

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 195 704
A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 86400439.5

(51) Int. Cl.⁴: F28D 15/02

(22) Date de dépôt: 03.03.86

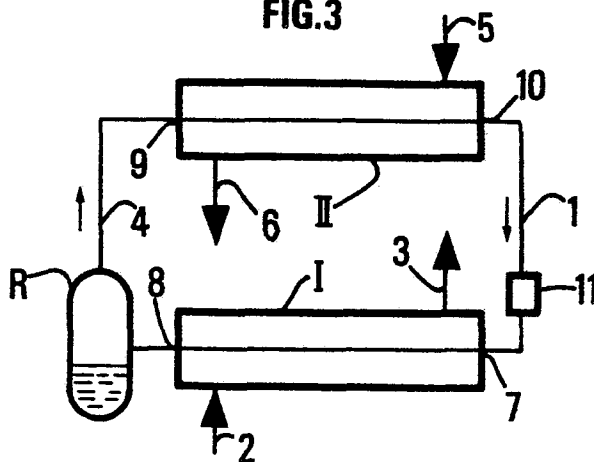
(30) Priorité: 08.03.85 FR 8503410

(43) Date de publication de la demande:
24.09.86 Bulletin 86/39(64) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE GB IT LI NL SE(71) Demandeur: INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE
4, Avenue de Bois-Préau
F-92502 Rueil-Malmaison(FR)(72) Inventeur: Rojey, Alexandre
29-33 rue Henri Regnault
F-92380 Garches(FR)
Inventeur: Grehier, Alain
26, rue Mousset Robert
F-75012 Paris(FR)

(54) Procédé de transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid utilisant un fluide mixte comme agent caloporteur.

(57) Procédé de transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur à au moins deux constituants non-azéotropiques contenu dans un circuit en boucle. Le fluide chaud (2,3) cède sa chaleur dans un échangeur (I), cette chaleur servant à évaporer le fluide caloporteur, lequel est ensuite condensé dans un échangeur (II) en cédant sa chaleur de condensation au fluide froid - (5,6). Un réservoir d'agent caloporteur (R) permet de répondre aux variations de flux thermiques et un système - (11) impose un sens de circulation au fluide caloporteur.

FIG.3



EP 0 195 704 A1

Le procédé selon l'invention a pour but de permettre le transfert de chaleur d'un fluide chaud (A) vers un fluide froid (B), et plus particulièrement de permettre la récupération de chaleur disponible d'un fluide chaud pour la transmettre à un fluide froid qu'il est nécessaire de réchauffer.

Dans de nombreux cas, un tel échange de chaleur ne peut pas être effectué dans des conditions satisfaisantes en mettant directement le fluide chaud et le fluide froid en relation d'échange dans un échangeur de chaleur. C'est en particulier le cas lorsque ces deux fluides circulent dans des conduits distants l'un de l'autre, le fait de les amener en contact dans un échangeur pouvant conduire à une installation encombrante et coûteuse, ou encore à des pertes de charge inacceptables. Ceci peut se produire notamment pour des échanges entre gaz circulant à des pressions relativement basses.

Il est connu dans un tel cas d'utiliser un agent caloporteur tel que l'eau, l'eau glycolée ou encore des fluides organiques liquides de température d'ébullition élevée, circulant dans une boucle d'échange, le fluide caloporteur étant chauffé par le fluide chaud dans une première zone d'échange de chaleur et chauffant le fluide froid dans une deuxième zone d'échange de chaleur distincte de la première.

Un tel système nécessite le fonctionnement permanent d'une pompe de circulation ce qui nécessite un entretien pour disposer d'un fonctionnement fiable sur une longue durée. D'autre part, aucun des fluides utilisés n'est entièrement satisfaisant. L'eau employée sans antigel ne peut être utilisée en hiver dans la plupart des cas d'applications ; l'eau glycolée qui évite cet inconvénient présente des caractéristiques de viscosité élevée nuisible au transfert thermique, et induit un risque de corrosion. Enfin, les fluides organiques lourds sont coûteux et présentent également une viscosité élevée.

Il est connu, d'autre part, qu'un transfert de chaleur peut être effectué par vaporisation et condensation d'un fluide tel que l'eau ou un fluide organique ; toutefois une telle technique n'est pas adaptée à l'échange de chaleur entre fluides dont la température évolue au cours de l'échange et en particulier ne peut être mise en oeuvre si les intervalles de température selon lesquels évoluent le fluide chaud et le fluide froid se recouvrent partiellement.

Un système de transfert de chaleur à l'aide d'un fluide caloporteur circulant dans un circuit formant une boucle a été décrit dans le brevet US-A-4314601.

Ce système comporte un évaporateur, un condenseur et un collecteur central reliés entre eux par un circuit formant une boucle (Figure 2 de ce brevet). Dans ce système le fluide sortant de l'évaporateur est mélangé dans le collecteur central au fluide sortant du condenseur, ce qui entraîne que la température du fluide sortant de l'évaporateur est abaissée tandis que la température du fluide sortant du condenseur est augmentée, ainsi les températures d'entrée de l'évaporateur et du condenseur sont respectivement plus hautes et plus basses que celles de sortie du condenseur et de l'évaporateur. L'accroissement de l'enthalpie du fluide entre sa sortie du condenseur et son entrée dans l'évaporateur entraîne une efficacité limitée du refroidissement du fluide extérieur ; de même la diminution de l'enthalpie du fluide entrant dans le condenseur entraîne globalement une efficacité relativement limitée du réchauffage du fluide extérieur. L'efficacité globale du transfert thermique de ce système entre fluide chaud et fluide froid est donc relativement faible. Par ailleurs l'emploi de ce système, couplé à l'utilisation de mélanges de fluides conduit à l'obtention de concentrations de chaque fluide

différentes dans le condenseur et dans l'évaporateur ce qui correspond à des plages de températures différentes : il sera donc dans un tel cas difficile de travailler avec un recouvrement partiel des domaines d'évolution des températures du fluide chaud et du fluide froid.

Le brevet US-A-4216903 décrit un système d'échange de chaleur comprenant une boucle d'échange, utilisant comme fluide caloporteur, par exemple, un hydrocarbure halogéné ou un mélange d'hydrocarbures halogénés. L'échange de chaleur avec un fluide extérieur au niveau du condenseur, permettant de réchauffer de l'eau, a lieu globalement à contre-courant, tandis que l'échange de chaleur au niveau du condenseur, permettant de réchauffer de l'air, a lieu globalement à courants croisés et l'échange de chaleur avec un fluide extérieur au niveau de l'évaporateur a lieu globalement à co-courant. Le système comporte une réserve de liquide du fluide caloporteur située entre la sortie du condenseur et l'entrée de l'évaporateur et au moins un tube en forme de U dont la partie la plus haute est située à un niveau compris entre le niveau le plus bas de l'évaporateur et le niveau le plus haut de l'évaporateur ce qui permet d'imposer le sens de circulation du fluide caloporteur.

L'emploi de mélanges non-azéotropiques, tels que par exemple ceux décrits dans la demande de brevet EP-A-57120, dans le système décrit ci-dessus ne permettra pas au système de pouvoir répondre correctement à une variation de température d'entrée des fluides extérieurs et/ou, à une variation du débit de ces fluides.

L'un des objets de l'invention est de décrire un procédé permettant un taux de récupération de chaleur élevée sans consommation d'énergie mécanique et qui peut être utilisé même à de basses températures sans comporter de risque de congélation à condition de choisir un fluide caloporteur adapté. En particulier l'invention décrit un procédé de transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid qui permet de pouvoir travailler avec un recouvrement partiel des domaines d'évolution de la température du fluide chaud et du fluide froid, donc avec un meilleur taux de récupération de chaleur, ainsi que de pouvoir travailler avec des variations relativement importantes soit des températures d'entrée des fluides chaud et/ou froid, soit des débits desdits fluides.

Le procédé selon l'invention de transfert de chaleur d'un fluide (A) relativement chaud à un fluide (B) relativement froid dans lequel on maintient un fluide caloporteur dans un conduit continu formant un circuit bouclé sensiblement isobare et comportant en série au moins deux zones distinctes d'échange de chaleur (I) et (II), ledit fluide caloporteur comprenant au moins deux constituants capables de s'évaporer et de se condenser en mélange non-azéotropique, la vaporisation dudit fluide caloporteur ayant lieu au moins en partie dans un domaine de température situé au moins en partie au-dessous de la température du fluide (A) et la condensation dudit fluide caloporteur ayant lieu au moins en partie dans un domaine de température situé au moins en partie au-dessus de la température du fluide (B), est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

(a) on fait circuler le fluide caloporteur en phase liquide globalement à contre-courant du fluide relativement chaud A dans la zone d'échange (I) de manière à vaporiser au moins partiellement ledit fluide caloporteur,

(b) on envoie ledit fluide caloporteur au moins partiellement vaporisé obtenu à l'étape (a) dans une zone d'accumulation de liquide placée sur ledit conduit continu formant une

boucle, à la sortie de la zone d'échange (I) du côté où sort ledit fluide totalement ou partiellement vaporisé,

(c) on envoie la phase vapeur dudit fluide caloporteur sortant de l'étape (b) dans la zone d'échange (II) sans lui faire subir de compression ni de détente,

(d) on fait circuler le fluide caloporteur en phase vapeur globalement à contre-courant du fluide relativement froid - (B), dans la zone d'échange (II), de manière à condenser au moins partiellement ledit fluide caloporteur,

(e) on recycle à l'étape (a) le fluide caloporteur en phase liquide obtenu à l'étape (d) sans lui faire subir de compression, ni de détente, la disposition des zones d'échange (I) et (II) étant telle que le niveau de l'interface de la phase liquide continue formée par condensation dans la zone (II) est situé au dessus du niveau de début de vaporisation de ladite phase liquide continue dans la zone (I).

Sous l'effet de la chaleur fournie par le fluide (A), l'agent caloporteur s'évapore au moins en partie et quitte à l'état gazeux la zone d'échange (I) par son extrémité la plus chaude (celle qui est la plus voisine du (des) point(s) d'entrée du fluide (A) pour passer dans la zone d'accumulation et parvenir dans la zone d'échange (II) à l'extrémité la plus voisine du (des) point(s) de sortie du fluide (B). Dans la zone (II), le fluide caloporteur gazeux se condense progressivement en totalité ou en partie, en cédant sa chaleur de condensation au fluide (B). Le fluide caloporteur condensé ressort à l'état liquide, par l'extrémité de la zone (II) la plus voisine du (des) point(s) d'entrée du fluide (B), et redescend par gravité vers la zone (I) où il pénètre par l'extrémité la plus voisine du (des) point(s) de sortie du fluide (A). Ainsi les échanges s'opèrent globalement à contre-courant. Le circuit est dit sensiblement isobare du fait qu'il ne comprend ni zone de compression ni zone de détente, les faibles différences de pression observées en divers points du circuit résultant principalement des pertes de charge dans le circuit.

Une caractéristique essentielle du procédé selon l'invention réside dans le fait qu'aucun dispositif mécanique n'est nécessaire, le transfert du mélange entre les zones d'échange I et II s'opérant naturellement de lui-même, sous le seul effet des transferts de chaleur dans les zones d'échange I et II et des différences de densité entre la phase vapeur et la phase liquide du fluide caloporteur. Cette caractéristique permet de réaliser facilement un circuit scellé sans risque de fuite du mélange et d'éviter les problèmes d'entretien et de fiabilité liés à la mise en oeuvre d'un compresseur ou d'une pompe.

