

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.12.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 24.06.11 Bulletin 11/25.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : ACOME SOCIETE COOPERATIVE DE PRODUCTION, SOCIETE ANONYME, A CAPITAL VARIABLE — FR.

72 Inventeur(s) : AIT AMEUR MEHDI, HERBERT MAXIME et DA ROCHA JEAN-CLAUDE.

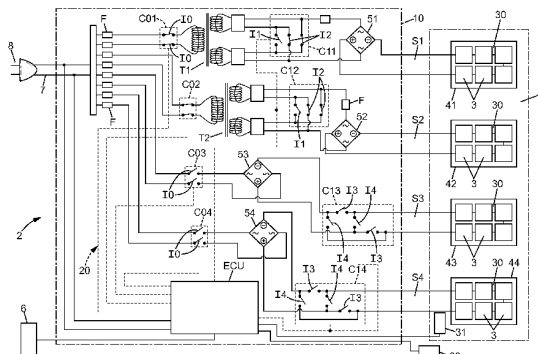
73 Titulaire(s) : ACOME SOCIETE COOPERATIVE DE PRODUCTION, SOCIETE ANONYME, A CAPITAL VARIABLE.

74 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54 PROCÉDE ET SYSTÈME DE CONTRÔLE D'UNE POMPE À CHALEUR RÉVERSIBLE À MODULES THERMOÉLECTRIQUES.

57 L'invention concerne le contrôle d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui comprend des unités thermoélectriques (41, 42, 43, 44) avec plusieurs modules thermoélectriques (3) permettant de transférer de la chaleur entre deux circuits de la pompe. Il est prévu en particulier de :

- fournir une pluralité de connexions de sortie (S1, S2, S3, S4) de l'alimentation électrique (10) des unités thermoélectriques;
- programmer au moins une consigne de température;
- délivrer, par des capteurs de température (31), des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits;
- régler la tension délivrée au niveau de chacune des connexions de sortie, en commandant ladite alimentation électrique, un dispositif de commutation (20) étant configuré en fonction de la consigne de température et desdits signaux, la configuration du dispositif de commutation étant sélectionnée parmi une pluralité de configurations avec jusqu'à deux niveaux au moins de tension d'alimentation des modules (3).



**Procédé et système de contrôle d'une pompe à chaleur réversible à modules
thermoélectriques**

La présente invention est relative aux installations de chauffage ou de climatisation, et concerne un système de contrôle d'une pompe à chaleur réversible du type thermoélectrique, c'est-à-dire comportant des modules thermoélectriques aussi
5 appelés Cellules à effet Pelletier (CEP).

Les CEP présentent chacune typiquement deux faces dont l'une est d'un premier type dit « froid » et l'autre d'un second type dit « chaud », un transfert de chaleur pouvant s'exercer d'une face à l'autre en fonction du sens d'un courant
10 électrique injecté dans la cellule. On comprend qu'une inversion de l'échange de chaleur permet un fonctionnement réversible de la pompe à chaleur, par exemple pour rafraîchir un local d'habitation en été en évacuant vers l'extérieur de la chaleur.

Plus particulièrement, l'invention se rapporte à un système de contrôle d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible présentant deux circuits d'échange de chaleur utilisant un fluide caloporteur et une pluralité d'unités thermoélectriques de
15 transfert de chaleur comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques adaptés pour transférer de la chaleur entre les deux circuits, le système de contrôle comprenant :

- une unité d'alimentation électrique destinée à être reliée à une source de
20 courant électrique et présentant une pluralité de connexions de sortie permettant de délivrer une tension d'alimentation à chacune des unités thermoélectriques ;
- un ensemble de capteurs de température adaptés pour délivrer notamment des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits
25 d'échange de chaleur ; et
- un dispositif de commande relié à un dispositif d'entrée d'une température de consigne pour commander l'alimentation électrique de la pluralité d'unités thermoélectriques en fonction de ladite consigne de température et des signaux
délivrés par ledit ensemble de capteurs de température.

30 Le document WO 2006/070096, du même déposant, décrit un mode d'alimentation électrique des CEP, utilisant une très basse tension alternative redressée plutôt qu'une tension continue. Les CEP sont reliées électriquement en série et doivent être activées avec des tensions dont la valeur est fixée pour obtenir un point de fonctionnement de la pompe à chaleur. La tension est ainsi fixée pour une

unité thermoélectrique, de façon à ce qu'un coefficient opérationnel de performance (COP) supérieur à 1 puisse être obtenu. Ce choix est prédéterminé en fonction des conditions de fonctionnement prévues. On comprend en effet que la différence de température entre la face froide et la face chaude de la CEP dépend de la tension choisie.

Cependant, il n'y a à ce jour pas d'appareil de ce type concrètement disponible dans le commerce. Les applications actuelles des modules thermoélectriques concernent essentiellement la production de froid pour les appareils électroniques ou des réfrigérateurs de voyage, c'est-à-dire des applications où la puissance d'échange de chaleur est très inférieure à celle nécessaire pour un chauffage domestique qui fournit généralement une puissance d'apport de chaleur de quelques kilowatts à 25 kW.

Un autre facteur limitant est le coefficient de performance (COP) réel qui se dégrade sensiblement quand les conditions de fonctionnement changent et notamment les températures des fluides respectifs circulant dans les deux circuits. Aussi, il n'est pas envisagé ce jour d'atteindre un COP supérieur à 4, contrairement aux dernières pompes à chaleur traditionnelles qui rencontrent un grand succès commercial. Pour rappel, ces pompes à chaleur traditionnelle utilisent un circuit fermé dans lequel un fluide frigorigène comme un hydrofluorocarbure subit un cycle de compression/détente entre un condenseur et un évaporateur.

La présente invention a pour but de proposer un système de contrôle de pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui permet une meilleure utilisation des modules thermoélectriques.

A cet effet, la présente invention a pour objet un système de contrôle du type précité, caractérisé en ce que l'unité d'alimentation électrique comprend une pluralité de dispositifs de réglage de la tension délivrée par chacune des connexions de sortie, lesdits dispositifs de réglage comprenant des commutateurs, au moins une partie des dispositifs de réglage étant adaptée pour délivrer plusieurs niveaux de tension prédéterminés selon l'état des commutateurs dudit dispositif de réglage, et en ce que le dispositif de commande est relié aux commutateurs et adapté pour commander différentes configurations de commutation des commutateurs pour, d'une part alimenter sélectivement au moins une partie de la pluralité d'unités thermoélectriques, et d'autre part, sélectionner le niveau de tension prédéterminé alimentant les unités thermoélectriques alimentées.

Ainsi, il est permis d'ajuster la consommation électrique en fonction de

paramètres représentatifs des besoins en transfert de chaleur. Le dispositif de commande permet avantageusement de configurer les commutateurs d'un dispositif de commutation pour accroître ou abaisser, voire couper, l'alimentation de certaines unités thermoélectriques les plus consommatrices d'électricité lorsque les besoins de chauffage ou de refroidissement sont peu élevés. Le fait de sélectionner et ajuster la tension des unités thermoélectriques activées, permet de faire fonctionner leurs modules thermoélectriques (CEP) au plus près du pont de fonctionnement idéal et ainsi d'augmenter le COP global de la pompe à chaleur.

En cas de besoins plus élevés en transfert de chaleur, une commande appropriée peut alors être délivrée par le dispositif de commande de façon immédiate pour satisfaire la demande : il peut s'agir d'alimenter toutes les unités thermoélectriques à un niveau maximum d'alimentation et/ou d'alimenter une ou plusieurs unités thermoélectriques de plus grande puissance. Le système peut être particulièrement simple et réactif grâce à l'utilisation du dispositif de commutation.

Selon une particularité, le dispositif de commande comprend une unité de contrôle électronique qui comporte :

- un module de paramétrage pour paramétrer un nombre défini de points de fonctionnement prédéterminés de la pompe à chaleur, chaque point de fonctionnement correspondant, d'une part, à un nombre de modules thermoélectriques alimentés, et d'autre part, à une tension d'alimentation prédéterminée pour chacune des unités thermoélectriques alimentées ; et
- un algorithme adapté pour effectuer une corrélation, en fonction de ladite consigne de température et des signaux délivrés par ledit ensemble de capteurs de température, entre des besoins de transfert de chaleur et un unique point de fonctionnement, de façon à choisir le point de fonctionnement qui maximise le coefficient de performance de la pompe à chaleur.

Ainsi, un asservissement peut être réalisé de manière simple et économique, le dispositif de commande permettant de réguler la température ambiante d'un ou plusieurs locaux en minimisant le nombre de CEP et/ou la tension d'alimentation de ces CEP.

Selon une particularité spécifique, le dispositif de commande une table de conversion permettant d'associer à un premier des dispositifs de réglage de la tension et à un deuxième des dispositifs de réglage de la tension, un nombre déterminé de commandes de configuration qui se différencient entre elles par au moins l'un, et préférentiellement deux, des paramètres sélectionnés suivants :

- l'état, représentatif d'une sélection de tout ou partie d'une unité thermoélectrique, de premiers commutateurs qui sont agencés entre la source de courant électrique et lesdits premier et deuxième dispositifs de réglage de la tension ; et
- 5 - l'état, représentatif d'une sélection d'un niveau de tension, de deuxièmes commutateurs agencés au niveau des premier et deuxième dispositifs de réglage de la tension.

Ainsi, il est permis de définir de façon simple (via des positions de commutateurs) une gamme de points de fonctionnement pour optimiser le COP.

