



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>: F 25 B 39/02  
F 24 J 3/02

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪ **640 629**

⑳ Numéro de la demande: 1824/81

⑦ Titulaire(s):  
Battelle Memorial Institute, Carouge GE

㉒ Date de dépôt: 18.03.1981

㉑ Inventeur(s):  
Yves Trouilhet, Vésenaz  
Nicolas Houlmann, Nyon  
Bernard Vollerin, Genève

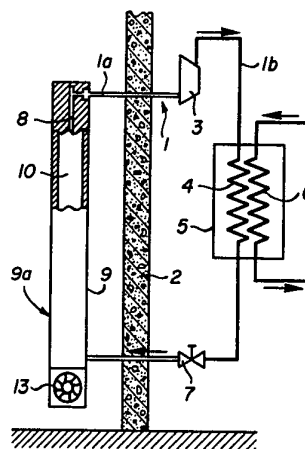
㉔ Brevet délivré le: 13.01.1984

④ Fascicule du brevet  
publié le: 13.01.1984

⑦ Mandataire:  
Blasco Dousse, Carouge GE

⑤ **Pompe à chaleur.**

⑦ L'échangeur de chaleur (9) présente des canaux formant l'évaporateur (8) de cette pompe à chaleur et est traversé par des canaux de circulation d'air (10) associés à un ventilateur (13), engendrant une circulation forcée de l'air à travers ces canaux (10). Les canaux formant l'évaporateur (8) et les canaux de circulation d'air (10) sont disposés côte à côte en alternance, adjacents à une surface (9a) de l'échangeur de chaleur (9) servant à capter l'énergie solaire incidente. La combinaison de la convection forcée de l'air et du captage de l'énergie solaire servent à augmenter le rendement de la pompe à chaleur. En outre la surface captrice (9a) d'énergie solaire de l'échangeur de chaleur (9) sert à dégivrer les canaux de circulation d'air (10).



## REVENDEICATIONS

1. Pompe à chaleur dans laquelle un circuit de fluide frigorigène comporte un évaporateur et un condensateur, associés chacun à un échangeur de chaleur, un détendeur et un compresseur, l'échangeur de chaleur associé à l'évaporateur comporte au moins un premier canal de circulation du fluide frigorigène et au moins un second canal dont les extrémités s'ouvrent vers l'atmosphère, associé à des moyens de circulation forcée de l'air, ces premier et second canaux étant adjacents l'un à l'autre, cet évaporateur étant, de plus, associé à une surface collectrice d'énergie solaire, caractérisée par le fait que cette surface collectrice d'énergie solaire est en contact direct avec l'atmosphère pour recevoir les rayons solaires ne traversant que l'atmosphère et constitue la partie avant de la paroi dudit second canal par rapport à la trajectoire de ces rayons solaires, une structure en un matériau thermiquement conducteur reliant la partie avant de cette paroi audit premier canal.

2. Pompe à chaleur selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit échangeur associé à l'évaporateur comporte une pluralité desdits premiers canaux, en alternance avec une pluralité desdits seconds canaux, les moyens de circulation d'air étant agencés pour faire circuler l'air dans les seconds canaux, dans le sens opposé à celui dudit fluide frigorigène dans les premiers canaux.

3. Pompe à chaleur selon la revendication 1, caractérisée par le fait que lesdits premier et second canaux sont parallèles et rectilignes.

4. Pompe à chaleur selon la revendication 3, caractérisée par le fait que lesdits canaux sont venus d'une pièce avec ledit échangeur, par extrusion.

5. Pompe à chaleur selon la revendication 3, caractérisée par le fait que lesdits seconds canaux sont formés par des profilés emboîtables les uns dans les autres et comprenant chacun, en coupe transversale, deux branches parallèles reliées par une branche transversale associée à l'un desdits premiers canaux, les extrémités libres de ces branches parallèles étant agencées pour s'emboîter sur les extrémités des branches parallèles du profil adjacent, rattachées à ladite partie transversale.

6. Pompe à chaleur selon la revendication 1, caractérisée par le fait que les moyens de circulation forcée d'air ont un débit réglable.

L'invention se rapporte à une pompe à chaleur utilisant l'air comme source froide dans laquelle le liquide frigorigène circule dans un évaporateur associé à un échangeur de chaleur à travers lequel de l'air est envoyé en circulation forcée.

