

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 82400042.6

(51) Int. Cl.³: **F 25 B 9/00**
F 25 B 29/00

(22) Date de dépôt: 11.01.82

(30) Priorité: 15.01.81 FR 8100847

(43) Date de publication de la demande:
04.08.82 Bulletin 82/31

(84) 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)

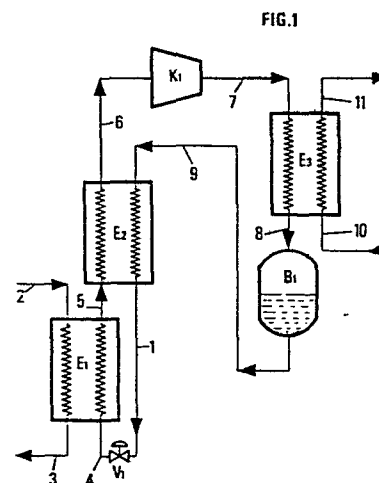
(72) Inventeur: Rojey, Alexandre
29-33, rue Henri Régault
F-92380 Garches(FR)

(72) Inventeur: Ramet, Claude
28, rue Jacques Baudry
F-75015 Paris(FR)

(54) Procédé de chauffage et de conditionnement thermique au moyen d'une pompe à chaleur à compression fonctionnant avec un fluide mixte de travail et appareil pour la mise en oeuvre dudit procédé.

(57) Production de chaleur au moyen d'une pompe à chaleur comprenant un compresseur (K1), un condenseur (E3), un détendeur (V1) et un évaporateur (E1), ladite pompe fonctionnant avec un fluide de travail mixte.

Le fluide de travail entièrement condensé au contact d'un fluide extérieur (E3) est sous-refroidi dans un échangeur (E2) tandis que la vaporisation du fluide de travail détendu, commencée au contact d'un fluide extérieur (E1), est poursuivie dans ledit échangeur (E2).



- 1 -

PROCEDE DE CHAUFFAGE ET DE CONDITIONNEMENT THERMIQUE AU MOYEN D'UNE
POMPE A CHALEUR A COMPRESSION FONCTIONNANT AVEC UN FLUIDE MIXTE DE TRA-
VAIL ET APPAREIL POUR LA MISE EN OEUVRE DUDIT PROCEDE.

La présente invention concerne un procédé de chauffage et de con-
ditionnement thermique au moyen d'une pompe à chaleur à compression,
fonctionnant avec un fluide mixte de travail.

L'utilisation dans une pompe à chaleur à compression d'un fluide
5 mixte de travail, non azéotropique, qui se vaporise ou se condense à une
pression donnée dans un intervalle de température, et non à une tempé-
rature fixe, permet d'améliorer le coefficient de performance de ladite
pompe à chaleur.

Par fluide mixte de travail, non azéotropique, on entend un mélange
10 d'au moins deux individus capables de se vaporiser et de se recondenser
dans le domaine de travail de la pompe sans former d'azéotrope entre eux,
en particulier deux individus chimiquement distincts (A) et (B) ne for-
mant pas d'azéotrope entre eux dans le domaine de travail de la pompe ou
un individu chimique (A) et un azéotrope (C) formé entre deux ou plu-
15 sieurs autres individus chimiques, azéotropiquement indépendant de l'in-
dividu chimique (A), ou même deux azéotropes indépendants l'un de l'au-
tre (C') et (C").

Dans un certain nombre d'applications la chaleur qui est fournie à
l'évaporateur est disponible dans un intervalle de température relative-
20 ment étroit, par exemple inférieur à 10 °C ou même dans certains cas in-
férieur à 5 °C, tandis que la chaleur doit être fournie au condenseur
dans un intervalle de température relativement large, par exemple supé-
rieur à 10 °C ou même dans certains cas supérieur à 15 °C.

Dans de tels cas l'utilisation d'un fluide mixte de travail qui se condense suivant un profil de température parallèle au profil de température du fluide extérieur auquel la pompe à chaleur fournit de la chaleur et suivant un intervalle de température voisin de l'intervalle de température dans lequel évolue ledit fluide extérieur (par intervalle de température voisin d'un autre intervalle de température, on entend deux intervalles dont la largeur est voisine, quels que soient les niveaux thermiques auxquels ils se situent) ne conduit pas à une amélioration sensible par rapport à un corps pur du fait qu'à l'évaporateur le mélange se vaporise en général suivant un intervalle de température voisin de l'intervalle de température suivant lequel il se condense et qui, s'il est voisin de l'intervalle de température suivant lequel évolue le fluide extérieur auquel la pompe à chaleur fournit de la chaleur, est largement supérieur à l'intervalle de température suivant lequel évolue le fluide extérieur sur lequel la pompe à chaleur prélève de la chaleur. Dans ce cas, le fluide mixte est mal adapté aux conditions dans lesquelles il doit opérer à l'évaporateur et n'apporte pas de gain notable par rapport au corps pur.