En d'autres termes, le procédé selon l'invention de transfert de chaleur d'un fluide relativement chaud (A) à un fluide (B) relativement froid dans lequel on maintient dans un circuit fermé comportant en série au moins deux zones distinctes d'échange de chaleur (I) et (II), un fluide caloporteur comprenant au moins deux constituants capables de s'évaporer sans former d'azéotrope entre eux, comprend les étapes suivantes :

(a) le mélange en phase liquide est vaporisé progressivement au moins partiellement avec élévation de la température du mélange par échange thermique globalement à contre-courant avec un premier fluide extérieur introduit à une température supérieure à celle de début de vaporisation dudit mélange et qui lui cède de la chaleur dans la première zone d'échange de chaleur I,

(b) on envoie ledit fluide caloporteur au moins partiellement vaporisé obtenu à l'étape (a) dans une zone d'accumulation de liquide placée sur ledit conduit continu formant une boucle, à la sortie de la zone d'échange (I) du côté où sort ledit fluide totalement ou partiellement vaporisé, ladite zone d'accumulation permettant au dispositif par une variation de composition dudit fluide caloporteur circulant dans ledit conduit continu de mieux répondre aux variations de puissance transférée,

(c) la phase vapeur obtenue au cours de l'étape (a) et sortant de l'étape (b) est envoyée dans la deuxième zone d'échange de chaleur II sans subir de compression ni de détente,

(d) le mélange en phase vapeur est condensé progressivement avec abaissement de la température du mélange par échange thermique globalement à contre-courant avec un second fluide extérieur introduit à une température inférieure à celle de début de condensation dudit mélange et qui reçoit de la chaleur dans la deuxième zone d'échange II,

(e) la phase liquide obtenue au cours de l'étape (d) est recyclée à la première zone d'échange de chaleur sans subir de compression ni de détente, les étapes (b), (c) et - (e) étant réalisées de préférence sans échange notable de chaleur avec l'extérieur et le niveau moyen de la zone d'échange II étant plus élevée que le niveau moyen de la zone d'échange I.

Le procédé et les dispositifs de mise en oeuvre de l'invention sont illustrés par les Figures 1 à 11.

La Figure 1 représente un premier mode de réalisation de l'invention. La Figure 2 représente un mode de réalisation de l'invention dans lequel les zones d'échanges I et II sont formées par des échangeurs de chaleur globalement inclinés par rapport à l'horizontale. Cette réalisation permet un démarrage plus facile du procédé.

Les Figures 3 et 4 représentent des modes de réalisation voisins de ceux des Figures 1 et 2. Ces modes de réalisation comportant un système (11) permettant d'imposer un sens de circulation au fluide caloporteur et éventuellement de limiter et/ou de réguler l'écoulement de la phase liquide.

Les Figures 5 et 6 représentent un des systèmes (11) susceptible d'être employé pour imposer le sens de circulation du fluide caloporteur et éventuellement pour limiter et/ou réguler l'écoulement de la phase liquide.

La Figure 7 illustre l'application du procédé de l'invention à la climatisation de locaux, par exemple de locaux informatiques, pour des raisons de simplification du schéma la réserve R n'a pas été représentée sur cette figure.

Les Figures 8 à 11 illustrent les dispositifs de mise en oeuvre du procédé de l'invention.

Un premier exemple de réalisation du procédé de l'invention est schématisé sur la Figure 1. Le mélange non-azéotropique qui circule dans le conduit continu formant un circuit bouclé représenté sur la Figure 1 arrive à l'état

liquide par le conduit 1 à l'extrémité 7 de la zone d'échange I dite "évaporateur" dans laquelle il est mis en relation d'échange thermique par contact indirect globalement à contre-courant avec un premier fluide extérieur qui arrive par le conduit 2 à une température supérieure à celle du début de vaporisation dudit mélange non-azéotropique et repart par le conduit 3 ; ledit mélange non-azéotropique sortant de la zone d'échange I par son extrémité 8 passe dans une réserve (R), de phase liquide, placée à la sortie de l'évaporateur et passe dans le conduit 4 reliant la réserve (R) à l'extrémité 9 de la zone d'échange II.

La phase vapeur du mélange non-azéotropique obtenue à l'extrémité 8 de la zone d'échange I passe dans la réserve (R) et arrive par le conduit 4 à l'extrémité 9 de la zone d'échange II, dans laquelle ledit mélange est mis en relation d'échange thermique par contact indirect globalement à contre-courant avec un deuxième fluide extérieur qui arrive par le conduit 5 à une température inférieure à celle du début de condensation dudit mélange non-azéotropique et repart par le conduit 6 ; ledit mélange non-azéotropique sortant de la zone d'échange II par son extrémité 10 dans le conduit 1 reliant l'extrémité 10 de la zone d'échange II à l'extrémité 7 de la zone d'échange I.

Un deuxième exemple de réalisation du procédé de l'invention est schématisé sur la Figure 2. Le fonctionnement du procédé est globalement similaire à celui décrit ci-dessus pour la Figure 1. Les zones d'échanges I et II sont globalement inclinées par rapport à l'horizontale. L'extrémité 7 de la zone d'échange I dans laquelle pénètre le mélange non-azéotropique, à l'état liquide, se trouve à un niveau sensiblement inférieur au niveau de l'extrémité 8 de ladite zone par laquelle sort ledit mélange non-azéotropique au moins partiellement vaporisé. Selon une disposition préférée ledit mélange non-azéotropique pénétrant dans la zone d'échange I à l'extrémité 7 s'élève de façon globalement continue jusqu'au niveau de l'extrémité 8 ; la pente de cette zone d'échange pouvant être globalement constante. L'extrémité 9 de la zone d'échange II dans laquelle pénètre la phase vapeur du mélange non-azéotropique se trouve à un niveau sensiblement supérieur au niveau de l'extrémité 10 de ladite zone par laquelle sort ledit mélange non-azéotropique au moins partiellement condensé. Selon une disposition préférée la phase vapeur du mélange non-azéotropique pénétrant dans la zone d'échange II à l'extrémité 9 descend de façon globalement continue jusqu'au niveau de l'extrémité 10 ; la pente de cette zone d'échange pouvant être globalement constante ; ladite pente (tangente de l'angle formé par l'axe de la zone d'échange avec le plan horizontal) étant avantageusement d'environ 0,01 à environ 1,75 et de préférence d'environ 0,1 à 1.

La phase liquide contenue dans la réserve (R) placée à la sortie de l'évaporateur est plus riche en constituant le plus lourd et plus pauvre en constituant le plus léger que la phase vapeur qui part par le conduit 4 et que la phase liquide qui revient par le conduit 1. Ladite réserve (R) étant telle qu'il n'y a pas d'échange notable de chaleur avec l'extérieur. La température de la réserve (R) est la même que la température de sortie du fluide caloporteur arrivant à l'extrémité 8 de l'évaporateur. La réserve (R) joue dans le procédé selon l'invention un double rôle :

1 -Elle permet un désencombrement du conduit de sortie de l'évaporateur dans le cas où la température de sortie n'est pas suffisante pour que la totalité du fluide caloporteur soit vaporisée complètement. Dans le cas de vaporisation incomplète la réserve permet ainsi une circulation plus facile du mélange en équilibre liquide/gaz arrivant à la

sortie de l'évaporateur.

2 -Elle permet un ajustement rigoureux de la plage de température imposée par le fluide externe circulant dans l'évaporateur. Lorsque la température de sortie est insuffisante pour vaporiser complètement le fluide caloporteur, du liquide enrichi en constituant le plus lourd s'accumule dans la réserve. Le liquide revenant ensuite du condenseur, enrichi en constituant le plus léger, sera vaporisé complètement. Ainsi par exemple, si la variation de température du fluide externe (A) parcourant la zone d'échange I (évaporateur) (différence de température entre la température d'entrée et la température de sortie du fluide externe (A)) diminue, la vaporisation du mélange non-azéotropique devient incomplète et la partie non vaporisée plus riche en constituant le plus lourd s'accumule dans la réserve (R), le mélange vaporisé s'enrichit en constituant le plus léger.

L'emploi du mélange non-azéotropique et de la réserve permet ainsi l'adaptation de l'écart, température de bulle-température de rosée, aux conditions externes tout en conservant l'avantage d'assurer l'échange de chaleur par chaleur latente : toute l'évaporation s'effectue dans l'évaporateur.

Lorsque les conditions du fluide externe (A) changent et si la température d'entrée de ce dernier augmente, la température du fluide caloporteur sortant de l'échangeur qui arrive dans la réserve augmente également, la fraction vaporisée s'enrichit donc en fluide lourd, la composition du fluide caloporteur revenant ensuite de la zone de condensation (II) et arrivant à nouveau dans la zone d'évaporation, (I) restant plus riche en fluide lourd est mieux adaptée au nouvel écart de température entrée et sortie du fluide (A) ce qui permet d'assurer à nouveau l'échange de chaleur par chaleur latente. Contrairement à ce cas, l'emploi d'un corps pur, lorsque la température du fluide (A) réaugmente, n'aurait pas permis d'assurer le nouvel échange par chaleur latente, le gain enthalpique ne pouvant dans le cas d'un corps pur s'effectuer qu'en chaleur sensible. L'échange par chaleur sensible présente plusieurs inconvénients :

-coefficient d'échange fluide-paroi entre 10 et 40 fois plus faible nécessitant donc une surface d'échange de 10 à 40 fois plus élevée pour assurer la même puissance d'échange,

-le transport de chaleur par chaleur sensible nécessite beaucoup plus de débit de masse du fait du rapport de la chaleur spécifique du gaz à la chaleur latente de vaporisation du liquide.

Par exemple dans le cas des fluides halogénés R11 - (CCl_3F) et R12 (CCl_2F_2) les chaleurs spécifiques respectives des gaz sont, à 30 °C, de 565 J/kg.K pour le R11 et 607 J/kg.K pour le R12 et les chaleurs latentes de vaporisation des liquides sont, à 30 °C, de 177970 J/kg pour le R11 et 135020 J/kg pour le R12, soit pour un écart thermique de 10 °C une capacité massique de transport calorifique entre 22 et 31,5 fois plus faible par chaleur sensible.

Lorsque le débit de circulation augmente en réponse à une augmentation de la puissance transférée, le niveau de liquide dans le conduit 1 s'élève et le niveau de liquide dans la réserve (R) s'abaisse. Il en résulte une augmentation de la teneur en constituant lourd du mélange qui circule. Cette variation de composition se traduit par un élargissement de l'intervalle de vaporisation et de conden-

sation si le constituant lourd est minoritaire et une réduction de l'intervalle de vaporisation et de condensation si le constituant lourd est majoritaire. Si l'augmentation de la puissance transférée provient non pas d'une augmentation des débits des fluides extérieurs mais d'une augmentation de l'écart entre les températures d'entrée desdits fluides extérieurs, il est possible ainsi d'ajuster très simplement la composition du mélange par la mise en oeuvre du système schématisé sur les Figures 1 à 4 dans lequel le mélange utilisé comprend une proportion minoritaire du constituant lourd.