10 Selon une particularité, la source de courant électrique fournit une alimentation alternative et les dispositifs de réglage comprennent :

- au moins un convertisseur à deux sorties définies par quatre bornes, adapté pour délivrer deux niveaux prédéterminés de tension très inférieurs chacun au niveau de tension de la source de courant électrique ; et
- 15 - des commutateurs agencés en sortie du convertisseur pour délivrer un niveau de tension de sortie prédéterminé résultant d'une combinaison entre lesdits deux niveaux prédéterminés délivrés par le convertisseur.

Par combinaison de niveaux de tension, il faut évidemment comprendre qu'il s'agit d'une des combinaisons suivantes, connues en soit : superposition des niveaux
20 de tension ou sélection d'un seul des niveaux de tension. Un commutateur peut aussi être prévu en amont du convertisseur pour couper complètement l'alimentation.

Selon une particularité, les dispositifs de réglage comprennent un pont de redressement double alternance et une sortie définie par deux jonctions du pont de redressement, au moins un des commutateurs étant configurable suivant deux
25 positions dont l'une permet de délivrer une première tension avec quatre bornes à la sortie du convertisseur reliées à deux jonctions du pont de redressement, et l'autre permet de délivrer une deuxième tension plus élevée que la première tension avec deux seulement des quatre bornes à la sortie du convertisseur reliées à deux jonctions du pont de redressement. Ainsi, on évite d'utiliser une source d'alimentation continue,
30 qui est couteuse et volumineuse, et il peut être obtenu une alimentation à très basse tension alternative redressée.

Dans divers modes de réalisation du système de contrôle selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- 35 - l'unité d'alimentation électrique comprend des premières connexions de sortie à

puissance définie de façon ajustable selon la configuration du dispositif de commutation, ainsi que des deuxièmes connexions de sortie à puissance prédéfinie indépendamment de la configuration des commutateurs ;

- le dispositif de commande comprend une table de conversion permettant d'utiliser, soit une ou plusieurs des premières connexions de sortie, soit une ou plusieurs des deuxièmes connexions de sortie.

On comprend que chacune des dispositions ci-dessus contribue à affiner l'ajustement du point de fonctionnement, sans complexifier la partie de transfert de chaleur de la pompe à chaleur thermoélectrique et en minimisant la puissance consommée. La durée de vie des unités thermoélectriques et des unités d'alimentation associées peut être en outre accrue par un tel fonctionnement sélectif selon les besoins.

Selon une autre particularité, les deuxièmes connexions de sortie sont chacune associées à un dispositif inverseur du sens du courant actionnable par le dispositif de commande. Le caractère réversible de l'alimentation fournie à une ou plusieurs unités thermoélectriques, de façon simple, de passer du mode chauffage au mode rafraîchissement. Au moins pour une de ces unités thermoélectriques à inversion d'alimentation, on peut prévoir une plus grande puissance de chauffage. Le mode de commande peut, en fonction des besoins, être simplifié pour l'un des modes rafraîchissement ou chauffage, par exemple en prévoyant dans le mode rafraîchissement de commander seulement les unités thermoélectriques qui sont raccordées aux deuxièmes connexions de sortie.

La présente invention a également pour but de proposer une pompe à chaleur thermoélectrique réversible dont la consommation électrique est mieux adaptée aux besoins réels en transfert de chaleur.

A cet effet, il est proposé une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant deux circuits d'échange de chaleur utilisant un fluide caloporteur et une pluralité d'unités thermoélectriques de transfert de chaleur comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques adaptés pour transférer de la chaleur entre les deux circuits, caractérisée en ce qu'elle comprend le système de contrôle selon l'invention. Une telle pompe à chaleur peut se présenter sous la forme d'un appareil se connectant sur le réseau électrique urbain et pouvant directement être installé dans un bâtiment moyennant le raccordement à un système de chauffage central existant ou neuf formant le premier circuit, comme par exemple un système de chauffage par plancher, et un système d'échange de chaleur avec le milieu extérieur

formant le deuxième circuit. Le système d'échange avec l'extérieur peut être entre autre de type réseau ou cuve enterrée dans le sol, ou système d'échange avec l'air ou une masse d'eau.

Selon une particularité, une première des unités thermoélectriques comprend
 5 deux séries de modules thermoélectriques, chacune des deux séries étant alimentée indépendamment l'une de l'autre par l'une des premières connexions de sortie de l'unité d'alimentation électrique. Ainsi, un contrôle plus fin de la puissance peut être obtenu dans le but d'obtenir un point de fonctionnement optimal.

Selon une particularité, une première et une deuxième des unités
 10 thermoélectriques comprennent un même nombre de modules thermoélectriques, la deuxième unité d'alimentation électrique recevant une tension au moins deux fois supérieure à la tension maximale pouvant être délivrée à ladite première unité d'alimentation électrique. Ainsi, la deuxième unité d'alimentation électrique peut être sélectionnée en priorité ou par défaut dès que le besoin en transfert de chaleur
 15 dépasse un seuil, et désactivée en priorité ou par défaut lorsque le besoin en transfert de chaleur est en dessous d'un seuil inférieur. Un tel seuil prend par exemple en compte une température extérieure au local chauffé/rafraîchi par la pompe à chaleur. Bien sûr, il peut être prévu plusieurs deuxièmes unités thermoélectriques. Plus généralement, il est ainsi permis d'élargir la gamme de points de fonctionnement que
 20 l'on peut obtenir sans trop utiliser un nombre trop élevé d'unités thermoélectriques.

Selon une particularité, la pompe à chaleur thermoélectrique réversible comprend un dispositif pour réduire, au niveau d'au moins une des unités thermoélectriques, le transfert de chaleur entre les deux circuits d'échange de chaleurs dans la zone d'échange de chaleur définie entre deux échangeurs d'une unité
 25 thermoélectrique non alimentée électriquement. Le dispositif peut comporter des organes réduisant ou coupant la circulation de fluide caloporteur dans les unités thermoélectriques. Alternativement, un actionneur peut être prévu pour modifier la conductivité thermique pour abaisser la conductivité thermique de l'interface entre le fluide caloporteur et la surface échangeuse, l'actionneur permettant par exemple
 30 d'écarter les zones échangeuses de chaleur des modules thermoélectriques.

Selon une autre particularité, chacune des unités thermoélectriques comprend :

- un premier échangeur avec une partie de circuit appartenant à l'un desdits deux circuits ;
- un second échangeur avec une partie de circuit appartenant à l'autre desdits
 35 deux circuits ; et

- au moins une moto-vanne adaptée pour couper sélectivement la circulation de fluide caloporteur dans les dites parties de circuit de l'unité thermoélectrique.

Ainsi, on peut éviter de faire circuler inutilement le fluide caloporteur dans des parties de circuit non activées par le dispositif de commande. Deux moto-vannes
5 peuvent être prévues par unité thermoélectrique. La ou les moto-vannes peuvent former ainsi avantageusement le dispositif de réduction du transfert de chaleur.

La présente invention a également pour but de proposer un procédé de contrôle d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible permettant d'adapter le niveau de consommation électrique aux besoins réels en transfert de chaleur.

10 A cet effet, il est proposé un procédé de contrôle d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, dans lequel on fait circuler un fluide caloporteur dans deux circuits d'échange de chaleur d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui comprend une pluralité d'unités thermoélectriques de transfert de chaleur comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques adaptés pour transférer
15 de la chaleur entre les deux circuits, le procédé comprenant les étapes qui consistent essentiellement à :

- connecter la pompe à chaleur à une source de courant électrique ;
- alimenter à partir de la source de courant électrique, lesdites unités thermoélectriques par au moins une unité d'alimentation électrique présentant
20 une pluralité de connexions de sortie ;
- entrer une consigne de température ;
- délivrer, par un ensemble de capteurs de température, des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur ; et

25 caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes suivantes :

- régler, par une pluralité de dispositifs de réglage pourvus de commutateurs, la tension délivrée par chacune des connexions de sortie, plusieurs niveaux de tension prédéterminés pouvant être délivrés au niveau d'au moins une partie des dispositifs de réglage, selon l'état des commutateurs ; et
- 30 - commander les configurations de commutation des commutateurs pour, d'une part alimenter sélectivement au moins une partie de la pluralité d'unités thermoélectriques, et d'autre part, sélectionner le niveau de tension prédéterminé alimentant les unités thermoélectriques alimentées.

Selon une particularité du procédé, on réduit le transfert de chaleur entre deux
35 échangeurs d'une unité thermoélectrique non alimentée électriquement au moins dans

un mode de chauffage de la pompe à chaleur thermoélectrique réversible. Cet abaissement peut être obtenu par l'arrêt d'une circulation du fluide caloporteur au niveau d'une ou plusieurs des unités thermoélectriques, par exemple celles qui ne sont pas alimentées électriquement. Dans le mode de chauffage de la pompe à chaleur, cela permet de minimiser la perte défavorable de chaleur par entropie. En effet, de la chaleur est diffusée depuis le fluide circulant dans les unités thermoélectriques non alimentées électriquement vers le milieu ambiant.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en regard des dessins joints dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système de contrôle d'une pompe à chaleur réversible à plusieurs unités thermoélectriques, selon un mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 2 et 3 sont des schémas illustrant un exemple d'unité thermoélectrique utilisable dans une pompe à chaleur selon l'invention ;
- la figure 4 montre un diagramme d'étapes permettant de déterminer un mode de chauffage optimal ;
- la figure 5 représente l'impact du choix de la tension d'alimentation d'un module thermoélectrique en vue d'obtenir un COP élevé.

