



(51) Classification internationale des brevets :
F25B 21/02 (2006.01) F25B 30/00 (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050716

(22) Date de dépôt international :
3 avril 2012 (03.04.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1153394 19 avril 2011 (19.04.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
ACOME, Société Coopérative et Participative, Société
anonyme coopérative de production à capital variable
[FR/FR]; 52 Rue du Montparnasse, F-75014 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : AIT
AMEUR, Mehdi [FR/FR]; Les Besnardières, F-50140 Ro-
magny (FR). DAVID, Benjamin [FR/FR]; 14 rue Léon Pi-
nel, F-38600 Fontaine (FR). RAMOUSSE, Julien
[FR/FR]; 147 place Saint-Léger, F-73000 Chambéry (FR).
LUO, Lingai [FR/FR]; 3 chemin des Grillons, F-73100
Aix Les Bains (FR).

(74) Mandataires : LE FALHER, Guy et al.; Cabinet Plasse-
raud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HEAT-EXCHANGE DEVICE FOR A REVERSIBLE THERMOELECTRIC HEAT PUMP

(54) Titre : DISPOSITIF ÉCHANGEUR POUR POMPE À CHALEUR THERMOÉLECTRIQUE RÉVERSIBLE

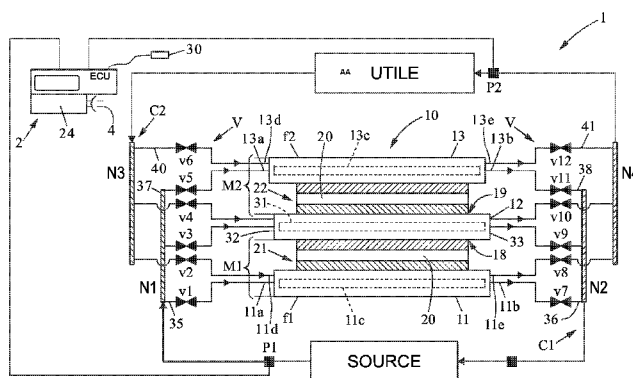


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to a heat-exchange device (1) for a reversible thermoelectric heat pump, which is connected to two heat-exchange circuits (C1, C2), and which comprises a thermoelectric unit (10) including: first, second, and third heat-exchange plates (11, 12, 13), the second plate being arranged between the first plate and the third plate; a first CEP group (21) for transferring the heat between the first plate (11) and the second plate (12); and a second CEP group (22) for transferring the heat between the third plate (13) and the second plate (12). The second heat-exchange plate has at least one inner channel (31) in which a heat-transport fluid of one of the circuits can flow, at least one valve (v3-v4, v9-v10) being specifically associated with said heat-exchange plate (12) and making it possible to selectively control or stop the flow of the heat-transport fluid within said inner channel.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))*

Le dispositif échangeur (1) pour pompe à chaleur thermoélectrique réversible est connecté à deux circuits (C1, C2) d'échange de chaleur et comporte une unité thermoélectrique (10) qui comprend : - une première, une deuxième et une troisième plaques échangeuses (11, 12, 13), la deuxième plaque étant agencée entre la première plaque et la troisième plaque, - un premier groupe (21) à CEP pour transférer de la chaleur entre la première plaque (11) et la deuxième plaque (12), - un deuxième groupe (22) à CEP pour transférer de la chaleur entre la troisième plaque (13) et la deuxième plaque (12). La deuxième plaque échangeuse présente au moins un canal interne (31) où peut circuler un fluide caloporteur de l'un des circuits, au moins une vanne (v3-v4, v9- v10) étant spécifiquement associée à cette plaque échangeuse (12) et permettant de commander sélectivement la circulation ou l'arrêt dans ledit canal interne du fluide caloporteur.

Dispositif échangeur pour pompe à chaleur thermoélectrique réversible

La présente invention est relative aux installations de chauffage et/ou de rafraîchissement, et concerne un dispositif échangeur à unité thermoélectrique et un système de contrôle d'une pompe à chaleur présentant un tel dispositif échangeur. Un
5 dispositif échangeur à unité thermoélectrique est typiquement réversible car les faces chaudes et froides (créées par le passage du courant électrique dans les semi conducteurs) des modules thermoélectriques aussi appelés Cellules à Effet Peltier s'inversent avec l'inversion du sens du courant en inversant ainsi également le sens du transfert de chaleur.

10 Plus particulièrement, l'invention se rapporte à un dispositif échangeur pour une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant une première interface de connexion avec un premier circuit d'échange de chaleur, une deuxième interface de connexion avec un deuxième circuit d'échange de chaleur, et une unité thermoélectrique qui comprend :

- 15 - une première plaque échangeuse,
 - une deuxième plaque échangeuse,
 - une troisième plaque échangeuse, la deuxième plaque échangeuse étant agencée entre la première plaque échangeuse et la troisième plaque échangeuse,
 - un premier groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques adaptés
20 pour transférer de la chaleur entre la première plaque échangeuse et la deuxième plaque échangeuse, la deuxième plaque échangeuse présentant deux faces opposées, une première des deux faces étant adjacente audit premier groupe,
 - un deuxième groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques adaptés pour transférer de la chaleur entre la troisième plaque échangeuse et la deuxième
25 plaque échangeuse, la deuxième des deux faces de ladite deuxième plaque échangeuse étant adjacente audit deuxième groupe,
la première plaque échangeuse et ledit premier groupe formant un premier module d'échange thermique, tandis que ledit deuxième groupe et la troisième plaque échangeuse forment un deuxième module d'échange thermique.

30 Ce type de dispositif échangeur peut être utilisé dans une pompe à chaleur ou un appareil similaire avec une source de courant permettant d'alimenter électriquement l'unité thermoélectrique. Le dispositif échangeur fonctionne de façon réversible : il est en effet permis de passer d'un fonctionnement en mode chauffage, dans lequel l'unité thermoélectrique prélève des calories à l'un des circuits (côté

source, dans ce cas en face froide) pour les transférer à l'autre des circuits (côté utile, dans ce cas en face chaude), à un fonctionnement en mode rafraîchissement, dans lequel l'unité thermoélectrique est alimentée avec un courant électrique inverse, de façon à prélever les calories dans le sens opposé à celui du mode chauffage (dans ce cas, le côté source est relié à la face chaude et le côté utile à la face froide), par exemple pour rafraîchir un local d'habitation en été en évacuant vers l'extérieur de la chaleur.

Il est connu, par exemple par le document DE 10 2007 053 381, d'utiliser un échangeur thermoélectrique du type susmentionné qui comprend entre les plaques échangeuses des groupes de plusieurs CEP superposées en cascade. Dans un mode de chauffage, des calories sont prélevées par les CEP au fluide caloporteur du côté source circulant à travers certaines des plaques échangeuses, tandis que le fluide caloporteur du circuit du côté utile circulant dans les autres plaques échangeuses reçoit des calories et est donc réchauffé. L'alimentation électrique des CEP peut être ajustée en fonction de mesures de température.

Un inconvénient des dispositifs échangeurs de ce type est que le coefficient de performance (COP) réel de l'unité thermoélectrique se dégrade sensiblement quand les conditions de fonctionnement changent et notamment quand la différence de températures des fluides circulant dans les deux circuits augmente. Aussi, il est difficile à 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 traditionnelles utilisent un circuit fermé dans lequel un fluide frigorigène comme un hydrofluorocarbure subit un cycle de compression/détente entre un condenseur et un évaporateur. Les avantages des pompes à chaleurs thermoélectrique sur les pompes à chaleur thermodynamique sont cependant nombreux. On peut par exemple citer l'absence de pièce mécanique jouant notamment sur le bruit et la longévité du système. On peut également citer l'absence de fluide frigorigène dont le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) est très élevé. Enfin ce genre de système est bien plus réactif qu'un système à cycle de compression et de détente.

Il existe donc un besoin, dans le contexte environnemental et énergétique actuel, d'améliorer les performances des dispositifs échangeurs de chaleur utilisés dans les pompes à chaleur thermoélectriques afin d'améliorer le COP global de ce type de système et le rendre concurrentiel en terme de performance énergétique.

La présente invention a donc pour but de proposer un dispositif échangeur

adapté à une gestion optimisée d'une pompe à chaleur thermoélectrique.

A cet effet, la présente invention a pour objet un dispositif échangeur du type précité, caractérisé en ce qu'au moins la deuxième plaque échangeuse parmi lesdites plaques échangeuses présente un canal interne permettant de faire circuler un fluide caloporteur entre au moins une entrée et au moins une sortie de la plaque échangeuse, ledit au moins un canal interne de la deuxième plaque échangeuse s'étendant entre les deux faces de celle-ci, ladite entrée et ladite sortie étant reliées à la première interface de connexion et à la deuxième interface de connexion, et en ce que la première interface de connexion et la deuxième interface de connexion comportent un système de vannes qui présente au moins une vanne associée(s) à la deuxième plaque échangeuse et permettant de commander, sélectivement :

- la circulation du fluide caloporteur dans la deuxième plaque échangeuse selon un premier mode de fonctionnement ;
- l'arrêt de la circulation du fluide caloporteur dans la deuxième plaque échangeuse selon un deuxième mode de fonctionnement alternatif au premier mode.

La configuration du dispositif échangeur est ainsi modifiable en fonction du besoin et peut permettre l'utilisation, en arrêtant sélectivement la circulation de fluide dans au moins une des plaques échangeuses intermédiaires, d'une configuration en cascade pour optimiser les performances de la pompe à chaleur (le terme « intermédiaire » s'appliquant à une plaque échangeuse qui est agencée entre deux autres plaques échangeuses). Concernant l'expression « mode de fonctionnement », il faut bien entendu comprendre qu'il s'agit d'un mode actif du dispositif échangeur, au cours duquel un transfert de chaleur est réalisé entre les circuits d'échange de chaleur (côté source et côté utile). Par ailleurs, il doit être compris que l'emploi des deux expressions « associées(s) à la deuxième plaque échangeuse » et « commander sélectivement » signifie qu'il est prévu spécifiquement une ou plusieurs vannes pour la deuxième plaque échangeuse, l'arrêt de la circulation dans la deuxième plaque pouvant ainsi être actionné indépendamment de la circulation du fluide caloporteur dans les autres portions de circuit.

On comprend que la deuxième plaque échangeuse peut avantageusement fonctionner :

- soit dans un mode de type "parallèle" pour transférer de la chaleur entre les faces adjacentes des groupes d'éléments thermoélectriques et le fluide caloporteur qui circule dans le canal interne (utilisation du phénomène de

convection et de la conduction),

- soit dans un mode de type "cascade" pour transférer de la chaleur de l'une vers l'autre des faces adjacentes des groupes d'éléments thermoélectriques (conduction thermique uniquement).

5 Les vannes sont de préférence associées à un dispositif de commande permettant de paramétrer une configuration en cascade (la configuration étant sinon habituellement en parallèle entre deux circuits). Dans ce deuxième mode, la configuration de l'unité thermoélectrique est modifiée pour que le phénomène de cascade thermique puisse avoir lieu entre des plaques échangeuses qui sont
10 adaptées dans le premier mode pour permettre des transferts de chaleur en parallèle entre deux circuits.

Selon une particularité, la première plaque échangeuse et la troisième plaque échangeuse comportent chacune au moins un canal permettant de faire circuler un fluide caloporteur, la première interface de connexion et à la deuxième interface de
15 connexion étant reliées à chacune desdites première et troisième plaque échangeuses, ledit système de vannes présentant :

- au moins une vanne et de préférence deux vannes associée(s) à la première plaque échangeuse ; et
- au moins une vanne et de préférence deux vannes associée(s) à la troisième
20 plaque échangeuse.

Avec cet agencement, on obtient une capacité de contrôler finement le nombre de plaques échangeuse pouvant fonctionner dans le second mode ("cascade"). Bien entendu, le nombre total de plaques échangeuses de l'unité thermoélectrique peut être largement supérieur à trois et il est préférable d'utiliser dans ce second mode deux
25 plaques échangeuses d'entrée et de sortie (aux deux extrémités de l'empilement configuré en cascade) pour permettre respectivement une connexion au premier circuit et une connexion au deuxième circuit. Selon une alternative de moindre préférence, l'une et/ou l'autre des plaques échangeuses d'entrée et de sortie peuvent échanger de la chaleur avec au moins un circuit additionnel de transfert de chaleur ou source
30 adaptée.

Selon une particularité, l'unité thermoélectrique présente un empilement de respectivement n et n' modules d'échange thermique, agencés de part et d'autre de la deuxième plaque échangeuse, chacun de ces n et n' modules présentant une superposition de deux couches avec :

- 35 - une plaque échangeuse formant l'une des deux couches ; et

- un groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques formant l'autre des deux couches ;

les n modules comprenant le premier module d'échange thermique et les n' modules comprenant le deuxième module d'échange thermique.

- 5 On obtient ainsi une modularité de l'unité thermoélectrique, qui permet d'accroître le nombre de configurations possibles (par exemple avec la possibilité d'utiliser des configurations mixte « cascade-parallèle »).