Dans une forme de réalisation du procédé de l'invention particulièrement avantageuse, schématisée par les Figures 3 et 4, on insère entre les zones d'échanges I et II, de préférence entre l'extrémité 10 de la zone d'échange II et l'extrémité 7 de la zone d'échange I sur le conduit 1 de circulation de la phase liquide un système (11) empêchant la circulation en sens inverse du mélange non-azéotropique. Le fonctionnement du procédé schématisé sur les Figures 3 et 4 est globalement le même que celui décrit ci-dessus en relation avec les Figures 1 et 2. A l'exception du système (11) les autres éléments et agencements des Figures 3 et 4 correspondent respectivement aux éléments et agencements des Figures 1 et 2. Le système (11) peut être par exemple un clapet constitué d'un dispositif tel que - schématisé sur la Figure 5 ou sur la Figure 6, ou par exemple un diaphragme de type capillaire créant une perte de charge associée à une réserve de liquide créant un tampon liquide interdisant la rotation en sens inverse du mélange non-azéotropique. Le dispositif représenté sur la Figure 5 ou sur la Figure 6 comprend un flotteur 12 reposant sur un siège 15, ledit flotteur ayant une densité inférieure à celle du condensat issu de la zone d'échange II, ledit condensat s'écoulant par la canalisation 1. Ledit condensat ne peut s'écouler au dessous du clapet si le niveau 14 de liquide est trop bas pour excercer sur le flotteur une poussée d'Archimède suffisante pour faire monter ledit flotteur du fait du contact dudit flotteur sur le siège 15 qui crée l'obturation du conduit 1 (c'est le cas représenté sur la Figure 5). Lorsque le condensat s'accumule au-dessus du siège 15, le niveau 14 du liquide s'élève et atteint une hauteur telle que la poussée d'Archimède excercée sur le flotteur 12 est suffisante pour faire monter ledit flotteur, qui, ne reposant plus sur son siège 15, laisse passer le condensat dans la canalisation 1, vers la zone d'échange I (c'est le cas représenté sur la Figure 6). Si le débit du condensat issu de la zone d'échange II est supérieur au débit d'écoulement dans la canalisation 1 vers la zone d'échange I, le niveau 14 du liquide s'élève et le flotteur 12 s'élève également jusqu'à la butée 13 qui empêche ledit flotteur de poursuivre sa montée, mais est disposée de manière telle qu'elle permet au niveau 14 du liquide de poursuivre sa montée dans la canalisation 1.

Si le débit du condensat issu de la zone d'échange II est inférieur au débit d'écoulement dans la canalisation 1 vers la zone d'échange I, le niveau 14 du liquide s'abaisse et le flotteur 12 s'abaisse également jusqu'à ce qu'il vienne reposer sur le siège 15 provoquant ainsi l'obturation de la canalisation 1 et interdisant de ce fait au tampon liquide subsistant au-dessus de la zone de contact du flotteur 12 sur son siège 15 de s'écouler dans la canalisation 1 vers la zone d'échange I.

La masse du flotteur 12 sera par exemple supérieure ou égale à une valeur telle qu'elle suffise, sans tampon liquide dans le clapet 11, à s'opposer au passage du mélange non-azéotropique de la zone d'échange II dans la zone d'échange I. La hauteur séparant le niveau correspondant à la portée du flotteur 12 sur son siège 15 du

niveau 14 de liquide minimum correspondant au début de soulèvement du flotteur 12 sera telle que la pression hydrostatique de la colonne de condensat comprise entre ces deux niveaux soit suffisante pour s'opposer au passage du mélange non-azéotropique de la zone d'échange II dans la zone d'échange I.

Le choix de la masse et des autres caractéristiques du flotteur 12 dépend en particulier du choix du mélange non-azéotropique et notamment de sa densité.

L'emploi d'un système (11) tel que celui représenté sur les Figures 5 et 6 est particulièrement bien adapté au cas où le transfert de chaleur entre le fluide relativement chaud (A) et le fluide relativement froid (B) comporte un ou plusieurs régimes transitoires ledit système (11) assurant en plus, dans ce cas, une certaine régulation de la circulation du fluide caloporteur.

Il est nécessaire que le système (11) soit situé à un niveau tel que, avant la mise en fonctionnement du procédé, la pression hydrostatique de la colonne de liquide existante au repos et/ou la masse du flotteur soit suffisante pour s'opposer lors du démarrage au passage du mélange non-azéotropique de la zone d'échange (I) dans la zone d'échange (II) par l'intermédiaire de la conduite 1 (voir Figure 3 ou 4), c'est-à-dire pour imposer le sens de circulation du fluide caloporteur.

Lors du fonctionnement des dispositifs décrits ci-dessus, le mélange non-azéotropique arrive à l'état liquide par la canalisation 1 et entre dans la zone d'échange I par son extrémité 7.

Le mélange est vaporisé progressivement, au moins en partie au fur et à mesure de sa progression entre les extrémités 7 et 8 de la zone d'échange I, avec une élévation de température qui correspond au moins en partie à l'intervalle de vaporisation dudit mélange. De cette manière, la température du mélange pourra évoluer selon un profil de température parallèle à l'évolution de température du fluide extérieur qui se refroidit entre l'entrée 2 et la sortie 3 de la zone d'échange I. Pour réaliser de telles conditions d'échange, il est souhaitable de sélectionner le mélange de manière à ce que l'intervalle de vaporisation soit aussi proche que possible de l'intervalle de variation de la température du fluide extérieur et il est important de réaliser l'échange dans des conditions aussi proches que possible de l'échange à contre-courant. Le mélange formant le fluide caloporteur sera avantageusement choisi de manière à ce que le rapport $\Delta T / \Delta T'$ de l'intervalle de vaporisation (ΔT) dudit fluide caloporteur à l'intervalle de variation de température ($\Delta T'$) du fluide relativement chaud (A) circulant dans la zone d'échange (I) soit de 0,6:1 à 1,5:1 et de préférence de 0,8:1 à 1,2:1. Lorsque l'échange thermique aura lieu avec de l'air ou avec un gaz, la batterie d'échange sera, de préférence, conçue pour permettre un mode d'échange mixte contre-courant/courants croisés.

La phase vapeur de mélange non-azéotropique obtenue à l'extrémité 8 de la zone d'échange I tend à se déplacer de bas en haut, du fait de sa densité relativement faible ; elle traverse la réserve (R) et passe dans le conduit 4 pour parvenir à l'extrémité 9 de la zone d'échange II dans laquelle le mélange non-azéotropique est condensé progressivement au moins en partie, au fur et à mesure de sa progression entre les extrémités 9 et 10 de la zone d'échange II ; avec un abaissement de température qui correspond au moins en partie à l'intervalle de condensation dudit mélange.

L'ensemble du circuit est sensiblement isobare, les variations de pression étant seulement liées aux pertes de charge dues à la circulation du mélange et induites par la réserve (R), et/ou induites par la présence du système - (11). Dans ces conditions l'intervalle de condensation est le même que l'intervalle de vaporisation et au cours de l'étape de condensation le mélange suit en sens inverse - (abaissement au lieu d'élévation de température) une évolution sensiblement identique à l'évolution de température suivie au cours de l'étape de vaporisation. Au cours de ladite étape de condensation le mélange se refroidit tandis que le fluide extérieur se réchauffe. Il est également avantageux de réaliser cet échange dans des conditions aussi proches que possible de l'échange à contre-courant.

La phase liquide obtenue redescend naturellement, du fait de sa densité relativement élevée, par la conduite 1 vers la zone d'échange I, sans subir ni compression ni détente.

Le mélange non-azéotropique utilisé doit comprendre au moins deux constituants ne formant pas d'azéotrope entre eux, caractérisé par des températures d'ébullition différant d'au moins 15 °C (sous la pression de travail) et de préférence d'au moins 30 °C. Chacun desdits constituants étant présent dans une proportion d'au moins 5 % - (par exemple 5 à 95 % et 95 % à 5 % dans le cas de deux constituants) en mole et de préférence d'au moins 10 % en mole.

Les mélanges utilisés peuvent être des mélanges de deux, trois (ou davantage) constituants (composés chimiques distincts). Au moins un des constituants du mélange peut être un hydrocarbure dont la molécule comprend par exemple de 3 à 8 atomes de carbone, tels que le propane, le butane normal, l'isobutane, le pentane normal, l'isopentane, le néopentane, l'hexane normal, l'isohexane, l'heptane normal, l'isoheptane, l'octane normal et l'isooctane ainsi qu'un hydrocarbure aromatique tels que le benzène et le toluène ou un hydrocarbure cyclique tels que le cyclopentane et le cyclohexane.

Le mélange utilisé peut contenir un fluide halogéné du type "fréon" (CFC) ou être formé par un mélange de fluides halogénés du type "fréon" (CFC) ; parmi ces fluides, on peut citer, le trifluorométhane CHF_3 (R23), le chlorotrifluorométhane CClF_3 (R13), le trifluorobromométhane CF_3Br (R13B1), le chlorodifluoro-rométhane CHClF_2 (R22), le chloropentafluoroéthane $\text{CClF}_2\text{-CF}_3$ - (R115), le dichlorodifluorométhane CCl_2F_2 (R12), le difluoroéthane CH_3CHF_2 (R152a), le chlorodifluoroéthane $\text{CH}_3\text{-CClF}_2$ (R142b), le dichlorotétrafluoroéthane $\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$ - (R114), le dichlorofluoro-méthane CHCl_2F (R21), le trichlorofluorométhane CCl_3F (R11), le trichlorotrifluoroéthane $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ (R113), le dichlorohexafluoropropane (R216).

L'un au moins des constituants du mélange pourra être un azéotrope de composés chlorofluorocarbonés, corps qui à la propriété de se comporter comme un fluide pur ; parmi les principaux azéotropes utilisables, on peut citer :

-R500 : azéotrope de R12/R152a (73,8 %/26,2 % en poids)

-R501 : azéotrope de R22/R12 (75 %/25 % en poids)

-R502 : azéotrope de R22/R115 (48,8 %/51,2 % en poids)

-R503 : azéotrope de R23/R13 (40,1 %/59,9 % en poids)

-R504 : azéotrope de R32/R115 (48,2 %/51,8 % en

poids)

-R505 : azéotrope de R12/R31 (78,0 %/22,0 % en poids)

5 -R506 : azéotrope de R31/R114 (55,1 %/44,9 % en poids)

10 D'autres types de mélanges sont des mélanges comprenant de l'eau et au moins un second constituant miscible avec de l'eau tels que les mélanges formés d'eau et d'ammoniac, les mélanges formés d'eau et d'une amine telle que la méthylamine ou l'éthylamine, les mélanges formés d'eau et d'une cétone telle que l'acétone.

15 Il est en général avantageux de choisir des mélanges non-azéotropiques de composition particulière de manière à ce que l'intervalle de vaporisation/condensation soit ajusté en fonction des intervalles de température sur les fluides extérieurs. Les avantages résultant du choix de ces compositions ne sont effectifs que si ledit mélange non-azéotropique est associé à l'emploi des modes d'échange globalement à contre-courant.

20 Selon le procédé de l'invention décrit par les Figures 1 à 4, la zone d'échange I à travers laquelle passe le fluide chaud se trouve au dessous de la zone d'échange II à travers laquelle passe le fluide froid. Dans ces conditions la phase liquide condensée à la sortie de la zone d'échange II s'écoule par gravité vers la zone d'échange I. Un critère important de sélection du mélange de non-azéotropique sera la densité de la phase liquide dans le conduit 1.

25 Les zones d'échange I et II sont constituées en général par des échangeurs de type classique dans lesquels les échanges de chaleur sont effectués globalement à contre-courant.

