Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins : 25
- une première enceinte (20) munie, dans une zone supérieure, d'une conduite (21) d'alimentation en fluide à refroidir, de moyens de vaporisation (22) du fluide admis et, dans une zone inférieure, une conduite d'extraction (26) dudit fluide refroidi en phase liquide (23) ; 30
 - une deuxième enceinte (30), munie d'une conduite d'évacuation (33) dudit fluide comprimé en phase gazeuse (23") ; 35
 - et des moyens de transfert (4) de la vapeur produite (23') sous compression dans la deuxième enceinte, alternativement et de manière répétitive en passant par deux chambres complémentaires (400, 401) de part et d'autre d'un même piston (41) en déplacement alternatif, lesdites chambres étant équipées de valves d'aspiration en communication avec la première enceinte (20) et de valves de refoulement en communication avec la deuxième enceinte (30). 40
9. Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que ladite première enceinte est double et constituée d'une enceinte verticale (20a), munie desdites conduites d'amenée (21) dudit fluide utilitaire à refroidir et d'évacuation (26) dudit fluide refroidi en phase liquide (23), et d'une enceinte horizontale (20b), débouchant en une de ses extrémités dans ladite enceinte verticale (20a), en ce que ladite deuxième enceinte (30) contenant ledit fluide comprimé en phase gazeuse (23") est également horizontale, et en ce qu'il est prévu une pluralité de moyens de transfert (4ad-4dg) couplant lesdites enceintes horizontales (20b, 30). 45
10. Installation selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce que lesdits moyens de transfert (4) comprennent un cylindre (40) à piston à double effet (41) effectuant des mouvements d'allers et retours à l'intérieur dudit cylindre (40), ledit piston (41) définissant à l'intérieur dudit cylindre (40) une chambre haute (400) et une chambre basse (401), en ce que lesdites chambres haute (400) et basse (401) communiquent, chacune, lesdites première (20) et deuxième (30) enceintes, par l'intermédiaire d'une paire de conduites (24-25, 31-32) débouchant dans ces enceintes (20, 30), et en ce que ces chambres (400, 401) sont munies de valves d'admission (42,44) sur lesdites conduites (24, 25) débouchant dans la première enceinte (20) et de valves d'échappement (43, 45) sur lesdites conduites (31-32) débouchant dans la deuxième enceinte (30), de manière à permettre ledit transfert de fluide vaporisé (23'), de la première enceinte (20) vers la deuxième enceinte (30), avec ledit taux de compression déterminé. 50
11. Installation selon la revendication 10, caractérisée en ce que chacun desdits pistons à double effet (41) est mu par un système à bielle et manivelle (51-52) entraîné par un moteur à vitesse variable (8). 55
12. Installation selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisée en ce que, ladite deuxième enceinte (30a) étant close, elle comprend au moins une enceinte supplémentaire (30b) et des moyens de transfert supplémentaires (4'd) couplant mécaniquement la deuxième enceinte (30a) à ladite enceinte supplémentaire (30b), de manière à transférer ledit fluide comprimé en phase gazeuse (23"a) de la deuxième enceinte (30a) vers ladite enceinte supplémentaire (30b), sous un taux de compression plus élevé.