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

A la figure 1, est représenté un mode de réalisation d'un système de contrôle pour gérer des Cellules à Effet Peltier (CEP) ou modules thermoélectriques 3 de transfert de chaleur. Le système de contrôle 2 présente une unité d'alimentation électrique 10, correspondant ici à un système modulaire à sorties multiples de courant continu, connecté par exemple à une source de courant alternatif typiquement de 230V. Plusieurs systèmes modulaires à sorties multiples de courant continu peuvent aussi être utilisés. Les modules thermoélectriques 3 sont agencés par groupe de six dans des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 respectives qui définissent un système échangeur 4 de la pompe à chaleur. Bien entendu, le nombre de modules thermoélectriques 3 n'est pas figé et peut être variable, par exemple et de manière non limitative compris entre deux et dix par unité thermoélectrique 41, 42, 43, 44.

Tandis que les unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 représentés à la figure 1 comprennent des modules thermoélectriques agencés dans une seule série 30, il doit être compris que cet assemblage n'est qu'une option parmi d'autres. Ainsi, il est

permis d'utiliser aussi, alternativement ou en combinaison avec les unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44, des modules thermoélectriques 3 agencés différemment ou d'autres genres d'unités thermoélectriques 40 comme illustré dans la figure 2. L'unité thermoélectrique 40 montrée à la figure 2 se différencie des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 en ce qu'elle présente deux séries 30' de trois modules thermoélectriques 3, chacune raccordée à deux sorties similaires Sa, Sb de l'unité d'alimentation électrique 10 de la pompe à chaleur. Le nombre de plaques dites froides peut être dans ce cas de deux par unité thermoélectrique 40. A chacune des sorties Sa, Sb de l'unité d'alimentation électrique 10 peut être associé un circuit d'alimentation très basse tension redressée. L'unité d'alimentation électrique 10 délivre ainsi un courant redressé en double alternance avec une puissance optimisée. La fréquence obtenue peut être de l'ordre de 100 Hz par exemple.

On comprend que chacune des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 montrées à la figure 1 pourrait être remplacée par l'unité thermoélectrique 40 montrée à la figure 2, moyennant une adaptation (il peut s'agir d'un simple doublement) du circuit correspondant d'alimentation très basse tension redressée, présent dans l'unité d'alimentation électrique 10.

La pompe à chaleur utilise au moins une circulation d'un fluide(s) caloporteur(s) tel que l'eau. En référence à la figure 3, l'unité thermoélectrique 40 comprend un premier échangeur 40a et un deuxième échangeur 40b situé au-dessus du premier. Les fluides caloporteurs respectifs circulent dans des canaux pour assurer un échange de chaleur avec la face externe plane de l'échangeur correspondant 40a, 40b. Le premier échangeur 40a présente une entrée de fluide E1 située du côté droit de l'unité thermoélectrique 40 et une sortie O1 agencée de façon opposée. Le second échangeur 40b, présente une entrée de fluide E2 du côté gauche et une sortie opposée O2. Ce second échangeur 40b, avec sa face d'échange orientée vers le bas, peut être en tout point identique au premier échangeur 40a.

Une moto-vanne V1, permet d'arrêter la circulation du premier fluide dans le premier échangeur 40a et une moto-vanne V2 permet d'arrêter la circulation du deuxième fluide dans le second échangeur 40b. La figure 3 illustre ainsi l'utilisation de moto-vannes V1, V2 chacune adaptées pour couper sélectivement la circulation de fluide caloporteur dans des parties de circuit d'une unité thermoélectrique 40.

Naturellement tout type de vanne est utilisable, avec de préférence un organe de commande de la l'ouverture/fermeture du clapet de la vanne. Ici, les moto-vannes V1, V2 sont chacune adaptées pour fermer la communication fluidique avec

l'échangeur 40a, 40b. On comprend que la circulation des premier et second fluides peut cependant se poursuivre à travers d'autres parties d'un circuit. Ceci est réalisable par exemple en utilisant des moto-vannes V1, V2 qui interrompent ou court-circuitent uniquement une circulation sinueuse dans l'échangeur 40a, 40b, tandis qu'une
5 circulation longitudinale ou externe à l'échangeur 40a, 40b est permise.

Bien que la figure 3 se réfère à l'exemple de l'unité thermoélectrique 40, n'importe laquelle et préférentiellement plusieurs des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 peuvent être équipées de façon analogue avec au moins une moto-vanne. L'intérêt de court-circuiter des parties de circuit formées au niveau des unités
10 thermoélectriques 40, 41, 42, 43, 44 est de satisfaire au plus près les besoins spécifiques paramétrés pour la pompe à chaleur, avec une optimisation du COP, en particulier lorsque dans une habitation ou local similaire équipé avec la pompe à chaleur, les besoins de transfert de chaleur varient d'un lieu à l'autre. Les moto-vannes V1, V2 sont fermées en particulier lorsqu'il n'y a pas un besoin particulier de transfert
15 de chaleur par le circuit d'échange de chaleur correspondant. La fermeture des moto-vannes V1, V2 est avantageuse dans le mode de chauffage de la pompe à chaleur, afin d'éviter un couplage thermique entre les faces des modules thermoélectriques 3 non alimentés, et donc des échanges de chaleur dans le sens opposé à ceux désirés. Ces pertes par entropie du système échangeur peuvent être ainsi évitées.

20 Plus généralement, la pompe à chaleur peut être équipée de tous moyens permettant de faire varier, au niveau d'une ou plusieurs des unités thermoélectriques 40, 41, 42, 43, 44, un coefficient de transfert de chaleur entre les deux échangeurs 40a, 40b. En mode de chauffage, un dispositif pourvu des moto-vannes V1, V2 ou agencé différemment permet ainsi de modifier les conditions d'échange thermique de
25 façon à faire baisser globalement la conductivité thermique.

Dans le mode de rafraîchissement, l'effet entropique est favorable puisque l'on cherche à évacuer la chaleur du milieu ambiant. Par conséquent, on peut utiliser un dispositif de couplage/découplage thermique configuré pour stopper la circulation hydraulique dissipatrice de chaleur et/ou augmenter localement la résistance
30 thermique par d'autres moyens connus, dans le mode de chauffage, et pour laisser circuler le fluide caloporteur et/ou baisser localement la résistance thermique par tout autre moyen connu, dans le mode de rafraîchissement.

La pompe à chaleur peut être plus particulièrement destinée aux applications de chauffage basse température et de rafraîchissement pour l'habitat. La pompe à
35 chaleur peut se présenter sous la forme d'un boîtier ou d'un appareil avec en façade

un panneau de commande (non représenté). Une interface de commande 6 et le système échangeur 4 sont par exemple agencés dans le boîtier. La pompe à chaleur est typiquement destinée à chauffer des locaux d'habitation ou professionnels, mais aussi à rafraîchir ces locaux grâce à l'utilisation des modules thermoélectriques 3. La pompe à chaleur thermoélectrique est donc préférentiellement réversible. Plusieurs pièces d'un local d'habitation peuvent être chauffées, respectivement rafraîchies, à l'aide de boucles d'échanges de chaleur raccordées au boîtier. Les locaux d'habitation en question sont typiquement des habitations individuelles allant d'un appartement de quelques pièces à une maison individuelle. La puissance est donc typiquement prévue entre trois et trente kilowatts de puissance de chauffage maximale, sans que cette dernière valeur constitue une limite supérieure.

La circulation de fluide(s) caloporteur(s) est réalisée à travers des canalisations en contact thermique avec les faces de même type des modules thermoélectriques de même type. On comprend que le transfert de chaleur entre les deux circuits peut être réalisé en utilisant toute configuration adaptée de circuit caloporteur. Quelle que soit la configuration adoptée, la face du module thermoélectrique 3 qui pompe de la chaleur se trouve typiquement à une température plus froide que la face qui évacue de la chaleur. Une température de consigne peut être entrée par l'intermédiaire d'un module de programmation ou dispositif comparable de la pompe à chaleur, lequel module est par exemple relié à l'interface de commande 6 et fait partie du dispositif de commande. La température de la face du module thermoélectrique 3 qui pompe de la chaleur et la température de consigne forment un couple de paramètres déterminant pour l'obtention d'un coefficient de performance (COP) maximal. En effet, il existe une tension d'alimentation continue optimale pour laquelle un module thermoélectrique 3 a un COP maximal. Ceci est valable aussi bien dans le mode de chauffage que dans le mode de rafraîchissement. Dans le cas présent, le courant d'alimentation est de préférence un courant alternatif redressé double alternance. Pour approcher le COP maximal, la tension continue optimale est multipliée par un coefficient correcteur afin de déterminer l'amplitude de la tension alternative correspondante. Par exemple, pour un courant alternatif sinusoïdal on multiplie la tension continue optimale par un coefficient égal à $\sqrt{2}$.

Le besoin thermique en chauffage sert ici de référence pour déterminer le nombre de CEP ou modules thermoélectriques 3 nécessaires dans la pompe à chaleur car ce besoin est supérieur à celui du besoin thermique en rafraîchissement, lequel aboutirait à un nombre de CEP plus petit et donc insuffisant pour le chauffage.

