

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

⑫② Date de dépôt : 5 décembre 1983.

⑫③ Priorité :

⑫④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 23 du 7 juin 1985.

⑫⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *SIPOREX FRANCAIS, société à respon-
sabilité limitée.* — FR.

⑦② Inventeur(s) : Michel Masson.

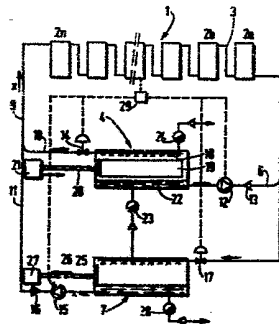
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Harlé et Phélip.

⑤④ Installation et procédé de stockage d'énergie par utilisation de changements d'état d'un fluide.

⑤⑦ L'invention est relative à un mode de stockage d'énergie
comprenant la condensation d'un fluide gazeux, le stockage du
condensat et sa revaporisation selon les besoins.

Le fluide condensé est stocké dans un ensemble de sto-
ckage 1 formé d'une série d'enceintes 2a à 2n disposées en
série et dans lesquelles le fluide est à des températures variant
régulièrement d'une enceinte à l'autre. En créant des circuits
fermés comprenant cet ensemble et tantôt un condenseur 4,
tantôt un évaporateur 7, on peut obtenir des condensations
et/ou des évaporations à pression et températures qui varient
à volonté en cours d'opération.



1.

La présente invention est relative à une installation et un procédé de stockage et restitution d'énergie utilisant les changements d'état d'un fluide, et plus spécialement destinés à accumuler la chaleur provenant d'un fluide 5 d'échappement à pression et température variables, notamment décroissantes pour la restituer ensuite à pression et température variables, notamment croissantes.

Divers systèmes pour accumuler l'énergie existent, opérant notamment en condensant la vapeur d'eau dans l'eau ou 10 en condensant un fluide gazeux dans un échangeur de chaleur. La pression et la température du fluide générateur diminuent tandis que la pression et la température du récepteur augmentent pour arriver à un équilibre. Lors de la restitution de l'énergie avec de tels principes, le récepteur devient 15 rateur et fournit une vapeur à pression et température toujours descendantes jusqu'à un point d'équilibre des pressions entre générateur et circuit récepteur.

La présente invention a pour but de fournir un procédé capable d'augmenter considérablement le pouvoir de 20 récupération et inversement, le pouvoir de réutilisation d'un fluide gazeux.

La présente invention fournit donc une installation de stockage d'énergie utilisant le passage d'un fluide de l'état gazeux à l'état liquide et vice-versa qui présente 25 pour particularité qu'elle comprend en combinaison :

- un ensemble d'enceintes de stockage, disposées en série et capables de contenir chacune une certaine quantité de fluide à l'état liquide, à une pression sensiblement la même pour toutes les enceintes de stockage mais à des tem- 30 pératures différentes,

- un condenseur dans lequel on peut introduire ledit fluide provenant des enceintes de stockage en même temps qu'une quantité du même fluide à l'état gazeux provenant de l'extérieur de l'installation,

- 35 - un évaporateur dans lequel on peut simultanément introduire ledit fluide provenant des enceintes de stockage et extraire une quantité du même fluide à l'état gazeux pour la diriger vers l'extérieur de l'installation,

2.

- des premiers moyens pour faire circuler le fluide à l'état liquide en un premier circuit fermé comprenant le condenseur et l'ensemble d'enceintes de stockage,

- des seconds moyens pour faire circuler le fluide à l'état liquide en un second circuit fermé, comprenant l'évaporateur et l'ensemble d'éléments de stockage.

L'ensemble d'enceintes de stockage peut être constitué d'une série de récipients indépendants, de préférence calorifugés séparément et reliés par des conduits reliant la partie haute d'un récipient à la partie basse du récipient voisin de façon à limiter au maximum l'égalisation des températures.