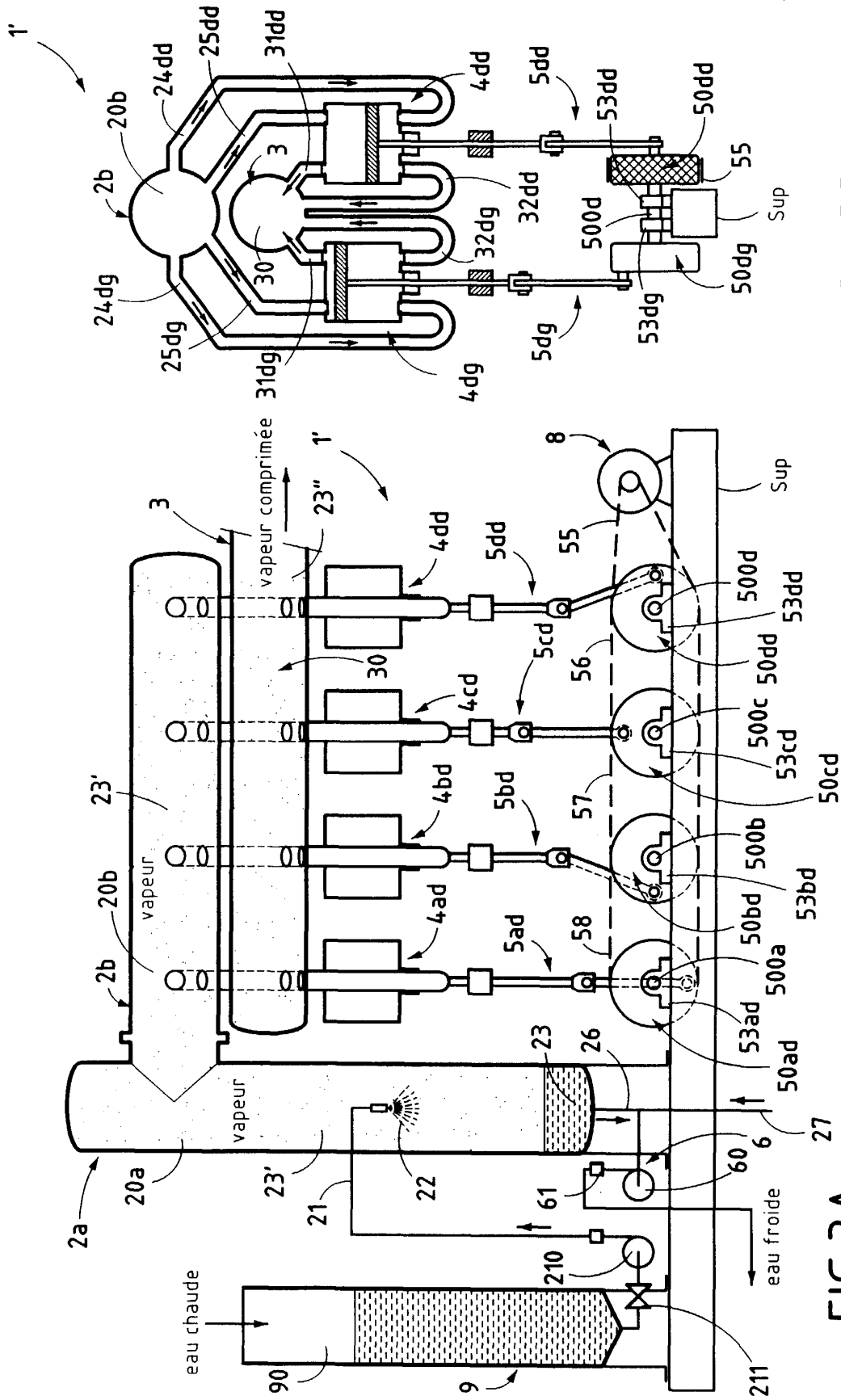


FIG.3B

FIG.3A

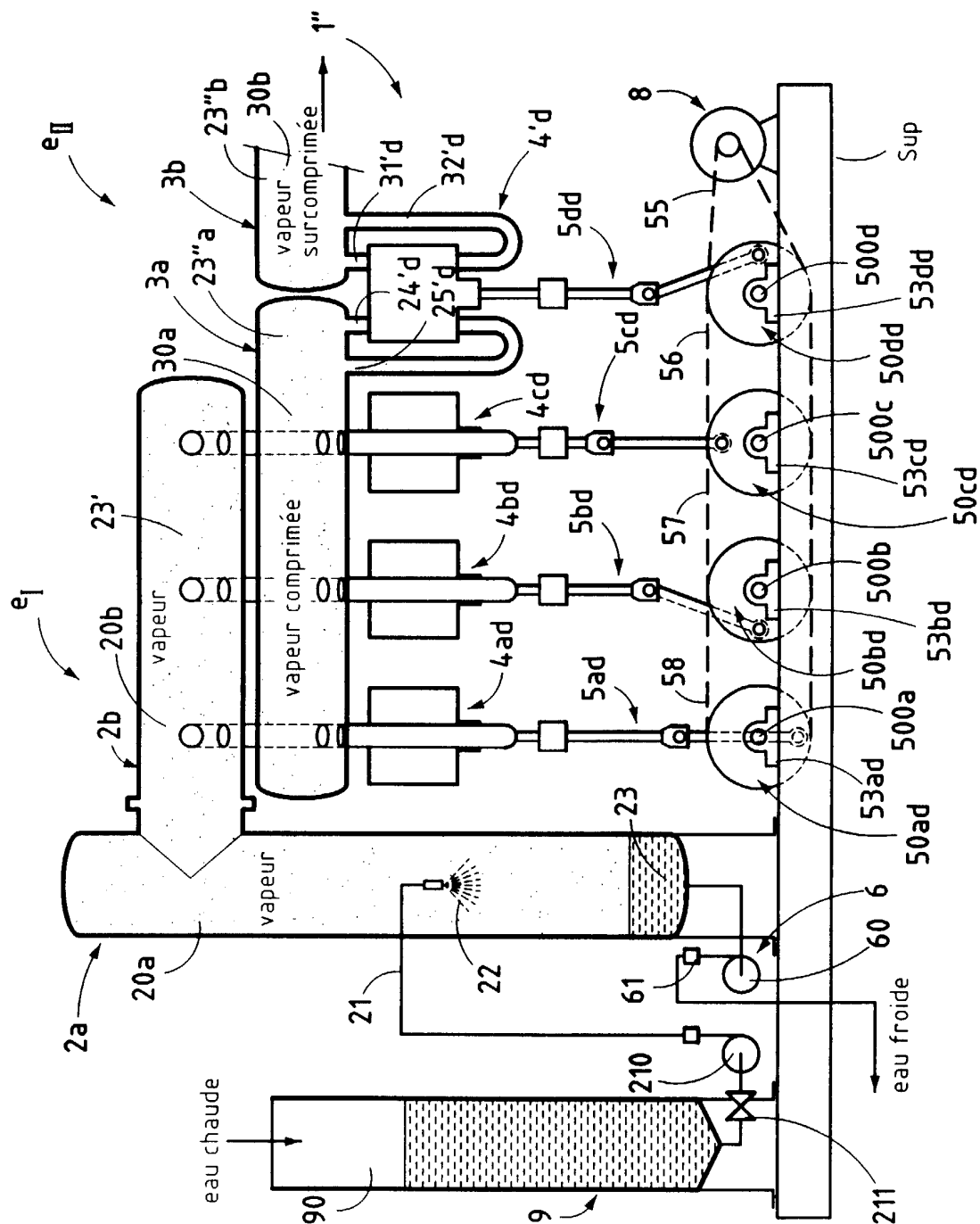


FIG.4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 1868

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D,X	US 4 413 669 A (HANTELMANN) 8 novembre 1983 (1983-11-08) * colonne 2, ligne 9 - colonne 3, ligne 11; figure 1 *	1,7	F28C3/08 F28B9/06
Y	---	2,8	
Y	CH 686 115 A (DISLER) 15 janvier 1996 (1996-01-15) * le document en entier *	2,8	
D,A	GB 967 675 A (SHELL INT. RESEARCH MAATSCHAPPIJ N.V.) * page 1, ligne 1 - page 2, ligne 71; figure 1 *	1-3	
A	FR 719 413 A (METALLGESELLSCHAFT AG) 9 février 1932 (1932-02-09) * page 3, ligne 43 - page 3, ligne 70; figure 1 *	1	
A	DE 32 13 415 A (AKTIESELSKABET SABROE & CO) 28 octobre 1982 (1982-10-28) * page 11, ligne 4 - page 11, ligne 21; figure 1 *	1,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	GB 687 548 A (STÉ RATEAU) * page 2, ligne 12 - page 2, ligne 30; figure 1 *	1	F28C F28B F25D F25C F24J B01D A23C
A	US 4 323 109 A (JASTER) 6 avril 1982 (1982-04-06) * colonne 2, ligne 48 - colonne 3, ligne 26; figure 1 *	1,8	
A	EP 0 042 308 A (MITSUBISHI GAS CHEMICAL CO INC) 23 décembre 1981 (1981-12-23) * page 3, ligne 18 - page 5, ligne 36; figure 1 *	1,8	

-/-			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 3 novembre 1999	Examineur Beltzung, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : antérie-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 1868