En référence à la figure 1, il est montré un schéma de contrôle des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 de la pompe à chaleur. Le système de contrôle 2 comprend une connexion 7 à une source de courant électrique 8 et une unité d'alimentation électrique 10 adaptée pour alimenter lesdites unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 à partir de la source de courant électrique 8. Ici, la source de courant électrique 8 fournit une alimentation alternative. Dans ce cas, la source de courant peut alors être le réseau urbain (à 230 V comme c'est le cas dans de nombreux pays d'Europe notamment). Plusieurs fusibles de protection F sont prévus dans l'unité d'alimentation électrique 10. Le nombre de modules thermoélectriques 3 représenté est de vingt-quatre dans l'exemple illustré à la figure 1 mais ce nombre peut bien entendu être différent, par exemple supérieur pour satisfaire les besoins en puissance de chauffage. Il est ici prévu de choisir un point de fonctionnement adapté pour obtenir la température souhaitée dans des locaux d'habitation ou locaux similaires, le point de fonctionnement choisi étant celui qui correspond au coefficient de performance (COP) optimal. Afin d'optimiser ce coefficient COP, quel que soit le point de fonctionnement de la pompe à chaleur (ce point de fonctionnement variant avec la température du ou des fluides caloporteurs et la puissance thermique de chauffage ou de rafraîchissement), le système de contrôle 2 peut effectuer une sélection d'un mode de chauffage parmi une pluralité de modes de chauffage obtenus par un réglage de l'unité d'alimentation électrique 10. En d'autres termes, il est prévu une large gamme de modes de chauffage susceptibles de couvrir la variété de besoins thermiques dans une habitation ou local similaire, ces modes pouvant se distinguer l'un par rapport à l'autre par à un nombre différent de modules thermoélectriques 3 actifs et/ou à une tension d'alimentation U1, U2, U3, U4 différente aux bornes des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44.

Dans le mode de réalisation non limitatif de la figure 1, l'unité d'alimentation électrique 10 présente plusieurs connexions de sortie S1, S2, S3, S4 permettant de transmettre une tension d'alimentation à chacune des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44. Ici pour maximiser le COP associé à chacun des modules thermoélectriques 3, il est prévu en association avec le dispositif de commande un dispositif de commutation 20. Le dispositif de commande comprend une unité de contrôle électronique ECU reliée à l'interface de commande 6 et permettant de modifier l'état des commutateurs du dispositif de commutation 20. Le dispositif de commande et l'unité d'alimentation électrique 10 peuvent être formés dans des boîtiers respectifs connectés entre eux.

Dans l'exemple de la figure 1, la configuration du dispositif de commutation 20 peut être modifiée de différentes façons tout en restant dans un mode de chauffage selon, d'une part, l'état de commutateurs C01, C02, C03, C04 de sélection des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 respectives, et d'autre part, l'état de commutateurs C11, C12, C21, C22 servant à la sélection du niveau de tension d'alimentation dans deux des unités thermoélectriques. En particulier pour ces deux unités thermoélectriques 41, 42, l'alimentation correspond à une très basse tension alternative redressée. Un pont de redressement double alternance 51, par exemple sous la forme d'un pont de diodes, est ici monté entre la connexion de sortie S1 et les deux sorties définies par un transformateur T1 ou convertisseur analogue permettant de régler la tension. Le transformateur T1 permet de délivrer une tension qui est fonction de l'état des interrupteurs I1, I2 du commutateur C11. Un asservissement avec rétroaction sur le commutateur C11 peut être mis en œuvre grâce une collecte d'informations représentatives d'un besoin de chauffe par l'unité de contrôle électronique ECU. Ici, les informations représentatives du besoin de chauffe sont par exemple une ou plusieurs températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur et la température de consigne. Un tel asservissement est par exemple présent pour chacune des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, le dispositif de commutation 20 comprend des commutateurs C01, C02, C03, C04, C11, C12, C21, C22 regroupant chacun plusieurs interrupteurs. Ce genre de dispositif de commutation 20 est simple à actionner car il n'est pas nécessaire de procéder à un ajustement fin et progressif du courant ou de la tension délivrée. Bien que le mode de réalisation de la figure 1 prévoit un dispositif de commutation 20 adapté pour ajuster des tensions de sorties U1 et U2 à l'aide de commutateurs C11, C12 placés chacun du côté des bobinages secondaires, entre un transformateur T1, T2 de type abaisseur de tension et le pont de redressement double alternance 51, 52 associé, toute autre configuration adaptée peut être utilisée. Par exemple dans un mode de réalisation de moindre préférence, les transformateurs T1, T2, du type abaisseur de tension ou analogue, peuvent alternativement ou de manière complémentaire être pourvus de commutateurs qui sont adaptés pour court-circuiter un certain nombre de spires des bobinages primaires du transformateur T1, T2.

Les connexions de sortie S3, S4 peuvent être chacune associées à un dispositif inverseur du sens du courant, par exemple situé à la sortie du transformateur 53, 54 respectivement associé à la connexion de sortie S3, S4. Ce dispositif inverseur

peut être actionné par le dispositif de commande. Le caractère réversible de l'alimentation fournie aux unités thermoélectriques 43, 44 permet, de façon simple, de passer du mode chauffage au mode rafraîchissement. Au moins pour une de ces unités thermoélectriques 43, 44 à inversion d'alimentation, on peut prévoir une plus grande puissance de chauffage. Ici des commutateurs C13, C14 en liaison avec l'unité de contrôle électronique ECU sont prévus pour permettre l'inversion de courant. Le mode de rafraîchissement peut correspondre à la fermeture des interrupteurs I4 du commutateur correspondant C13, C14 (les interrupteurs I3 étant dans un état ouvert). Une puissance moindre peut aussi être obtenue en utilisant seulement l'une des sorties S3, S4 pour alimenter sélectivement l'une ou l'autre des unités thermoélectriques 43, 44.

Dans l'exemple de la figure 1, à chacun des ponts de redressement double alternance 51, 52 correspond une sortie S1, S2 définie par deux jonctions du pont de redressement. Le dispositif de commutation 20 comprend au moins un commutateur C11, C12 configurable suivant deux positions ou modes. L'un de ces modes ($I1=0$ et $I2=1$), correspondant au cas de la figure 1 permet de délivrer une première tension avec les quatre bornes à la sortie du transformateur T1, T2 ou convertisseur équivalent reliées à deux jonctions du pont de redressement 51, 52. L'autre de ces modes ($I1=1$ et $I2=0$) permet de délivrer une deuxième tension plus élevée que la première tension avec deux des quatre bornes à la sortie du convertisseur reliées à deux jonctions du pont de redressement.

En référence à la figure 1, le ou les convertisseurs, ici formés par les transformateurs T1, T2, présentent deux sorties définies par quatre bornes. Deux niveaux prédéterminés de tension, très inférieurs chacun au niveau de tension de la source de courant électrique (8), sont délivrés au niveau de ces sorties. Dans cet exemple non limitatif, c'est l'état des commutateurs C11, C12 du dispositif de commutation 20 qui permettent de sélectionner respectivement un niveau de tension de sortie prédéterminé résultant d'une combinaison entre les deux niveaux prédéterminés délivrés par un convertisseur.

La figure 1 représente une configuration du dispositif de commutation 20, dans lequel l'unité de contrôle électronique ECU commande un mode d'alimentation qui utilise exclusivement deux des circuits d'alimentation, grâce aux commutateurs C01, C02. On comprend que du point de vue de l'unité de contrôle ECU, de simples commandes tout ou rien permettent de paramétrer la configuration du dispositif de commutation 20. Autrement dit, la pompe présente un dispositif de commande adapté

pour configurer le dispositif de commutation 20, de façon à activer sélectivement les unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44.

De plus, l'une au moins des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 peut être alimentée avec différents niveaux non nuls de tension, compte tenu de la structure de certains des circuits d'alimentation présents dans l'unité d'alimentation 10. Ainsi, le dispositif de commande permet également de sélectionner un niveau de tension prédéterminé parmi plusieurs niveaux de tension. L'exemple qui suit illustre, en liaison avec le mode de réalisation de la figure 1, la variété de modes d'alimentation pouvant être sélectionnés pour la pompe à chaleur. L'unité de contrôle électronique ECU du dispositif de commande délivre ici des commandes de sortie tout ou rien pour configurer les interrupteurs respectifs I0, I1, I2 des circuits d'alimentation associés aux unités thermoélectriques 41, 42, ainsi que les interrupteurs respectifs I0, I3, I4 des circuits d'alimentation associés aux unités thermoélectriques 41, 42. Des commandes de sortie tout ou rien sont également délivrées par l'unité de contrôle électronique ECU pour fixer l'état des moto-vannes associées aux unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44. Cet état est référencé V dans le tableau qui suit, avec V=1 signifiant que la ou les vannes correspondantes sont ouvertes.

Utilisations de deux unités thermoélectrique 41, 42 dans six modes d'alimentation en mode chauffage

Première unité

	Première unité 14A/35VAC	Deux Unités 14A/35VAC	Première unité 7A/70VAC	Deux unités 7A-14A	Deux Unités 7A/70VAC	Deux Unités 220VAC
I0	1	1	1	1	1	0
I1	0	0	1	1	1	0
I2	1	1	0	0	0	0
V	1	1	1	1	1	0

Deuxième unité

	Première unité 14A/35VAC	Deux Unités 14A/35VAC	Première unité 7A/70VAC	Deux unités 7A-14A	Deux Unités 7A/70VAC	Deux Unités 220VAC
I0	0	1	0	1	1	0
I1	0	0	0	0	1	0
I2	0	1	0	1	0	0
V	0	1	0	1	1	0

Les deux tableaux ci-dessus illustrent la sélection des différents modes d'alimentation en fonction des commandes tout ou rien de l'unité électronique de contrôle ECU. La figure 1 illustre le mode d'alimentation dans lequel on a les deux unités thermoélectriques 41, 42 qui sont alimentées à 35 VAC / 14 A (cf. colonne en caractère gras), tandis que les deux autres unités thermoélectriques 43, 44 ne sont pas alimentées. A l'inverse dans le sixième mode d'alimentation indiqué dans les tableaux ci-dessus, seules les unités thermoélectriques 43, 44 sont alimentées avec du 220V.

