



(11) **EP 4 308 802 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
18.12.2024 Bulletin 2024/51

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F01K 7/32 ^(2006.01) **F01K 25/10** ^(2006.01)
F01K 25/08 ^(2006.01) **F02G 1/044** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22715581.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F01K 7/32; F01K 25/08; F01K 25/103; F02G 1/044

(22) Date de dépôt: **15.03.2022**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2022/056723

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2022/194877 (22.09.2022 Gazette 2022/38)

(54) **CARTOUCHE POUR MACHINE THERMIQUE À CYCLE THERMODYNAMIQUE ET MODULE POUR MACHINE THERMIQUE ASSOCIÉ**

KARTUSCHE FÜR EINE WÄRMEKRAFTMASCHINE MIT THERMODYNAMISCHEM ZYKLUS UND ZUGEHÖRIGE WÄRMEKRAFTMASCHINE

CARTRIDGE FOR A HEAT ENGINE HAVING A THERMODYNAMIC CYCLE AND ASSOCIATED HEAT ENGINE

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats de validation désignés:
MA TN

(30) Priorité: **17.03.2021 FR 2102658**

(43) Date de publication de la demande:
24.01.2024 Bulletin 2024/04

(73) Titulaire: **Cixten**
67460 Souffelweyersheim (FR)

(72) Inventeur: **BERTHELEMY, Pierre-Yves**
67460 Souffelweyersheim (FR)

(74) Mandataire: **Hege, Frédéric**
Hege Conseils
1 Place Gutenberg
67000 Strasbourg (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 411 235 **WO-A1-2019/143520**
WO-A2-2014/187558 **DE-A1- 102009 020 417**
DE-A1- 102013 114 159 **DE-A1- 19 938 023**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des cartouches pour machine thermique à cycle thermodynamique et des modules pour machine thermique à cycle thermodynamique associés.

[0002] La transition énergétique actuelle engagée apporte des enjeux dans de nombreux domaines et passe notamment par la réduction de la consommation d'énergie primaire. A ce titre, le secteur industriel produit de grandes quantités d'énergie thermique dont une majeure partie est encore aujourd'hui rejetée sous forme de chaleur résiduelle, dite chaleur fatale. Cette chaleur perdue constitue un énorme gisement d'énergie, directement disponible et déjà payée, dont la valorisation constitue un enjeu stratégique pour l'industrie. La récupération de la chaleur fatale peut être faite soit en alimentant directement des réseaux de chaleur ou être temporairement stockée, soit être convertie en électricité pour une utilisation interne ou externe. Pour les rejets à basses températures, c'est-à-dire inférieurs à 100 degrés Celsius, il n'existe à ce jour aucune machine commercialement viable pour la conversion en électricité, faute de rentabilité économique, l'usage en réseau de chaleur étant l'unique alternative possible. Elle pose cependant de nombreuses contraintes de mise en oeuvre, notamment sur la proximité obligatoire de l'utilisation finale.

[0003] Les développements actuels des machines à apport de chaleur externe sont donc limités pour des températures dont le gisement est finalement moins important.

[0004] D'autres sources naturelles de chaleur peuvent facilement être disponibles telles que la géothermie basse température ou le solaire thermique. Aujourd'hui ces ressources renouvelables sont utilisées uniquement pour des réseaux de chaleur.

[0005] Les machines à apport de chaleur externe et exploitant un fluide de travail en cycle fermé sans changement de phase sont généralement appelées moteurs Stirling. Plus particulièrement, les moteurs Stirling dits de type beta ou gamma, comportent un piston de travail et un déplaceur servant à transférer le fluide de travail alternativement du côté chaud au côté froid. Dans ce type de moteur, le piston moteur et le déplaceur sont liés mécaniquement. Ces moteurs sont caractérisés par une très faible puissance volumique et un pilotage difficile en puissance car la vitesse de rotation dépend principalement de la différence de température des sources. Les rares machines commercialisées nécessitent de ce fait une large différence de température entre les sources de chaleur, souvent de l'ordre de plusieurs centaines de degrés Celsius, pour compenser les faibles conductivités thermiques des gaz de travail employés, les faibles surfaces d'échange de chaleur et les volumes morts du régénérateur.