Le procédé selon l'invention permet d'améliorer les performances qui peuvent être obtenues dans un tel cas lorsque l'on utilise un fluide mixte. Il consiste à réaliser l'évaporation en au moins deux étapes dont au moins une première étape qui est effectuée en échangeant de la chaleur avec le fluide extérieur qui constitue la source de chaleur et au moins une deuxième étape qui est effectuée en échangeant de la chaleur avec le mélange liquide provenant de l'étape de condensation. La fraction du mélange qui est vaporisée au cours de ladite deuxième étape doit être d'au moins 5 % de ce qui est vaporisé dans l'ensemble des deux étapes pour que le procédé, selon l'invention, puisse amener un gain notable et se situe pratiquement entre 5 et 40 % en fraction molaire. Le plus souvent la fraction du mélange vaporisée au cours de la première étape se situe entre 60 et 95 % en fraction molaire de ce qui est vaporisé dans les deux étapes.

L'invention peut être décrite plus complètement en se rapportant au schéma représenté sur la Figure 1, qui représente un exemple de réalisation du procédé selon l'invention.

Le mélange arrive en phase liquide par le conduit 1. Il est détendu à travers le détendeur V1, est envoyé par le conduit 4 à l'échangeur E1

et se vaporise partiellement dans l'échangeur E1 en prélevant de la chaleur sur un fluide extérieur qui arrive par le conduit 2 et repart par le conduit 3. Le mélange liquide-vapeur, sortant de l'échangeur E1, est envoyé par le conduit 5 dans l'échangeur E2 d'où il ressort entièrement 5 vaporisé et éventuellement surchauffé par le conduit 6. Il est comprimé dans le compresseur K1 et le mélange comprimé en phase vapeur est envoyé par le conduit 7 à l'échangeur E3 où il se condense en cédant de la chaleur à un fluide extérieur qui arrive par le conduit 10 et repart par le conduit 11. Le mélange est refoulé de l'échangeur E3 par le conduit 8, 10 puis pénètre dans le ballon B1. Par le conduit 9, la phase liquide est envoyée à l'échangeur E2 dans lequel elle se refroidit en fournissant la chaleur nécessaire à la fin de vaporisation et à une éventuelle surchauffe du mélange arrivant par le conduit 5 et repartant par le conduit 6.

15 Pour tirer le maximum d'avantages du procédé selon l'invention, la composition du mélange doit être sélectionnée de manière à ce que l'intervalle de température au cours de la condensation soit voisin de la différence entre les températures d'entrée et de sortie du fluide extérieur qui est chauffé au condenseur. Ainsi, par exemple, si le mélange 20 est un mélange binaire constitué par un premier constituant majoritaire et un second constituant minoritaire, on sait que l'intervalle de température au cours de la condensation à une pression donnée augmente avec la proportion de ce second constituant et que, par conséquent, si les deux constituants ont des températures de vaporisation à l'état pur et 25 sous la même pression suffisamment différentes, à un intervalle de température donné en condensation correspond une composition bien définie. Il est également possible de choisir la composition d'un mélange de plus de deux constituants, de manière à obtenir à une certaine pression un intervalle de température donné au cours de la condensation à condition d'utiliser des constituants qui ont des températures d'ébullition à l'état 30 pur et sous la même pression suffisamment différentes.

D'autre part, pour profiter au maximum des avantages du procédé selon l'invention, il est désirable que le fluide de travail parvienne entièrement vaporisé au compresseur. Pour cela, le détenteur V1 doit assurer 35 surer une pression après détente telle que le mélange sorte complètement vaporisé à la sortie de l'échangeur E2.

Cette condition fait apparaître un des avantages du procédé selon l'invention. Il permet d'opérer avec une température de fin de vaporisation et une pression supérieures à celles qui seraient réalisées dans le cas des techniques habituelles impliquant une vaporisation complète à la sortie de l'échangeur E1. Il permet, d'autre part, d'entrer dans le détenteur V1 à une température beaucoup plus basse que la température à la sortie du condenseur E3 et ainsi de réduire la fraction vaporisée du fait de la détente. Il est possible ainsi de rapprocher la température de début de vaporisation du mélange de la température de bulle et ainsi d'améliorer encore les conditions de l'échange thermique dans l'échangeur E1. L'augmentation de la pression à l'entrée du compresseur présente un double avantage : elle permet d'améliorer le coefficient de performance en réduisant le taux de compression et d'augmenter la capacité thermique de la pompe à chaleur en réduisant le volume molaire à l'aspiration.