Selon une autre particularité, les plaques échangeuses des n et n' modules sont préférentiellement identiques et présentent chacune au moins un canal interne adapté pour faire circuler un fluide caloporteur. A titre d'exemple nullement limitatif, la distance qui sépare les CEP adjacentes du ou des canaux internes peut être inférieure à 10mm et de préférence comprise entre 1 et 6mm (la limite basse étant essentiellement dictée par le besoin de rigidité du système).

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

- l'unité thermoélectrique comprend une première face externe appartenant à une plaque échangeuse située à une extrémité d'empilement des N modules d'échange thermique, et une deuxième face externe opposée à ladite première face externe, la deuxième face externe appartenant à une plaque échangeuse située à une extrémité d'empilement des n' modules d'échange thermique ;
- la première interface de connexion et ladite deuxième interface de connexion comprennent chacune une partie d'alimentation en fluide caloporteur en liaison avec les entrées des plaques échangeuses, et une partie d'évacuation du fluide caloporteur en liaison avec les sorties des plaques échangeuses ;
- au moins la deuxième plaque échangeuse forme un bloc rigide qui présente au moins deux canaux internes et comprend :
 - une entrée et une sortie pour l'arrivée et l'évacuation d'un fluide caloporteur, reliées à ladite première interface de connexion ; et
 - une entrée et une sortie pour l'arrivée et l'évacuation d'un fluide caloporteur, reliées à ladite deuxième interface de connexion.
- l'un au moins parmi les premier et deuxième groupes d'éléments thermoélectriques présente des cellules à effet Peltier sans céramique directement coincées entre deux des plaques échangeuses.

35 L'invention a également pour objet de fournir un système de contrôle d'une

pompe à chaleur thermoélectrique (en particulier réversible) permettant un réglage plus fin de la pompe.

A cet effet, il est proposé un système de contrôle pour une pompe à chaleur thermoélectrique réversible du type comprenant deux circuits d'échange de chaleur et un dispositif échangeur selon l'invention (on comprend qu'il s'agit d'un système de 5 contrôle apte à piloter une pompe à chaleur thermoélectrique selon l'invention), le système comprenant au moins une unité d'alimentation électrique permettant d'alimenter électriquement l'unité thermoélectrique du dispositif échangeur et un dispositif de commande pour commander le système de vannes du dispositif 10 échangeur, le dispositif de commande étant en liaison avec le système de vannes pour paramétrer une configuration en cascade dans laquelle le fluide caloporteur ne circule pas dans ledit canal interne de la deuxième plaque échangeuse et ladite deuxième plaque échangeuse permet un transfert de chaleur par conduction entre ses deux faces, l'unité d'alimentation électrique étant adaptée pour alimenter le premier groupe 15 d'éléments thermoélectriques et le deuxième groupe d'éléments thermoélectriques de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse un flux thermique entre une face chaude dudit premier groupe et une face froide dudit deuxième groupe.

Ainsi, il est permis avec ce système de contrôle de modifier la configuration d'un dispositif échangeur ayant une conception adaptée pour fonctionner dans un 20 mode parallèle, de façon à activer un mode de fonctionnement différent pouvant répondre à une modification des besoins en transfert de chaleur, et dans lequel au moins une plaque échangeuse joue un rôle de conducteur thermique entre deux CEP adjacentes à la dite plaque échangeuse. Autrement dit, il est obtenu un procédé de contrôle (avec les étapes d'alimentation électrique, de commande sélective du 25 système de vannes et paramétrage de la configuration en cascade comme indiqué ci-dessus) permettant de s'adapter aux besoins réels en transfert de chaleur.

Selon une autre particularité, le système de contrôle comprend en outre des moyens d'alimentation en fluide caloporteur et des vannes pour faire circuler un fluide caloporteur dans les plaques échangeuses des premier et deuxième modules 30 d'échange thermique.

Selon une particularité, le dispositif de commande est adapté pour paramétrer une configuration en parallèle dans laquelle la première plaque échangeuse et la troisième plaque échangeuse sont connectées à un circuit parmi les premier et deuxième circuits d'échange de chaleur, le système de vannes étant paramétré dans 35 la configuration en parallèle pour faire circuler dans ledit canal de la deuxième plaque

échangeuse un fluide caloporteur utilisé par l'autre circuit parmi les premier et deuxième circuits, l'unité d'alimentation électrique étant adaptée pour alimenter le premier groupe d'éléments thermoélectriques et le deuxième groupe d'éléments thermoélectriques de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse deux flux thermiques opposés. Bien entendu, il faut comprendre par "opposés" que les flux unitaires (flux unitaires "source" ou flux unitaires "utile" selon le fluide caloporteur circulant à travers ladite plaque provient de la source ou du côté utile) sont générés de la première face de cette deuxième plaque échangeuse vers la ou les CEP adjacentes, et de la deuxième face de cette deuxième plaque échangeuse vers la ou les CEP adjacentes ou inversement.

La présente invention a également pour but de proposer une pompe à chaleur thermoélectrique réversible à plusieurs unités thermoélectriques dont le fonctionnement peut être géré au plus près des besoins réels en transfert de chaleur.

A cet effet, il est proposé une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant un premier circuit d'échange de chaleur, un deuxième circuit d'échange de chaleur caractérisée en ce qu'elle comprend le système de contrôle et le dispositif échangeur 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.

La présente invention a également pour but de fournir davantage de configurations pour une unité thermoélectrique, afin de mieux adapter le niveau de consommation électrique aux besoins réels en transfert de chaleur.

A cet effet, il est proposé une utilisation, dans une pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui comprend un premier circuit d'échange de chaleur et un deuxième circuit d'échange de chaleur, d'une plaque échangeuse à deux faces comprenant au moins un canal interne permettant de faire circuler un fluide caloporteur entre une entrée et une sortie, ledit au moins un canal interne s'étendant entre les deux faces de la plaque échangeuse, ladite entrée et ladite sortie étant reliées à l'un des premier et deuxième circuits d'échange de chaleur de telle façon qu'un fluide caloporteur puisse circuler entre les deux faces de la plaque échangeuse, caractérisée en ce qu'on configure la plaque échangeuse dans une unité

thermoélectrique de la pompe, entre un premier groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques et un deuxième groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques, et en ce que la plaque échangeuse sert pour :

5 i) transférer de façon bidirectionnelle de la chaleur par conduction thermique et convection thermique, entre un fluide caloporteur circulant dans ledit au moins canal et lesdits premier et deuxième groupes selon un premier mode de fonctionnement dans lequel on fait circuler le fluide caloporteur à travers la plaque échangeuse, et

10 ii) transférer de façon unidirectionnelle de la chaleur par conduction thermique de l'une vers l'autre des faces de plaque échangeuse selon un second mode de fonctionnement dans lequel on coupe la circulation de fluide caloporteur à travers la plaque échangeuse, les faces de la plaque échangeuse étant en contact l'une avec une face chaude du premier groupe et l'autre avec une face froide du deuxième groupe.

15 Ainsi, grâce à une adaptabilité dans la circulation de fluide caloporteur et l'alimentation de manière différente des CEP adjacentes en fonction de la demande de puissance, il est permis de faire fonctionner selon deux modes une plaque échangeuse intégrée dans une unité thermoélectrique. Avec des électrovannes ou vannes similaires reliées à une unité d'automatisation, aucune intervention humaine n'est nécessaire lors du passage d'une configuration à une autre.

20 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 :

- 25 - la figure 1 montre un dispositif échangeur présentant des modules thermoélectriques agencés entre des plaques échangeuses et pouvant être associés en cascade ou en parallèle, conformément à un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective illustrant une connexion fluide avec les plaques échangeuses pouvant être obtenu avec le premier mode de réalisation ;
- 30 - la figure 3 est une vue en coupe d'une plaque échangeuse utilisable dans un dispositif échangeur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente un dispositif échangeur utilisant des plaques échangeuses comme celle décrite dans la figure 3, et dont le fonctionnement général est complètement similaire au dispositif de la figure 1 ;
- 35 la figure 5 représente schématiquement un dispositif échangeur

fonctionnellement équivalent à celui des figures 1 et 4, dans une configuration "parallèle" ;

la figure 6 montre le dispositif échangeur de la figure 5 dans une configuration "cascade" ;

5 la figure 7 montre un dispositif échangeur dans une configuration en parallèle et comprenant selon un troisième mode de réalisation deux plaques échangeuses supplémentaires par rapport à l'exemple des figures 1 et 4, de sorte qu'un mode de fonctionnement "cascade" utilisant cinq plaques échangeuses peut être obtenu ;

10 - la figure 8 représente le dispositif échangeur de la figure 7, dans une configuration mixte ;

- les figures 9A, 9B, 9C et 9D représentent chacune une variante d'agencement de cellules CEP entre deux plaques échangeuses consécutives de l'unité thermoélectrique utilisée dans un dispositif échangeur selon l'invention ;

15 - les figures 10A-10B montrent, respectivement, une portion d'une unité thermoélectrique utilisée dans un dispositif échangeur conforme à l'invention ;

- la figure 11 représente un système de chauffage et de refroidissement utilisant un dispositif échangeur conforme à l'invention.

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

Un premier mode de réalisation d'un dispositif échangeur 1 va à présent être décrit en liaison avec les figures 1-2 et 5-6.

25 A la figure 1, est représenté un dispositif échangeur 1 pouvant équiper une pompe à chaleur thermoélectrique réversible. Le dispositif échangeur 1 comporte une unité thermoélectrique 10, une première interface de connexion N1, N2 avec un premier circuit C1 d'échange de chaleur et une deuxième interface de connexion N3, N4 avec un deuxième circuit C2 d'échange de chaleur. L'unité thermoélectrique 10 peut être agencée de façon compacte avec une alternance de plaques échangeuses 11, 12, 13 et de groupes 21, 22 ayant chacun un ou plusieurs éléments thermoélectriques 20.

30 Dans ce premier mode de réalisation comme représenté à la figure 1, l'unité thermoélectrique 10 présente trois plaques échangeuses 11, 12, 13 avec la deuxième plaque échangeuse 12 agencée entre la première plaque échangeuse 11 et la troisième plaque échangeuse 13. Parmi les deux faces 18, 19 opposées de la deuxième plaque échangeuse 12, la première face 18 est adjacente à un premier

groupe 21 à élément(s) thermoélectrique(s) 20 et la deuxième face 19 est adjacente à un deuxième groupe 22 à élément(s) thermoélectrique(s) 20. Le premier groupe 21 permet ici de transférer de la chaleur entre la première plaque échangeuse 11 et la deuxième plaque échangeuse 12, tandis que le deuxième groupe 22 permet de transférer de la chaleur entre la troisième plaque échangeuse 13 et la deuxième plaque échangeuse 12. Plus généralement on comprend que, lorsqu'elles sont alimentées électriquement, les CEP des groupes 21, 22, permettent un transfert de chaleur entre les deux plaques échangeuses consécutives 11, 12 ou 12, 13, selon un sens qui est dicté par le sens d'alimentation du courant.

Avec cette configuration de l'unité thermoélectrique 10, la première plaque échangeuse 11 et le premier groupe 21 accolé à cette première plaque 11 forment un premier module d'échange thermique M1, tandis que la troisième plaque échangeuse 13 et le deuxième groupe 22 accolé à cette troisième plaque 13 forment un deuxième module d'échange thermique M2. La deuxième plaque échangeuse 12 agencée entre ces deux modules M1, M2 peut ainsi échanger de la chaleur avec ces derniers via ses deux faces 18, 19 qui sont ici parallèles.

Toujours en référence à la figure 1, le dispositif échangeur 1 utilise au moins une circulation d'un fluide caloporteur tel que l'eau. Ici, la deuxième plaque échangeuse 12 présente un ou plusieurs canaux internes 31 permettant de faire circuler un tel fluide caloporteur entre ses deux faces 18, 19 dans une configuration parallèle de l'unité thermoélectrique 10. La deuxième plaque échangeuse 12 peut être qualifiée de « plaque froide » car dans ce cas les deux faces 18, 19 forment une zone de transfert vers l'extérieur d'une quantité de chaleur fournie par le fluide caloporteur traversant le ou les canaux internes 31 (l'appellation « plaque froide » étant également utilisée dans le cas d'une absorption de chaleur). Ce type de fonctionnement en parallèle est illustré schématiquement à la figure 5. On comprend que le fluide caloporteur circule à travers les canaux 31 entre au moins une entrée 32 et au moins une sortie 33 de la deuxième plaque échangeuse 12. Le système de vannes V permet de relier cette entrée 32 et cette sortie 33 à l'une et/ou l'autre des première et deuxième interface de connexion (N1, N2 et N3, N4). Bien entendu, la circulation de fluide à travers les canaux 31 peut être inversée le cas échéant.