Suivant une modalité intéressante, cet ensemble est constitué par un récipient unique, allongé horizontalement et divisé par des cloisons s'opposant au mélange de fractions liquides de températures différentes.

Suivant une autre modalité, l'ensemble d'enceintes de stockage est constitué par un tube unique ou en ensemble de tubes disposés en parallèle, chaque tube ayant une section assez faible pour s'opposer efficacement au mélange de fractions liquides de températures différentes dans ledit tube.

Avantageusement, le condenseur contient une masse poreuse destinée à faciliter la condensation du fluide, et de préférence ladite masse poreuse est en béton cellulaire.

Suivant une forme de réalisation qui se révèle économiquement intéressante dans le cas où les points extérieurs de fourniture et de récupération sont les mêmes, et où les quantités de chaleur et de fluide fournies et reçues par des points sont sensiblement les mêmes, le condenseur et l'évaporateur sont constitués par une enceinte unique, et en ce que des vannes permettent de réaliser les premiers et seconds circuits fermés dans les sens désirés.

Si la fourniture et l'extraction du fluide se font à des températures et pressions qui varient en sens inverse et avec des amplitudes analogues, on peut prévoir avantageusement que les moyens pour faire circuler le fluide sont prévus pour faire traverser l'ensemble d'enceintes de stockage dans un sens dans le premier circuit fermé et dans le sens

3.

opposé dans le second circuit fermé.

L'invention concerne aussi un procédé de stockage et restitution d'énergie qui utilise l'installation qu'on vient de décrire, et qui comporte les étapes suivantes constituant un cycle continu :

- on dispose dans l'ensemble d'éléments de stockage du fluide à l'état liquide dont les températures varient de façon régulière de la première à la dernière des enceintes dudit ensemble disposées en série.
- 10 - On envoie simultanément dans le condenseur du fluide gazeux provenant de l'extérieur et, grâce auxdits premiers moyens de circulation, du fluide liquide provenant des enceintes de stockage, en envoyant ledit fluide liquide à des températures qui varient régulièrement et en maintenant dans
15 le condenseur une pression supérieure, à chaque instant à la pression de condensation du fluide à la température d'introduction du fluide liquide, réalisant ainsi un stockage d'énergie dans le liquide sous forme de chaleur de condensation.
- On arrête le stockage d'énergie au moment où,
20 par suite de la circulation en circuit fermé, l'ensemble d'enceintes de stockage contient à nouveau du fluide dont la température varie de façon régulière de la première à la dernière desdites enceintes, et où par conséquent la variation de la température du fluide introduit dans le condenseur va
25 présenter un changement de sens.
- On envoie, grâce aux seconds moyens de circulation, du fluide liquide provenant des enceintes de stockage et simultanément on soutire du fluide gazeux vers l'extérieur, ledit fluide liquide étant envoyé à des températures qui varient régulièrement dans un sens qui dépend du sens de circulation du fluide dans l'ensemble d'enceintes de stockage, et on maintient dans l'évaporateur une pression inférieure à la pression d'évaporation du fluide à la température d'introduction du liquide, réalisant ainsi une restitution d'énergie
30 dans le fluide gazeux sous forme de chaleur d'évaporation.
- On arrête le stockage d'énergie au moment où par suite de la circulation en circuit fermé, l'ensemble d'enceintes de stockage contient à nouveau du fluide dont la tempéra-

4.

ture varie de façon régulière de la première à la dernière desdites enceintes, l'état initial étant alors réalisé à nouveau.

On peut prévoir, dans les usines, qui sont nombreuses, où la chaleur est fournie à des températures décroissantes, correspondant par exemple au refroidissement d'une masse chaude, que la condensation a lieu à des températures décroissantes, alors que l'évaporation a lieu à des températures croissantes.

10 L'invention va maintenant être expliquée plus en détail à l'aide d'exemples pratiques, donnés à titre non limitatifs et illustrés aux dessins parmi lesquels :

Fig. 1 est un schéma d'une installation selon l'invention.