Ce deuxième avantage est particulièrement important lorsque l'on cherche à réduire l'investissement correspondant à une installation donnée. Pour en bénéficier complètement il est essentiel que le fluide mixte de travail à la sortie du condenseur E3 soit entièrement condensé. En effet, on observe que si la condensation est opérée en partie dans l'échangeur E2, même si la fraction condensée dans l'échangeur E2 est faible, il en résulte pour une puissance thermique donnée une augmentation du débit volumique à l'aspiration et par conséquent de la taille du compresseur nécessaire. En pratique, ceci amène généralement à placer le bac de réserve B1 à la sortie du condenseur E3 et ensuite à recueillir le fluide mixte de travail en phase liquide par le conduit 9 et à le sous-refroidir dans l'échangeur E2.

En définitive le procédé selon l'invention est donc caractérisé en ce que : (a) on comprime le fluide mixte de travail en phase vapeur, (b) on met en contact d'échange thermique le fluide mixte comprimé provenant de l'étape (a) avec un fluide extérieur relativement froid, et l'on maintient ce contact jusqu'à condensation sensiblement complète dudit fluide mixte, (c) on met en contact d'échange thermique le fluide mixte sensiblement complètement condensé provenant de l'étape (b) avec un fluide de refroidissement défini à l'étape (f), de manière à refroidir davantage ledit fluide mixte, (d) on détend le fluide mixte refroidi provenant de l'étape (c), (e) on met le fluide mixte détendu, provenant de l'étape

(d), en contact d'échange thermique avec un fluide extérieur qui constitue une source de chaleur, les conditions de contact permettant la vaporisation partielle dudit fluide mixte détendu, (f) on met le fluide mixte partiellement vaporisé, provenant de l'étape (e), en contact d'échange thermique avec le fluide mixte sensiblement complètement liquéfié envoyé à l'étape (c), ledit fluide mixte partiellement vaporisé constituant le fluide de refroidissement de ladite étape (c), les conditions de contact permettant de poursuivre la vaporisation commencée à l'étape (e), et (g) on renvoie le fluide mixte vaporisé, provenant de l'étape (f), à l'étape (a).

La réalisation du procédé selon l'invention peut être effectuée de manière particulièrement simple puisqu'elle n'entraîne aucune nécessité de dérivation sur le circuit principal ni aucun organe de régulation supplémentaire. Un mode de réalisation préféré comporte un ou plusieurs des adaptations suivantes :

1 - Adaptation du fluide mixte à l'intervalle de température du fluide extérieur chauffé au condenseur.

2 - Réglage de l'organe de détente (ou des organes de détente) de manière à assurer le(s) niveau(x) de pression après détente maximum, compatible(s) avec une vaporisation complète du mélange avant son entrée dans le compresseur.

Le procédé selon l'invention s'adapte donc particulièrement bien à une pompe à chaleur utilisant l'air comme source de chaleur, que ce soit une pompe à chaleur air-air ou une pompe à chaleur air-eau.

Sur la Figure 2 a été représenté un schéma de fonctionnement selon l'invention d'une pompe à chaleur air-air, destinée au chauffage de locaux, qui est illustré par l'exemple 2. Le caisson D1, contrairement au caisson D2, est situé à l'extérieur du local à chauffer, (split system), mais il est clair que le procédé de l'invention peut être mis en oeuvre dans une installation monobloc.

Le mélange détendu est partiellement vaporisé dans l'évaporateur E4. Dans l'évaporateur E4, il circule globalement à contre-courant de l'air extérieur (F_1, F_2). Cet air extérieur est aspiré à la base de l'enceinte D1 par le ventilateur hélicoïde VE1 entraîné par le moteur électrique M1 et il est rejeté à l'extérieur à travers la grille de protection GP1. L'évaporateur E4 peut être constitué, par exemple, par un tube muni d'ailettes ou d'aiguilles, de nature à améliorer l'échange et enroulé en spirale. Le mélange liquide-vapeur sortant de l'évaporateur E4

par le conduit 22 achève de se vaporiser dans l'échangeur E5 au contact du mélange arrivant par le conduit 21 et sort de l'échangeur E5 par le conduit 20 à l'état surchauffé. Il passe alors dans le compresseur hermétique HK1 d'où il ressort comprimé par le conduit 23. Il entre ensuite
5 dans l'échangeur E6 dans lequel il se condense en chauffant l'air d'un local, cet air (F_3, F_4) étant aspiré par le ventilateur centrifuge VE2 à la base de l'enceinte D2. L'échangeur E6 est formé de plusieurs batteries distinctes qui sont parcourues en série par le mélange qui circule globalement de haut en bas à contre-courant de l'air. Celui-ci est aspiré par
10 la gaine d'admission G2 et ressort de l'enceinte D2 par la gaine de refoulement G3 et circule ainsi de bas en haut. Le fluide mixte condensé ressort par le conduit 25 et il est recueilli dans le ballon B2. Le fluide mixte liquide ressort par le conduit 21 et il est sous-refroidi dans l'échangeur E5 en chauffant le fluide mixte qui se vaporise. Il re-
15 part par le conduit 24 par lequel il arrive au détendeur V2, d'où il est envoyé par le conduit 26 à l'évaporateur E4.