30 Dans certaines applications et en particulier lorsque l'échange de chaleur est effectué avec de l'air la réalisation d'un mode d'échange à contre-courant pur est difficilement réalisable ; dans ces cas, l'utilisation de batteries d'échanges telle que celles représentées sur les Figures 8 à 11 permettant un échange mixte courants croisés/contre-courant est particulièrement avantageuse. Les dispositifs d'échange de chaleur, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, en particulier ceux qui concernent un échange de chaleur entre deux courants gazeux, l'un relativement chaud dans la zone d'échange (I) et l'autre relativement froid dans la zone d'échange (II) comprennent dans chacune des zones au moins un élément échangeur permettant de réaliser un échange de chaleur globalement à contre-courant le ou lesdits éléments échangeurs étant 35 avantageusement formés par au moins un élément creux ou tube, avantageusement muni d'ailettes ; le mélange non-azéotropique formant le fluide de travail étant au moins en partie vaporisé dans ladite zone d'échange (I) formée par au moins ledit élément creux ou tube et de préférence formée par un ensemble d'éléments creux ou tubes, et ledit fluide de travail étant condensé dans ladite zone d'échange (II) formée par au moins ledit élément creux ou tube, la phase liquide obtenue au cours de ladite étape de condensation dans ladite zone d'échange (II) revenant par au moins un conduit ou une jonction reliant lesdites zones d'échanges (I) et (II) par gravité à ladite zone d'échange - (I), la vapeur formée dans ladite zone (I) retournant après avoir traversé la réserve (R) par au moins un deuxième conduit ou jonction, ledit deuxième conduit ou jonction étant distinct dudit premier conduit ou jonction.

65 Divers dispositifs, de mise en oeuvre de l'invention sont décrits ci-dessous en liaison avec les Figures 8 à 11.

Pour des raisons de simplification des schémas, la réserve (R) n'a pas été représentée sur ces figures.

Dans l'exemple de dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention représenté sur la Figure 8, la zone d'échange I correspondant à l'évaporateur est située au-dessous de la zone d'échange II correspondant au condenseur, la circulation du mélange non-azéotropique s'effectue globalement de bas en haut dans la zone I et de haut en bas dans la zone II, tandis que la circulation du gaz chaud avec lequel le mélange est mis en relation d'échange thermique dans la zone I s'effectue de haut en bas et que la circulation du gaz froid avec lequel le mélange est mis en relation d'échange thermique dans la zone II s'effectue de bas en haut de sorte que le mélange et le gaz circulent globalement à contre-courant dans les deux zones d'échange. Le dispositif de la Figure 8 comporte un ensemble d'éléments échangeurs de préférence formés par des tubes ailetés de longueur approximativement égale, disposés les uns sous les autres de telle sorte que pour chaque ensemble de tubes correspondant à chacune des zones leurs axes longitudinaux soient approximativement parallèles, situés approximativement dans le même plan vertical et que ces éléments échangeurs 20, 21 et 22 de la zone I d'une part et 23, 24 et 25 de la zone II d'autre part soient reliés hydrauliquement "en série" par des jonctions ou conduits approximativement verticaux, telles les jonctions 26 et 27 pour les éléments échangeurs de la zone I et les jonctions 28 et 29 pour les éléments échangeurs de la zone II. L'extrémité laissée libre de l'élément échangeur situé au niveau le plus bas de la zone I étant relié à l'extrémité laissée libre de l'élément échangeur situé au niveau le plus bas de la zone II par un élément de jonction ou conduit 31 et l'extrémité laissée libre de l'élément échangeur situé au niveau le plus haut de la zone I étant reliée à l'extrémité laissée libre de l'élément échangeur situé au niveau le plus haut de la zone II par un élément de jonction ou conduit 30.

Lors du fonctionnement la différence des densités du mélange non-azéotropique contenu dans les jonctions 30 et 31 établissant la communication entre les zones d'échanges I et II induit un effet de thermosiphon qui provoque la circulation du mélange dans les dispositifs d'échanges selon le sens indiqué par les flèches sur la Figure 8.

L'Homme de l'art est à même d'envisager diverses modifications de ce dispositif permettant son fonctionnement optimal en liaison avec les conditions particulières du transfert à réaliser ; en particulier le nombre d'éléments échangeurs et de préférence de tubes ailetés peut varier dans de larges limites. Un dispositif similaire à celui de la Figure 8 est représenté sur la Figure 9. Les numéros de référence mentionnés sur la Figure 9 désignent les mêmes éléments que sur la Figure 8. Dans le dispositif préféré de la Figure 9 comportant des tubes ailetés lesdits tubes ont leurs axes longitudinaux inclinés les uns par rapport aux autres et inclinés par rapport à l'horizontale de telle manière que l'extrémité laissée libre du tube aileté situé au niveau globalement le plus bas de la zone I soit à un niveau inférieur à celui de l'autre extrémité dudit tube et l'extrémité laissée libre du tube situé au niveau globalement le plus bas de la zone II étant à un niveau inférieur à celui de l'autre extrémité dudit tube. Les extrémités laissées libres de ces deux tubes 20 et 23 étant reliées entre elles par le tube de jonction 31.

L'extrémité laissée libre du tube situé au niveau globalement le plus haut de la zone I étant à un niveau supérieur à celui de l'autre extrémité dudit tube et l'extrémité laissée libre du tube situé au niveau globalement le plus haut de la

zone II étant à un niveau supérieur à celui de l'autre extrémité dudit tube. Les extrémités laissées libres de ces deux tubes 22 et 25 étant reliées entre elles par le tube de jonction 30.

Un autre exemple de dispositif de mise en oeuvre du procédé selon l'invention est représenté sur les Figures 10 et 11. Les échangeurs sont des batteries formées de nappes qui se correspondent comme dans le cas de la Figure 10 nappe par nappe avec un décalage dans le sens vertical entre l'ensemble de nappes formant la batterie correspondant à la zone d'échange I et à celle correspondant à la zone d'échange II. Chacune desdites nappes peut, telle la nappe 40 représentée sur la Figure 10, être par exemple constituée d'un seul tube coudé, comme schématisé sur la Figure 10, de telle sorte que les tronçons linéaires 41 dudit tube disposés entre les coudes 43 et 44, et les tronçons linéaires extrêmes 42 et 56 soient approximativement parallèles, lesdits tronçons linéaires 42 et 56 étant reliés aux tronçons 41 par les coudes 43, lesdits tronçons linéaires étant approximativement de même longueur et leur axes longitudinaux se situant approximativement dans le même plan horizontal. Les plans approximativement horizontaux correspondants à chacune des nappes disposées dans chacune des zones I et II sont de préférence sensiblement équidistants et chaque nappe de la zone I est reliée à une nappe homologue de la zone II située sur un plan sensiblement horizontal se trouvant à un niveau globalement supérieur au niveau du plan sensiblement horizontal de ladite nappe de la zone I. La liaison entre le tube constituant une nappe de la zone I et le tube constituant la nappe homologue de la zone II s'effectue par mise en communication des tronçons linéaires situés aux extrémités de chacune des deux nappes homologues, les axes longitudinaux desdits tronçons linéaires placés aux extrémités de chacune des deux nappes homologues étant situés de préférence deux à deux dans les mêmes plans verticaux ; cette mise en communication peut être par exemple réalisée de manière continue par le même tube ou conduit constituant lesdites nappes. Selon la disposition schématisée sur la Figure 10 la nappe 40 de la zone II est en communication avec la nappe 45 de la zone I par l'intermédiaire des portions de tubes 46 et 47, l'ensemble des nappes étant contenu dans un caisson 48, les nappes de la zone I étant séparées des nappes de la zone II par une paroi 49 à travers laquelle passent les parties de tubes (tels que 46 et 47 reliant les nappes 40 et 45) qui mettent en communication les paires de nappes homologues.

Lorsqu'il s'agit d'assurer le transfert thermique entre deux gaz, par exemple entre l'air extrait d'un immeuble et l'air frais qui y est introduit, les tubes constituant de préférence les nappes telles qu'elles sont schématisées sur la Figure 10 sont de préférence munis d'ailettes extérieures 50, comme schématisé sur la coupe suivant l'axe A-A - (Figure 10A), afin de développer la surface d'échange entre le gaz et les parois de chacun des éléments échangeurs. Les parois du caisson 48 sont avantageusement disposées de telle sorte que les espaces laissés libres autour des nappes soient réduits au minimum possible, les parois verticales, parallèles aux tronçons linéaires des tubes constituant les nappes comportant des ouvertures permettant le passage horizontal du gaz chaud dans la zone I et du gaz froid dans la zone II ; les cheminements desdits gaz dans les zones I et II étant globalement de même direction mais orientés en sens opposés.

Les différences de température entre les faces 51 d'entrée du gaz chaud et 52 de sortie de ce même gaz de la zone I d'une part et les faces 53 d'entrée du gaz froid et 54 de sortie de ce même gaz de la zone II d'autre part

induisent une différence de densité du mélange non-azéotropique au niveau des portions 46 et 47 des tubes de liaison des nappes 40 et 45 des zones II et I qui conduit le mélange à circuler par effet thermosiphon dans le sens indiqué par les flèches sur la Figure 10.

Une disposition particulièrement avantageuse et préférée selon l'invention des nappes dans les zones I et II consiste à réaliser des nappes inclinées de telle sorte que les portions linéaires 42 et 55 du tube le plus chaud d'une nappe, c'est-à-dire situé à proximité de l'entrée d'air chaud et de la sortie de l'air froid, soient situées respectivement à des niveaux plus élevés que les portions linéaires 56 et 57 du tube le plus froid des nappes correspondantes 40 et 45 situés à proximité de la sortie de l'air chaud et de l'entrée de l'air froid.

Un autre mode d'arrangement des batteries d'échange formant l'évaporateur et le condenseur est schématisé sur la Figure 11. Le condenseur disposé dans la zone d'échange II comporte les nappes globalement horizontales 60, 61 et 62 similaires ou identiques à celles décrites en liaison avec la Figure 10, dont les portions linéaires extrêmes 63, 65 et 67 situées au voisinage de la sortie de l'air froid communiquent avec un collecteur vertical 69, qui peut être par exemple un tube de diamètre suffisamment grand par rapport au diamètre des tubes de l'échangeur, et les portions linéaires extrêmes 64, 66 et 68 situées au voisinage de l'entrée de l'air froid communiquent avec un collecteur vertical 70 qui peut également être par exemple un tube par exemple identique à celui formant le collecteur 69. Dans le cas où les collecteurs 69 et 70 sont des tubes, le diamètre de ces tubes est avantageusement supérieur ou égal à 2 fois et de préférence au moins de 3 fois le diamètre des tubes employés pour réaliser les échangeurs.