15 Fig. 2 est un schéma d'une autre installation selon l'invention.

L'installation décrite à la fig. 1 comprend un ensemble 1 formé d'une série d'enceintes de stockage, 2a, 2b... 2n constituées chacune d'un récipient indépendant qui est relié au récipient voisin par un conduit 3 qui débouche en partie basse d'un récipient et en partie haute de l'autre.

La première enceinte 2a est reliée au condenseur 4 par deux conduits en série 5, 6 et à l'évaporateur 7 par un conduit 8 qui se raccorde au conduit 5. La dernière enceinte 25 2n est, de même reliée au condenseur par deux conduits en série 9, 10 et à l'évaporateur par un conduit 11 qui se raccorde au conduit 9. Le conduit 6 est équipé d'une pompe 12, munie d'un clapet antiretour 13, et qui fait circuler le fluide (qui est ici de l'eau pressurisée) du condenseur vers la première 30 enceinte 2a. Le conduit 10 est équipé d'une vanne de décharge 14. L'ouverture de la vanne et la mise en marche de la pompe font circuler le liquide en circuit fermé dans le sens anti-horaire sur la figure, représenté par la flèche y.

Symétriquement, les conduits 11 et 8 sont équipés 35 respectivement d'une pompe 15 avec clapet anti-retour 16, et d'une vanne de décharge 17, de façon à faire tourner le fluide en circuit fermé dans le sens horaire sur la figure, symbolisé par la flèche x.

5.

Le condenseur 4 est un récipient fermé en acier de forme cylindrique horizontale, équipé à l'intérieur d'une rampe d'arrosage (ou pulvérisation) 18, située en partie haute et reliée au conduit 10. La partie centrale du condenseur 5 est occupée par une masse en béton cellulaire 19 dont le rôle est de faciliter, par sa grande surface, la condensation du fluide. Le condenseur est relié par une conduite 20 à une source extérieure de vapeur 21.

Le conduit 6 débouche à la partie inférieure du 10 condenseur, c'est-à-dire, normalement, en dessous de la surface du condensat 22. Le condenseur est équipé en outre d'un dispositif de trop-plein du condensat 23, qui dirige l'excès de condensat vers l'évaporateur, et d'un dispositif de purge des gaz incondensables 24 débouchant en partie haute.

15 L'évaporateur 7 est de structure analogue au condenseur, mais il est dépourvu de masse de béton cellulaire. La rampe d'arrosage (ou pulvérisation) 25 est reliée à un conduit 8 et le conduit 11 débouche en partie basse. Une conduite 26 le relie à une installation extérieure consommatrice 20 de vapeur 27 qui peut être confondue avec la source de vapeur 20. Le dispositif de trop-plein 28 du condenseur débouche sur l'extérieur.

Le fonctionnement de l'installation est le suivant :

25 Supposons que, d'une part, nous ayons stocké dans les enceintes de stockage de l'eau pressurisée à une température qui varie régulièrement de 70°C dans la première enceinte 2a à 150°C dans la dernière enceinte 2n, et que, d'autre part la source extérieure de vapeur 21 soit constituée par une 30 ne enceinte qui contient une quantité finie de vapeur à 190°.

On ferme la vanne 17, ce qui isole le condenseur, on ouvre la vanne 14 et on met en route la pompe 12, ce qui crée une circulation en circuit fermé dans le sens y.

La pompe 12 fait entrer le fluide dans l'ensemble 35 1 d'enceintes de stockage et en fait ressortir à l'autre extrémité un même volume d'eau à 150°C qui est à son tour injecté dans le condenseur 4. Cette eau, au contact de la vapeur va se réchauffer tout en condensant de la vapeur. La

6.

pompe continuant de tourner va permettre une injection permanente d'eau à température décroissante. Comme il y a condensation, donc consommation de vapeur, la température et la pression de celle-ci dans l'enceinte 21 vont décroître, nous 5 allons extraire une eau mélangée de condensat à température également décroissante. La température décroîtra tant qu'il y aura de l'eau à injecter dans le condenseur à une température inférieure à celle de la vapeur pour qu'il y ait condensation. De cette manière, nous avons condensé de la vapeur à 10 température et pression décroissante et nous avons stocké de l'eau surchauffée également à température décroissante mais à pression constante dans l'ensemble 1.