D'autre part, une telle installation peut prélever de la chaleur sur de l'air extérieur, mais aussi sur de l'air extrait ou une combinaison d'air extérieur et d'air extrait. Dans ce dernier cas, les points
20 d'introduction de l'air extrait et de l'air extérieur peuvent être différents.

Le procédé selon l'invention peut être également mis en oeuvre dans une pompe à chaleur utilisant de l'air comme source de chaleur et chauffant de l'eau. Dans ce cas, le condenseur de la pompe à chaleur peut être
25 constitué par exemple par un échangeur double tube opérant à contre-courant.

Lorsque l'intervalle de température selon lequel évolue le fluide extérieur qui est chauffé au condenseur de la pompe à chaleur est particulièrement large en comparaison de l'intervalle de température selon
30 lequel évolue le fluide extérieur qui sert de source de chaleur à l'évaporateur de la pompe à chaleur, il est possible de réduire l'intervalle de vaporisation en réalisant l'étape de vaporisation à deux niveaux successifs de pression. Une telle disposition est réalisée sur le schéma de fonctionnement qui est représenté sur la Figure 3 et qui est illustré
35 par l'exemple 3.

Le fluide mixte de travail est partiellement vaporisé à un premier niveau de pression P_1 dans l'échangeur E10, dans lequel il entre par le conduit 30 et ressort par le conduit 31 ; l'échange de chaleur dans E10

est effectué avec une première fraction du fluide extérieur constituant la source froide, arrivant par le tube 43 et repartant par le tube 44. La vaporisation du fluide mixte se poursuit dans l'échangeur E11, dans lequel le fluide mixte entre en mélange liquide-vapeur par le conduit 31, repart par le conduit 32 et prélève la chaleur de vaporisation sur le fluide mixte liquide, qui circule à contre-courant, pénètre dans E11 par le conduit 41 et ressort par le conduit 42. Le mélange liquide-vapeur est évacué par le canal 32 dans le ballon B3, où les phases liquide et vapeur se séparent. La phase vapeur est évacuée par le tube 33 et est aspirée, toujours à la pression P_1 , à un étage intermédiaire du compresseur K2. La disposition décrite suppose donc que la compression est effectuée en au moins deux étages.

A la sortie de B3, la phase liquide est évacuée par le conduit 34, sous-refroidie dans l'échangeur E12, puis est envoyée par le conduit 35 à travers la vanne de détente V4, où elle est détendue jusqu'à la pression basse du cycle P_2 , inférieure à P_1 . Une fois détendu dans V4, le fluide mixte est envoyé par le conduit 36 dans l'échangeur E13 et en ressort à l'état liquide vapeur par le conduit 37. L'échangeur assure la vaporisation partielle du fluide mixte à la pression P_2 , en prélevant de la chaleur sur une deuxième fraction du fluide extérieur extrait de la source froide, arrivant par le tube 45 et ressortant par le tube 46.

La fin de la vaporisation du fluide mixte et une surchauffe éventuelle est effectuée dans l'échangeur E12 ; le fluide mixte partiellement vaporisé entre dans E12 par le tube 37, en ressort par le tube 38 et prélève la chaleur nécessaire à la fin de vaporisation au liquide sous-refroidi qui entre par le conduit 34 et repart par le conduit 35.

Les niveaux de pression P_1 et P_2 obtenus à l'aide des organes de détente V3 et V4 sont fixés de manière à ce que la température du mélange liquide vapeur à l'entrée de l'échangeur E13 soit voisine de la température du mélange liquide vapeur à l'entrée de l'échangeur E10. Il est clair qu'ainsi l'intervalle de température entre le début et la fin de vaporisation est réduit. Une conséquence directe en est qu'au lieu d'avoir à comprimer tout le mélange vapeur à partir du niveau de pression P_2 , il est possible de comprimer une fraction de ce mélange vapeur à partir du niveau de pression intermédiaire P_1 supérieur au niveau de pression P_2 .

Le fluide mixte vaporisé à la pression P_2 est évacué vers le premier étage du compresseur K1 par la conduite 38 ; il est mélangé au cours

de la compression avec le fluide mixte vaporisé à la pression P_1 et aspiré par le conduit 33. Le mélange final est refoulé de K2 par le canal 39 à la pression P_3 , qui est la pression haute du cycle ($P_3 > P_1 > P_2$). Il est alors désurchauffé et condensé dans l'échangeur E14, en chauffant
5 le fluide extérieur qui arrive à contre-courant par le conduit 47 et repart par le conduit 48.

Le fluide mixte, une fois condensé, est recueilli par l'intermédiaire du tube 40 dans le ballon de stockage B4. Le fluide mixte liquide est évacué par le tube 41, est sous-refroidi dans l'échangeur E11, puis
10 envoyé par le conduit 42 à la vanne V3. Là il est détendu jusqu'à la pression intermédiaire du cycle P_1 .