[0006] Pour améliorer la puissance volumique, on connaît de la publication WO2018062627A1 certains moteurs Stirling qui ont été développés pour fonctionner

avec un gaz sous pression voire également avec un fluide en phase supercritique tel que le dioxyde de carbone mais les très hautes pressions exigées combinées aux vitesses de rotation importantes du moteur, typiquement de l'ordre de 3000tr/min, induisent des pertes problématiques par frottement et par pompage du fluide de travail. Au niveau des pistons de travail, la tenue des joints dynamiques sous haute pression et haute température reste également un défi pour assurer une certaine longévité au moteur et éviter les fuites.

[0007] Un autre concept dans cette catégorie de machine utilisant les propriétés du dioxyde de carbone proche du point critique est proposé dans la publication WO02/01 052A2, dans lequel le fluide de travail n'est pas déplacé mais les sources de chaleur sont alternativement mises au contact du fluide par le biais d'écrans thermiques mobiles. Ce système est constructivement complexe à réaliser du fait de l'alternance des sources chaudes et froides à intégrer dans chaque cylindre. Cette configuration génère d'importantes pertes thermiques, notamment par l'intermédiaire des écrans thermiques successivement mis au contact des sources de chaleur qui ne contribuent pas directement au réchauffement ou au refroidissement du fluide tel un régénérateur usuel.

[0008] La publication WO2016/165687A1 décrit également un procédé de conversion de chaleur avec un cycle supercritique utilisant du dioxyde de carbone, dans lequel la détente se fait de manière isotherme grâce à un système d'oscillateur. Le piston oscillant, qui doit être piloté en fonction de la course du piston de travail, fonctionne comme un agitateur actif du fluide supercritique au cours de la détente pour augmenter les transferts thermiques par convection. La complexité de la construction due à l'intégration dans chaque cylindre de l'oscillateur, d'un régénérateur, de pistons et d'un déplaceur, rend ce concept non attractif pour de grandes installations et une production à grande échelle. De plus l'amélioration du transfert de chaleur par l'augmentation de la convection dans le cylindre est limitée par la faible surface de contact du cylindre avec les sources de chaleur. Le concept est ainsi prévu pour fonctionner avec un écart de température supérieur à 150 degrés Celsius.

[0009] Les développements concernant notamment les Stirling dits à piston libre (FPSE Free Piston Stirling Engine) ont conduit à essayer de limiter les pertes thermiques entre la source chaude et froide pour augmenter l'efficacité des moteurs. La publication WO2005/042958 propose ainsi d'intégrer le régénérateur dans une pièce à basse conductivité thermique de type céramique reliant les parties chaude et froide. Cependant, cette configuration ne permet pas le pilotage du déplaceur et à chaque piston doit être intégré le générateur électrique, ce qui devient problématique pour des installations de grandes puissances nécessitant alors plusieurs cylindres.

[0010] Une architecture de moteur à apport de chaleur externe multi cylindres est proposée dans la publication WO02088536. La technique de déplaceurs « liquides » mise en oeuvre et la connexion en série des pistons pour

le transfert du fluide thermodynamique d'une chambre de piston à l'autre ne permet pas une gestion de la position du fluide thermodynamique indépendante du fluide de travail, et ne permet donc pas d'optimiser le cycle thermodynamique réalisé.

[0011] Dans un moteur Stirling classique, l'accouplement mécanique entre le déplaceur et le piston de travail ne permet pas de réaliser correctement les transformations thermodynamiques du fait de la rotation continue, réduisant ainsi fortement le rendement réel de ce type de moteur. La chambre sous pression ne peut être correctement étanchéifiée pour les hautes pressions (>10 bar) du fait des vitesses élevées de rotation et engendre des pertes par frottement élevées. Les transferts thermiques sont très faibles pour les basses températures, conduisant à des puissances volumiques très basses.