Il a déjà été proposé une telle pompe à chaleur. Le problème de ces pompes utilisant la chaleur de l'air provient essentiellement du givrage à la surface de l'évaporateur, causé par l'humidité contenue dans l'air qui se condense et gèle, comme cela se produit dans le compartiment à glace d'un réfrigérateur. Habituellement, ce problème est résolu en inversant périodiquement le cycle de la pompe à chaleur. Toutefois, cette solution diminue le coefficient de performance de la pompe à chaleur.

On a déjà proposé de combiner un capteur solaire avec la source froide d'une pompe à chaleur. A cet effet, on utilise un circuit intermédiaire de stockage thermique parcouru par un fluide tel que l'eau que l'on stocke dans un réservoir d'accumulation dans lequel se trouve l'évaporateur du circuit de liquide frigorigène de la pompe à chaleur. Ce capteur solaire est généralement combiné à un échangeur de chaleur par convection naturelle de l'air en l'absence d'ensoleillement. Compte tenu du coefficient de transfert très faible de l'ordre de  $12 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$  de l'échangeur par convection naturelle, la surface du capteur doit être très élevée de sorte qu'il en résulte une différence énorme entre les flux d'énergie du capteur solaire et la convection naturelle de l'air. Compte tenu de la très grande surface nécessaire, une telle solution occupe généralement la surface du toit et est réservée exclusivement à des constructions neuves.

On a également proposé dans le brevet suisse N° 620284 de séparer le capteur solaire de l'échangeur de chaleur par convection et de munir cet échangeur de chaleur d'une circulation forcée d'air.

Une vanne permet de commuter l'écoulement de liquide de stockage thermique du capteur solaire à l'échangeur de chaleur par convection et vice versa. Une telle solution est relativement complexe puisqu'elle nécessite un système de régulation pour commander la vanne de commutation.

En outre, les deux dernières solutions mentionnées utilisent un fluide intermédiaire pour stocker la chaleur, ce qui suppose une importante tuyauterie et deux échangeurs en série entre la source initiale de chaleur et la pompe à chaleur et donc un rendement global réduit en raison de l'addition des pertes d'échange de chacun des deux échangeurs. La présence d'un liquide intermédiaire de stockage thermique nécessite par ailleurs un circuit de circulation de ce fluide et un réservoir calorifugé, ce qui renchérit sensiblement l'installation.

La présente invention vise à remédier, au moins en partie, aux inconvénients des solutions susmentionnées.

A cet effet, cette invention a pour objet une pompe à chaleur selon la revendication 1.

Les avantages de cette solution sont nombreux. La convection forcée d'air permet de réduire la surface d'échange et donc de faire directement circuler le fluide frigorigène de la pompe à chaleur dans l'échangeur de chaleur. Etant donné que cet échangeur de chaleur est associé à une surface de captage de l'énergie solaire, le problème du dégivrage est résolu tout en permettant d'augmenter le rendement de la pompe à chaleur. Par fort ensoleillement estival, il est en outre possible de faire fonctionner la pompe à chaleur en tant que simple circulateur de fluide caloporteur pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire. Compte tenu de la plus petite surface d'échange nécessaire grâce au capteur solaire et à la convection forcée, la pompe à chaleur selon l'invention peut équiper des maisons déjà construites en disposant l'échangeur de chaleur en façade. Les sources de chaleur combinées utilisées sont également beaucoup plus simples à exploiter que la chaleur du sol ou de la nappe phréatique. Contrairement aux systèmes exploitant la chaleur solaire incidente et celle de l'air, le fluide frigorigène de la pompe à chaleur selon l'invention est en contact direct avec ces sources de chaleur, augmentant ainsi le rendement du fait du recours à une seule opération d'échange de chaleur et simplifiant considérablement l'installation.

Les avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre, illustrée par le dessin annexé qui représente, schématiquement et à titre d'exemple, une forme d'exécution et une variante de la pompe à chaleur objet de la présente invention.

La fig. 1 est un schéma de cette pompe à chaleur.

La fig. 2 est une vue en coupe transversale d'un échangeur de chaleur associé à l'évaporateur de cette pompe à chaleur.

La fig. 3 est une vue en coupe transversale d'une variante de l'échangeur de chaleur associé à l'évaporateur de la pompe à chaleur.

La fig. 4 est un diagramme relatif au dimensionnement de l'évaporateur.