Dans la configuration parallèle de l'unité thermoélectrique 10 permise selon le premier mode de réalisation visible sur les figures 1 et 2, il est prévu deux entrées 32, 32' utilisées alternativement selon que le fluide caloporteur provient du premier circuit C1 ou du deuxième circuit C2. Deux sorties 33, 33' sont donc également prévues dans

ce cas. Concernant la première plaque échangeuse 11 et la deuxième plaque échangeuse 13, un agencement identique ou analogue à celui de la deuxième plaque échangeuse 12 peut être prévu, ici avec deux entrées (11a, 11d ; 13a, 13d) et deux sorties (11b, 11e ; 13b, 13e). Les canaux internes 11c de la première plaque
5 échangeuse 11 et les canaux internes 13c de la troisième plaque échangeuse 13 sont agencés comme les canaux internes 31 et peuvent comprendre des mini-canaux qui s'étendent parallèlement entre deux extrémités des plaques correspondantes. Ces extrémités comportent l'une un canal d'entrée (distributeur 42) et l'autre un canal de sortie (collecteur 43) chacun de section égale ou supérieure et préférentiellement
10 supérieure à celle des mini-canaux. Les entrées et les sorties sont définies au niveau du débouché de ces canaux respectifs d'entrée et sortie vers l'extérieur des plaques échangeuses 11, 12, 13.

Au moins la deuxième plaque échangeuse 12, et de préférence chacune des plaques échangeuses 11, 12, 13 forment ici un bloc rigide qui comprend les canaux
15 d'entrée et de sortie. Dans la deuxième plaque échangeuse 12, les canaux internes 31 ou mini-canaux présentant de préférence une même longueur L (figure 3) entre les canaux distributeur et collecteur 42, 43.

Dans des variantes de réalisation de moindre préférence, les plaques 11 et 13 peuvent aussi transférer de la chaleur de manière différente, avec par exemple l'une
20 au moins des plaques 11, 13 qui est associée, alternativement ou en complément, à une source de chaleur différente (ventilateur, air extérieur ou puits canadien par exemple) qui utilise un autre type de fluide caloporteur (air) que celui des premier et deuxième circuits C1, C2. Il est cependant préférable d'avoir des plaques échangeuses 11, 12, 13 identiques pour l'obtention d'une structure modulaire comme
25 illustré notamment dans les figures 1 et 2. Une telle structure modulaire permet, avec une gestion de l'alimentation électrique combinée à un paramétrage dynamique de la configuration hydraulique de l'unité thermoélectrique 10, d'optimiser fortement le COP d'une pompe à chaleur équipée d'un tel dispositif échangeur 1.

Les éléments thermoélectriques 20 ou CEP sont de préférence alimentés via
30 l'alimentation électrique (de l'unité 24) associée à une régulation de courant. En pratique, le choix de la configuration du système est fonction du besoin de puissance coté utile ainsi que de la température nécessaire au fluide coté utile et de la température disponible du fluide coté source. Avec la connaissance de ces valeurs, il est permis de déterminer au moyen d'un automate adéquat (avec utilisation d'un
35 algorithme pour le contrôle commande) la configuration optimale permettant de

répondre au besoin en assurant le COP maximal du système. Une telle régulation peut alors imposer l'intensité électrique d'alimentation précise pour les CEP ainsi qu'un débit optimal des fluides qui circulent à travers les plaques échangeurs 11, 12, 13 et la configuration hydraulique optimale.

5 En référence à la figure 1, il est prévu un système de contrôle 2 qui présente une source de courant électrique 4 et une unité d'alimentation électrique 24 adaptée pour alimenter les différents groupes 21, 22 à éléments thermoélectriques 20 à partir de la source de courant électrique 4. Ici, la source de courant électrique 4 fournit une alimentation alternative. Dans ce cas, la source de courant 4 peut alors être le réseau
10 urbain (à 230 V comme c'est le cas dans de nombreux pays d'Europe notamment).

Dans le dispositif échangeur 1, les interfaces de connexion N1-N2 et N3-N4 comportent des canalisations en communication avec les canaux internes 31, 11c, 13c pour l'alimentation/évacuation de fluide caloporteur. Ces interfaces de connexion N1-N2 et N3-N4 sont en outre équipées d'un système de vannes V, qui présente par
15 exemple une pluralité d'électrovannes, afin qu'il soit permis de modifier le rôle de tout ou partie des plaques échangeuses 11, 12, 13. Pour cela le système de vannes V peut présenter, comme montré sur les figures 1 et 2, des vannes v3-v4, v9-v10 spécifiquement associées à la deuxième plaque échangeuse 12 et qui permettent de faire circuler :

- 20 – soit un fluide caloporteur du premier circuit ou du deuxième circuit dans la deuxième plaque échangeuse 12, selon un premier mode de fonctionnement ;
 – soit de couper cette circulation, selon un deuxième mode de fonctionnement alternatif au premier mode.

Naturellement tout type de vanne est utilisable pour assurer cette fonction, avec
25 de préférence un organe de commande de l'ouverture/fermeture du clapet de la vanne. On comprend que la circulation du fluide peut cependant se poursuivre à travers d'autres parties d'un circuit. Ceci est réalisable par exemple en utilisant des moto-vannes qui interrompent ou court-circuitent uniquement une circulation sinueuse dans la deuxième plaque échangeuse, tandis qu'une circulation longitudinale (de
30 préférence à distances des CEP adjacentes) ou externe à la plaque échangeuse 12 est permise. La fermeture des vannes v3-v9 et v4-v10 est nécessaire dans le mode de chauffage d'une pompe à chaleur équipée du dispositif échangeur 1, afin d'obtenir un fonctionnement en cascade entre les plaques 11 et 13 sans évacuer une partie du flux transféré entre le groupe 21 et 22 vers le circuit C1 ou C2 (suivant le sens du transfert)
35 au niveau de la plaque 12.

Un système de contrôle 2 associé au dispositif échangeur 1 prévoit des moyens d'alimentation tels que des pompes P1, P2 pour faire circuler un fluide caloporteur dans chacune des plaques échangeuses 11, 12 et 13. L'unité thermoélectrique à plaques échangeuses 11, 12, 13 présente des connexions fluidiques avec quatre nourrices N1, N2, N3, N4 des interfaces de connexion N1-N2 et N3-N4. On peut considérer que les deux nourrices N1, N2 font partie du premier circuit C1 et les deux autres nourrices N3, N4 font partie du deuxième circuit C2. Pour le sens de circulation hydraulique illustré sur les figures 1 et 4, la nourrice N3 est connectée en amont de la zone pour l'échange de chaleur utile (côté à chauffer lorsque la pompe fonctionne en mode de chauffage) et la nourrice N4 est connectée en aval de cette zone. La nourrice N2 est connectée en amont de la zone pour l'échange de chaleur avec la source (côté où l'on prélève des calories dans le mode de chauffage) et la nourrice N1 est connectée en aval de cette zone. Ici, les pompes P1, P2 permettent de faire circuler un fluide caloporteur dans chacun des deux circuits C1, C2. Les pompes P1, P2 sont typiquement placées entre l'une des deux nourrices et la partie de circuit externe au boîtier ou appareil renfermant le dispositif échangeur 1. Les pompes peuvent être classiques ou former des dispositifs de circulation à vitesse variable.

Dans l'exemple non limitatif des figures 1-2, la première plaque échangeuse 11 et la troisième plaque échangeuse 13 ont une conception analogue à la deuxième plaque échangeuse 12 et sont également associées à des vannes respectives (v1-v2 et v7-v8 ; v6-v7 et v11-v12). Ainsi, chacune desdites première et troisième plaques échangeuses 11, 13 sont reliées à la première interface de connexion N1-N2 et à la deuxième interface de connexion N3-N4. Autrement dit, les interfaces de connexion N1-N2, N3-N4 et le système de vannes V sont conçus pour que l'on puisse alimenter chaque plaque échangeuse 11, 12, ou 13 avec le fluide utile ou le fluide source.

En référence à la figure 2 le dispositif échangeur 1 peut présenter une configuration rigide des interfaces de connexion N1-N2 et N3-N4, avec par exemple pour chaque plaque échangeuse 11, 12 ou 13 :

- une paire d'orifices reliées à deux nourrices N1 et N2 liées à un côté source ;
- une paire d'orifices (formant une entrée et une sortie) reliées à deux nourrices N3 et N4 liées à un côté utile.

Dans cet exemple, la nourrice N1 appartient à une partie d'alimentation en fluide caloporteur de la première interface de connexion N1, N2, la nourrice N2 appartenant à une partie d'évacuation. De façon analogue, la nourrice N3 appartient à

une partie d'alimentation en fluide caloporteur de la deuxième interface de connexion N3, N4, la nourrice N4 appartenant à une partie d'évacuation. Le fluide caloporteur de la source peut être de l'eau issue d'une boucle fermée avec un réservoir d'eau 80 (voir la figure 11, ce réservoir 80 étant par exemple enterré sous terre) et/ou équipée des
5 moyens de dissipation thermique équivalents. Plus généralement, le côté source peut présenter n'importe quel système d'échange avec l'extérieur (de type réseau ou cuve enterrée dans le sol, ou système d'échange avec l'air ou une masse d'eau).

Bien que la figure 2 montre une configuration avec des plaques échangeuses 11, 12, 13 chacune dotées de deux paires d'orifices d'entrée et sortie, on comprend
10 que le nombre d'orifices d'entrée et de sortie peut varier à la hausse ou à la baisse. Tout raccordement adapté peut être utilisé pour relier chacune des plaques échangeuses 11, 12, 13 à l'une au moins des interfaces de connexion N1-N2 et N3-N4.

Dans l'unité thermoélectrique 10 représentée à la figure 1, la plaque
15 échangeuse 12 placée entre les modules d'échange thermique M1 et M2 passe d'un mode de fonctionnement à un autre en fonction de commandes d'ouverture/fermeture de vannes (notamment les vannes v3-v4, v9-v10) initiées par une unité de contrôle électronique ECU ou dispositif de commande similaire du système de contrôle 2 de la pompe à chaleur 1. Le système de contrôle 2 commande ces vannes v1-V12 pour
20 paramétrer la configuration d'alimentation en fluide du dispositif échangeur 1. A titre d'exemple non limitatif, l'unité de contrôle électronique ECU peut comporter des moyens de paramétrer un nombre défini de points de fonctionnement prédéterminés des différents groupes 21, 22 à élément thermoélectriques 20. Ces moyens de paramétrages configurent par exemple un mode d'alimentation électrique des groupes
25 21, 22. Un système à commutateurs peut par exemple être utilisé pour fournir indépendamment une large gamme de tensions aux CEP de ces groupes 21, 22, la tension étant sélectionnée en fonction des besoins. Plus généralement, chaque groupe 21, 22 de CEP peut être alimenté indépendamment, le sens du courant variant selon les groupes et la configuration souhaitée. La façon d'alimenter électriquement
30 les groupes 21, 22 ne sera pas davantage détaillée ici mais on comprend que plusieurs points de fonctionnement prédéterminés sont disponibles en fonction du paramétrage de l'alimentation électrique. La ou les unités d'alimentation électrique permettant de fournir l'électricité aux différents groupes 21, 22 de l'unité thermoélectrique 10 délivrent typiquement une tension d'alimentation continue qui peut
35 être ajustée afin d'être optimale (tension pour laquelle un élément thermoélectrique 20

a un COP maximal). Le courant d'alimentation est de préférence un courant alternatif redressé double alternance. Un réglage par le système de contrôle 2 des débits de fluide caloporteur peut aussi être prévu.

Dans un mode de réalisation, l'unité de contrôle électronique ECU exécute un
5 algorithme qui utilise par exemple un arbre de décisions ou une table de correspondance et qui permet alors de sélectionner un des points de fonctionnement prédéterminés. Grâce à l'architecture du dispositif échangeur 1, l'algorithme est en outre adapté pour définir le mode d'alimentation en fluide caloporteur qui convient le mieux parmi le mode « parallèle » tel qu'illustré à la figure 5 ou le mode « cascade »
10 tel qu'illustré à la figure 6. Ainsi, avec une plaque échangeuse 12 adaptée pour un échange par conduction, l'unité de contrôle électronique ECU peut activer, en fonction de la sélection du point de fonctionnement par l'algorithme, un transfert de chaleur généré par une configuration en cascade.

La figure 6 illustre le transfert de chaleur généré dans une configuration en
15 cascade du dispositif échangeur 1. Dans cet exemple, la première plaque échangeuse 11 est alimentée par le fluide source (issu ici du premier circuit C1) et la troisième plaque échangeuse 13 est alimentée par le fluide utile (issu ici du deuxième circuit C2). Le phénomène de cascade thermique se produit entre ces deux plaques échangeuses 11, 13 par l'intermédiaire des CEP des groupes 21 et 22 et de la
20 deuxième plaque échangeuse 12.

Dans une configuration en cascade du dispositif échangeur 1 à plusieurs plaques échangeuses 11, 12, 13, l'association réalisée permet de faire fonctionner des CEP avec une puissance particulièrement faible en conservant un COP élevé. L'unité thermoélectrique 10 fonctionnant dans ce mode est donc intéressante pour obtenir
25 selon un fonctionnement optimal un complément de puissance d'une valeur inférieure à la puissance optimale fournie par un seul groupe 21 ou 22.