Différents mélanges peuvent être utilisés, comme fluide mixte de travail, à condition de ne pas former d'azéotrope dans les conditions de fonctionnement de la pompe à chaleur. Le mélange peut être formé par
15 exemple par un mélange d'hydrocarbures ou d'hydrocarbures halogénés du type "Fréons", ou encore d'alcools, de cétones, d'esters, éthers, amines. Il peut être avantageux, notamment pour des installations fonctionnant à des températures relativement élevées, d'utiliser un mélange d'eau et d'un constituant soluble dans l'eau, tel que l'ammoniac ou encore tel
20 que le méthanol.

Un domaine d'application particulièrement important du procédé selon l'invention concerne les applications au chauffage de locaux et notamment les pompes à chaleur équipant des habitations. L'invention s'applique également aux installations qui fonctionnent en pompe à chaleur
25 en hiver et en conditionnement d'air en été et dans lesquelles le passage du fonctionnement "hiver" au fonctionnement "été" s'obtient par exemple en mettant en oeuvre une vanne d'inversion selon un principe bien connu en conditionnement d'air. Le procédé selon l'invention correspondant au schéma 3 est adapté à des applications du type chauffage industriel ou
30 collectif, dans lesquelles la variation de température du fluide de chauffage est nettement plus grande que le refroidissement du fluide provenant de la source froide.

Dans les installations de chauffage ou de conditionnement de locaux, pour des raisons de sécurité, le mélange utilisé est généralement un mélange
35 de constituants du type "Fréons". Les mélanges peuvent être ainsi formés par des mélanges binaires comportant un constituant majoritaire tel que le monochlorodifluorométhane (R-22), le dichlorofluorométhane (R-12), le chloropentafluoroéthane (R-115) ou encore un mélange azéotro-

pique tel que le R-502; azéotrope de R-22 et de R-115 et un second constituant tel que le trichlorofluorométhane (R-11), le dichlorotétrafluoroéthane (R-114), le dichlorohexafluoropropane (R-216), le dichlorofluorométhane (R-21), le monochlorotrifluorométhane (R-13), le trifluorométhane (R-23), le trifluorobromométhane (R-13B1). Des exemples spécifiques sont les suivants :

R-22 + R-11

R-22 + R-114

R-12 + R-13

10 R-502 + R-114

Le réglage de l'organe de détente qui précède l'évaporateur doit être effectué en tenant compte de la composition du mélange. Dans les pompes à chaleur utilisées pour le chauffage de locaux, le détendeur est en général pourvu d'un bulbe qui contient le réfrigérant utilisé comme fluide de travail. La pression de détente obtenue correspond à une pression telle que le même réfrigérant à la température du bulbe est surchauffé de 5 à 15 °C ; cette surchauffe étant réglée en jouant sur le tarage du détendeur. Le même type de détendeur peut être utilisé dans le cas d'un mélange. La pression après détente doit être toutefois réglée de manière à ce que le fluide mixte de travail ne soit que partiellement vaporisé au cours de l'échange avec le fluide extérieur qui sert de source de chaleur et sorte légèrement surchauffé de l'échangeur dans lequel il prélève de la chaleur sur le mélange sortant du condenseur. Ce réglage peut être effectué à la fois en jouant sur le tarage du détendeur et sur la position du bulbe ainsi que sur la nature du fluide qui remplit le bulbe qui peut être par exemple du R-22 ou du R-12. Le bulbe peut être placé en différents points et mis en équilibre de température avec le fluide mixte de travail par exemple à la fin de l'étape (e) ou à la fin de l'étape (f) ou à la fin de l'étape (c) ou encore en un point intermédiaire de l'une quelconque de ces étapes.

On conçoit qu'il est possible soit d'augmenter la pression si l'on constate que la surchauffe à la fin de l'étape (f) est excessive en déplaçant le bulbe vers un point dont la température est plus élevée, soit de diminuer la pression en déplaçant le bulbe vers un point dont la température est plus basse. En utilisant une telle disposition, il est possible d'obtenir un réglage automatique de la pression dans l'évaporateur en réponse à une variation de la température extérieure.

Les conditions de fonctionnement sont choisies en général de manière à ce que la pression du mélange dans l'évaporateur soit supérieure à la pression atmosphérique et que la pression du mélange dans le condenseur n'atteigne pas des valeurs excessives, par exemple supérieures à 30 bar.

La température d'entrée du fluide extérieur qui sert de source de chaleur est généralement supérieure à Q °C pendant au moins une partie de la durée de fonctionnement de la pompe à chaleur au cours de l'année.

5 L'appareil mettant en oeuvre le procédé peut être réalisé en utilisant différents équipements pour chacun des composants.