Utilisations de deux dernières unités thermoélectrique 43, 44 dans les six modes d'alimentation en mode chauffage

15

Deux dernières unités

	Première unité 14A/35VAC	Deux Unités 14A/35VAC	Première unité 7A/70VAC	Deux unités 7A-14A	Deux Unités 7A/70VAC	Deux Unités 220VAC
I0	0	0	0	0	0	1
I3	0	0	0	0	0	1
I4	0	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	1

On peut noter qu'une inversion du courant d'alimentation est permise pour ces deux unités thermoélectrique 43, 44. Par exemple, la fermeture des interrupteurs I3 en laissant ouverts les interrupteurs I4 peut permettre de fournir une alimentation adaptée pour un mode de chauffage, tandis que le paramétrage inverse permet d'obtenir un

20

mode de rafraîchissement. Ici, les connexions de sortie S3, S4 sont chacune associées à un dispositif inverseur du sens du courant actionnable par l'unité de contrôle électronique ECU du dispositif de commande. Naturellement, un tel dispositif inverseur peut être utilisé pour n'importe quelle des connexions de sortie S1, S2, S3, S4 de l'unité d'alimentation électrique 10 et peut plus généralement se présenter sous toute forme adaptée. Le dispositif de commutation 20 peut comprendre des commutateurs C11, C12 faisant varier le niveau de tension d'alimentation d'un facteur égal à deux ou supérieur à deux au niveau des connexions de sortie S1, S2 respectives. Bien entendu, les modes d'alimentation ci-dessus présentés ne sont que des exemples pouvant être complétés et/ou remplacés par d'autres modes d'alimentation.

Le dispositif de commande dispose d'une table de conversion ou de moyens similaires associant à la paire de premières unités thermoélectriques 41, 42 un nombre déterminé de commandes qui ici se différencient entre elles par les deux paramètres sélectionnés suivants :

- l'état, représentatif d'une sélection de tout ou partie d'une unité thermoélectrique 41, 42, des commutateurs C01, C02 du dispositif de commutation 20 qui sont agencés entre la source de courant électrique 8 des transformateurs T1, T2 ; et
- l'état, représentatif d'une sélection d'un niveau de tension, des commutateurs C11, C12 du dispositif de commutation 20.

Pour le choix des commandes de sortie, l'unité de contrôle électronique ECU peut utiliser différentes entrées analogiques, par exemple fournies à l'aide de premiers capteurs de température 31 et de deuxièmes capteurs de température 32. Les premiers capteurs 31 délivrent par exemple des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur, comme les températures de départ et de retour du fluide caloporteur dans le circuit émetteur, les températures de départ et de retour du fluide caloporteur dans le circuit extérieur. Les deuxièmes capteurs de température 32 permettent de mesurer la température extérieure à l'habitation ou local similaire équipé avec la pompe à chaleur, ainsi que la température ambiante de l'habitation. Plus généralement, l'ensemble de capteurs de température 31, 32 est prévu pour fournir des informations suffisantes pour une estimation des conditions dans lesquelles est réalisé le transfert de chaleur.

L'unité de contrôle électronique ECU reçoit aussi des entrées tout ou rien, numériques dans un mode de réalisation préféré, pouvant correspondre à l'un au moins des ordres suivants :

- Commande de mise en marche de la pompe à chaleur, avec par exemple une mise sous tension de l'automate (cet ordre est typiquement manuel et donné par l'utilisateur en appuyant sur un bouton en façade) ;
- Commande de mise en marche du mode chauffage (cet ordre est également typiquement manuel) ;
- Commande de mise en marche du mode rafraîchissement (cet ordre est également typiquement manuel) ; et
- L'ordre de chauffage ou de rafraîchissement par le thermostat d'ambiance en fonction de l'écart de température entre la température ambiance et la consigne dans l'habitat.

Un convertisseur CAN de l'unité de contrôle électronique ECU permet de collecter les différentes entrées. L'exploitation des informations correspondantes peut être réalisée au niveau de l'unité de contrôle électronique ECU du dispositif de commande. On comprend que la température de consigne (il peut s'agir d'une température ambiante souhaitée) indiquée par l'utilisateur est prise ainsi en compte de façon à déterminer la température qu'il faudrait atteindre dans les circuits de fluide caloporteur pour répondre à la demande de l'utilisateur. La connaissance de la résistance thermique globale de l'échangeur et préférentiellement de la température extérieure et la résistance thermique globale de l'habitat peuvent permettre une corrélation entre une température de consigne paramétrée directement par un utilisateur et le besoin réel en transfert de chaleur.

Ainsi, un asservissement d'un paramètre représentatif du besoin en transfert de chaleur, par exemple une température moyenne d'eau obtenue à partir des températures mesurées par deux des capteurs 31, peut être mis en œuvre par utilisation d'un paramètre de consigne correspondant. Ce paramètre de consigne prend ici en compte la température de consigne paramétrée par l'utilisateur. Dans un mode de réalisation de l'invention, l'écart entre le paramètre de consigne et le paramètre correspondant estimé en temps réel est calculé par exploitation des mesures des capteurs 31, 32. Un algorithme de l'unité de contrôle électronique ECU est prévu pour effectuer ce calcul et réaliser une corrélation, en fonction de ladite consigne de température et des signaux délivrés par l'ensemble des premiers et deuxièmes capteurs de température 31, 32, entre des besoins de transfert de chaleur et un unique point de fonctionnement optimal. Pour cela, le calcul de l'écart au paramètre de consigne permet au thermostat d'ambiance de délivrer l'ordre de chauffage ou de rafraîchissement.

Dans l'exemple de la figure 1, qui correspond à un mode de fonctionnement par chauffage en utilisant les deux unités thermoélectriques 41, 42, le point de fonctionnement a ainsi été déterminé à l'aide de l'algorithme de l'unité de contrôle électronique ECU pour maximiser le coefficient de performance de la pompe à chaleur. De manière non limitative, l'algorithme calcule typiquement dans ce cas deux paramètres tels que la puissance de chauffage et la température moyenne d'eau de celui des circuits qui est émetteur de chaleur. Ce couple de paramètres permet, par exemple par utilisation d'une table de correspondance, de trouver le nombre de modules thermoélectriques 3 optimal pour le besoin ainsi que le courant optimal pour ces modules thermoélectriques 3. Le choix du mode d'alimentation se fait alors dans la configuration qui se rapproche le plus des paramètres d'optimisation ainsi déterminés.

On comprend que le nombre de modules thermoélectriques 3 en fonctionnement peut avantageusement évoluer de façon dynamique pour répondre à un large nombre de couples (Quantité de chaleur pour le chauffage/Température moyenne de l'eau du circuit émetteur) et (Quantité de chaleur pour le rafraîchissement/Température moyenne de l'eau du circuit émetteur). Comme ce couple varie en fonction du temps et de la conception du système global intégrant la pompe à chaleur, le processus de détermination par l'algorithme du nombre de modules thermoélectriques 3 en fonctionnement doit être répété régulièrement, avec une détermination simultanée du mode d'alimentation optimal de ce nombre déterminée de modules 3 qui satisfait le besoin réel pour la consommation électrique minimale.

L'unité de contrôle électronique ECU montrée sur la figure 1 peut comporter un module de paramétrage pour paramétrer un nombre défini de points de fonctionnement prédéterminés de la pompe à chaleur, de façon à définir des configurations chacune différentes afin de mieux correspondre à un besoin spécifique en transfert de chaleur. Les points de fonctionnement sont paramétrés par le module de paramétrage en fonction, d'une part, d'un nombre de modules thermoélectriques 3 qui sont activés, et d'autre part, de tensions d'alimentation chacune associées aux modules thermoélectriques 3 qui sont activés.

En référence à la figure 5, on comprend que l'augmentation de la tension d'alimentation affectée à chaque module thermoélectrique a tendance à abaisser le COP. C'est pourquoi le dispositif de commande peut avantageusement configurer le dispositif de commutation 20 de façon à sélectionner un mode de chauffage avec un nombre de modules thermoélectriques 3 suffisant pour répondre aux besoins de transfert de chaleur, et délivrer un courant d'alimentation juste suffisant pour optimiser

le COP. Pour un couple de températures mesurées dans les deux circuits, il existe un courant d'alimentation unique pour lequel un module thermoélectrique 3 considéré possède un COP maximal. Autrement dit, on peut associer à un tel point de fonctionnement un couple unique de flux de chaleur pour le transfert de chaleur dans les deux circuits émetteur et récepteur de chaleur.

La figure 5 montre ainsi qu'il existe un point de fonctionnement optimal en fonction de la puissance pour le chauffage PC requise pour différentes températures de consigne PC(20), PC(25) et PC(30). Les courbes du COP correspondantes COP(20), COP(25) et COP(30) sont indiquées en liaison avec l'axe des ordonnées placé à gauche dans la figure 5. Ce genre de modélisation appelé « loi d'eau » dans le cas où le fluide caloporteur est de l'eau permet de retrouver la tension d'alimentation optimale des modules thermoélectriques 3 en fonction des besoins requis en puissance.