La pompe à chaleur illustrée par la fig. 1 comporte un circuit pour le liquide frigorigène, dont une partie 1a s'étend à l'extérieur du bâtiment à chauffer, symbolisé par un mur 2, et dont une partie 1b s'étend à l'intérieur de ce même bâtiment. Cette dernière partie 1b du circuit 1 comporte un compresseur 3, un condensateur 4 associé à un échangeur de chaleur 5 dans lequel passe un conduit 6 de circulation d'un fluide caloporteur d'une installation de chauffage central par exemple. Une vanne de détente 7 est disposée à la sortie du condensateur 4. La partie 1a du circuit 1 se divise en une pluralité de canaux formant l'évaporateur 8 associé à un échangeur de chaleur 9 traversé par des canaux de circulation d'air 10. Un ventilateur 13 commande cette circulation d'air à travers ces canaux.

L'échangeur de chaleur 9 est conçu pour fonctionner par convection forcée d'air à travers les canaux 10 ou en captant la chaleur du soleil par sa face 9a. A cet effet cet échangeur de chaleur 9 est réalisé

en un matériau bon conducteur thermique. Selon la fig. 2, l'échangeur de chaleur 9 se présente sous la forme d'un profilé d'aluminium extrudé dans lequel les canaux formant l'évaporateur 8 alternent avec les canaux de circulation d'air 10. Chacun des canaux de l'évaporateur 8 est relié à la surface 9a de captage d'énergie solaire par le matériau thermiquement conducteur dont est formé le profilé servant d'échangeur de chaleur 9.

En variante, l'échangeur de chaleur 9' peut être réalisé selon le schéma de la fig. 3. Les canaux de l'évaporateur 8' et les canaux de circulation d'air 10' peuvent être réalisés par un assemblage d'éléments 11 en tôle emboutie et de tubes 12 de circulation du fluide frigorigène. Chaque élément 11 présente une section transversale rectangulaire délimitant un canal de circulation d'air 10' et présente un profil ouvert formé de deux branches parallèles 11a, 11b et d'une branche de liaison 11c munie d'une rainure 11d destinée à recevoir un tube 12. Les extrémités libres des branches parallèles 11a, 11b présentent chacune une partie rentrante 11e, 11f destinée à venir se crocher élastiquement dans deux décrochements 11g, 11h ménagés sur les branches parallèles 11a, 11b de l'élément adjacent 11, à proximité de la branche de liaison 11c. De cette façon, il est possible de dimensionner chaque échangeur 9' en fonction de la puissance désirée.

Le diagramme de la fig. 4 donne l'épaisseur  $h$  de l'échangeur 9' et la puissance du ventilateur  $E_v$  par rapport à la puissance captée à l'évaporateur  $Q_v$ , en fonction du nombre  $N$  d'éléments 11, pour une puissance  $Q_v$  de 10 kW, un flux d'énergie solaire de 1000 W/m<sup>2</sup> et un  $\Delta T$  de l'air traversant l'échangeur de 5°C plus précisément de +8 à +3°C.

Compte tenu de ces données de base, il est possible, en choisissant une épaisseur  $h$  pour l'échangeur 9', de calculer les différents paramètres relatifs à cet échangeur 9' ainsi qu'un ventilateur 13 utilisé pour effectuer la convection forcée de l'air à travers les canaux de circulation d'air 10'.

#### Exemple 1:

L'épaisseur  $h$  de l'échangeur 9' est de 3,5 cm.

La longueur des canaux 8' et 10' est de 3,15 m.

La surface 9'a de captage solaire est de 10 m<sup>2</sup>.

Le volume de l'échangeur 9' est de 0,35 m<sup>3</sup>.

Le nombre d'éléments 11 est de 142.

La surface de convection est de 31,5 m<sup>2</sup>.

La température d'évaporation du fluide frigorigène est de 0°C.

La vitesse de l'écoulement d'air est de 15 m/s.

Le coefficient de transfert par convection, tiré de «Compact Heat Exchangers», N.M. Kays & A.L. London, est de 62 W/m<sup>2</sup>/°C.

La chute de pression à travers les canaux de circulation d'air 10' est de 4 mbar.

L'écoulement d'air est de 5730 m<sup>3</sup>/h.

La puissance du ventilateur est de 850 W.

La puissance du ventilateur est due à la perte de charge à travers les canaux de circulation d'air 10'. Par conséquent, il est possible de réduire cette perte de charge en augmentant l'épaisseur  $h$  de l'échangeur 9'.

#### Exemple 2:

L'épaisseur  $h$  de l'échangeur est de 6,1 cm.

La longueur des canaux 8' et 10' est de 3,15 m.

La surface 9a de captage solaire est de 10 m<sup>2</sup>.

Le volume de l'échangeur est de 0,6 m<sup>3</sup>.

Le nombre d'éléments est de 100.

La surface de convection est de 38,5 m<sup>2</sup>.