Ainsi l'échangeur dans lequel est effectuée l'étape finale de vaporisation qui s'effectue par échange avec le mélange sortant du condenseur peut être par exemple un échangeur double tube, différents types
10 d'ailettes pouvant être introduits soit dans le ou les tubes intérieurs et l'espace annulaire entre le ou les tubes intérieurs et le tube extérieur. Dans ce cas, il pourra être avantageux de faire circuler le mélange sortant du condenseur dans le ou les tubes intérieurs de manière à obtenir des vitesses de passage plus élevées.

15 Ledit échangeur pourra être également constitué par un échangeur à plaques planes ou encore en spirale, la seule condition à respecter étant de réaliser un échange qui soit le plus proche possible d'un contre-courant pur.

Les échangeurs en contact avec les fluides extérieurs, c'est-à-dire
20 l'évaporateur et le condenseur, peuvent être également de type quelconque à condition d'être adaptés à la nature du fluide extérieur avec lequel s'effectue l'échange.

Le compresseur peut être par exemple un compresseur à piston lubrifié du type hermétique ou du type ouvert, un compresseur à piston sec ou
25 pour des puissances supérieures, un compresseur à vis ou un compresseur centrifuge.

Les Figures 1, 2 et 3 qui servent à illustrer l'invention ne constituent que des schémas de principe et ne font pas mention de certains éléments secondaires pouvant faire partie des installations usuelles de
30 pompes à chaleur, tels que voyants, cartouche séchante, bouteille anti-coup de liquide à l'entrée du compresseur, etc...

Les exemples suivants illustrent la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

EXEMPLE 1

35 L'exemple 1 est illustré par la Figure 1. La source froide est cons-

tituée par l'eau extraite d'une nappe phréatique. Cette eau, dont le débit est de 1500 l/h, arrive dans l'évaporateur E1 par le conduit 2 à une température de 12 °C et ressort de l'évaporateur E1 par le conduit 3 à une température de 5 °C. Au condenseur E3, l'eau de chauffage dont le
5 débit est de 1000 l/h arrive par le conduit 10 à une température de 21,3 °C et ressort par le conduit 11 à une température de 34,5 °C.

Le fluide de travail est un mélange binaire dont la composition molaire est la suivante :

- 10 R-22 (chlorodifluorométhane) : 0,94
 R-11 (trichlorotrifluorométhane) : 0,06

Le mélange sort de l'évaporateur E1 à une température de 3,5 °C. La fraction molaire vaporisée à la sortie de E1 est 0,86. Le mélange finit de se vaporiser dans l'échangeur E2 à une température de 9,3 °C. On observe que l'introduction de l'échangeur E2 dans lequel le mélange sor-
15 tant de l'évaporateur E1 finit de se vaporiser et dans lequel le mélange sortant du bac de réserve B1 est sous-refroidi permet à la fois d'augmenter le coefficient de performance de 6,1 % et de réduire le débit volumique à l'aspiration du compresseur de 4,4 %, par rapport à une installation identique ne comportant pas l'échangeur E2 et fonctionnant
20 avec le même mélange.

EXEMPLE 2

L'exemple 2 est illustré par la Figure 2. L'évaporateur E4 reçoit un débit d'air extérieur de 4864 m³/h arrivant à une température de 8,3 °C. Cet air ressort à une température de 6,3 °C. Le condenseur E6 permet le
25 chauffage d'un débit de 1084 m³/h d'air provenant du local à chauffer, qui arrive sur le condenseur E6 à une température de 21,1 °C et ressort réchauffé à une température de 33,4 °C.

Le fluide de travail est un mélange ternaire dont la composition molaire est la suivante :

- 30 R-22 (chlorodifluorométhane) : 0,91
 R-114 (dichlorotétrafluoroéthane) : 0,06
 R-11 (trichlorofluorométhane) : 0,03

Le mélange sort de l'évaporateur E4 à une température de 0,6 °C. La fraction molaire vaporisée à la sortie de l'évaporateur E4 est 0,85. Le
35 mélange finit de se vaporiser dans l'échangeur E5 à une température de 5,1 °C. L'introduction de l'échangeur E5 permet à la fois d'augmenter le coefficient de performance de 5,7 % et de réduire le débit volumique à l'aspiration du compresseur de 7,4 % par rapport à une installation

identique ne comportant pas l'échangeur E5 et fonctionnant avec le même mélange.