Pour obtenir de la vapeur à partir de cette eau pressurisée, il suffit de fermer la vanne 14, d'arrêter la 15 pompe 12, d'ouvrir la vanne 17 et de mettre en marche la pompe 15, ce qui inverse le sens de circulation dans l'ensemble de stockage 1, et permet d'injecter dans l'évaporateur 7 de l'eau de plus en plus chaude, pour extraire du condenseur, en direction de l'installation consommatrice 27, de la vapeur à 20 pression et températures croissantes.

Les manoeuvres des vannes et pompes sont commandées par un dispositif de régulation central 29.

On observera que, si l'on désire que la vapeur soit restituée à température et pression constante, il suffirait de 25 changer le sens de circulation en circuit fermé au cours de la phase correspondante du procédé. Les modifications nécessaires de l'installation sont évidentes pour l'homme de l'art. Si on désirait que la restitution de vapeur ait lieu suivant une loi différente, par exemple à pression et températures sensiblement 30 constantes, on peut obtenir le résultat cherché en prévoyant, par exemple deux installations en parallèle, équipées de pompes dont le sens et le débit seraient commandés selon la loi convenable.

De la même manière, il est possible d'obtenir une 35 condensation de vapeur à pression et température croissantes en suivant une loi définie quelconque.

La figure 2 montre une variante de l'installation de la figure 1. Les différences portent sur deux points, d'ailleurs indépendants l'un de l'autre.

7.

D' une part, l'ensemble de stockage 1 est constitué par un récipient accumulateur unique 30, de forme allongée et pourvu de cloisons 31 en chicane qui le divisent en compartiments 32a à 32 n disposés en série. Sur la figure, 5 l'accumulateur 30 est disposé horizontalement, mais il peut être placé verticalement, les compartiments normalement les plus chauds étant en haut.

La seconde différence réside dans le fait que le condenseur 2 et l'évaporateur sont confondus en une même enceinte 40.

Les conduits 6, 8, 10, 11 sont en conséquence pourvus de vannes 41 qui permettent de créer des circuits fermés de sens x ou y à volonté, une seule pompe 12 assurant la circulation dans tous les cas. Cette variante permet l'économie d'une pompe, en revanche, elle réduit la capacité de compensation des irrégularités d'alimentation en vapeur. En effet, le dispositif de trop-plein 23 qui permet de déverser un excès de condensat du condenseur vers l'évaporateur a évidemment disparu.

20 Une telle installation, avec un accumulateur de 200 m^3 maintenu sous une pression absolue de 120 da N et un condenseur-évaporateur de 50 m^3 permet d'extraire, à chaque opération, une quantité d'énergie réutilisable de 18 à 20×10^6 kJ, ce qui correspond, pour une chaudière ayant un rendement de 80 %, à 580 à 650 kg de fuel lourd par opération.

25 Le bénéfice peut encore être augmenté en utilisant des thermo-compresseurs pour recompresser légèrement la vapeur à basse pression.

L'invention intéresse toutes les industries qui 30 utilisent de la vapeur produite de façon non continue, par quantités finies, et qui ont, dans un temps différé, l'utilisation de l'énergie stockée, soit directement sous forme de vapeur, à des températures analogues à celles de la production, soit à des températures différentes avec éventuellement 35 interposition d'une pompe à chaleur à la sortie, soit sous une autre forme d'énergie, moyennant transformation. Le stockage peut durer de quelques minutes à plusieurs jours, à condition d'avoir une isolation thermique convenable.

8.

Parmi les applications possibles on peut citer la climatisation, notamment en couplage avec des capteurs solaires, les industries du papier, de la fabrication des matériaux : céramique, béton cellulaire, etc..., de la fonderie, de la transformation de la bauxite, de l'agro-alimentaire etc...