La température d'évaporation du fluide frigorigène est de -2°C.

La vitesse de l'écoulement d'air est de 8,5 m/s.

Le coefficient de transfert par convection est de 36 W/m<sup>2</sup>/°C.

La chute de pression à travers les canaux de circulation d'air est de 0,85 mbar.

L'écoulement d'air est de 5730 m<sup>3</sup>/h.

La puissance du ventilateur est de 180 W.

On voit que, en augmentant de moins du double l'épaisseur de l'échangeur 9' et avec un fluide frigorigène s'évaporant 2°C au-dessous de celui de l'exemple 1, on réduit presque de cinq fois la puissance nécessaire pour le ventilateur.

La section des canaux 10' est de 5,7 × 3,0 cm en admettant une épaisseur de tôle de 2 mm.

#### Exemple 3:

L'épaisseur  $h$  de l'écoulement 9' est de 12 cm.

La longueur des canaux 8' et 10' est de 3,15 m.

La surface de captage solaire est de 10 m<sup>2</sup>.

Le volume de l'échangeur est de 1,3 m<sup>3</sup>.

Le nombre d'éléments est de 130.

La surface de convection est de 98,2 m<sup>2</sup>.

La température d'évaporation du fluide frigorigène est de 0°C.

La vitesse de l'écoulement d'air est de 4,4 m/s.

Le coefficient de transfert par convection est de 20 W/m<sup>2</sup>/°C.

La chute de pression à travers les canaux de circulation d'air est de 0,26 mbar.

La puissance du ventilateur est de 55 W.

La section des canaux 10' est de 11,6 × 2,3 cm, compte tenu d'une épaisseur de tôle de 2 mm.

Dans tous les exemples, les écoulements d'air dans les canaux de circulation 10, 10' et de fluide frigorigène dans les canaux 8, 8' de l'évaporateur se produisent à contre-courant, de manière à obtenir un rendement optimal. En outre, la puissance délivrée par la pompe à chaleur peut être modulée en variant le débit d'air à travers les canaux 10, 10' par un ajustement de la vitesse du ventilateur 13.

Dans la forme d'exécution illustrée et décrite ici, l'échangeur de chaleur 9 ou 9' est conçu pour être placé contre un mur de façade d'une maison. Par sa conception et compte tenu des sources de chaleur (air et soleil) utilisées, la pompe à chaleur selon l'invention est destinée à constituer essentiellement un élément de chauffage d'appoint associé notamment à une chaudière classique au fuel ou au charbon ou à une installation de stockage d'énergie thermique chauffée au courant de nuit pour le chauffage d'une maison familiale. Cette pompe à chaleur est notamment adaptée pour être associée à des chaudières de maisons existantes. En effet, si l'on se reporte aux exemples précédents, on constate qu'il suffit de disposer de 10 m<sup>2</sup> d'une façade exposée au sud-sud-ouest pour une puissance nominale de 10 kW. Dans des régions climatiques à hivers modérément froids de la majeure partie de l'Europe, on peut évaluer qu'une telle pompe à chaleur est capable de fournir 50% de la puissance maximale de chauffage et 60% de l'énergie de chauffage annuelle, y compris l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau chaude sanitaire. Si la solution proposée est à première vue moins performante qu'une pompe à chaleur utilisant la chaleur du sol ou de la nappe phréatique, l'investissement nécessaire est également très inférieur. En outre, les solutions utilisant la nappe phréatique sont subordonnées à des conditions particulières, principalement la proximité de cette nappe, ainsi que l'autorisation de l'exploiter. Par contre, si la température de l'air est plus variable et permet d'atteindre un coefficient de performance plus faible, l'air est disponible librement partout. En outre, l'association de l'évaporateur de la pompe à chaleur au captage d'énergie solaire incidente permet de résoudre le problème du givrage, tout en augmentant sensiblement le coefficient de performance.

Il faut encore remarquer que l'échangeur de chaleur décrit et illustré par les exemples précédents a une épaisseur variant de 3,5 à 12 cm, ce qui est extrêmement faible. En outre, les deux modes de construction décrits permettent d'adapter l'échangeur à l'espace disponible, étant donné qu'il est possible de varier aussi bien la longueur que la largeur de cet échangeur lors de la fabrication.