L'évaporateur situé dans la zone d'échange I comporte les nappes 71, 72 et 73 ayant la même configuration que les nappes décrites en liaison avec la Figure 10 mais dont les axes longitudinaux, des tubes les constituant sont placés selon des plans globalement verticaux. Les trois nappes 71, 72 et 73 sont reliées hydrauliquement "en série", la portion linéaire la plus haute de la nappe 73 située à proximité de la sortie de l'air relativement chaud étant en communication avec la portion linéaire la plus basse de la nappe 72, ladite nappe 72 étant en communication par sa portion linéaire la plus haute avec la portion linéaire la plus basse de la nappe 71 située à proximité de l'entrée de l'air chaud. Les nappes extrêmes 71 et 73 de la zone I sont reliées respectivement aux collecteurs 69 et 70, la portion linéaire 78 la plus haute de la nappe 71 communiquant avec l'extrémité 77 la plus haute du collecteur 69, et la portion linéaire la plus basse de la nappe 73 communiquant avec l'extrémité la plus basse 74 du collecteur 70, ladite extrémité basse 74 étant à un niveau suffisamment au dessous du plan horizontal moyen de la nappe la plus basse 62 de la zone II pour que le niveau supérieur du liquide formé par les condensats issus des nappes de la zone II n'atteigne de préférence pas durant le fonctionnement, le niveau de la jonction 75 de la nappe 62 avec le collecteur 70 et la portion linéaire 76 la plus basse de la nappe 73 de la zone I étant située à un niveau inférieur au niveau moyen du plan de la nappe 62 et inférieur au niveau de la jonction 75. Lors du fonctionnement, la différence des densités du mélange non-azéotropique contenu dans les collecteurs 69 et 70, respectivement au moins en partie sous forme vapeur et liquide induit un effet de thermosiphon qui provoque la circulation du mélange dans le dispositif d'échange selon le sens

indiqué par les flèches sur la Figure 11. La Figure 11A représente une coupe suivant l'axe A-A du dispositif représenté sur la Figure 11 dans le cas où les tubes des nappes de la zone II sont munis d'ailettes extérieures 80.

5 Dans les dispositifs de mise en oeuvre du procédé selon l'invention tels que ceux représentés sur les Figures 8 à 11, les éléments utilisés pour la réalisation des échangeurs sont avantageusement des tubes de diamètre intérieur de 4 à 50 mm et de préférence de 6 à 30 mm, la distance entre les plans approximativement parallèles des nappes est de préférence comprise entre 20 et 300 mm et les ailettes (50, 80) peuvent avoir n'importe quelle forme, elles peuvent être par exemple rondes, carrées ou rectangulaires, la distance entre les plans de deux ailettes successives est avantageusement de 1,8 à 25 mm. Les ailettes peuvent aussi être hélicoïdales, le pas de l'hélice uniforme ou variable étant de préférence de 1,8 à 25 mm. Les éléments utilisés pour la réalisation des échangeurs peuvent également être des éléments creux de section carrée, rectangulaire ou quelconque permettant la circulation du fluide de travail et un échange de chaleur efficace avec les fluides extérieurs. On peut aussi employer des échangeurs platulaires. Là où les matières utilisées pour réaliser les échangeurs sont en général le cuivre, l'acier, l'aluminium ou des alliages de métaux ; mais on peut également envisager l'emploi de matière plastique. L'Homme de l'Art est à même de prévoir tous moyens nécessaires à la bonne marche des installations et non représentés sur les Figures, tel que par exemple des moyens de purge et de vidange, ainsi que d'envisager diverses modifications des dispositifs décrits ci-dessus permettant leur fonctionnement optimal dans les conditions particulières des transferts à réaliser.

35 Les dispositifs décrits ci-dessus comportent également des moyens pour faire circuler le fluide chaud (A) et des moyens pour faire circuler le fluide froid (B) tel que par exemple des ventilateurs lorsque les deux fluides sont des gaz, en particulier de l'air.

40 Deux exemples ci-dessous décrivent deux cas particuliers d'application de la technique proposée par l'invention.

EXEMPLE 1

45 Considérons un exemple d'échange eau/eau correspondant à la Figure 1 ; le fluide (A) est constitué par de l'eau qui traverse la zone d'échange I ; il pénètre par le conduit 2 à une température initiale de 40 °C et est refoulé par le conduit 3, à une température finale de 25 °C - (conditions 1).

50 Le fluide caloporteur est un mélange binaire constitué de 80 % en moles de dichlorodifluorométhane R12 et de 20 % en moles de trichloro-fluorométhane R11. Le fluide contenu initialement dans la réserve (R), est un mélange binaire constitué de R12 et R11 de concentration respective en moles 52 % et 48 %.

55 Le mélange est vaporisé dans la zone de transfert I, par échange à contre-courant avec le fluide (A) ; il rentre dans l'échangeur, au bas du tuyau 1, à une température de 20 °C, sous une pression de 4,82 bars ; il est totalement vaporisé et ressort de la zone d'échange (I) à une température de 35 °C, sous une pression de 4,72 bars passe dans la réserve puis dans le tuyau 4. Les pertes de charge et les fuites thermiques de la phase vapeur le long du tuyau 4 sont négligées ; le mélange, suggéré dans l'exemple, est alors condensé entre 35 °C et 20 °C, température de bulle, correspondant à une pression de 4,82 bars. La condensation du mélange est assurée par

échange à contre-courant avec le fluide froid (B), constitué par de l'eau ; celle-ci entre par le tube 5 et ressort de l'échangeur II par le tube 6 ; elle est supposée réchauffée de 10 °C à 25 °C ; la hauteur hydrostatique nécessaire est de 0,90 m, compte tenu de la densité du liquide condensé et des pertes de charges du fluide dans le circuit. Notons que le mélange non-azéotropique, choisi pour cet exemple, peut permettre un recouvrement partiel entre les profils de température des fluides (A) et (B).

Durant le fonctionnement, le fluide (A) évolue et sa température d'entrée par le conduit 2 s'établit à 35 °C, sa température de sortie par le conduit 3 à 23,2 °C - (conditions 2).

Avec ces nouvelles conditions la composition du mélange gazeux à la sortie de la réserve (dans le conduit 4) est en moles de 84,5 % de R12 et 15,5 % de R11, la composition du mélange dans la réserve est de 47 % en R12 et 53 % en R11 (molaire). Le mélange entre dans la zone d'échange-I à 18,2 °C sous une pression de 4,55 bars et sort totalement vaporisé à une température de 30 °C sous une pression de 4,50 bars. Le mélange est alors condensé entre 30 °C et 18,2 °C température de bulle correspondant à une pression de 4,55 bars. La condensation du mélange est assurée par échange à contre-courant avec le fluide froid (B), constitué par de l'eau, qui est supposée réchauffée de 13,2 °C à 25 °C ; la hauteur hydrostatique nécessaire est dans ce cas de 0,45 m.

Ainsi lorsqu'on passe des conditions (1) aux conditions (2) la température de sortie d'évaporateur n'est plus suffisante pour vaporiser tout le mélange en circulation : la partie non vaporisée, plus riche en constituant lourd (R11) se déverse alors dans la réserve dont la concentration en composant lourd (R11) s'accroît de 48 % à 53 % en moles. Par contre le mélange vaporisé s'enrichit en composant léger (R12) qui passe en pourcentage molaire de 80 % à 84,5 %. Le mélange et la réserve ont donc permis l'adaptation de l'écart de température (température de bulle - température de rosée) du fluide caloporteur aux variations externes. On est ainsi passé de 20-35 °C pour le fluide - (A) évoluant de 40 à 25 °C à 18,2-30 °C pour le fluide - (A) évoluant de 35 à 23,2 °C tout en conservant l'avantage d'assurer l'échange de chaleur par chaleur latente : toute la vaporisation s'effectue dans l'évaporateur.

EXEMPLE 2

Climatisation de locaux informatiques

Les centres de calcul nécessitent une température contrôlée de l'ordre de 18 °C ; généralement, une machine à froid air/air ou eau/air est utilisée en prélevant les calories du local à conditionner, le condenseur rejetant la chaleur en terrasse ; la boucle de froid représentée sur la Figure 7 comprend alors l'évaporateur (E₁), le compresseur (K), le condenseur (E₂) et le détendeur (D). L'évaporateur E₁ est placé dans le centre de calcul 17 qui comporte les unités de calcul 16a, 16b et 16c.

Souvent en mi-saison, voire la plupart du temps, la température extérieure est inférieure à celle du local à climatiser ; dans ces conditions, le procédé décrit par l'invention peut être appliqué avantageusement, en évitant le fonctionnement du compresseur. La Figure 7 montre une sonde de température extérieure (S), qui commande, en fonction de cette température, la fermeture de deux électrovannes (EV₁) et (EV₂) placées respectivement à la sortie de l'évaporateur (E₁) et à la sortie du condenseur - (E₂) ; lorsque la température extérieure tombe au-dessous

d'une valeur choisie, les électrovannes (EV₁) et (EV₂) asservies à la sonde de température (S) se ferment, permettant ainsi l'évitement du compresseur (K) et du détendeur - (D) par les conduites 18 et 19 respectivement.

L'air du local à climatiser est refroidi en permanence de 18 °C à 8 °C avec un débit de 200 m³/h ; la puissance prélevée sur l'évaporateur (E₁) est 720 W et compense les pertes thermiques entraînées par le fonctionnement des calculateurs ou des ordinateurs. En mi-saison, l'air extérieur sera réchauffé, par exemple, de 5 °C à 15 °C ; un mélange non-azéotropique de fluides sera sélectionné pour avoir un intervalle total d'évaporation et de condensation de l'ordre de 10 °C ; dans les conditions de l'exemple, cette évaporation s'effectuera entre 6,5 °C et 16,5 °C.

Les conditions pourront évoluer, par exemple, de la façon suivante grâce au choix judicieux du mélange de fluide et à la réserve disposée en aval de l'évaporateur - (sortie de l'évaporateur) : l'air du local à climatiser est refroidi en permanence de 18 °C à 6 °C avec un débit de 200 m³/h ; la puissance prélevée sur l'évaporateur (E₁) passe à 864 W. L'air extérieur sera alors réchauffé par exemple de 8 °C à 20 °C ; le mélange s'évaporerait alors entre 7 et 19 °C.

La perte de charge admissible dans les échangeurs - (E₁) et (E₂), compensée par la hauteur hydrostatique de liquide, sera fonction de la densité du fluide à la sortie du condenseur (E₂) et de la hauteur entre les parties inférieure et supérieure de l'installation.

Si la densité du mélange de composés chlorofluorocarbonés est de l'ordre de 1,3 et en admettant une perte de charge égale à 0,40 bar dans le circuit, une hauteur de liquide (HL) de 3,20 m sera nécessaire. Le mélange utilisé est un binaire ou un ternaire de CFC choisis parmi les fluides usuels suivants, par exemple : R23, R13, R31, R32, R115, R502, R22, R501, R12, R152a, R13 B1, R500, R142b, R133a, R114, R11, R216 ou R113 ; plus généralement, le mélange comprendra au moins deux dérivés chlorofluorocarbonés du méthane ou de l'éthane dont la concentration molaire de chaque composant sera au moins égale à 5 %.

De façon générale, les hydrocarbures halogénés ont l'intérêt d'avoir une densité supérieure à celle de l'eau ; dans le procédé selon l'invention, il est recommandé de sélectionner un mélange non-azéotropique dont la densité liquide est supérieure à 1, de préférence à 1,2, afin de limiter l'encombrement de l'installation. Dans le procédé mis en oeuvre selon l'invention, les échanges de chaleur sont effectués selon un mode d'échange globalement à contre-courant ; cependant, lorsque l'échange de chaleur est effectué avec de l'air, la réalisation d'un mode d'échange à contre-courant pur est difficilement réalisable ; dans ces cas, l'utilisation de batteries d'échange permettant un échange mixte courants croisés/contre-courant sera préférable. La pression de fonctionnement du système sera de préférence supérieure à la pression atmosphérique, afin d'éviter l'entrée d'air dans le circuit. Elle sera inférieure à 3 MPa (mégapascals) et, de préférence, comprise entre 0,1 et 1,5 MPa absolus (1 à 15 bars absolus).