En référence à la figure 4, la pompe à chaleur peut être contrôlée en procédant comme suit :

- on connecte dans une étape préliminaire la pompe à chaleur à la source de courant électrique 8 ;
- on programme lors d'une première étape de paramétrage 61 au moins une consigne de température ;
- on délivre à la suite d'une étape de mesure 62, par les capteurs de température 31, 32, des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur ;
- on alimente à partir de la source de courant électrique 8, les unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 par l'unité d'alimentation électrique 10 ;
- on règle la tension délivrée au niveau de chacune des connexions de sortie S1, S2, S3, S4 de l'unité d'alimentation électrique 10 ;
- lors d'une étape 63 de détermination des besoins en transfert de chaleur, on utilise l'algorithme de l'unité contrôle électronique ECU et on calcule en fonction de la consigne de température et des signaux délivrés par l'ensemble de capteurs de température 31, 32 des paramètres représentatifs d'un besoin de transfert de chaleur (pouvant inclure la puissance de chauffage ou de rafraîchissement et une température caractéristique dans le circuit émetteur d'un tel chauffage ou rafraîchissement) ;
- dans une étape 64 mis en œuvre par l'algorithme de l'unité contrôle électronique ECU, on détermine le nombre de module thermoélectriques 3

suffisant ainsi qu'un courant d'alimentation optimal de ces modules thermoélectriques 3 ;

- lors d'une étape de sélection 65, on sélectionne une configuration du dispositif de commutation 20 en fonction, de l'étape précédente 64 (i.e. en correspondance avec le point de fonctionnement choisi) ; et
- on commande ensuite l'alimentation électrique des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44 en utilisant les niveaux de tension d'alimentation des modules thermoélectriques 3 qui permettent d'atteindre ou de s'approcher au plus près du COP optimal pour chacun des modules thermoélectriques 3.

Un des avantages de l'invention est de fournir à l'opérateur un moyen d'optimiser la consommation électrique de la pompe à chaleur tout en utilisant des modules thermoélectriques 3 qui peuvent être identiques. L'optimisation est automatisée pour assurer un fonctionnement performant de la pompe à chaleur. La rapidité de réponse et la flexibilité du système de contrôle (2) sont également des avantages d'une telle pompe à chaleur.

L'unité d'alimentation électrique 10 peut être relativement compacte de façon à être intégré avec un microcontrôleur dans un simple boîtier de commande de la pompe à chaleur. On comprend que les dispositifs de réglage de la tension prévus dans l'unité d'alimentation électrique 10 peuvent se présenter sous des formes différentes de celles présentées à la figure 1, en vue de fournir plusieurs tensions séparées, affectées chacune à une des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44. Un ou plusieurs connecteurs électriques peuvent être prévus avec des liaisons de commande pour permettre de connecter l'unité d'alimentation électrique 10 au dispositif de commande de la pompe à chaleur. Les liaisons de commande du connecteur électrique permettant dans ce cas l'activation sélective de chacune des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44, ainsi que la sélection des configurations du dispositif de commutation 20.

Il doit être évident pour les personnes versées dans l'art que la présente invention permet des modes de réalisation sous de nombreuses autres formes spécifiques sans l'éloigner du domaine d'application de l'invention comme revendiqué. On comprend notamment que le système de contrôle 2 n'est pas limité aux exemples particuliers décrits en liaison avec les figures 1 et 2 et peut utiliser différents types de moyens d'asservissement permettant de commander un dispositif de commutation 20, en fonction de signaux et/ou données représentatives d'une ou plusieurs températures de consigne et d'une ou plusieurs températures mesurées.

L'unité d'alimentation électrique 10 peut se présenter sous différentes formes et peut comporter des dispositifs d'alimentation électrique physiquement séparés et/ou être raccordée à plusieurs sources de courant. Par exemple on peut utiliser, en fonction des conditions de fonctionnement, au moins un courant d'un réseau urbain et/ou et le courant fourni par un équipement additionnel à cellules photovoltaïques ou convertissant en électricité une énergie extérieure.

Par ailleurs, le couplage/découplage thermique entre les sources alimentant les échangeurs des unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44. peut être utilisé dans une pompe à chaleur seulement en association avec l'alimentation sélective de ces unités thermoélectriques 41, 42, 43, 44. Dans un tel mode de réalisation, le réglage de la tension délivrée par chacune des connexions de sortie S1, S2, S3, S4 est donc optionnel et peut être supprimé. Dans ce cas, même en l'absence de fonctions d'ajustement des niveaux de tension, on obtient avantageusement une pompe à chaleur d'un coût moindre et permettant de s'adapter efficacement aux besoins en s'approchant d'un point de fonctionnement optimal : le dispositif de commande permet un paramétrage sélectif du nombre de modules thermoélectriques 3 et active une configuration adéquate du dispositif de couplage/découplage thermique associé aux unités thermoélectriques 40, 41, 42, 43, 44.

REVENDEICATIONS

1. Système de contrôle (2) d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible présentant deux circuits d'échange de chaleur utilisant un fluide caloporteur, et une pluralité d'unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44) de transfert de chaleur
- 5 comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques (3) adaptés pour transférer de la chaleur entre les deux circuits, le système de contrôle comprenant :
- une unité d'alimentation électrique (10) destinée à être reliée à une source de courant électrique (8) et présentant une pluralité de connexions de sortie (S1, S2, S3, S4) permettant de délivrer une tension d'alimentation à chacune des
 - 10 unités thermoélectriques ;
 - un ensemble de capteurs de température (31, 32) adaptés pour délivrer notamment des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur ; et
 - 15 - un dispositif de commande (6, ECU) relié à un dispositif d'entrée d'une température de consigne pour commander l'alimentation électrique de la pluralité d'unités thermoélectriques en fonction de ladite consigne de température et des signaux délivrés par ledit ensemble de capteurs de température (31, 32) ;
- 20 caractérisé en ce que l'unité d'alimentation électrique (10) comprend une pluralité de dispositifs de réglage de la tension délivrée par chacune des connexions de sortie (S1, S2, S3, S4), lesdits dispositifs de réglage comprenant des commutateurs, au moins une partie des dispositifs de réglage étant adaptée pour délivrer plusieurs niveaux de tension prédéterminés selon l'état des commutateurs dudit dispositif de réglage, et en
- 25 ce que le dispositif de commande est relié aux commutateurs et adapté pour commander différentes configurations de commutation des commutateurs pour, d'une part alimenter sélectivement au moins une partie de la pluralité d'unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44), et d'autre part, sélectionner le niveau de tension prédéterminé alimentant les unités thermoélectriques alimentées.
- 30 2. Système de contrôle selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de commande (6, ECU) comprend une unité de contrôle électronique (ECU) qui comporte :
- un module de paramétrage pour paramétrer un nombre défini de points de fonctionnement prédéterminés de la pompe à chaleur, chaque point de

fonctionnement correspondant, d'une part, à un nombre de modules thermoélectriques (3) alimentés, et d'autre part, à une tension d'alimentation prédéterminée pour chacune des unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44) alimentées; et

- 5 - un algorithme adapté pour effectuer une corrélation, en fonction de ladite consigne de température et des signaux délivrés par ledit ensemble de capteurs de température (31, 32), entre des besoins de transfert de chaleur et un unique point de fonctionnement, de façon à choisir le point de fonctionnement qui maximise le coefficient de performance de la pompe à
- 10 chaleur.

3. Système de contrôle selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le dispositif de commande (6, ECU) comprend une table de conversion permettant d'associer à un premier des dispositifs de réglage de la tension et à un deuxième des dispositifs de réglage de la tension, un nombre déterminé de commandes de

15 configuration qui se différencient entre elles par au moins l'un, et préférentiellement deux, des paramètres sélectionnés suivants :

- l'état, représentatif d'une sélection de tout ou partie d'une unité thermoélectrique, de premiers commutateurs (C01, C02) qui sont agencés entre la source de courant électrique (8) et lesdits premier et deuxième
- 20 dispositifs de réglage de la tension ; et
- l'état, représentatif d'une sélection d'un niveau de tension, de deuxièmes commutateurs (C11, C12) agencés au niveau des premier et deuxième dispositifs de réglage de la tension.

4. Système de contrôle selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la

25 source de courant électrique (8) fournit une alimentation alternative et lesdits dispositifs de réglage comprennent :

- au moins un convertisseur (T1, T2) à deux sorties définies par quatre bornes, adapté pour délivrer deux niveaux prédéterminés de tension très inférieurs chacun au niveau de tension de la source de courant électrique (8) ; et
- 30 - des commutateurs (C11, C12) agencés en sortie du convertisseur pour délivrer un niveau de tension de sortie prédéterminé résultant d'une combinaison entre lesdits deux niveaux prédéterminés délivrés par le convertisseur.

5. Système de contrôle selon la revendication 4, dans lequel lesdits dispositifs de réglage comprennent un pont de redressement double alternance (51,

35 52) et une sortie définie par deux jonctions du pont de redressement (51, 52), au

moins un des commutateurs (C11, C12) étant configurable suivant deux positions dont l'une permet de délivrer une première tension en utilisant quatre bornes à la sortie du convertisseur (T1, T2) reliées à deux jonctions du pont de redressement (51, 52), et l'autre permet de délivrer une deuxième tension plus élevée que la première tension en utilisant deux seulement des quatre bornes à la sortie du convertisseur (T1, T2) reliées à deux jonctions du pont de redressement (51, 52).