De préférence, la même intensité électrique est appliquée à chacune des CEP des groupes 21-22. Comme le fluide caloporteur ne circule pas dans le ou les canaux internes 31 de la deuxième plaque échangeuse 12, celle-ci transfère la chaleur par
30 conduction entre ses deux faces 18, 19. En revanche, un fluide caloporteur circule dans les plaques 11, 13 adjacentes et l'unité d'alimentation électrique 24 fournit de l'électricité respectivement au premier groupe 21 d'éléments thermoélectriques et au deuxième groupe 22 d'éléments thermoélectriques, de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse 12 un flux thermique entre une face chaude du premier
35 groupe 21 et une face froide dudit deuxième groupe 22. On peut considérer que le

transfert thermique depuis le fluide source vers le fluide utile a lieu par convection au niveau de la plaque échangeuse 11 puis par conduction seule au niveau de la plaque échangeuse 12 (non alimentée en fluide caloporteur par fermeture des vannes associées) et enfin par convection au niveau de la troisième plaque échangeuse 13 afin de céder des calories au fluide utile.

Il faut bien entendu comprendre que la cascade pourrait être étendue ou être obtenue de manière différente lorsque le dispositif échangeur 1 présente davantage de plaques échangeuses (voir par exemple ci-après le troisième mode de réalisation du dispositif échangeur 1).

En référence maintenant aux figures 1 et 5, un fonctionnement en parallèle du dispositif échangeur 1 est présenté. Dans la configuration parallèle, le système de vannes V permet de faire circuler dans les canaux 31 de la deuxième plaque échangeuse 12 un fluide caloporteur provenant d'un circuit différent du fluide caloporteur circulant dans les plaques échangeuses adjacentes 11 et 13. L'unité d'alimentation électrique 24 est alors paramétrée pour alimenter le premier groupe 21 de CEP et le deuxième groupe 22 de CEP de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse 12 deux flux thermiques opposés.

Dans l'exemple de fonctionnement de la figure 5, les flux unitaires de fluide caloporteur (côté source et côté utile) ne varient pas d'une plaque échangeuse à l'autre et la même intensité est fournie à chacun des éléments thermoélectriques des groupes 21-22. Le sens du courant électrique parcourant les groupes 21-22 est adapté de manière à avoir un flux opposé. On comprend que le débit dans les plaques échangeuses 11, 12, 13 qui jouent un même rôle (soit dissipation de flux thermique, soit absorption de flux thermique) est invariant. Ici on a donc le même débit traversant les première et troisième plaques échangeuses 11, 13. Le réglage du débit de circulation du fluide caloporteur du premier circuit C1 à travers les canaux 11c de la première plaque échangeuse 11 est réalisé ici au niveau d'une ou deux vannes v1-v7 (figure 1). De façon analogue, le réglage du débit de circulation du fluide caloporteur du premier circuit C1 à travers les canaux 13c de la troisième plaque échangeuse 13 est réalisé ici au niveau d'une ou deux vannes v5-v11 (figure 1).

Le système de contrôle 2 active ici une configuration du système de vannes V permettant d'engendrer deux flux unitaires utiles F_u au niveau de la plaque échangeuse 12. Dans l'exemple de la figure 5 (alimentation de la deuxième plaque échangeuse 12 avec le fluide utile, provenant du circuit C2), on comprend que la deuxième plaque échangeuse 12 absorbe ainsi deux fois le flux unitaire utile (à travers

ses deux faces 18, 19) tandis que les première et troisième plaques échangeuses 11, 13 dissipent une fois le flux unitaire source.

On comprend que les vannes v2, v8 et v6, v12, ici fermées pour obtenir le fonctionnement illustré à la figure 5, pourraient être sélectivement ouvertes et servir
5 (en lieu et place des vannes v1, v7 et v5, v11) dans le cas d'un fonctionnement inverse de la pompe à chaleur équipé du dispositif échangeur 1. On peut en effet alimenter la deuxième plaque échangeuse 12 avec le fluide source (provenant ici du circuit C1), la vanne v3 sera ouverte et la vanne v4 sera fermée pour empêcher l'entrée du fluide utile, qui provient du circuit C2. La vanne v9 sera ouverte pour assurer le retour du
10 fluide vers la source et la vanne v10 sera fermée pour empêcher au fluide de partir vers la zone utile. Dans ce cas inverse (non représenté), on comprend que la deuxième plaque échangeuse 12 serait traversée par le fluide caloporteur provenant du côté source (circuit C1) et dissiperait deux fois le flux unitaire source (avec un flux orienté de la face 18 vers les CEP adjacentes et un flux orienté de la face 19 vers CEP
15 adjacentes). Il peut aussi être noté que dans les deux cas, et de manière générale, les deux plaques échangeuses (ici plaques 11 et 13) situées aux extrémités de l'unité thermoélectrique 10 ne doivent dissiper ou absorber (selon le cas) qu'un seul flux unitaire. Dans cet exemple, les plaques échangeuses 11, 13 aux extrémités peuvent être traversées par un fluide caloporteur ayant un débit adapté de façon à ce que la
20 température moyenne de ce fluide soit égale à la température moyenne du même fluide dans les autres plaques échangeuses du système. Cela revient globalement à un débit 2 fois moindre que celui dans les plaques échangeuses à double fonction parcourues par le même fluide.

En référence à la figure 1, un COP optimisé peut être obtenu pour la pompe à
25 chaleur thermoélectrique réversible équipée du dispositif échangeur 1, en exploitant des données de contexte. En particulier, pour le choix des commandes de sortie qui vont permettre de configurer l'alimentation électrique et le mode de connexion fluidique, l'unité de contrôle électronique ECU collecte les données de consigne et peut utiliser en outre différentes entrées analogiques, par exemple fournies à l'aide de
30 capteurs de température 30. Il peut s'agir, de façon connue en soi, de capteurs mesurant des températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur C1-C2, et d'autre part de capteurs mesurant 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 30 est prévu
35 pour fournir des informations suffisantes pour une estimation des conditions dans

lesquelles est réalisé le transfert de chaleur.

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

- 5 - 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) ;
- 10 - 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 ambiante et la consigne dans l'habitat.

15 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

20 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 situé dans le local à réchauffer ou rafraîchir et préférentiellement de la température extérieure et la résistance thermique globale de l'habitat peuvent permettre une corrélation entre une température de

25 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 30, peut être mis en œuvre par

30 utilisation d'un paramètre de consigne correspondant.

L'unité de contrôle électronique ECU permet de commander de manière dynamique le système de vannes V du dispositif échangeur 1. L'unité de contrôle électronique ECU est en liaison avec le système de vannes V pour paramétrer la configuration souhaitée parmi la ou les configurations en cascade, en parallèle et

35 éventuellement mixte disponibles.

L'unité de contrôle électronique ECU peut bien entendu être réalisée de diverses manières. La façon de gérer la pompe à chaleur ne sera pas détaillée davantage ici, étant entendu que différents modes de gestion des données de contexte peuvent être utilisés.

5 La pompe à chaleur peut être plus particulièrement destinée aux applications de chauffage basse température et de rafraîchissement pour l'habitat. La pompe à 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 (non représentée) et le dispositif échangeur 1 sont par exemple agencés dans le boîtier. La
10 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 CEP. La pompe à chaleur thermoélectrique, qui regroupe ici le dispositif d'échangeur 1 à unités thermoélectriques 10 et le système de contrôle 2, est donc préférentiellement réversible. Plusieurs pièces d'un local d'habitation peuvent être chauffées,
15 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
20 limite inférieure pouvant par ailleurs être plus faible, par exemple inférieure à un kilowatt).

La circulation de fluide(s) caloporteur(s) est réalisée à travers des canalisations en contact thermique avec les faces de même type des groupes 21, 22 à éléments thermoélectriques 20 de même type. On comprend que le transfert de chaleur entre
25 les deux circuits C1, C2 peut être réalisé en utilisant toute configuration adaptée de circuit caloporteur. Quelle que soit la configuration adoptée, la face d'une CEP 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
30 chaleur, lequel module est par exemple relié à l'interface de commande et fait partie de l'unité de contrôle électronique ECU ou dispositif de commande similaire. La température de la face de la CEP 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. Le besoin de puissance étant géré par les
35 modes d'associations, il n'intervient pas sur le COP.

Un deuxième mode de réalisation d'un dispositif échangeur 1 va à présent être décrit en liaison avec les figures 3-4.

En référence au dispositif échangeur 1 illustré à la figure 4, l'agencement de l'unité thermoélectrique 10 est similaire au premier mode de réalisation. Ainsi, la conception des interfaces de connexion N1-N2, N3-N4 et du système de vannes V permet une alimentation de chaque plaque échangeuse 11, 12, ou 13 avec le fluide utile ou le fluide source. Cependant, les plaques échangeuses 11, 12, 13 comportent dans cet exemple une seule paire d'orifices d'entrée/sortie (11a, 11b : 13a, 13b ; 32, 33) avec la possibilité par des paires de vannes du système de vannes V de modifier le fluide caloporteur circulant dans la plaque échangeuse 11, 12 ou 13. A titre d'exemple non limitatif, on associe à la deuxième plaque échangeuse 12 une paire de flexibles d'un côté entrée et une paire de flexibles d'un côté sortie. Quatre électrovannes v3-v4 et v9-v10 ou dispositifs similaires sont associées à la deuxième plaque échangeuse 12 (deux à l'entrée du fluide et deux à sa sortie). Cette configuration est applicable à tout ou partie des plaques échangeuses 11, 12, 13, les quatre électrovannes étant liées via les flexibles à la plaque échangeuse correspondante. Les vannes v1-v12 du système de vannes V, qui sont par exemple des électrovannes, sont ici en nombre supérieur ou égal au quadruple du nombre de plaques échangeuses. Cependant, le nombre de vannes pourrait aussi être réduit à deux tout en conservant la possibilité de contrôler la circulation de fluide caloporteur dans la deuxième plaque échangeuse 12 pour configurer cette dernière dans l'un ou l'autre des deux modes de fonctionnement susmentionnés.

La figure 3 illustre un exemple non limitatif de structure de la deuxième plaque échangeuse 12. La plaque échangeuse 12 présente ici un canal distributeur 42 distribuant le fluide dans les canaux internes 31 (formant des mini-canaux) perpendiculaires au canal distributeur 42. Le fluide est ensuite récupéré dans un canal collecteur 43 perpendiculaire aux canaux internes 31. La circulation du fluide dans le canal distributeur 42 et le canal collecteur 43 est ici orientée de la même façon. Les diamètres respectifs D_d et D_c du canal distributeur 42 et du canal collecteur 43 peuvent être identiques afin d'avoir une réversibilité possible du sens de circulation des fluides. L'échange thermique a majoritairement lieu au niveau des canaux internes 31 (mini-canaux). Typiquement, la surface (largeur l x longueur L) occupée par les canaux internes 31 correspond à la surface de la ou des CEP des groupes 21 et 22. La plaque échangeuse 12 est à base d'un matériau ayant une haute conductivité thermique tel que le cuivre ou l'aluminium.

Dans le premier ou deuxième mode de réalisation, il peut être avantageux de prévoir, au moins dans la deuxième plaque échangeuse 12 et de préférence dans chacune des plaques échangeuses 11, 12, 13, un nombre suffisant de canaux internes 31. Le nombre de canaux internes 31 peut être compris entre 2 et 50, de préférence entre 5 et 40. Dans l'exemple non limitatif de la figure 3, la plaque échangeuse 12 comprend ainsi sept canaux internes 31 pour répartir le fluide caloporteur de manière homogène le long de la surface des deux faces opposées 18, 19 de la plaque échangeuse 12. Un nombre supérieur de canaux 31 peut être choisi, par exemple au moins vingt canaux. Comme cela est visible sur la figure 3, les canaux distributeur et collecteur 42, 43 peuvent présenter une section interne sensiblement constante. Le rapport des diamètres entre ces canaux débouchant à l'extérieur et les canaux internes 31 de plus petite section est par exemple compris entre 1,5 et 10, de préférence entre 2 et 8. L'espacement E entre deux canaux internes 31 adjacents peut être du même ordre de grandeur et même sensiblement égal au diamètre des canaux internes 31. L'espacement E entre deux canaux adjacents est dans cet exemple inférieur à 4mm et de préférence inférieur ou égal à 2,5mm. Ceci n'est donné qu'à titre d'exemple, d'autres géométries étant utilisables notamment en fonction de la forme et des dimensions des CEP. Plus généralement, les dimensions d'une telle plaque peuvent évoluer en fonction des conditions opératoires (Intensité fournie aux CEP, débit des fluides caloporteurs). Ces conditions sont choisies pour obtenir le COP de la pompe à chaleur le plus élevé pour la gamme de fonctionnement. Les phénomènes thermoélectriques, thermiques et fluidiques sont donc pris en compte. Le COP de la pompe à chaleur est défini comme étant le rapport du flux thermique utile sur toutes les consommations (électrique et mécanique).