[0012] Le découplage mécanique des déplaceurs et des pistons de travail, qui permet comme expliqué dans l'état de l'art un meilleur contrôle des transformations thermodynamiques en vue d'améliorer le rendement, nécessite en revanche dans les solutions actuelles l'ajout de systèmes d'actionneurs externes supplémentaires, les déplaceurs n'étant plus entraînés par la rotation du moteur. Dans le cas de moteur multi-cylindres, ces systèmes deviennent très compliqués et onéreux à mettre en oeuvre, chaque déplaceur de chaque cylindre ayant alors besoin d'un actionneur.

[0013] La présente invention vise à proposer une solution évolutive et modulaire permettant l'exploitation de source de chaleur dont la température est inférieure à 150 degrés Celsius.

[0014] A cet effet l'invention concerne une cartouche pour le déplacement d'un fluide thermodynamique entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique caractérisée en ce qu'elle comprend au moins :

un premier échangeur, formant une partie dite froide, comprenant un premier profil creux comprenant des premiers moyens de circulation d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur relié à une première source de chaleur, ledit premier profilé comprenant une paroi interne et une paroi externe,

un deuxième échangeur, formant une partie dite chaude, comprenant un deuxième profilé creux comprenant des deuxièmes moyens de circulation d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur relié à une deuxième source de chaleur, ledit deuxième profilé comprenant une paroi interne et une paroi externe,

un troisième profilé creux apte et destiné à être raccordé à au moins un circuit d'alimentation en au

moins un fluide de travail, ledit troisième profilé étant disposé à l'intérieur du premier profilé et du deuxième profilé, ledit troisième profilé comprenant une paroi interne et une paroi externe,

au moins une partie de la paroi interne du premier profilé et une première partie de la paroi externe du troisième profilé étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un premier espace de remplissage,

au moins une partie de la paroi interne du deuxième profilé et une deuxième partie de la paroi externe du troisième profilé étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un deuxième espace de remplissage,

au moins une chambre apte et destinée à contenir au moins un fluide thermodynamique préférentiellement à haute pression et à l'état supercritique, ladite chambre comprenant au moins le premier espace de remplissage et le deuxième espace de remplissage lesquels sont communicants,

au moins un déplaceur disposé à l'intérieur de ladite chambre et monté coulissant relativement à la paroi externe dudit troisième profilé et mobile entre une première position et une deuxième position, et configuré pour déplacer alternativement ledit au moins un fluide thermodynamique entre le premier espace de remplissage et le deuxième espace de remplissage,

un piston disposé à l'intérieur dudit troisième profilé et monté coulissant relativement à la paroi interne dudit troisième profilé et mobile entre la première position et la deuxième position, le piston étant apte et destiné à être déplacé par ledit au moins un fluide de travail entre la première position et la deuxième position,

le déplaceur et le piston étant couplés l'un à l'autre.

[0015] L'invention concerne également un module pour le déplacement d'un fluide thermodynamique alternativement entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cartouche ou une pluralité de cartouches selon l'invention, et en ce qu'il comprend :

un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur raccordé auxdits premiers moyens de circulation de ladite au moins une cartouche par au moins un premier orifice d'alimentation et au moins un deuxième orifice d'alimentation des premiers moyens de circulation,

un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur raccordé auxdits deuxièmes moyens de circulation de ladite au moins une cartouche par au moins un troisième orifice d'alimentation et au moins un quatrième orifice d'alimentation des deuxièmes moyens de circulation,

une platine de jonction comprenant au moins lesdits moyens de jonction de la cartouche,

un circuit d'alimentation en fluide de travail, raccordé audit troisième profilé de ladite au moins une cartouche par au moins un cinquième orifice d'alimentation que comprend le troisième profilé et au moins un sixième orifice d'alimentation que comprend le troisième profilé, agencé pour piloter le déplacement du piston,

une sortie d'alimentation en fluide thermodynamique raccordée à la chambre de ladite au moins une cartouche ou une sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique raccordée au premier espace de remplissage ou au deuxième espace de remplissage de ladite chambre.