EXEMPLE 3

L'exemple 3 est illustré par la Figure 3. La source de chaleur aux 5 évaporateurs E10 et E13 est constituée par de l'eau envoyée à 40 °C et refroidie jusqu'à 33 °C. Le débit d'eau circulant dans les évaporateurs E10 et E13 est identique et égal à 75 m³/h. Le fluide de chauffage qui est chauffé au condenseur E14 est de l'eau qui entre dans le condenseur E14 à une température de 45 °C et qui est réchauffée jusqu'à une tempé- 10 rature de 82 °C. Son débit est de 35 m³/h. Le fluide de travail est un mélange binaire équimolaire constitué de dichlorodifluorométhane (R-12) et de trichlorotrifluoroéthane (R-113). Le compresseur est un compresseur du type centrifuge à deux étages. Le premier étage aspire le mélange vapeur à une pression de 1,31 bar et le refoule à une pression intermédiaire de 2,49 bar. Le second étage comprime le mélange sortant du 15 premier étage et le mélange arrivant par le conduit 33 jusqu'à une pression finale de 6,54 bar.

Le mélange liquide sous-refroidi sortant de l'échangeur E11 par le conduit 42 commence à se vaporiser dans l'évaporateur E10. Par rapport 20 au débit liquide de la conduite 41 on constate que, à la sortie de l'évaporateur E10, la fraction vaporisée est de 0,4 en fraction molaire ; à la sortie de l'évaporateur E11, elle est de 0,5 en fraction molaire ; à la sortie de l'évaporateur E13 la fraction vaporisée est au total de 0,8 en fraction molaire (soit 0,3 dans l'évaporateur E13). La vaporisation 25 s'achève complètement dans l'évaporateur E12.

L'intervalle de condensation dans l'échangeur E14 est de 39 °C alors que les intervalles de vaporisation à basse pression (vaporisation opérée dans les échangeurs E13 et E12) et à pression intermédiaire (vaporisation opérée dans les échangeurs E10 et E11) sont voisins de 18 °C. On vérifie 30 ainsi que la disposition schématisée sur la Figure 3 permet de récupérer de la chaleur sur un intervalle de température beaucoup plus réduit que l'intervalle de température suivant lequel elle est fournie, en opérant des échanges de chaleur dans de bonnes conditions de réversibilité. Il s'ensuit un gain sur le coefficient de performance qui, dans l'exemple 35 considéré, est d'environ 25 % par rapport à un cycle comprenant un seul évaporateur et utilisant le même mélange.

REVENDEICATIONS

1. - Procédé de chauffage et de conditionnement thermique au moyen d'une pompe à chaleur à compression fonctionnant avec un fluide mixte de travail dans des conditions telles que le mélange de constituants formant le fluide mixte de travail ne forme pas d'azéotrope, caractérisé en ce que (a) on comprime le fluide mixte de travail en phase vapeur, (b) on met en contact d'échange thermique le fluide mixte comprimé provenant de l'étape (a) avec un fluide extérieur relativement froid, et l'on maintient ce contact jusqu'à condensation sensiblement complète dudit fluide mixte, (c) on met en contact d'échange thermique le fluide mixte sensiblement complètement condensé provenant de l'étape (b) avec un fluide de refroidissement défini à l'étape (f), de manière à refroidir davantage ledit fluide mixte, (d) on détend le fluide mixte refroidi provenant de l'étape (c), (e) on met le fluide mixte détendu, provenant de l'étape (d), en contact d'échange thermique avec un fluide extérieur qui constitue une source de chaleur, les conditions de contact permettant la vaporisation partielle dudit fluide mixte détendu, (f) on met le fluide mixte partiellement vaporisé, provenant de l'étape (e), en contact d'échange thermique avec le fluide mixte sensiblement complètement liquéfié envoyé à l'étape (c), ledit fluide mixte partiellement vaporisé constituant le fluide de refroidissement de ladite étape (c), les conditions de contact permettant d'achever la vaporisation commencée à l'étape (e), et (g) on renvoie le fluide mixte vaporisé, provenant de l'étape (f), à l'étape (a), le procédé fonctionnant dans des conditions telles que l'intervalle de température sur lequel le fluide extérieur fournit de la chaleur à l'étape (e) est plus étroit que l'intervalle de température sur lequel le fluide extérieur reçoit de la chaleur à l'étape (b)
- 2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'échange de chaleur réalisé entre le fluide mixte de travail qui effectue l'étape (f) et le fluide mixte de travail qui effectue l'étape (c) est opéré à contre-courant.
- 3.- Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la fraction molaire du fluide mixte de travail qui est vaporisée au cours de l'étape (e) est comprise entre 60 à 95% et celle vaporisée au cours de l'étape (f) est comprise entre 5 et 40%, par rapport à la quantité totale de fluide mixte vaporisé au cours de ces deux étapes.

4. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'échange de chaleur réalisé au cours de l'étape (b) est opéré à contre-courant.
5. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'échange de chaleur réalisé au cours de l'étape (e) est opéré à contre-courant.
6. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel on ne vaporise que partiellement le fluide mixte aux étapes (e) et (f) et qui comprend les étapes additionnelles suivantes : (h) on sépare la fraction vaporisée de la fraction non-vaporisée et l'on renvoie la fraction vaporisée à l'étape (a), (i) on met en contact d'échange thermique la fraction non-vaporisée avec un fluide de refroidissement défini à l'étape (l), de manière à refroidir davantage ladite fraction non-vaporisée, (j) on détend la fraction refroidie provenant de l'étape (i), (k) on met la fraction détendue provenant de l'étape (j) en contact d'échange thermique avec un fluide extérieur, constituant une source de chaleur, les conditions de contact permettant la vaporisation partielle de ladite fraction détendue, (l) on met la fraction partiellement vaporisée provenant de l'étape (k), en contact d'échange thermique avec la fraction non-vaporisée, comme indiqué à l'étape (i), ladite fraction partiellement vaporisée constituant le fluide de refroidissement de l'étape (i), les conditions de contact permettant de poursuivre la vaporisation commencée à l'étape (k), et (m) on renvoie la fraction vaporisée, provenant de l'étape (l), à l'étape (a).
- 7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel ledit intervalle de température de l'étape (e) est inférieur à 10°C, et ledit intervalle de température de l'étape (b) est supérieur à 10°C.
- 8.- Procédé selon la revendication 7, dans lequel ledit intervalle de température de l'étape (e) est inférieur à 5°C, et ledit intervalle de température de l'étape (b) est supérieur à 15°C.
- 9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le fluide mixte de travail est un mélange non azéotropique de constituants, choisis parmi les hydrocarbures et les hydrocarbures halogénés.

10.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le fluide mixte de travail comporte un constituant majoritaire choisi dans le groupe formé par le R-22, le R-12, le R-115 et le R-502 et un second constituant choisi dans le groupe formé par le R-11, le R-114,
5 R-216, le R-21, le R-13, le R-23 et le R-13 B 1.

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la composition du fluide de travail mixte est choisie de manière que l'intervalle de température nécessité par sa condensation sensiblement complète de l'étape (b) soit voisin de la différence entre les températures d'entrée et de sortie du fluide extérieur relativement froid
10 de la même étape (b).

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel on commande la pression de détente en réponse aux variations de température à la sortie de l'étape (e), de manière à vaporiser partiellement le fluide mixte de travail à l'étape (e) et à achever sa vaporisation à l'étape (f).
15

FIG.1

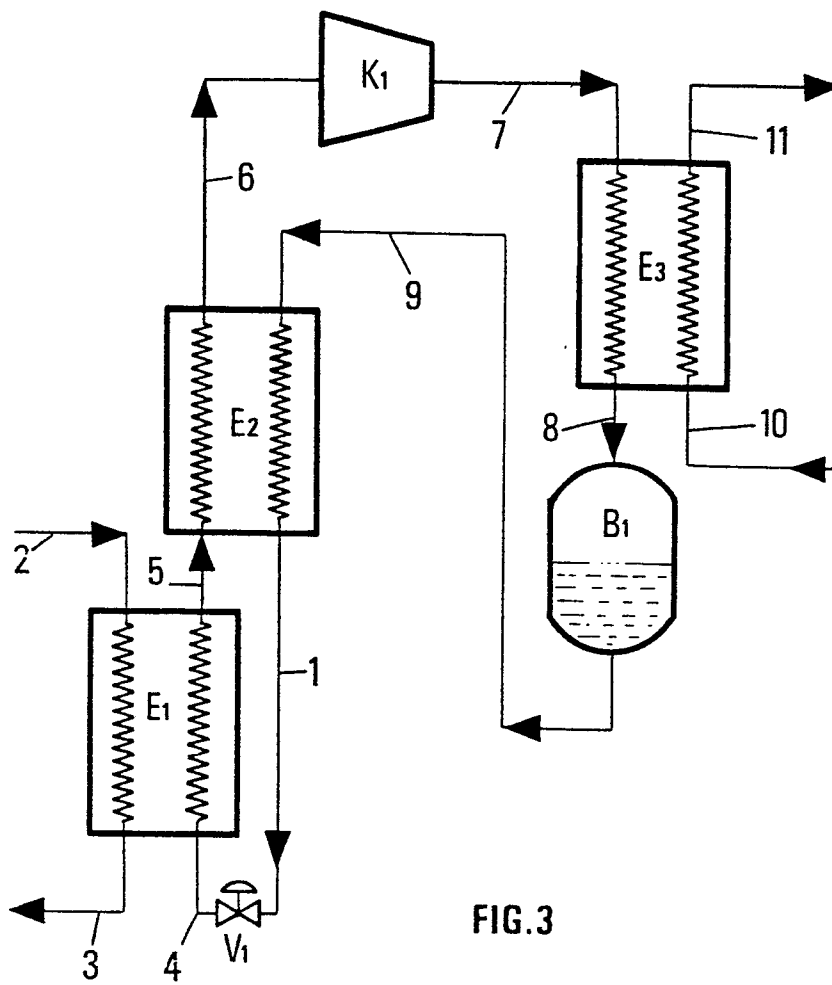


FIG.3