Un troisième mode de réalisation d'un dispositif échangeur 1 va à présent être décrit en liaison avec les figures 7-8.

Dans l'exemple de la figure 7, c'est la plaque échangeuse 13 en position centrale qui absorbe 2 fois le flux unitaire utile et les plaques échangeuses 11, 15 disposées aux extrémités une fois. On comprend que les plaques échangeuses 12 et 14 dissipent chacune deux fois le flux thermique unitaire pompé au fluide provenant de la source (dissipation respectivement vers les plaques échangeuses 11 et 13 pour la plaque 12 ; et vers les plaques échangeuses 13 et 15 pour la plaque 14).

Dans cet exemple, les plaques échangeuses additionnelles 12 et 14 sont associées à des vannes permettant de couper la circulation de fluide caloporteur, ce grâce à quoi un mode "tout cascade" peut être obtenu. Dans un tel mode en cascade

complète, de façon similaire à ce qui est présenté à la figure 6, seules les plaques échangeuses 11 et 15 aux extrémités sont parcourues par un fluide : l'une par le fluide utile, l'autre par le fluide source. Le phénomène de cascade thermique a lieu entre ces deux plaques échangeuses 11 et 15 via les CEP et les plaques échangeuses 12, 13, 14. La même intensité électrique peut être appliquée à chacune des CEP. Le transfert thermique depuis le fluide source vers le fluide utile a lieu par convection au niveau de la plaque échangeuse 11 puis par conduction seule au niveau des plaques échangeuses 12, 13 et 14 et enfin par convection au niveau de la plaque échangeuse 15 (avec restitution de calories au fluide utile dans le cas d'un mode de chauffage).

En référence à la figure 8, il est montré que la cascade peut être modifiée ou réduite. Cet exemple montre un fonctionnement mixte, dans lequel les associations entre CEP sont réalisées d'un côté et de l'autre d'une plaque échangeuse intermédiaire (ici la plaque échangeuse 13). Dans ce cas, le fluide source circule dans les deux plaques échangeuses 11, 15 aux extrémités et on obtient, en faisant circuler le fluide utile uniquement dans la plaque échangeuse 13, deux flux thermiques identiques transférées vers ce fluide provenant du côté utile. Le transfert est réalisé par conduction au travers de chacune des plaques échangeuses 12 et 14. Le fluide utile parcourant la plaque échangeuse 13 dissipe alors ces deux flux via un transfert convectif.

Une configuration différente mais équivalente serait d'inverser les fluides par rapport à l'exemple de la figure 8 (le fluide source circulant dans la plaque échangeuse 13 dans ce cas), de sorte que les deux flux thermiques se divisent alors pour être transférés au fluide utile au niveau des plaques échangeuses 11 et 15.

De préférence lorsque le nombre de plaques échangeuses est supérieur à trois, le système de vannes V peut présenter des vannes supplémentaires par rapport aux exemples des figures 1 et 4. Plus généralement, on comprend qu'un plus grand nombre de combinaisons peut être obtenu avec un nombre de plaques échangeuses 11, 12, 13, 14, 15 au moins égal à cinq et un système de vannes V permettant un choix de fonctionnement pour au moins deux ou trois plaques échangeuses, ce qui permet *in fine* de mieux gérer la pompe à chaleur et d'optimiser le COP.

Bien que le nombre de plaques échangeuses 11-15 soit égal à cinq dans l'exemple des figures 7-8, on comprend que ce nombre peut varier. Plus généralement, on peut prévoir au moins une unité thermoélectrique 10 qui présente un empilement de respectivement n et n' modules d'échange thermique, agencés de part et d'autre d'une plaque échangeuse à double fonction (c'est-à-dire comparable dans

son fonctionnement à celui de la plaque échangeuse 12 illustrée dans les figures 5 et 6), chacun de ces n et n' modules présentant une superposition de deux couches avec :

- une plaque échangeuse formant l'une des deux couches ; et
- 5 - un groupe 21, 22 d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques 20 formant l'autre des deux couches.

Parmi les n modules, on trouve le premier module d'échange thermique M1. De la même façon parmi les n' modules, on trouve le deuxième module d'échange thermique M2. Bien entendu, n et n' sont des nombres entiers non nuls qui ne sont pas
10 nécessairement identiques. Dans un mode de réalisation préféré, les nombres n et n' sont identiques de façon à avoir une symétrie de part et d'autre de la plaque échangeuse centrale.

De préférence, les plaques échangeuses 11, 12, 13, 14 des n et n' modules sont préférentiellement identiques et présentent chacune au moins un canal interne
15 11c, 13c, 31 adapté pour faire circuler un fluide caloporteur. Il peut être prévu un agencement compact de l'unité thermoélectrique 10 qui s'étend entre une première face externe f1 appartenant à une plaque échangeuse 11 située à une extrémité d'empilement des n modules d'échange thermique et une deuxième face externe f2 opposée à ladite première face externe f1.

20 On peut noter qu'il est permis de faire fonctionner le dispositif échangeur 1 dans de diverses configurations tout en conservant un nombre d'organes de pompage P1, P2 qui est minimisé (deux pompes P1, P2 seulement et pas de circulation dans des boucles intermédiaires non directement reliées à l'un des deux circuits C1, C2).

En référence aux figures 9A-9D et 10A-10B, des exemples d'agencement des
25 éléments thermoélectriques 20 vont être à présent décrits. Bien entendu, ces exemples peuvent être utilisés dans n'importe quel mode de réalisation du dispositif échangeur 1.

Une ou un ensemble de CEP peuvent être utilisées dans chacun des groupes 21, 22 utilisés pour transférer de la chaleur entre deux plaques adjacentes 11, 12
30 parmi les plaques échangeuses 11-15. La figure 9A montre un agencement conventionnel avec une seule CEP dont les dimensions coïncident sensiblement avec les dimensions des plaques échangeuses. La figure 9B montre un groupe d'éléments éléments thermoélectriques 20 (il s'agit par exemple d'au moins deux CEP) agencés sous la forme d'une couche directement en contact avec les plaques échangeuses.
35 L'un au moins parmi les groupes 21, 22 d'éléments thermoélectriques 20 agencés

contre la deuxième plaque échangeuse 12 peut ainsi comporter une pluralité N de CEP (N étant un nombre entier). Cette association en parallèle permet de multiplier la puissance en maintenant le COP. Bien entendu, le nombre d'éléments thermoélectriques 20 n'est pas figé et peut être variable, par exemple et de manière non limitative compris entre deux et dix par groupe 21, 22 utilisé dans un module d'échange de chaleur M1, M2.

Comme le montre la figure 9C, on peut aussi associer en cascade un nombre entier N' de CEP directement entre deux plaques échangeuses afin d'améliorer le COP avec comme contrepartie une baisse de la puissance utile. Au moins deux cellules à effet Peltier sont ainsi superposées. La figure 9D montre qu'on peut utiliser un agencement mixte avec ces deux types d'association.

En référence à la figure 10A, l'un au moins des groupes 21, 22 d'éléments thermoélectriques 20 peut comporter des couches opposées L1, L2 formées respectivement par un premier substrat diélectrique et un deuxième substrat diélectrique. De façon conventionnelle, les éléments thermoélectriques 20 présentent une pluralité de semi-conducteurs de type n et de type p, formant des couples thermoélectriques connectés en série. Comme cela est visible sur la figure 10A, les éléments thermoélectriques 20 comportent en outre, de part et d'autre de ces semi-conducteurs :

- des premiers moyens conducteurs 25 agencés contre la première couche L1 et en contact avec les semi-conducteurs,
- des seconds moyens conducteurs 26 agencés contre la deuxième couche L2 et en contact avec les semi-conducteurs.

Les contacts de conduction 25, 26 peuvent être réalisés à partir de n'importe quel matériau habituellement utilisé pour ce genre d'application et peuvent être identiques. L'association de ces éléments thermoélectriques 20 avec la plaque 11 forme le module M1 (ici placé en dessous de la deuxième plaque échangeuse 12). Typiquement, les couches L1, L2 comprennent essentiellement de la céramique.

Dans la variante de réalisation de la figure 10B, les couches L1 et L3 sont supprimées, de sorte que les plaques échangeuses 11, 12 sont directement fixées aux contacts de conduction 25, 26. On comprend dans ce cas que les cellules CEP sont dans ce cas dépourvues de céramique ou couche externe similaire, la plaque échangeuse 11, 12 remplaçant cette couche L1, L2 pour assurer une tenue mécanique convenable pour les semi-conducteurs (éléments de type n et de type p). La plaque échangeuse 11, 12, qui possède un coefficient de conductivité thermique

élevé, peut dans ce cas présenter en outre un composant ou film d'isolation électrique formant tout ou partie d'une enveloppe de la plaque échangeuse 11, 12. A titre d'exemple non limitatif, un film plastique de bonne conductivité thermique pourrait être utilisé pour cette fonction d'isolation électrique (ainsi du Kapton®, du Mylar® ou du
5 Téflon® peut être employé).

Cet agencement permet un gain de matière et un gain en compacité ainsi qu'une baisse de la résistance thermique et donc une amélioration du COP. Bien entendu, le groupe 21' ayant une telle structure peut être utilisé en remplacement de tout ou partie des groupes 21, 22 précédemment décrits, quelle que soit la
10 configuration des plaques échangeuses 11-15.

Dans les exemples qui précèdent, le dimensionnement de l'unité thermoélectrique 10 peut suffire à répondre au besoin en puissance maximale grâce à un nombre de cellules thermoélectriques et de plaques échangeuses associées suffisant. Si toutefois l'unité thermoélectrique 10 élémentaire ne pouvait assurer le
15 besoin maximal en terme de puissance, il est bien entendu possible d'associer en parallèle hydrauliquement plusieurs unités thermoélectriques 10, 10' comme l'illustre la figure 11. Il peut aussi être prévu quatre circulateurs (deux pour l'unité 10 et deux pour le l'unité 10'), de sorte que chacune des unités thermoélectriques 10 et 10' alimente séparément une surface rayonnante hydraulique. Dans ce cas, on obtient un
20 générateur de chauffage/rafraichissement par pièce ou par zone.

En référence à la figure 11, il est montré un exemple non limitatif d'application d'une pompe à chaleur équipée du dispositif échangeur 1. La pompe à chaleur équipée du système de contrôle 2 est réversible grâce à la possibilité d'inverser le courant d'alimentation pour tout ou partie des groupes 21, 22 à éléments
25 thermoélectriques 20.

Dans ce mode de réalisation, la pompe à chaleur présente un dispositif échangeur 1 à deux unités thermoélectriques 10, 10' qui sont associées en parallèle hydrauliquement. Ceci permet de répondre à un besoin supérieur en puissance en conservant un COP optimisé. Il est ici prévu d'échanger de l'énergie calorifique avec
30 une surface radiante, en l'occurrence comprise dans un local d'habitation 5, par utilisation des unités thermoélectriques 10, 10' qui incorporent chacune une pluralité de CEP.

Le local d'habitation 5 échange de l'énergie calorifique avec le milieu extérieur. La surface S (plancher, mur ou plafond) reçoit cette chaleur et constitue ainsi une
35 surface radiante. Afin de régler la température de ce local d'habitation 5, un échangeur

200 à fluide caloporteur (par ex. un liquide tel que l'eau) est disponible. Cet échangeur 200 est inséré dans le sol sous la surface S du local d'habitation 5 sous la forme d'au moins une canalisation 100 présentant une forme de serpentín afin de maximiser la surface d'échange. Ici, il peut s'agir de canalisations 100 qui font partie des circuits C2, C2' (circuits du côté utile). Le fluide caloporteur appelé fluide utile est mis en circulation dans les circuits C2, C2' grâce à des pompes appropriées P2, P2'. Les CEP des différents groupes 21, 22 de l'unité thermoélectrique 10, 10' sont alimentées électriquement par une tension électrique fournie via des lignes de contrôle 28, 29 reliées à l'unité d'alimentation 24.

10 Dans une configuration de rafraîchissement de la pompe à chaleur, la dissipation de l'énergie calorifique échangée par les faces chaudes des CEP des unités thermoélectrique 10 et 10' est réalisée par la circulation (assurée par les pompes P1 et P1') des fluides caloporteurs respectivement dans les circuits C1 et C1'. Ici, la source 80 correspond à une masse d'eau stockée dans un réservoir 80 enterré, ce qui constitue un exemple non limitatif de moyen de dissipation.

Grâce à la possibilité de choisir le nombre de CEP actives et la configuration hydraulique des dispositifs échangeurs 1, on comprend que le nombre de CEP en fonctionnement et le mode d'utilisation de ces CEP 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 C2) et (Quantité de chaleur pour le rafraîchissement/ Température moyenne de l'eau du circuit émetteur C2). Comme ce couple varie en fonction du temps et de la conception du système global intégrant la pompe à chaleur, le système de contrôle 2 exploite les données des capteurs 30 en faisant exécuter par l'algorithme, de façon répétée, un processus de détermination du nombre de CEP en fonctionnement, avec une détermination simultanée du mode d'alimentation optimal de ce nombre déterminé de CEP qui satisfait le besoin réel pour la consommation électrique minimale.