[0016] L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à plusieurs modes de réalisation préférés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels

[Fig. 1] la figure 1 représente une vue en coupe d'une cartouche selon l'invention,

[Fig. 2] la figure 2 représente une vue en coupe transversale de la cartouche de la figure 1 ,

[Fig. 3] la figure 3 représente une vue en coupe d'une cartouche selon une première variante de réalisation de l'invention,

[Fig. 4] la figure 4 représente une vue en coupe d'une cartouche selon une deuxième variante de réalisation de l'invention,

[Fig. 5] la figure 5 représente une vue en perspective d'une partie de la cartouche selon la première variante de réalisation de l'invention,

[Fig. 6] la figure 6 représente une vue en perspective d'une partie de la cartouche selon la première variante de réalisation de l'invention,

[Fig. 7] la figure 7 représente une vue en coupe transversale de la cartouche selon l'invention montrant des moyens de circulation sous la forme de canaux de section circulaire,

[Fig. 8] la figure 8 représente une vue en coupe transversale de la cartouche selon l'invention montrant des moyens de circulation sous la forme de canaux de section trapézoïdale,

[Fig. 9] la figure 9 représente une vue en coupe transversale de la cartouche selon l'invention montrant des moyens de circulation sous la forme rainures ouvertes,

[Fig. 10] la figure 10 représente une vue en coupe d'une cartouche dite hybride dans une troisième variante de réalisation selon l'invention

[Fig. 11] la figure 11 représente une vue en coupe d'une cartouche selon la figure 1 reliée à un piston hydraulique selon une quatrième variante de l'invention,

[Fig. 12] la figure 12 représente une vue en coupe d'un module comprenant une cartouche selon la figure 1 ,

[Fig. 13] la figure 13 représente une vue en coupe d'un module comprenant une cartouche dite hybride selon la figure 10,

[Fig. 14] la figure 14 représente une vue en coupe d'un module comprenant une cartouche selon la figure 1 et une cartouche dite hybride selon la figure 10,

[Fig. 15] la figure 15 représente une platine de jonction,

[Fig. 16] la figure 16 représente une vue en coupe d'un module comprenant quatre cartouches selon la figure 4 et deux cartouches dites hybrides selon l'invention,

[Fig. 17] la figure 17 représente une vue en perspective du module de la figure 16.

Fig. 18] la figure 18 représente une vue en coupe d'un module comprenant six cartouches selon la figure 3,

[Fig. 19] la figure 19 représente une vue en perspective du module de la figure

[0017] Conformément à l'invention et comme l'illustrent notamment les figures 1 à 9, une cartouche 1 , 1' pour le déplacement d'un fluide thermodynamique entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique comprend au moins :

un premier échangeur, formant une partie dite froide, comprenant un premier profilé 2 creux comprenant des premiers moyens de circulation 3 d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B relié à une première source de chaleur, ledit premier profilé 2 comprenant une paroi interne 4 et une paroi externe 5,

un deuxième échangeur, formant une partie dite chaude, comprenant un deuxième profilé 8 creux comprenant des deuxièmes moyens de circulation 9 d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D relié à une deuxième source de chaleur, ledit deuxième profilé 8 comprenant une paroi interne 10 et une paroi externe 11 ,

un troisième profilé 15 creux apte et destiné à être raccordé à au moins un circuit d'alimentation en au moins un fluide de travail J, H, ledit troisième profilé 15 étant disposé à l'intérieur du premier profilé 2 et du deuxième profilé 8, ledit troisième profilé 15 comprenant une paroi interne 16 et une paroi externe 17,