6. Système de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle l'unité d'alimentation électrique (10) comprend :

- des premières connexions de sortie (S1, S2) à puissance définie de façon ajustable selon la configuration des commutateurs ; et
- des deuxièmes connexions de sortie (S3, S4) à puissance prédéfinie indépendamment de la configuration du dispositif de commutation (20).

7. Système de contrôle selon la revendication 6, dans lequel le dispositif de commande (6, ECU) comprend une table de conversion permettant d'utiliser, soit une ou plusieurs des premières connexions de sortie (S1, S2), soit une ou plusieurs des deuxièmes connexions de sortie (S3, S4).

8. Système de contrôle selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel les deuxièmes connexions de sortie (S3, S4) sont chacune associées à un dispositif inverseur (I3, I4) du sens du courant actionnable par le dispositif de commande (6, ECU).

9. Pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant deux circuits d'échange de chaleur utilisant un fluide caloporteur et une pluralité d'unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44) de transfert de chaleur comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques (3) adaptés pour transférer de la chaleur entre les deux circuits, caractérisée en ce qu'elle comprend le système de contrôle (2) selon l'une des revendications 1 à 8.

10. Pompe à chaleur thermoélectrique réversible selon la revendication 9, dans laquelle une première des unités thermoélectriques (40) comprend deux séries (30') de modules thermoélectriques (3), chacune des deux séries étant alimentée indépendamment l'une de l'autre par l'une des connexions de sortie (S1, S2, S3, S4) de l'unité d'alimentation électrique.

11. Pompe à chaleur thermoélectrique réversible selon la revendication 9 ou 10, comprenant un dispositif pour réduire, au niveau d'au moins une des unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44), le transfert de chaleur entre les deux circuits d'échange de chaleurs dans la zone d'échange de chaleur définie entre deux

échangeurs d'une unité thermoélectrique non alimentée électriquement.

12. Pompe à chaleur thermoélectrique réversible selon la revendication 11, dans laquelle chacune des unités thermoélectriques (40) comprend :

- un premier échangeur (40a) avec une partie de circuit appartenant à l'un
5 desdits deux circuits ;
- un second échangeur (40b) avec une partie de circuit appartenant à l'autre desdits deux circuits ; et
- au moins une moto-vanne (V1, V2) adaptée pour couper sélectivement la circulation de fluide caloporteur dans lesdites parties de circuit de l'unité
10 thermoélectrique, ladite moto-vanne formant le dispositif de réduction du transfert de chaleur.

13. Procédé de contrôle d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, dans lequel on fait circuler un fluide caloporteur dans deux circuits d'échange de chaleur d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui comprend une pluralité
15 d'unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44) de transfert de chaleur comprenant chacune un nombre déterminé de modules thermoélectriques (3) adaptés pour transférer de la chaleur entre les deux circuits, le procédé comprenant les étapes qui consistent essentiellement à :

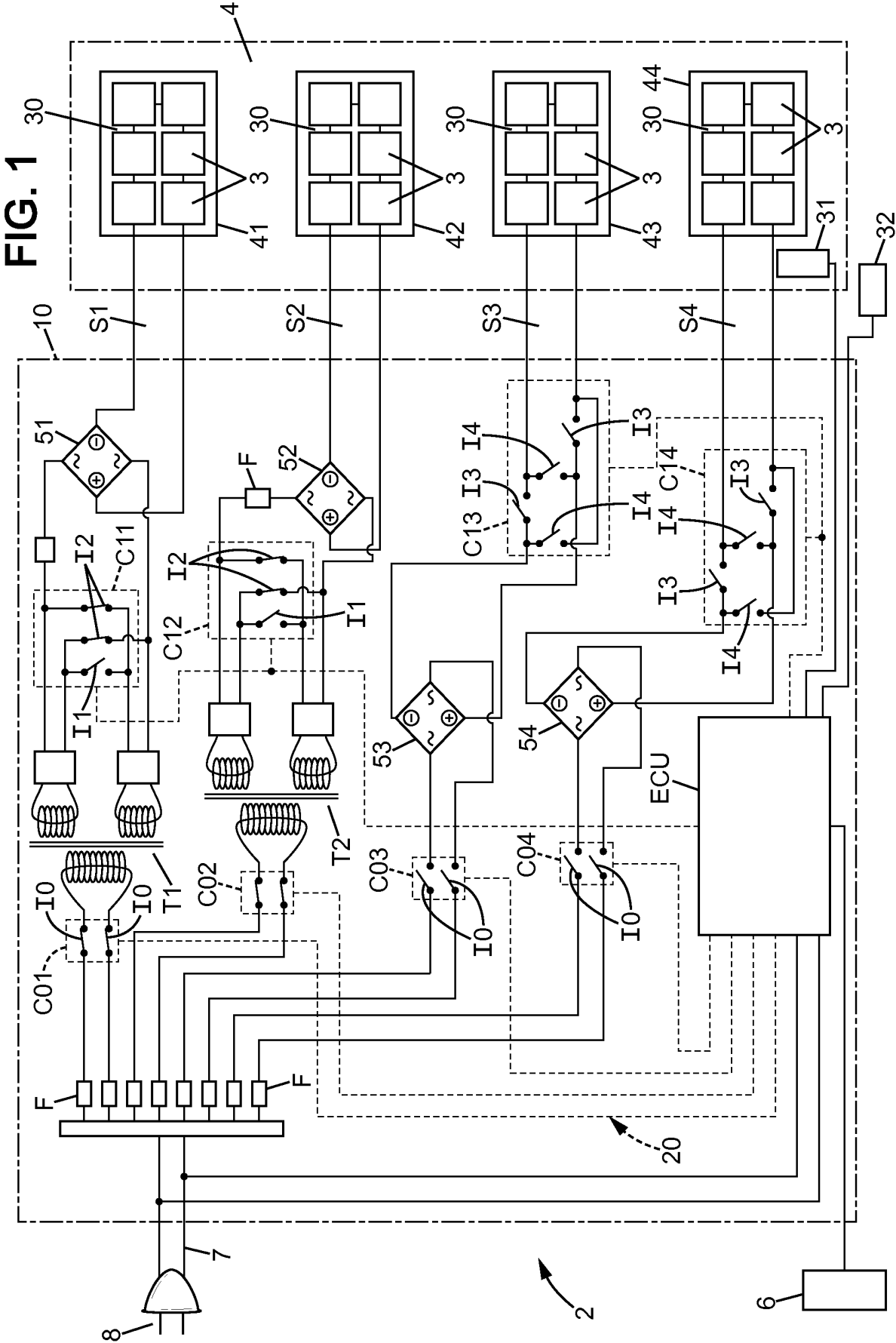
- connecter la pompe à chaleur à une source de courant électrique (8) ;
- 20 - alimenter à partir de la source de courant électrique, lesdites unités thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44) par au moins une unité d'alimentation électrique (10) présentant une pluralité de connexions de sortie (S1, S2, S3, S4, S5) ;
- entrer une consigne de température ;
- 25 - délivrer, par un ensemble de capteurs de température (31, 32), des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur ; et

caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes suivantes :

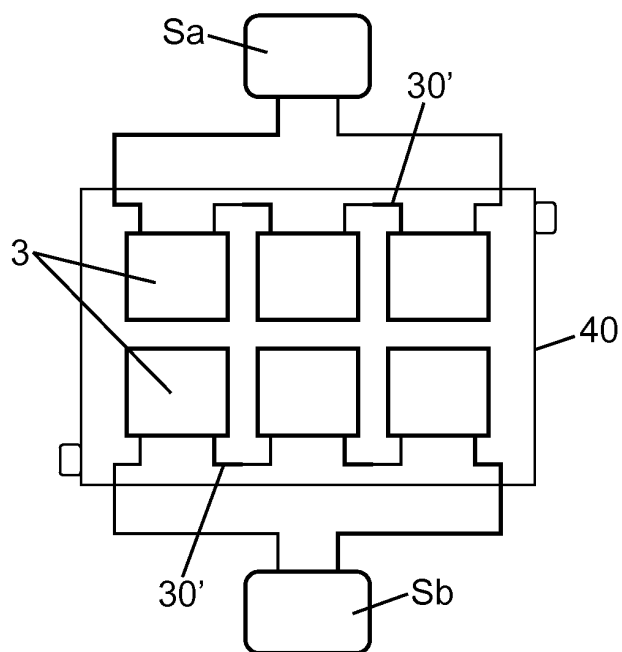
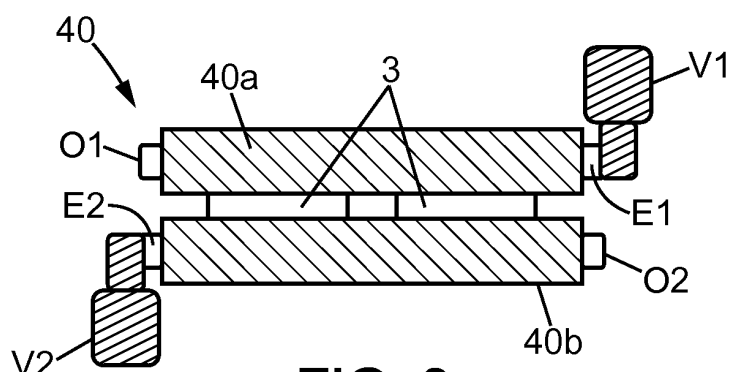
- régler, par une pluralité de dispositifs de réglage pourvus de commutateurs, la
30 tension délivrée par chacune des connexions de sortie (S1, S2, S3, S4), plusieurs niveaux de tension prédéterminés pouvant être délivrés au niveau d'au moins une partie des dispositifs de réglage, selon l'état des commutateurs ; et
- commander les configurations de commutation des commutateurs pour, d'une
35 part alimenter sélectivement au moins une partie de la pluralité d'unités