Dans le mode de rafraîchissement, l'effet entropique est favorable puisque l'on cherche à évacuer la chaleur du milieu ambiant dont la température est généralement plus élevée que celle du sol (dans le cas d'un capteur enterré). Pour exploiter cet effet dans le mode de rafraîchissement, on peut laisser circuler le fluide caloporteur dans les groupes 21, 22 et/ou baisser localement la résistance thermique par tout autre moyen connu. L'effet entropique est défavorable en mode chauffage ; un matériau thermoélectrique performant/plus performant avec une conductivité thermique plus faible peut constituer un moyen d'atténuer cet effet entropique.

Il est permis, pour une pompe à chaleur équipée du dispositif échangeur selon l'invention, de paramétrer un nombre défini de modes de fonctionnement prédéterminés de la pompe à chaleur, de façon à définir des configurations chacune différentes, dans le but de mieux correspondre à un besoin spécifique en transfert de chaleur. Les modes de fonctionnement peuvent être paramétrés en fonction, d'une part, d'un nombre de CEP qui sont activées, et d'autre part, de tensions d'alimentation chacune associées aux CEP qui sont activées.

Comme l'augmentation de la tension d'alimentation affectée à chaque CEP a tendance à abaisser le COP au-delà d'une certaine valeur et pour des conditions de température données, la faculté de modifier les connexions fluidiques permet d'ajouter des options pour lesquelles il n'est pas nécessaire d'augmenter la tension d'alimentation au-delà de ce qui est suffisant pour obtenir un point de fonctionnement optimal de la CEP. Ainsi, l'unité de contrôle électronique ECU peut être adaptée pour régler la tension d'alimentation des CEP et configurer la pluralité de vannes v1-v12 de façon à sélectionner un mode de chauffage avec un nombre total de CEP (par une alimentation sélective des groupes 21, 22) 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 par les capteurs 30 dans les deux circuits C1, C2, il existe un courant d'alimentation unique pour lequel une CEP considérée possède un COP maximal (cf. figure 5 de la demande de brevet FR n° 09 59196, illustrant un exemple de modélisation appelé « loi d'eau » dans le cas où le fluide caloporteur est de l'eau). 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 pompe à chaleur peut être contrôlée en procédant comme suit :

- on connecte dans une étape préliminaire la pompe à chaleur à une source de courant électrique 4 ;
- on programme au moins une consigne de température ;
- on délivre à la suite d'une étape de mesure, par les capteurs de température 30, des signaux représentatifs de températures caractéristiques des deux circuits d'échange de chaleur C1, C2 ;
- lors d'une étape 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 30 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 mise en œuvre par l'algorithme de l'unité contrôle électronique ECU,
5 on détermine le nombre de CEP suffisant (en fonction du couple puissance/température du fluide dans les circuits), de façon à conserver un COP optimisé ; un courant d'alimentation optimal de ces CEP est également déterminé ; en pratique, c'est une sélection de configuration d'alimentation fluide et électrique, avec l'activation d'un nombre déterminé de CEP, qui permet d'obtenir un
10 fonctionnement optimal de la pompe à chaleur (fonctionnement dans lequel chacune des CEP a une puissance optimale et la puissance fournie coïncide avec la puissance utile désirée).

Un des avantages de l'invention est que le dispositif échangeur peut rester relativement compact tout en étant optimisé par un réglage des connexions fluidiques.
15 Ceci permet de mieux répondre aux besoins en transfert de chaleur. Le fonctionnement avec une configuration en cascade est ainsi avantageux notamment dans le cas où la puissance utile désirée est inférieure à la puissance optimale générée par une seule CEP. En outre, on peut fournir à l'opérateur un moyen d'optimiser la consommation électrique de la pompe à chaleur tout en utilisant une
20 configuration modulaire (plaques échangeuses identiques et groupes d'éléments thermoélectriques 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.

25 On comprend que chacune des formes et des détails de réalisation décrits précédemment peuvent être utilisés isolément ou en combinaison. 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. L'expression « plaque échangeuse »,
30 ne doit pas être interprétée de manière restrictive et peut servir à désigner tout échangeur élémentaire adapté pour un échange de chaleur entre deux faces opposées.

REVENDICATIONS

1. Dispositif échangeur (1) pour une pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant une première interface de connexion (N1, N2) avec un premier
5 circuit (C1) d'échange de chaleur, une deuxième interface de connexion (N3, N4) avec un deuxième circuit (C2) d'échange de chaleur, et une unité thermoélectrique (10) qui comprend :

- une première plaque échangeuse (11),
- une deuxième plaque échangeuse (12),
- 10 - une troisième plaque échangeuse (13), la deuxième plaque échangeuse (12) étant agencée entre la première plaque échangeuse et la troisième plaque échangeuse,

- un premier groupe (21) d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques (20) adaptés pour transférer de la chaleur entre la première plaque échangeuse (11) et la
15 deuxième plaque échangeuse (12), la deuxième plaque échangeuse (12) présentant deux faces (18, 19) opposées, une première (18) des deux faces étant adjacente audit premier groupe (21),

- un deuxième groupe (22) d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques (20) adaptés pour transférer de la chaleur entre la troisième plaque échangeuse (13) et la
20 deuxième plaque échangeuse (12), la deuxième (19) des deux faces de ladite deuxième plaque échangeuse (12) étant adjacente audit deuxième groupe (22), la première plaque échangeuse (11) et ledit premier groupe (21) formant un premier module d'échange thermique (M1), tandis que ledit deuxième groupe (22) et la troisième plaque échangeuse (13) forment un deuxième module d'échange thermique
25 (M2),

caractérisé en ce que au moins la deuxième plaque échangeuse (12) parmi lesdites plaques échangeuses présente au moins un canal interne (31) permettant de faire circuler un fluide caloporteur entre au moins une entrée (32) et au moins une sortie (33) de la plaque échangeuse, ledit au moins un canal interne (31) de la deuxième
30 plaque échangeuse (12) s'étendant entre les deux faces (18, 19) de celle-ci, ladite entrée (32) et ladite sortie (33) étant reliées à la première interface de connexion (N1, N2) et à la deuxième interface de connexion (N3, N4), **et en ce que** la première interface de connexion (N1, N2) et la deuxième interface de connexion (N3, N4) comportent un système de vannes (V) qui présente au moins une vanne (v3;v9) et de

préférence au moins deux vannes (v3-v9, v4-v10) associée(s) à la deuxième plaque échangeuse (12) et permettant de commander sélectivement :

- la circulation du fluide caloporteur dans la deuxième plaque échangeuse (12) selon un premier mode de fonctionnement ;
- 5 - l'arrêt de la circulation du fluide caloporteur dans la deuxième plaque échangeuse (12) selon un deuxième mode de fonctionnement alternatif au premier mode.

2. Dispositif échangeur selon la revendication 1, dans lequel la première plaque échangeuse (11) et la troisième plaque échangeuse (13) comportent chacune
10 au moins un canal (11c, 13c) permettant de faire circuler un fluide caloporteur, la première interface de connexion (N1, N2) et à la deuxième interface de connexion (N3, N4) étant reliées à chacune desdites première et troisième plaque échangeuses (11, 13), ledit système de vannes (V) présentant :

- au moins une vanne et de préférence deux vannes (v1-v7, v2-v8) associée(s)
15 à la première plaque échangeuse (11) ; et
- au moins une vanne et de préférence deux vannes (v5-v6, v11-v12) associée(s) à la troisième plaque échangeuse (13).

3. Dispositif échangeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité thermoélectrique (10) présente un empilement de
20 respectivement n et n' modules d'échange thermique, agencés de part et d'autre de la deuxième plaque échangeuse (12), chacun de ces n et n' modules présentant une superposition de deux couches avec :

- une plaque échangeuse (11, 13) formant l'une des deux couches ; et
- un groupe d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques formant l'autre des
25 deux couches ;

lesdits n modules comprenant ledit premier module d'échange thermique (M1) et lesdits n' modules comprenant ledit deuxième module d'échange thermique (M2), n et n' étant des entiers supérieurs ou égal à 1.

4. Dispositif échangeur selon la revendication 3, dans lequel les plaques échangeuses (11, 13) desdits n et n' modules sont préférentiellement identiques et
30 présentent chacune au moins un canal interne adapté pour faire circuler un fluide caloporteur.

5. Dispositif échangeur selon la revendication 3 ou 4, dans lequel l'unité

thermoélectrique (10) comprend :

- une première face externe (f1) appartenant à une plaque échangeuse située à une extrémité d'empilement des n modules d'échange thermique, et
- une deuxième face externe (f2) opposée à ladite première face externe (f1),
5 la deuxième face externe appartenant à une plaque échangeuse située à une extrémité d'empilement des n' modules d'échange thermique.

6. Dispositif échangeur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel ladite première interface de connexion (N1, N2) et ladite deuxième interface (N3, N4) de connexion comprennent chacune :

- 10 - une partie d'alimentation (N1 ; N3) en fluide caloporteur en liaison avec les entrées (11a, 13a, 32) des plaques échangeuses (11, 12, 13) ; et
- une partie d'évacuation (N2 ; N4) du fluide caloporteur en liaison avec les sorties (11b, 13b, 33) des plaques échangeuses (11, 12, 13).

7. Dispositif échangeur selon l'une quelconque des revendications
15 précédentes, dans lequel au moins la deuxième plaque échangeuse (12) parmi lesdites plaques échangeuses forme un bloc rigide qui présente au moins deux canaux internes (31) et comprend :

- une entrée et une sortie pour l'arrivée et l'évacuation d'un fluide caloporteur, reliées à ladite première interface de connexion (N1, N2) ; et
- 20 - une entrée et une sortie pour l'arrivée et l'évacuation d'un fluide caloporteur, reliées à ladite deuxième interface (N3, N4) de connexion.

8. Dispositif échangeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'un au moins parmi lesdits premier et deuxième groupes (21'') d'éléments thermoélectriques présente des cellules à effet Peltier sans
25 céramique directement coincées entre deux des plaques échangeuses).

9. Système de contrôle (2) d'une pompe à chaleur thermoélectrique réversible comprenant un premier circuit (C1) d'échange de chaleur, un deuxième circuit (C2) d'échange de chaleur et un dispositif échangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le système comprend au moins une unité
30 d'alimentation électrique (24) permettant d'alimenter électriquement l'unité thermoélectrique (10) du dispositif échangeur (1) et un dispositif de commande pour commander le système de vannes (V) du dispositif échangeur (1), le dispositif de commande étant en liaison avec le système de vannes (V) pour paramétrer une

configuration en cascade dans laquelle le fluide caloporteur ne circule pas dans ledit canal interne (31) de la deuxième plaque échangeuse (12) et ladite deuxième plaque échangeuse (12) permet un transfert de chaleur par conduction entre ses deux faces (18, 19), l'unité d'alimentation électrique (10) étant adaptée pour alimenter le premier
5 groupe (21) d'éléments thermoélectriques et le deuxième groupe (22) d'éléments thermoélectriques de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse (12) un flux thermique entre une face chaude dudit premier groupe (21) et une face froide dudit deuxième groupe (22).

10 10. Système de contrôle selon la revendication 9, comprenant en outre des moyens d'alimentation (P1, P2) et des vannes du système de vannes (V) pour faire circuler un fluide caloporteur dans les plaques échangeuses (11, 13) desdits premier et deuxième modules d'échange thermique (M1, M2).

15 11. Système de contrôle selon la revendication 9 ou 10, dans lequel le dispositif de commande est en outre adapté pour paramétrer une configuration en parallèle dans laquelle la première plaque échangeuse (11) et la troisième plaque échangeuse (13) sont connectées à un circuit parmi les premier et deuxième circuits (C1, C2) d'échange de chaleur, le système de vannes (V) étant paramétré dans la configuration en parallèle pour faire circuler dans ledit canal (31) de la deuxième
20 plaque échangeuse (12) un fluide caloporteur utilisé par l'autre circuit parmi les premier et deuxième circuits (C1, C2), l'unité d'alimentation électrique étant adaptée pour alimenter le premier groupe (21) d'éléments thermoélectriques et le deuxième groupe (22) d'éléments thermoélectriques de façon à générer à travers la deuxième plaque échangeuse (12) deux flux thermiques opposés.

25 12. Pompe à chaleur thermoélectrique réversible, comprenant un premier circuit (C1) d'échange de chaleur, un deuxième circuit (C2) d'échange de chaleur **caractérisée en ce qu'elle** comprend le dispositif échangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et le système de contrôle selon l'une des revendications 9 à 11.