au moins une partie de la paroi interne 4 du premier profilé 2 et une première partie 20 de la paroi externe 17 du troisième profilé 15 étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un premier espace de remplissage 21 ,

au moins une partie de la paroi interne 10 du deuxième profilé 8 et une deuxième partie 22 de la paroi externe 17 du troisième profilé 15 étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un deuxième espace de remplissage 23,

au moins une chambre 24 apte et destinée à contenir au moins un fluide thermodynamique préférentiellement à haute pression et à l'état supercritique, ladite chambre 24 comprenant au moins le premier espace de remplissage 21 et le deuxième espace de remplissage 23 lesquels sont communicants,

au moins un déplaceur 25 disposé à l'intérieur de ladite chambre 24 et monté coulissant relativement à la paroi externe 17 dudit troisième profilé 15 et mobile entre une première position P1 et une deuxième position P2, et configuré pour déplacer alternativement ledit au moins un fluide thermodynamique entre le premier espace de remplissage 21 et le deuxième espace de remplissage 23,

un piston 26 disposé à l'intérieur dudit troisième profilé 15 et monté coulissant relativement à la paroi interne 16 dudit troisième profilé 15 et mobile entre la première position P1 et la deuxième position P2, le piston 26 étant apte et destiné à être déplacé par

ledit au moins un fluide de travail J, H entre la première position P1 et la deuxième position P2,

le déplaceur 25 et le piston 26 étant couplés l'un à l'autre.

[0018] Avantageusement, la configuration sous forme de cartouche 1 , 1' permet de fournir une solution modulaire et évolutive. Par ailleurs, le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8 fournissent de grandes surfaces d'échanges internes et externes qui contribuent à l'efficacité des transferts de chaleur entre le fluide caloporteur et le fluide thermodynamique. En outre, le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8 peuvent être produits à très bas coût. La chambre 24 qui est sous pression, pour des pressions comprises de préférence entre 50 bars et 300 bars préférentiellement comprises entre 80 bars et 250 bars et qui contient le déplaceur 25 est fermée vis à vis de l'environnement basse pression. L'environnement basse pression correspond à des pressions de préférence comprises entre 0 bar et 50 bars et préférentiellement comprises entre 0 bar et 10 bars . Le contrôle du déplaceur 25 se fait ainsi par l'extérieur de la chambre 24, par l'intermédiaire du déplacement du piston 26. Le déplaceur 25 peut réaliser en plus de sa fonction de déplacement du fluide thermodynamique, une fonction de régénérateur puisque le fluide thermodynamique s'écoule autour du déplaceur 25 lors du déplacement entre la première position P1 et la deuxième position P2. En plus, le déplaceur 25 peut être chauffé ou refroidi par l'intermédiaire du fluide caloporteur seul, lorsqu'il est statique dans la première position P1 ou dans la deuxième position P2.

[0019] Comme l'illustre notamment la figure 1, le premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B et le deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D permettent d'amener la chaleur externe nécessaire au fonctionnement de la machine thermique de préférence en assurant une différence de température entre la partie dite froide et la partie dite chaude. La figure 1 représente la cartouche 1 avec le déplaceur 25 et le piston 26 dans la première position P1. Dans cette configuration le fluide thermodynamique est confiné entre le premier profilé 2 et le troisième profilé 15 et se trouve alors dans le premier espace de remplissage 21, au contact de la température du premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B. En pointillé est représentée la deuxième position P2 du déplaceur 25 et du piston 26, dans laquelle le fluide thermodynamique est confiné entre le deuxième profilé 8 et le troisième profilé 15 et se trouve alors dans le deuxième espace de remplissage 23, au contact de la température du deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D. Le changement de la première position P1 vers la deuxième position P2 ou inversement, est piloté par le piston 26 de préférence par le biais d'une pression relative entre les points H et J qui permet ainsi de déplacer le fluide thermodynamique entre le premier espace de remplissage 21 et le deuxième espace de rem-

plissage 23. De préférence, une sortie d'alimentation en fluide thermodynamique G raccordée à la chambre 24 de ladite au moins une cartouche 1 permet d'exploiter les fortes différences de pression générées à l'intérieur de la cartouche 1 pour en exploiter l'énergie.