Dans les exemples 1 et 2 le principe de l'invention a été illustré par les Figures 1 et 7 dans lesquelles l'écoulement par gravité de phase liquide de la zone de condensation à la zone d'évaporation est obtenu en plaçant le condenseur entièrement au-dessus de l'évaporateur.

D'autres dispositions peuvent être envisagées en respectant le principe de l'invention et dans certains cas les deux échangeurs peuvent être situés au même niveau. Pour que l'écoulement de phase liquide de la zone II à la zone I soit possible, la seule condition impérative est que

l'interface de la phase liquide continue formée par condensation dans la zone II soit situé à un niveau plus élevé que le niveau de début de vaporisation dans la zone I. Dans certains cas ce niveau d'interface liquide peut se situer à l'intérieur du condenseur, la phase liquide sortant sous-refroidie du condenseur, ce qui permet de réaliser un écoulement par gravité de la phase liquide du condenseur vers l'évaporateur alors que l'évaporateur et le condenseur sont situés au même niveau.

Revendications

1 -Procédé de transfert de chaleur d'un fluide relativement chaud à un fluide relativement froid dans lequel on maintient un fluide caloporteur dans un conduit continu formant un circuit bouclé sensiblement isobare et comportant en série au moins deux zones distinctes d'échange de chaleur (I) et (II), ledit fluide caloporteur comprenant au moins deux constituants capables de s'évaporer et de se condenser en mélange non-azéotropique, la vaporisation dudit fluide caloporteur ayant lieu au moins en partie dans un domaine de température situé au moins en partie au-dessous de la température du fluide relativement chaud et la condensation dudit fluide caloporteur ayant lieu au moins en partie dans un domaine de température situé au moins en partie au-dessus de la température du fluide relativement froid, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

a) on fait circuler le fluide caloporteur en phase liquide globalement à contre-courant du fluide relativement chaud dans la zone d'échange (I) de manière à vaporiser au moins partiellement ledit fluide caloporteur,

b) on envoie ledit fluide caloporteur au moins partiellement vaporisé obtenu à l'étape (a) dans une zone d'accumulation de liquide placée sur ledit conduit continu formant une boucle, à la sortie de la zone d'échange (I) du côté où sort ledit fluide totalement ou partiellement vaporisé,

c) on envoie la phase vapeur dudit fluide caloporteur sortant de l'étape (b) dans la zone d'échange (II) sans lui faire subir de compression, ni de détente,

d) on fait circuler le fluide caloporteur en phase vapeur globalement à contre-courant du fluide relativement froid, dans la zone d'échange (II), de manière à condenser au moins partiellement ledit fluide caloporteur,

e) on recycle à l'étape (a) le fluide caloporteur en phase liquide obtenu à l'étape (d) sans lui faire subir de compression, ni de détente, la disposition des zones d'échange (I) et (II) étant telle que le niveau de l'interface de la phase liquide continue formée par condensation dans la zone (II) est situé au-dessus du niveau de début de vaporisation de ladite phase liquide continue dans la zone (I).

2 -Procédé selon la revendication 1 dans lequel les zones d'échange de chaleur (I) et (II) sont respectivement formées par au moins un élément échangeur de chaleur globalement incliné par rapport à l'horizontale de pente 0,01 à 1,75, le fluide caloporteur en phase liquide pénétrant dans ladite zone d'échange (I) en un point situé à un niveau inférieur au niveau du point auquel ledit fluide caloporteur ressort au moins partiellement vaporisé de ladite zone d'échange (I) et le fluide caloporteur en phase vapeur

pénétrant dans ladite zone d'échange (II) en un point situé à un niveau supérieur au niveau du point auquel ledit fluide caloporteur ressort au moins partiellement condensé de ladite zone d'échange (II).

5

3 -Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel un système permettant de créer un tampon liquide de fluide caloporteur est placé sur le conduit continu formant une boucle entre la sortie de la zone d'échange (II) du côté par où sort le fluide caloporteur totalement ou partiellement condensé et l'entrée de la zone d'échange (I) du côté par où rentre ledit fluide caloporteur au moins partiellement en phase liquide, ledit système étant situé à un niveau tel que lors du démarrage la pression hydrostatique du tampon liquide soit suffisante pour imposer le sens de circulation dudit fluide caloporteur.

10

15

20

4 -Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel le fluide caloporteur est constitué de deux composés chimiques distincts de points d'ébullition différant d'au moins 15 °C à la pression de travail, les proportions molaires des deux constituants étant respectivement de 5 à 95 % et de 95 à 5 %.

25

5 -Procédé selon la revendication 4 dans lequel le constituant de point d'ébullition le plus élevé du fluide caloporteur est en proportion minoritaire dans ledit fluide.

30

6 -Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel le fluide caloporteur est choisi de manière à ce que le rapport $\Delta T / \Delta T'$ de l'intervalle de vaporisation dudit fluide à l'intervalle de variation de température du fluide relativement chaud circulant dans la zone d'échange (I) soit de 0,6:1 à 1,5:1.

35

7 -Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte :

40

a) un conduit continu formant un circuit bouclé comportant en série au moins deux zones d'échange de chaleur distinctes (I) et (II) comprenant chacune au moins un élément échangeur permettant de réaliser un échange de chaleur selon un mode d'échange globalement à contre-courant avec au moins un fluide relativement chaud dans la zone d'échange (I) et au moins un fluide relativement froid dans la zone d'échange (II), la phase liquide du fluide caloporteur formée dans la zone d'échange (II) revenant par gravité jusqu'à la zone d'échange (I) et comprenant une zone d'accumulation de liquide placée sur ledit conduit continu formant une boucle à la sortie de la zone d'échange (I) du côté où sort le fluide caloporteur totalement ou partiellement vaporisé,

45

50

55

b) des moyens pour faire circuler lesdits fluides relativement chaud et relativement froid respectivement dans les zones d'échange (I) et (II).

60

8 -Dispositif selon la revendication 7 dans lequel au moins un élément échangeur de chaleur de l'une des zones (I) ou (II) est formé par au moins un tube muni d'ailettes.

65

9 -Dispositif selon la revendication 7 ou 8 dans lequel chacune des zones d'échange de chaleur (I) et (II) comporte un ensemble d'éléments échangeurs (voir Figures 8 ou 9) reliés en série, l'extrémité la plus basse de l'élément échangeur (23) situé au niveau globalement le plus bas de

10

la zone d'échange (II) étant reliée directement par un élément de jonction (31) à l'extrémité la plus basse de l'élément échangeur (20) situé au niveau globalement le plus bas de la zone d'échange (I), et l'extrémité la plus haute de l'élément échangeur (22) situé au niveau globalement le plus haut de la zone d'échange (I) étant relié directement par un élément de jonction (30) à l'extrémité la plus haute de l'élément échangeur (25) situé au niveau globalement le plus haut de la zone d'échange (II).

10 -Dispositif selon la revendication 7 ou 8 dans lequel chacune des zones d'échange de chaleur (I) et (II) est une batterie comprenant un ensemble de nappes (voir Figure 10), chaque nappe de la zone d'échange (I) étant en communication avec une nappe homologue de la zone d'échange (II) et chaque nappe de la zone d'échange (I) présentant un décalage dans le sens vertical par rapport à la nappe homologue de la zone d'échange (II) avec laquelle elle est en communication.

11 -Dispositif selon la revendication 7 ou 8 (voir Figure 11) dans lequel la zone d'échange (II) comporte une série de

nappes (60, 61, 62) globalement horizontales dont les portions linéaires extrêmes (63, 65, 67) communiquent avec un premier collecteur (69) et les portions linéaires extrêmes (64, 66, 68) communiquent avec un second collecteur (70) et la zone d'échange (I) comporte une série de nappes (71, 72, 73) globalement verticales reliées entre elles hydrauliquement en série, la portion linéaire (78) la plus haute de la nappe (71) située à proximité de l'entrée du fluide relativement chaud étant en communication avec l'extrémité la plus haute (77) dudit premier collecteur (69) et la portion linéaire (76) la plus basse de la nappe (73) situé à proximité de la sortie du fluide relativement chaud étant en communication avec l'extrémité la plus basse (74) dudit second collecteur (70), ladite portion linéaire (76) étant à un niveau inférieur au niveau moyen du plan de la nappe - (62) située au niveau globalement le plus bas de la zone d'échange (II) et à un niveau inférieur au niveau de la jonction (75) de ladite nappe (62) avec ledit second collecteur (70).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

11

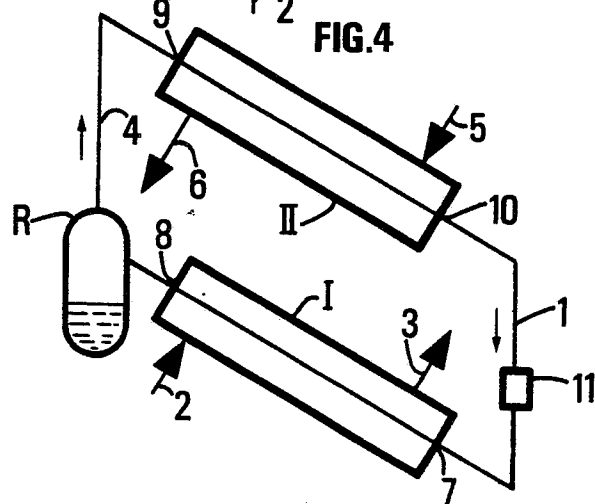
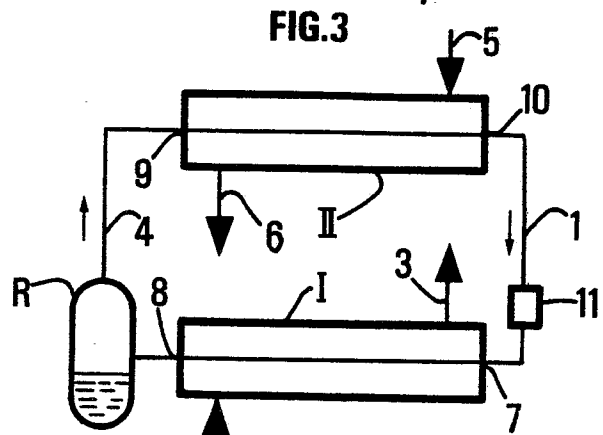
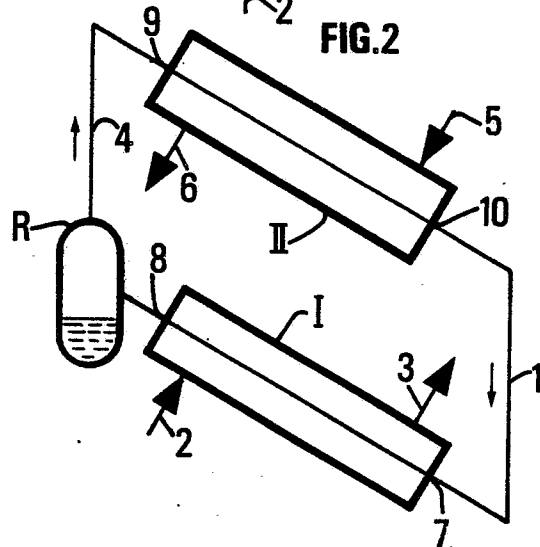
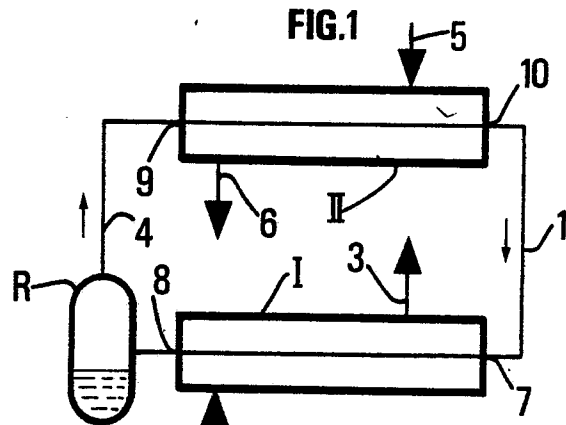