30 13. Utilisation, dans une pompe à chaleur thermoélectrique réversible qui comprend un premier circuit (C1) d'échange de chaleur et un deuxième circuit (C2) d'échange de chaleur, d'une plaque échangeuse (12) à deux faces (18, 19) comprenant au moins un canal interne (31) permettant de faire circuler un fluide caloporteur entre une entrée (32) et une sortie (33), ledit au moins un canal interne (31) s'étendant entre les deux faces de la plaque échangeuse (12), ladite entrée et

- ladite sortie étant reliées à l'un des premier et deuxième circuits (C1, C2) d'échange de chaleur de telle façon qu'un fluide caloporteur puisse circuler entre les deux faces de la plaque échangeuse (12), **caractérisée en ce qu'on** configure la plaque échangeuse (12) dans une unité thermoélectrique de la pompe, entre un premier
- 5 groupe (21) d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques (20) et un deuxième groupe (21) d'un ou plusieurs éléments thermoélectriques (20), **et en ce que** la plaque échangeuse (12) sert pour :
- i) transférer de façon bidirectionnelle de la chaleur par conduction thermique et convection thermique, entre un fluide caloporteur circulant dans ledit au moins canal
- 10 (31) et lesdits premier et deuxième groupes (21, 22) selon un premier mode de fonctionnement dans lequel on fait circuler le fluide caloporteur à travers la plaque échangeuse (12), et
- ii) transférer de façon unidirectionnelle de la chaleur par conduction thermique de l'une vers l'autre des faces (18, 19) de plaque échangeuse (12) selon un second mode de
- 15 fonctionnement dans lequel on coupe la circulation de fluide caloporteur à travers la plaque échangeuse, les faces de la plaque échangeuse (12) étant en contact l'une avec une face chaude dudit premier groupe (21) et l'autre avec une face froide dudit deuxième groupe (22).