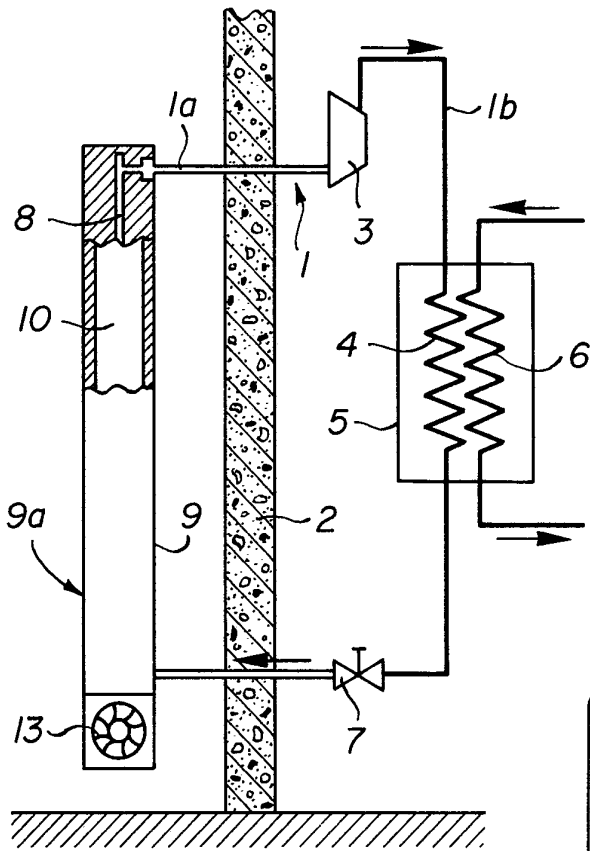


FIG. 1

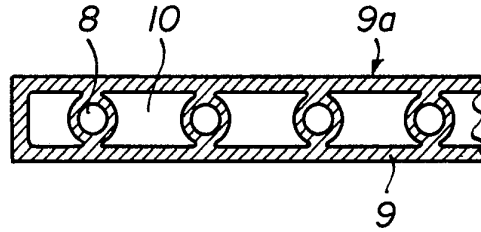


FIG. 2

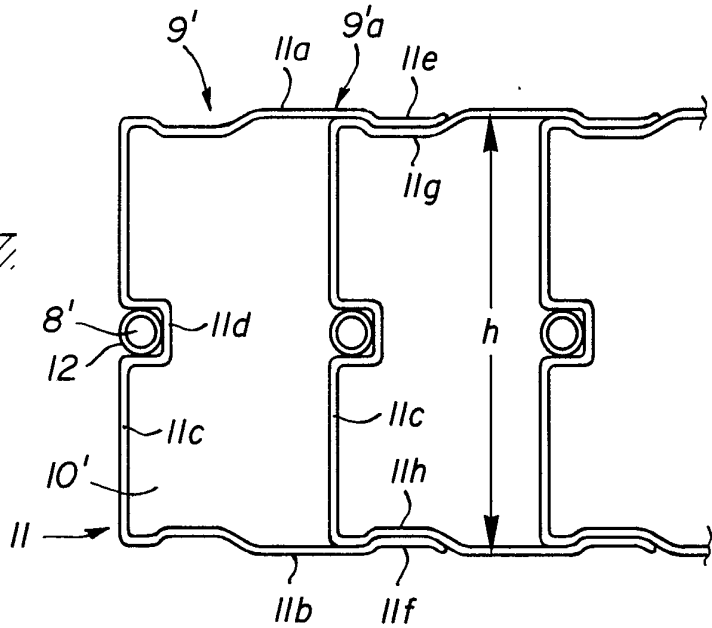


FIG. 3

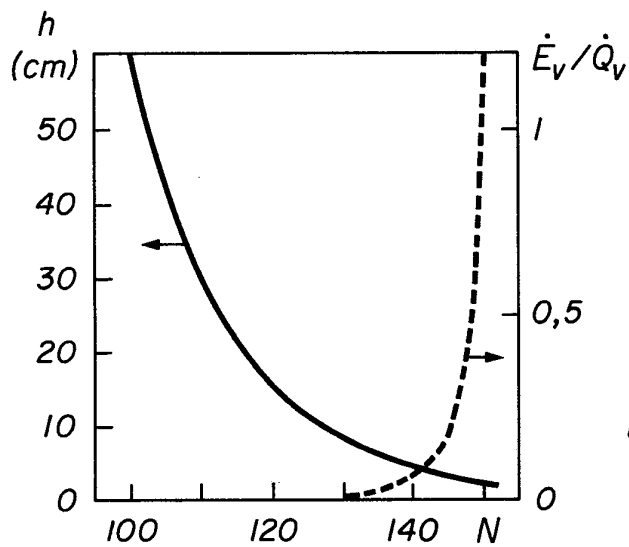


FIG. 4