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	US 4 779 427 A (ROWLEY ET AL) 25 octobre 1988 (1988-10-25) * abrégé; figure 2 *	1,8,9	
A	DE 33 02 064 A (ISRAEL DESALINATION ENGINEERING) 4 août 1983 (1983-08-04)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 3 novembre 1999	Examineur Beltzung, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : antérie-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1603 03.82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 1868

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier Informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

03-11-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4413669 A	08-11-1983	CH 645179 A DE 3020504 A CA 1158231 A FR 2483047 A IT 1135839 B JP 57016791 A	14-09-1984 10-12-1981 06-12-1983 27-11-1981 27-08-1986 28-01-1982
CH 686115 A	15-01-1996	AUCUN	
GB 967675 A		AUCUN	
FR 719413 A	09-02-1932	AUCUN	
DE 3213415 A	28-10-1982	DK 165381 A SE 8202311 A	14-10-1982 14-10-1982
GB 687548 A		AUCUN	
US 4323109 A	06-04-1982	CA 1132805 A DE 3031913 A JP 56044563 A	05-10-1982 19-03-1981 23-04-1981
EP 42308 A	23-12-1981	JP 57010081 A	19-01-1982
US 4779427 A	25-10-1988	AUCUN	
DE 3302064 A	04-08-1983	IL 64871 A ZA 8300204 A	30-08-1985 26-10-1983

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82