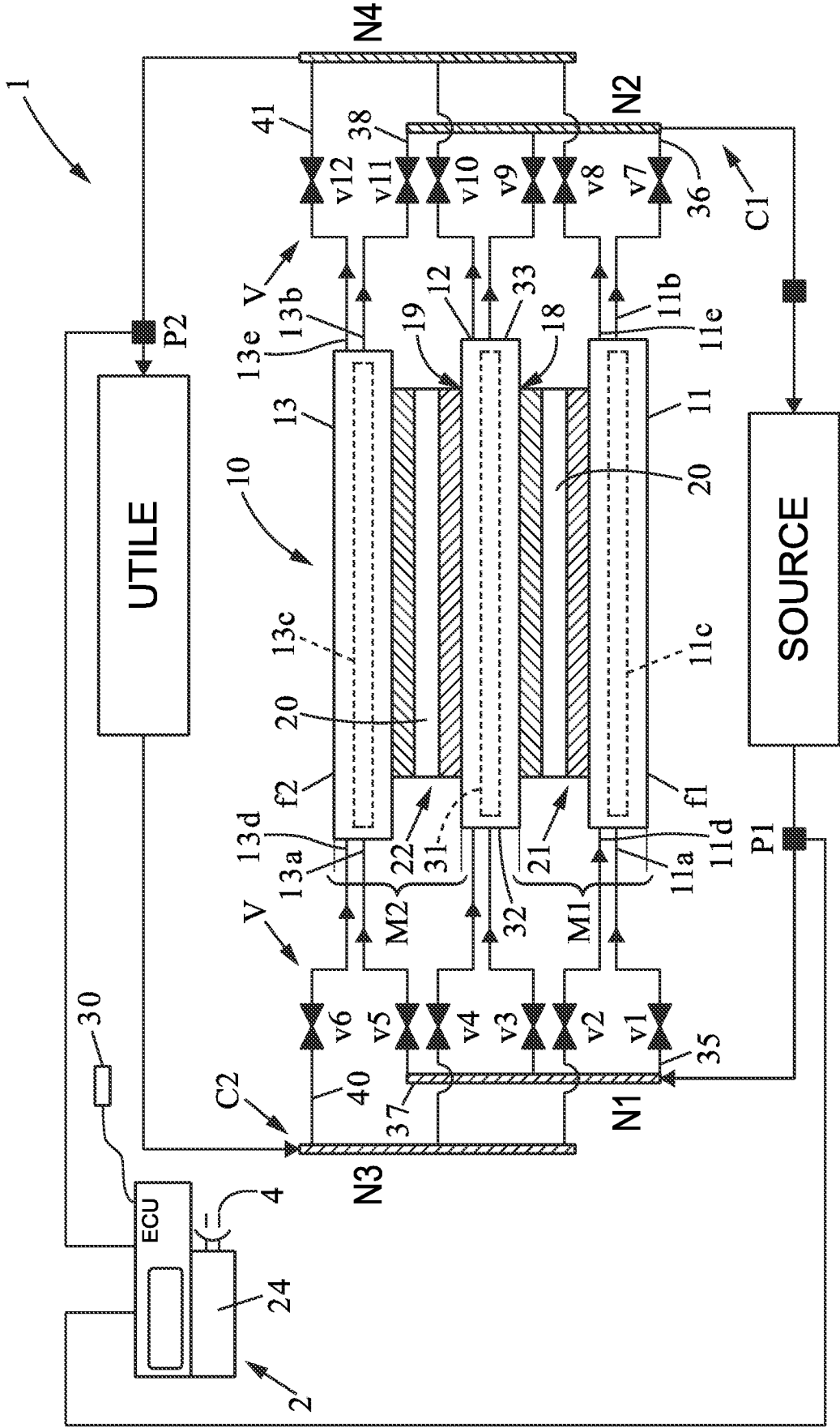


FIG. 1

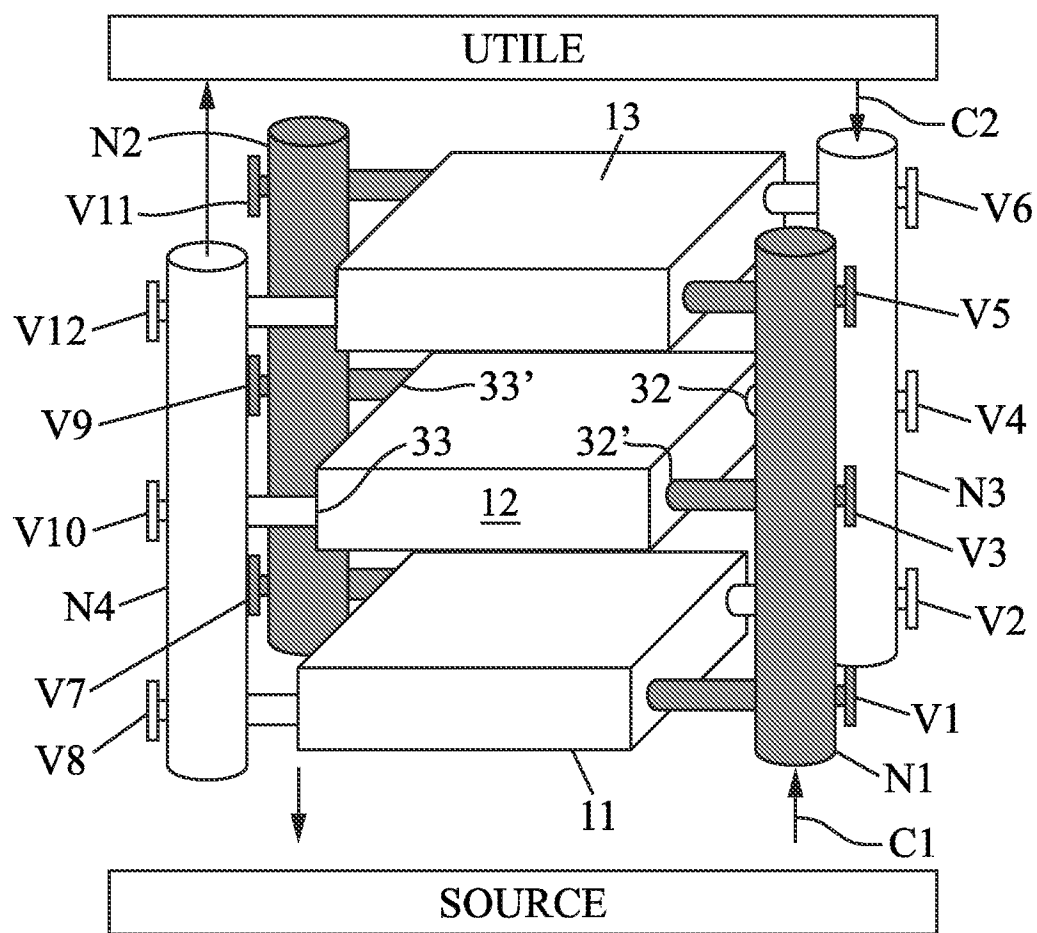


FIG. 2

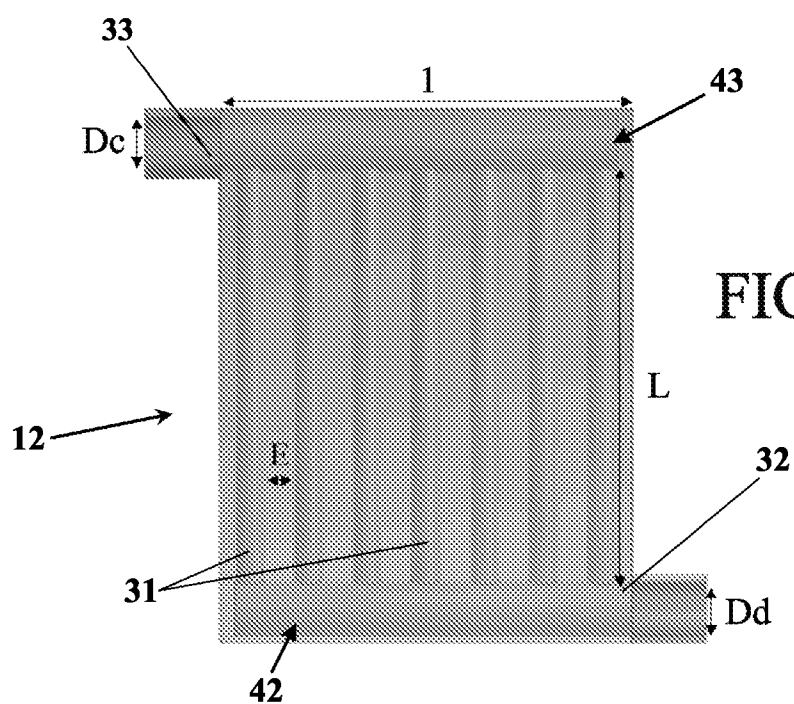


FIG. 3

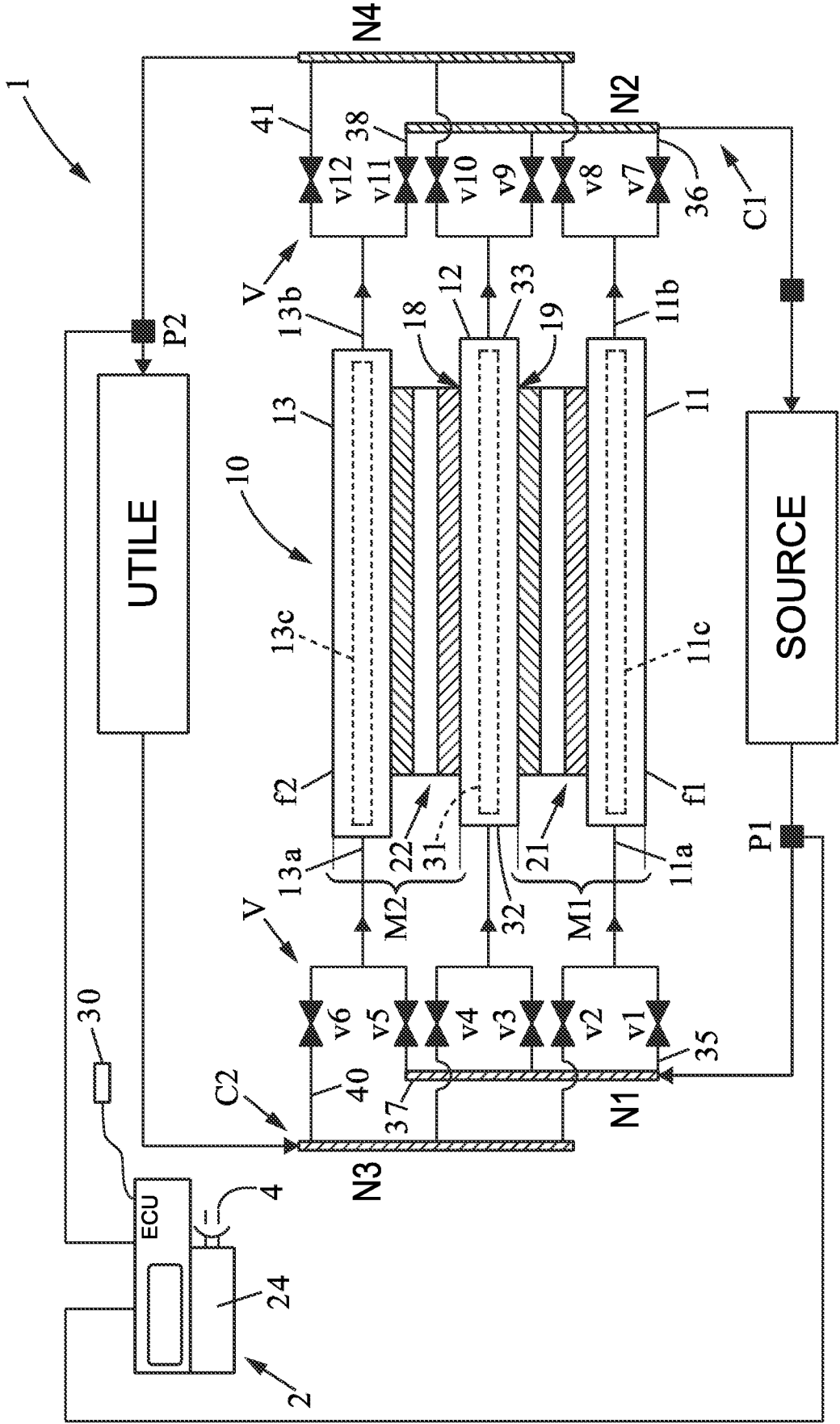


FIG. 4

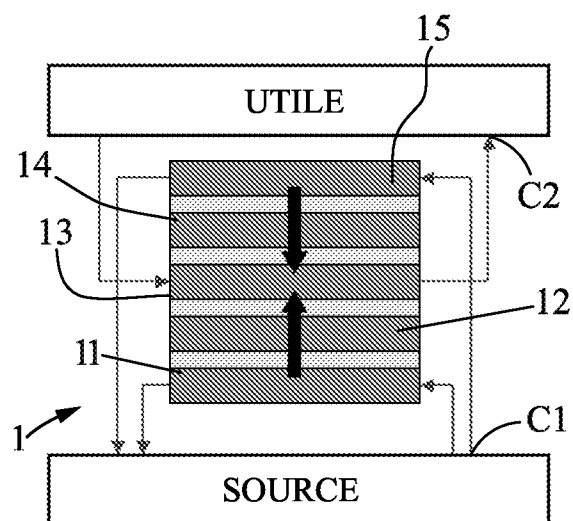
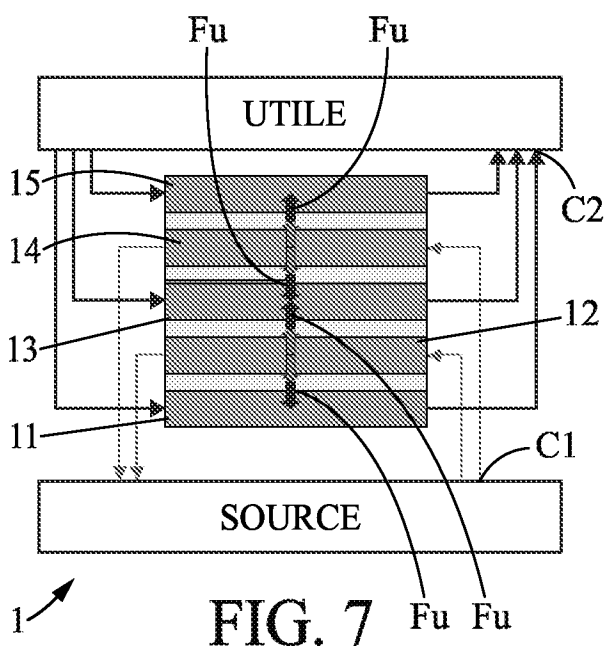
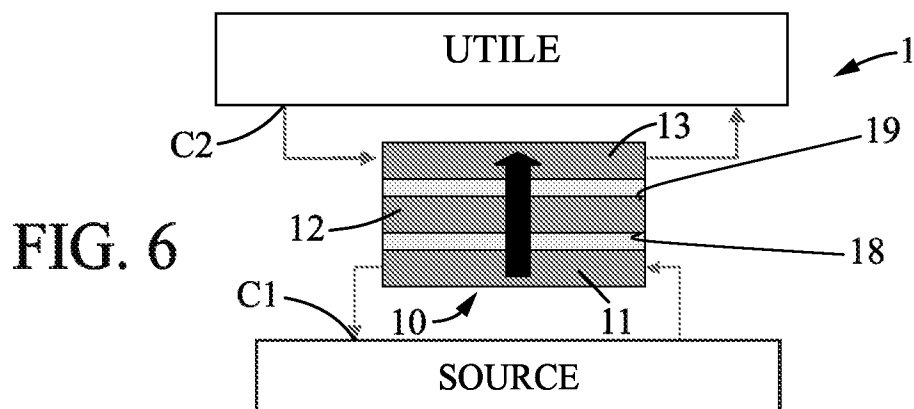
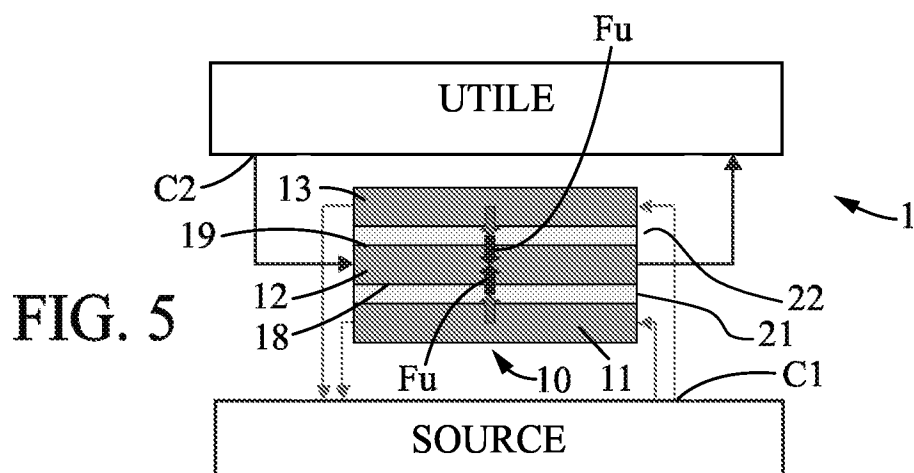


FIG. 9A

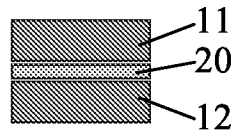


FIG. 9B

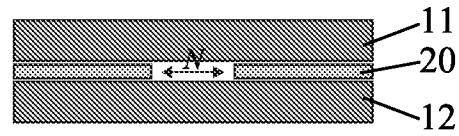


FIG. 9C

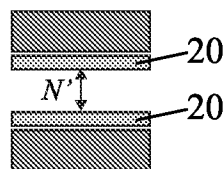


FIG. 9D

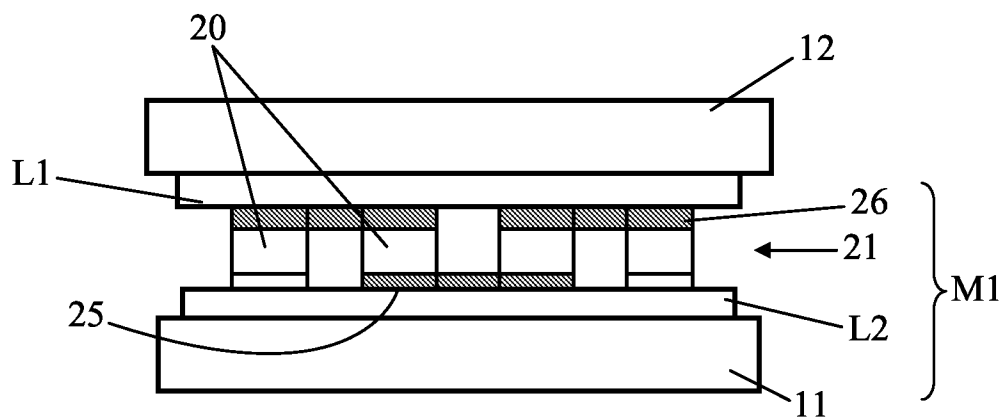
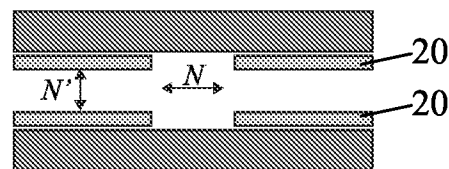


FIG. 10A

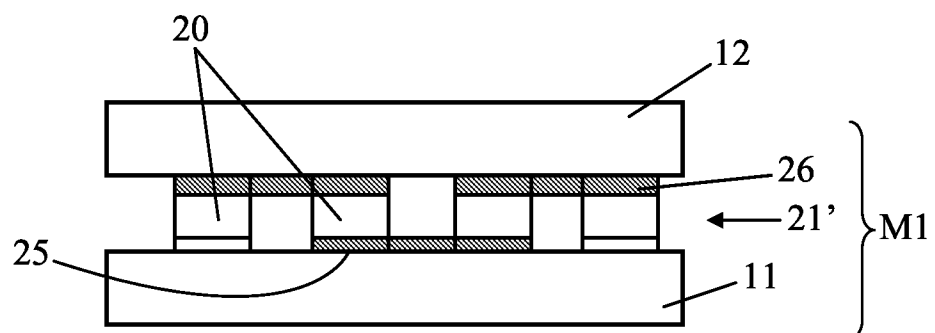


FIG. 10B

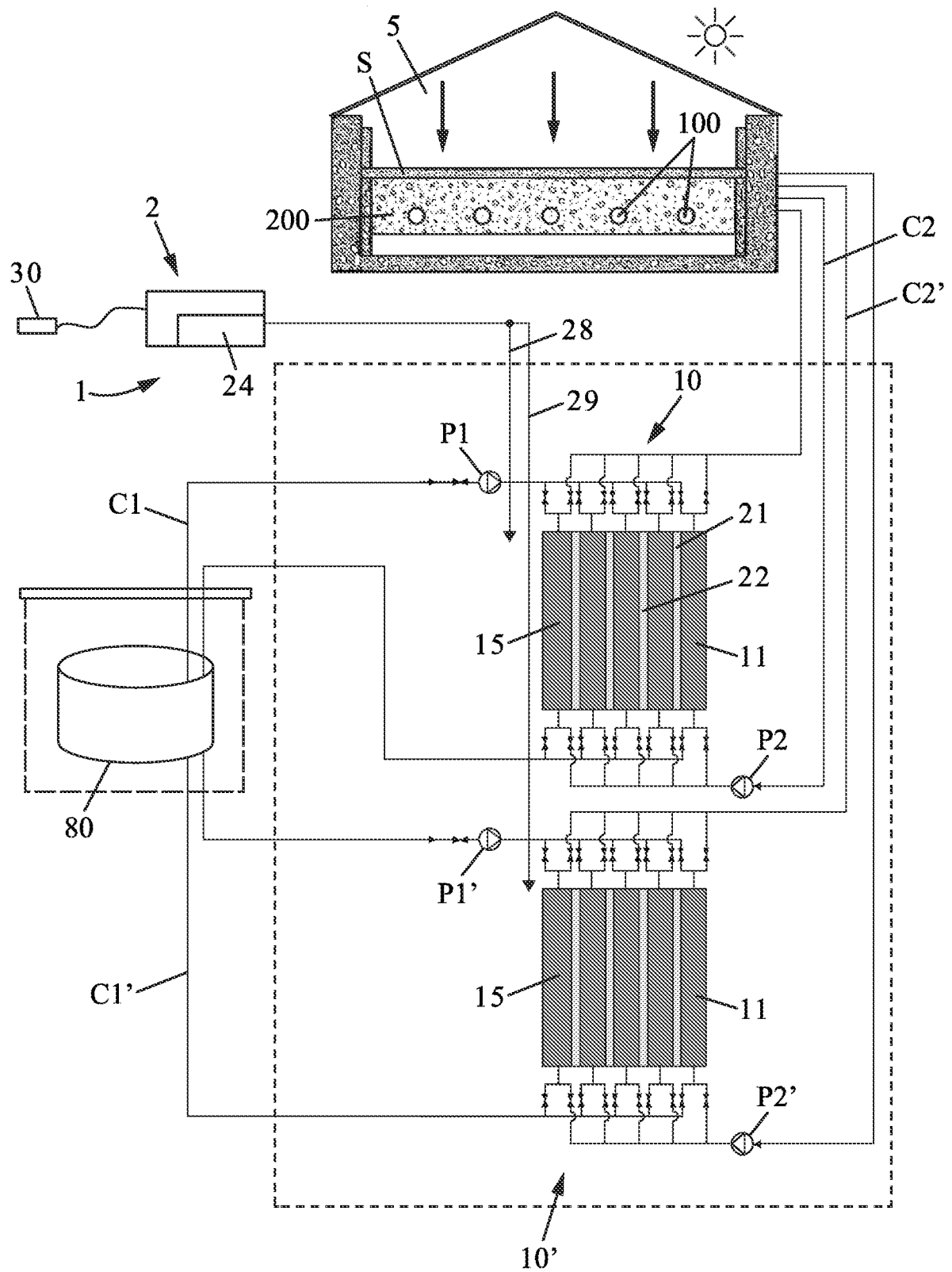


FIG. 11