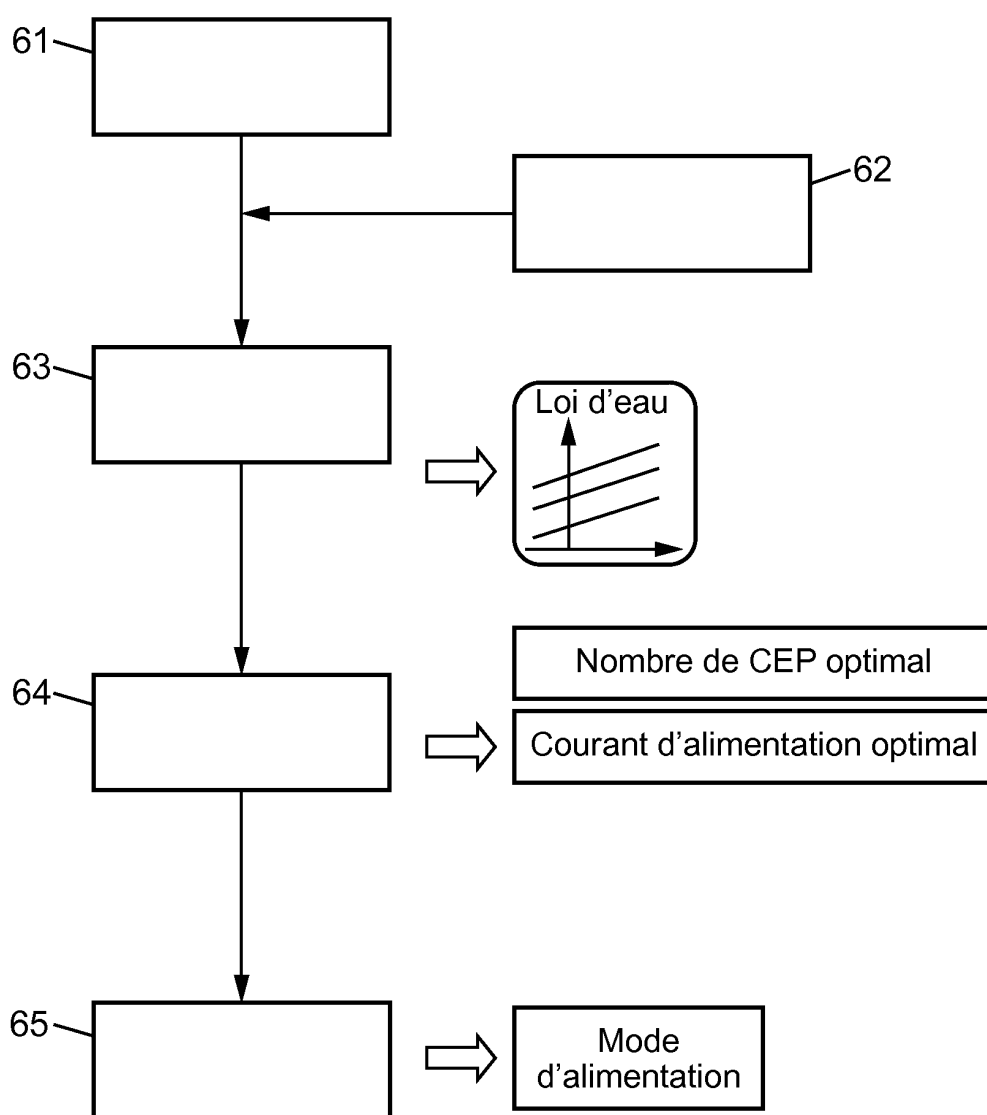
thermoélectriques (40, 41, 42, 43, 44), et d'autre part, sélectionner le niveau de tension prédéterminé alimentant les unités thermoélectriques alimentées.

14. Procédé de contrôle selon la revendication 13, dans lequel on réduit le transfert de chaleur entre deux échangeurs d'une unité thermoélectrique (40, 41, 42, 43, 44) non alimentée électriquement, au moins dans un mode de chauffage de la pompe à chaleur thermoélectrique réversible, préférentiellement par arrêt d'une circulation du fluide caloporteur au niveau de ladite unité thermoélectrique non alimentée électriquement.



2/4

**FIG. 2****FIG. 3**

**FIG. 4**

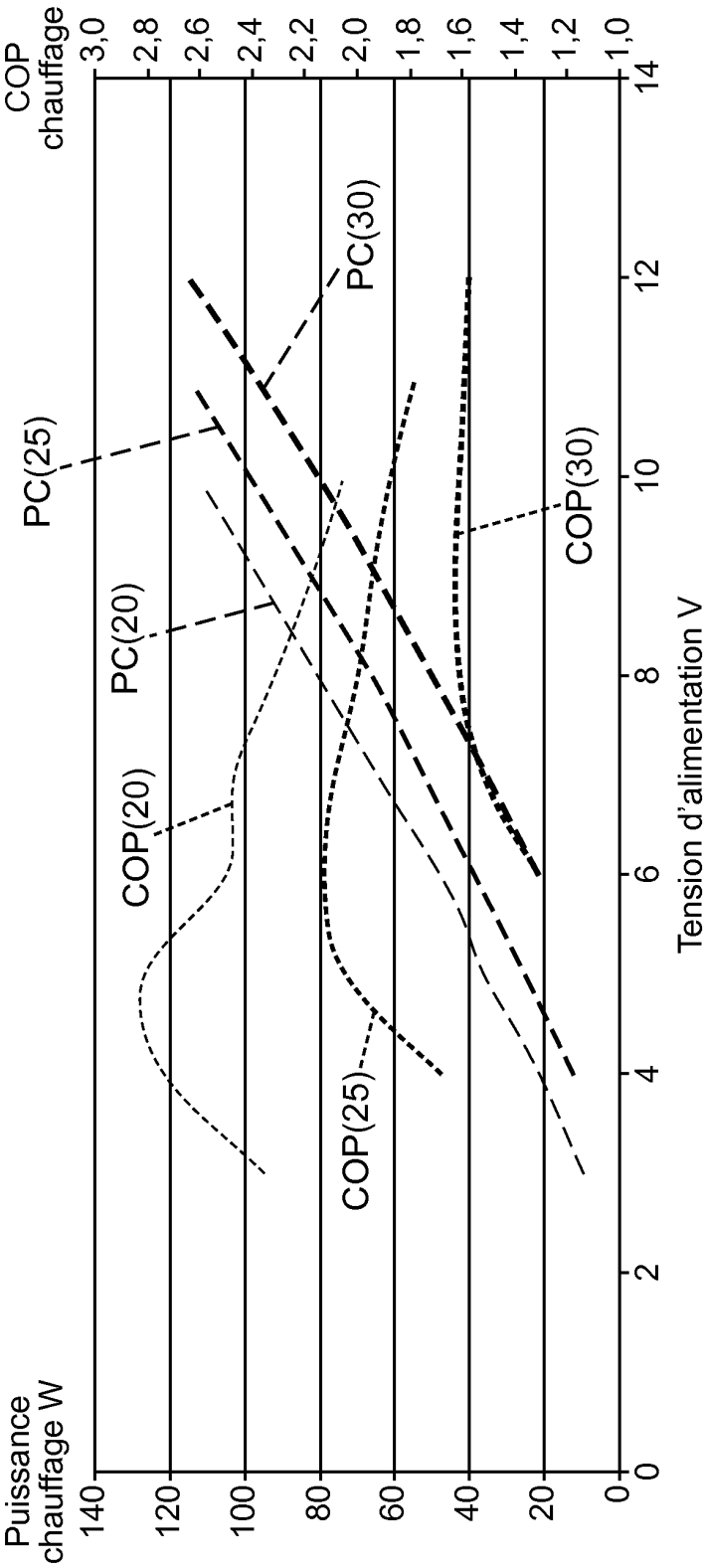


FIG. 5



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 729547
FR 0959196

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 2006/070096 A2 (NONYME A CAPITAL VARIABLE ACOM [FR]; DA ROCHA JEAN-CLAUDE [FR]; AIT-AM) 6 juillet 2006 (2006-07-06) * revendication 1; figure 6 *	1-14	F25B49/00 F25B21/02 F25B29/00
A	DE 20 04 790 A1 (SIEMENS AG) 5 août 1971 (1971-08-05) * le document en entier *	1-14	
A	US 4 463 569 A (MCLARTY GERALD E [US]) 7 août 1984 (1984-08-07) * le document en entier *	1-14	
A	WO 2004/011861 A1 (BOOKHAM TECHNOLOGY PLC [GB]; BRANSON SIMON [GB]; LAWTON MIKE [GB]) 5 février 2004 (2004-02-05) * page 6, ligne 8 - page 11, ligne 9; figures 1-2 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F25B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 juillet 2010		Ritter, Christoph	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0959196 FA 729547

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **08-07-2010**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2006070096 A2	06-07-2006	EP 1828689 A2 FR 2879728 A1	05-09-2007 23-06-2006
DE 2004790 A1	05-08-1971	AT 302389 B	10-10-1972
US 4463569 A	07-08-1984	AUCUN	
WO 2004011861 A1	05-02-2004	AU 2003248948 A1	16-02-2004