REVENDEICATIONS.

1. Installation de stockage d'énergie utilisant le passage d'un fluide de l'état gazeux à l'état liquide et vice-versa, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- 5 - un ensemble (1) d'enceintes de stockage (2a à 2n), disposées en série et capables de contenir chacune une certaine quantité de fluide à l'état liquide, à une pression sensiblement la même pour toutes les enceintes de stockage mais à des températures différentes,
- 10 - un condenseur (4) dans lequel on peut introduire ledit fluide provenant des enceintes de stockage en même temps qu'une quantité du même fluide à l'état gazeux provenant de l'extérieur de l'installation,
- un évaporateur (7) dans lequel on peut simultanément introduire ledit fluide provenant des enceintes de
15 stockage et extraire une quantité du même fluide à l'état gazeux pour le diriger vers l'extérieur de l'installation,
- des premiers moyens (5, 6, 9, 10, 12) pour faire circuler le fluide à l'état liquide en un premier circuit
20 fermé comprenant le condenseur et l'ensemble d'enceintes de stockage,
- des seconds moyens (5, 8, 9, 11, 15) pour faire circuler le fluide à l'état liquide en un second circuit fermé, comprenant l'évaporateur et l'ensemble d'éléments de sto-
25 ckage.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'ensemble d'enceintes de stockage est constitué par un récipient unique, allongé horizontalement et divisé par des cloisons s'opposant au mélange de fractions liquides de températures différentes.
30

3. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'ensemble d'enceintes de stockage est constitué par un tube unique ou un ensemble de tubes disposés en parallèle, chaque tube ayant une section assez faible pour
35 s'opposer efficacement au mélange de fractions liquides de températures différentes contenues dans ledit tube.

4. Installation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le condenseur contient une masse

10.

poreuse (19) destinée à faciliter la condensation du fluide.

5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que ladite masse poreuse est en béton cellulaire.

6. Installation selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le condenseur et l'évaporateur sont constitués par une enceinte unique, et en ce que des vannes permettent de réaliser les premier et second circuits fermés dans les sens désirés.

7. Installation selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que lesdits moyens pour faire circuler le fluide sont prévus pour faire traverser l'ensemble d'enceintes de stockage, dans un sens (y) dans le premier circuit fermé et dans le sens opposé (x) dans le second circuit fermé.

8. Procédé de stockage et restitution d'énergie utilisant l'installation selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes constituant un cycle continu :

- on dispose dans l'ensemble d'éléments de stockage du fluide à l'état liquide dont les températures varient de façon régulière de la première à la dernière des enceintes dudit ensemble disposées en série.

- On envoie simultanément dans le condenseur du fluide gazeux provenant de l'extérieur et, grâce auxdits premiers moyens de circulation, du fluide liquide provenant des enceintes de stockage, en envoyant ledit fluide liquide à des températures qui varient régulièrement et en maintenant dans le condenseur une pression supérieure, à chaque instant à la pression de condensation du fluide à la température d'introduction du fluide liquide, réalisant ainsi un stockage d'énergie dans le liquide sous forme de chaleur de condensation.

- On arrête le stockage d'énergie au moment où, par suite de la circulation en circuit fermé, l'ensemble d'enceintes de stockage contient à nouveau du fluide dont la température varie de façon régulière de la première à la dernière desdites enceintes, et où par conséquent la variation de la température du fluide introduit dans le condenseur va présenter un changement de sens.

11.

- On envoie, grâce aux seconds moyens de circulation, du fluide liquide provenant des enceintes de stockage et simultanément on soutire du fluide gazeux vers l'extérieur, ledit fluide liquide étant envoyé à des températures
5 qui varient régulièrement dans un sens qui dépend du sens de circulation du fluide dans l'ensemble d'enceintes de stockage, et on maintient dans l'évaporateur une pression inférieure à la pression d'évaporation du fluide à la température d'introduction du liquide, réalisant ainsi une restitution d'é-
10 nergie dans le fluide gazeux sous forme de chaleur d'évaporation.