FIG.5

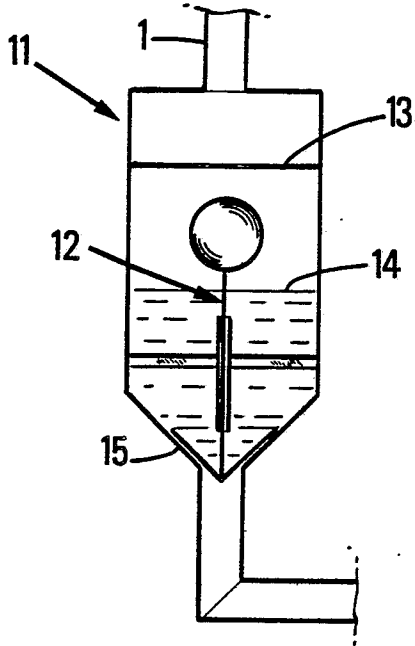


FIG.6

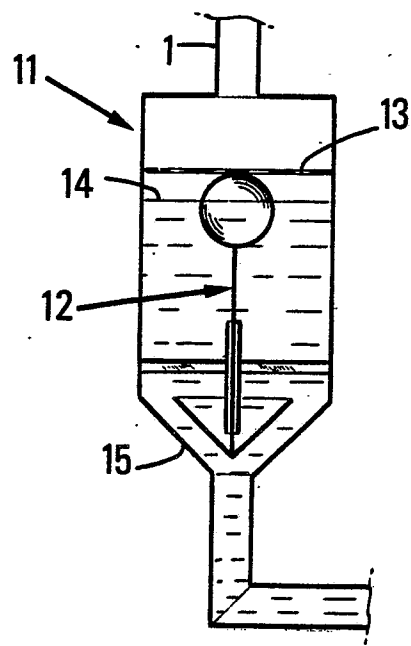


FIG.7

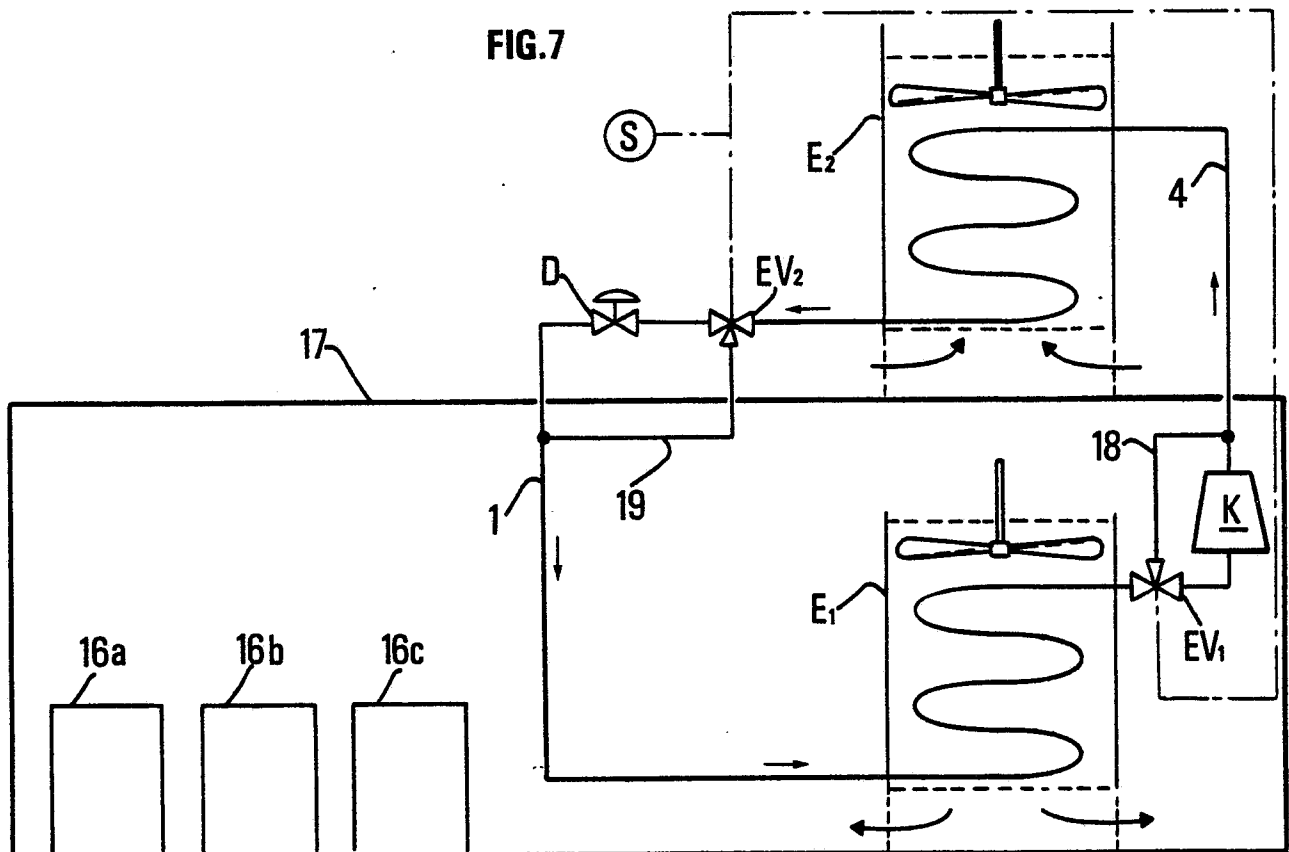


FIG.8

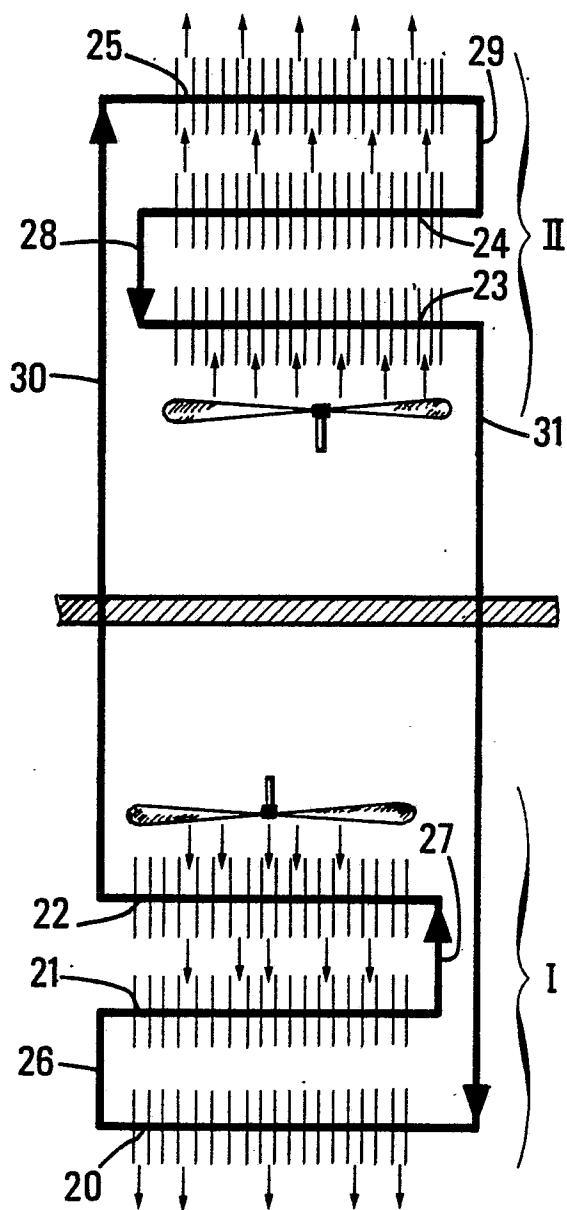
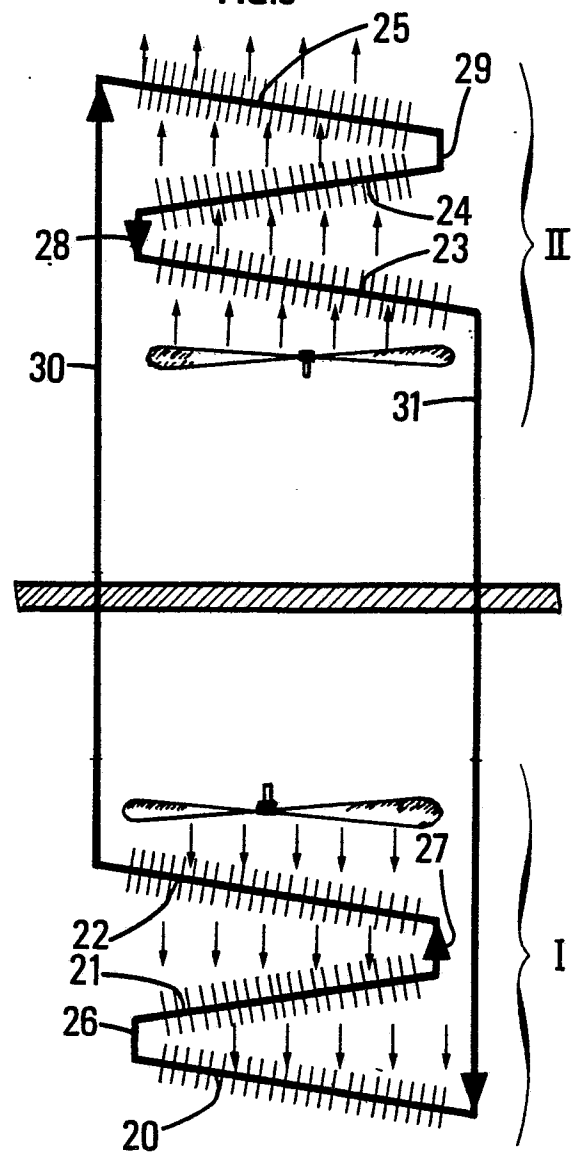
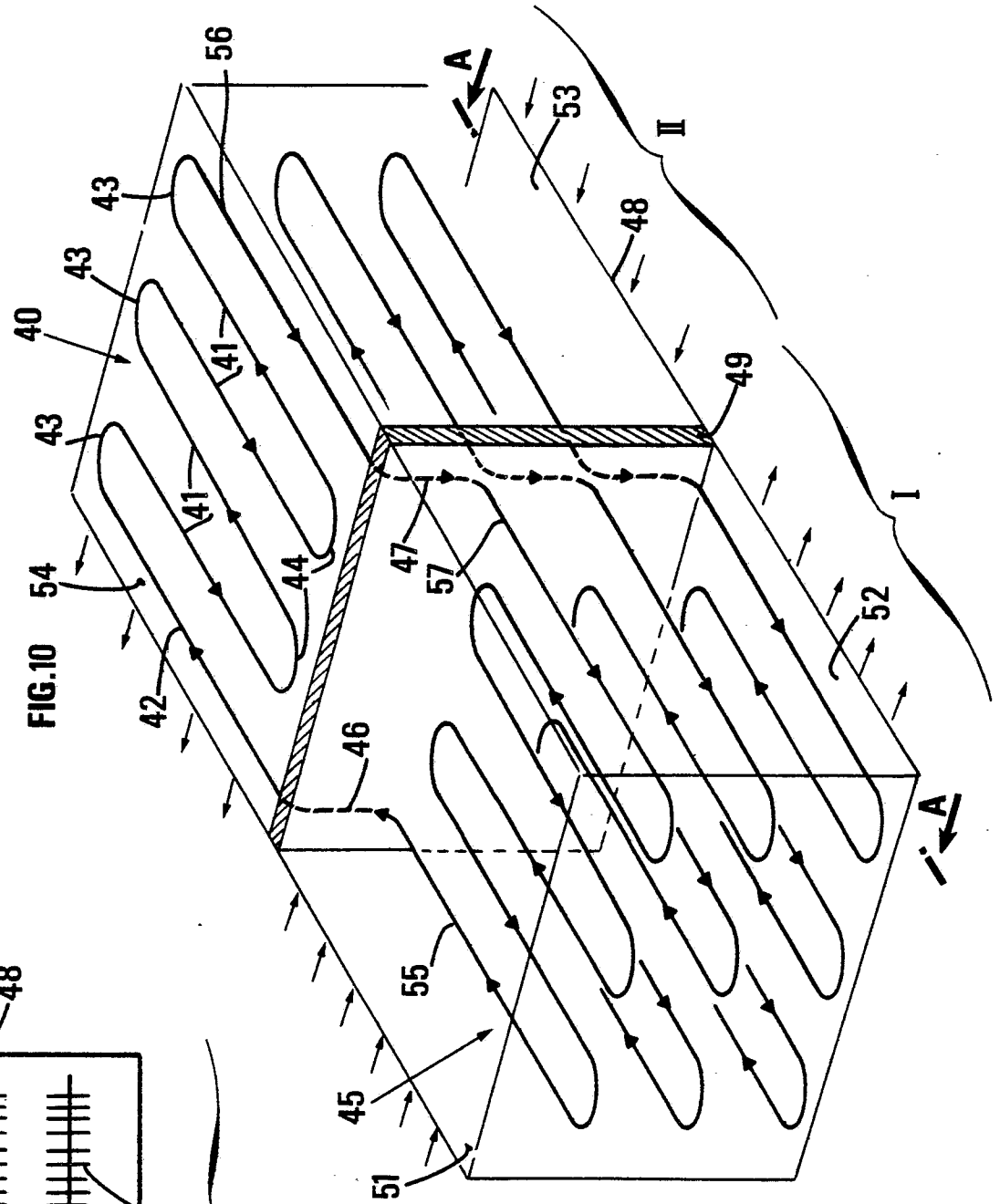
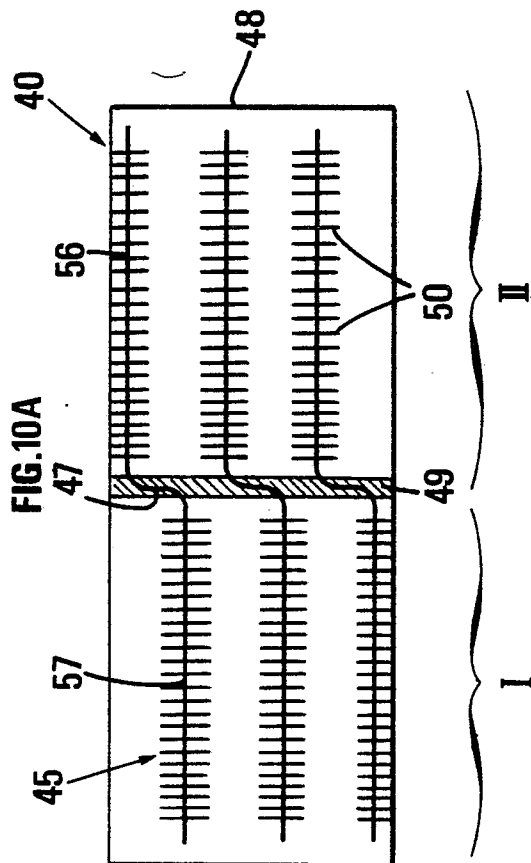
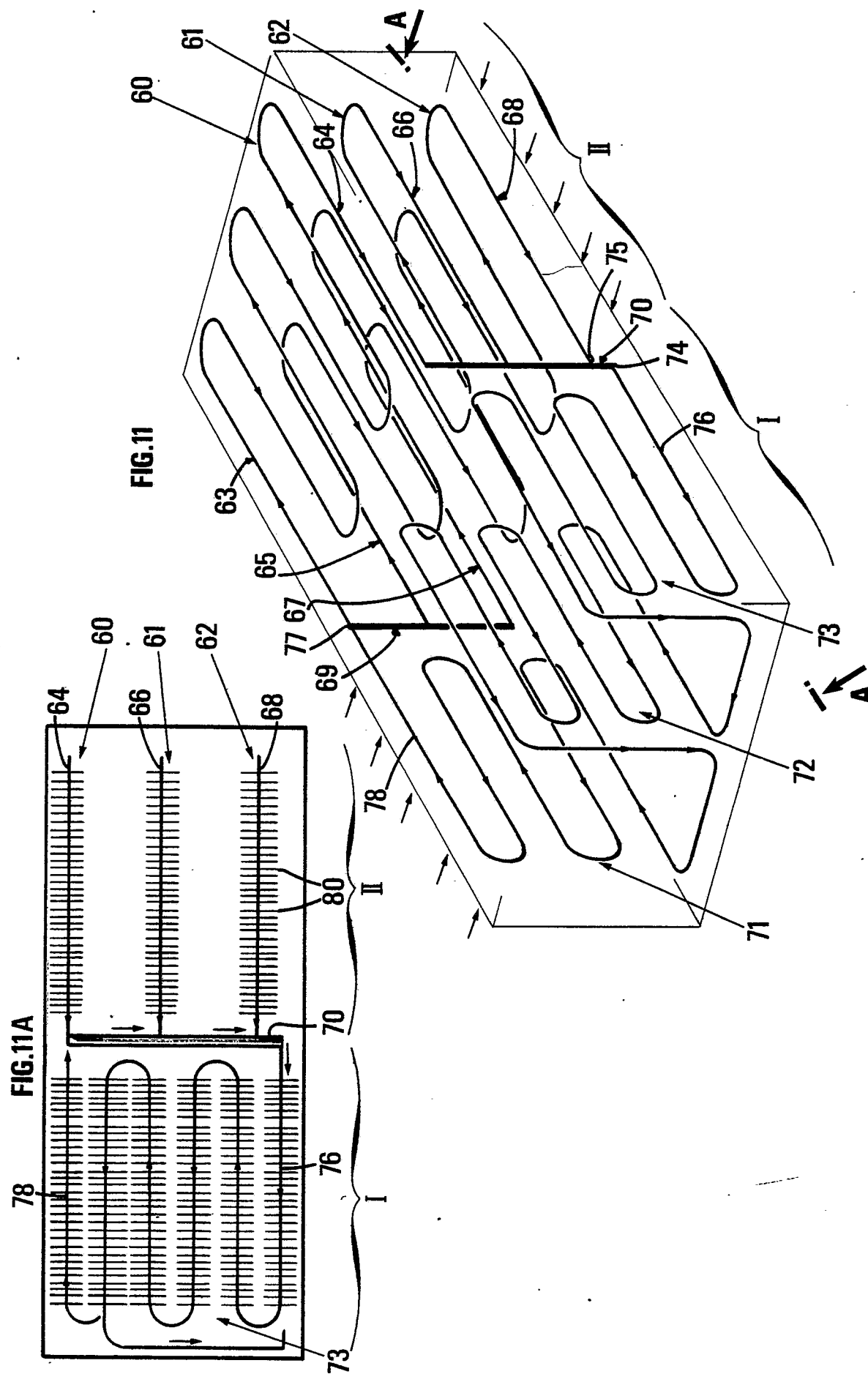


FIG.9









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. 4)
D, Y	US-A-4 216 903 (GIUFFRE) * Colonne 3, ligne 39 - colonne 4, ligne 21; colonne 5, ligne 48 - colonne 6, ligne 30; colonne 7, lignes 49-60; figures 2, 4, 5 *	1, 7	F 28 D 15/02
A		2-4	
D, Y	EP-A-0 057 120 (I.F.P.) * Page 1, lignes 4-8; page 2, ligne 41 - page 5, ligne 10; page 5, lignes 36-38; page 10, ligne 35 - page 11, ligne 20; figure 1 *	1, 7	
A		4, 5, 8	
Y	EP-A-0 021 416 (DU PONT DE NEMOURS & CO.) * Page 3, ligne 35 - page 5, ligne 34; figure *	1, 7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
A		3-5	F 28 D F 28 F F 24 D C 09 K F 25 B F 24 F F 23 L
P, A	GB-A-2 156 505 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) * Page 1, ligne 88 - page 2, ligne 45; figures 1, 2 *	1, 3	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1986	Examineur BELTZUNG F.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-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	



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. 4)
A	EP-A-0 081 395 (I.F.P.) * Page 3, lignes 16-28; page 6, lignes 5-23; page 9, lignes 16-19; figure 1 *	1,4-7	
A	--- US-A-4 439 996 (FROHBIETER) * Colonne 2, ligne 52 - colonne 3, ligne 41; figure 2 *	1,3,7	
A	--- US-A-4 218 890 (VAKIL et al.) * Colonne 3, ligne 44 - colonne 4, ligne 52; figure 2 *	1,3,7	
A	--- FR-A-1 307 972 (HUET) * Page 1, colonne de gauche, ligne 36 - colonne de droite, ligne 8; page 2, colonne de gauche, lignes 19-49; page 2, colonne de droite, lignes 4-11; figures 1,2 *	1,7	
A	--- FR-A-2 446 455 (DAIKIN KOGYO CO., LTD.; NIPPON ELECTRIC CO., LTD.) * Page 4, lignes 18,19; figure 10 *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
A	--- DE-A-3 203 734 (REISINGER) * Page 6, lignes 1-23; figure 1 *	3	
	--- -/-		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1986	Examineur BELTZUNG F.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-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			



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.4)
A	HEATING/PIPING/AIR CONDITIONING, vol. 44, no. 4, avril 1972, pages 100-102, Stamford, GB; R.K. FERGIN: "Heat recovery devices for air conditioning" * Page 100, lignes 28-37; figure 3 *	8,9	
A	--- US-A-3 623 549 (SMITH) * Colonne 2, lignes 52-75; figure *	10	
A	--- FR-A-2 353 037 (ECONO-THERM ENERGY SYSTEMS CORP.) * Figure 14 *	10	
A	--- EP-A-0 046 716 (C.E.A.) * Page 7, lignes 25-32; figure 3 *	11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	--- REVUE PRATIQUE DU FROID ET DU CONDITIONNEMENT D'AIR, vol. 38, no. 576, mai 1984, pages 60-65, Paris, FR; T. CHRISTIE: "Un nouveau fluide frigorigène non azéotropique pour PAC réversibles" -----	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13-06-1986	Examineur BELTZUNG F.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-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	