- On arrête le stockage d'énergie au moment où par suite de la circulation en circuit fermé, l'ensemble d'enceintes de stockage contient à nouveau du fluide dont la tem-
15 pérature varie de façon régulière de la première à la dernière desdites enceintes, l'état initial étant alors réalisé à nouveau.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la condensation a lieu à des températures décrois-
20 santes, alors que l'évaporation a lieu à des températures croissantes.

1/2

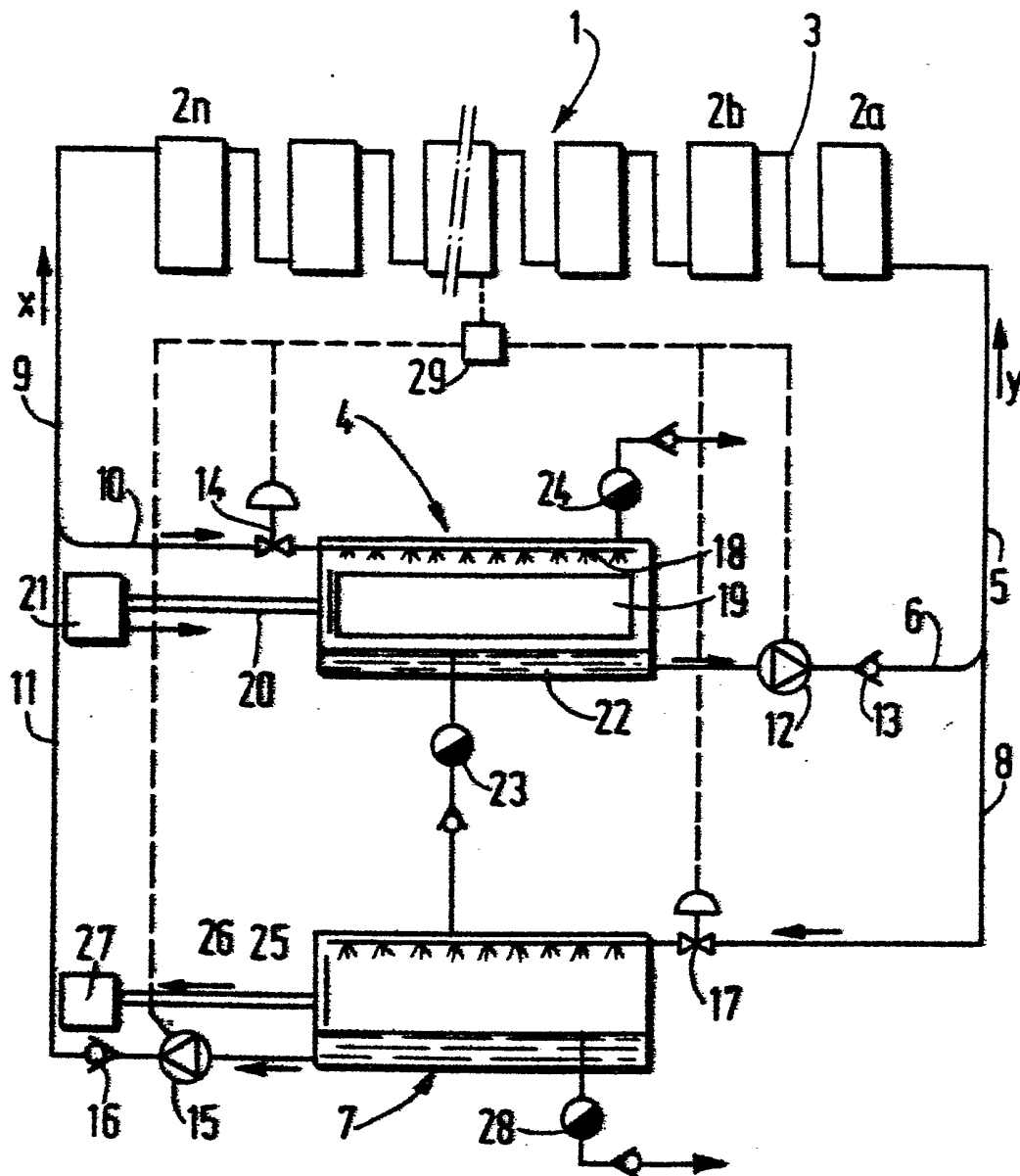


FIG.1

2/2

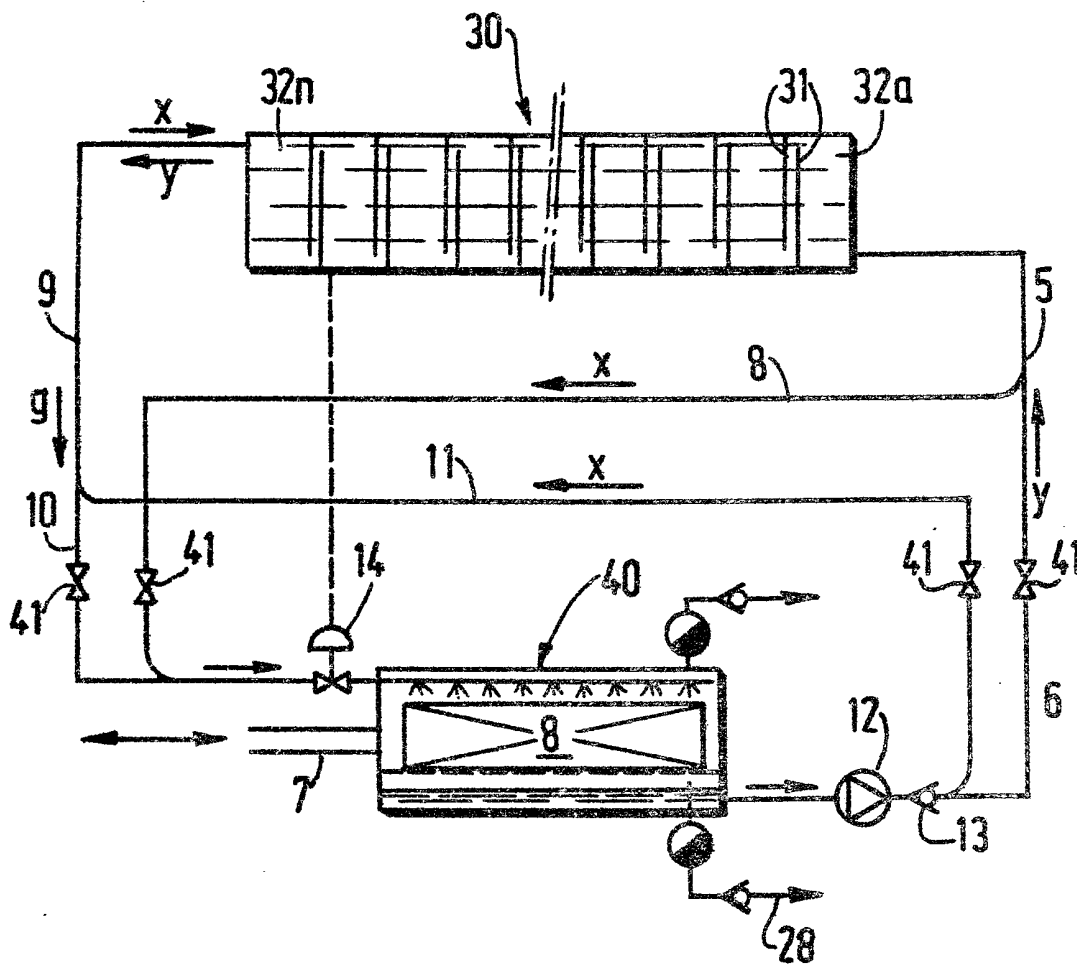


FIG. 2