[0020] La chambre 24 permet de recevoir un fluide thermodynamique qui est sous pression, par exemple supérieure à 10 bars, mais idéalement au-dessus ou égale à sa pression critique, de sorte à avoir un transfert convectif de chaleur grandement amélioré en comparaison d'un gaz proche de la pression atmosphérique. L'amélioration est typiquement d'un à deux ordres de grandeur, à savoir 100 à 1000 [W/m².K] au lieu de 10 [W/m².K] Comme l'illustre la figure 2, le deuxième espace de remplissage 23 qui permet de contenir le fluide thermodynamique sous haute pression se situe entre le troisième profilé 15 et le deuxième profilé 8. Dans ce deuxième espace de remplissage 23 le fluide thermodynamique est maintenu de préférence dans un état supercritique. Le fluide thermodynamique peut être du dioxyde de carbone, cet exemple n'est pas limitatif. Comme l'illustrent les figures 7, 8 et 9, le premier espace de remplissage 21 qui permet de contenir le fluide thermodynamique sous haute pression, c'est-à-dire pour des pressions comprises de préférence entre 50 bars et 300 bars préférentiellement comprises entre 80 bars et 250 bars, se situe entre le troisième profilé 15 et le premier profilé 2. Dans ce premier espace de remplissage 21 le fluide thermodynamique est maintenu de préférence dans un état supercritique.

[0021] De préférence, le premier profilé 2 et/ou le deuxième profilé 8 est dans un matériau à haute conductivité thermique, de préférence compris entre 100 Watts par mètre-Kelvin et 400 Watts par mètre-Kelvin, par exemple un alliage d'aluminium ou de cuivre.

[0022] Avantageusement, cette propriété du premier profilé 2 et/ou du deuxième profilé 8 contribue à l'efficacité des transferts de chaleur entre le fluide caloporteur et le fluide thermodynamique.

[0023] Préférentiellement, le troisième profilé 15 est de préférence en matériau amagnétique et le déplaceur 25 et le piston 26 sont couplés magnétiquement l'un à l'autre au travers du troisième profilé 15 par des moyens de liaison magnétique 27.

[0024] Avantageusement, cette configuration permet un contrôle du déplaceur 25 par l'extérieur de la chambre 24 par l'intermédiaire d'un couplage magnétique entre le piston 26 et le déplaceur 25. Ce couplage magnétique permet de transmettre des efforts axiaux au déplaceur 25 sans contact mécanique et donc sans frottement. On évite ainsi d'entraîner des pertes et des usures rédhibitoires par frottement. Cet agencement contribue ainsi à limiter les pertes.

[0025] On entend par amagnétique un matériau qui ne présente pas de propriétés magnétiques ou dont la perméabilité magnétique est faible c'est à dire par exemple proche de 1 et de manière générale inférieure à 50.

[0026] Par exemple, le troisième profilé 15 est en acier

inoxydable.

[0027] Par exemple, le piston 26 comprend un ou plusieurs aimants 32 permanents et le déplaceur 25 comprend un ou plusieurs aimants 33 permanents, lesdits aimants 32, 33 permanents formant lesdits moyens de liaison magnétique 27.

[0028] De préférence et comme l'illustrent les figures 1, 3 et 4, ledit premier profilé 2 s'étend longitudinalement sur une première longueur L1 selon un axe A1 et ledit deuxième profilé 8 s'étend longitudinalement selon l'axe A1 sur une deuxième longueur L2.

[0029] De préférence, ledit deuxième profilé 8 est dans le prolongement du premier profilé 2 selon la direction de l'axe A1.

[0030] Par exemple, la première longueur L1 est égale à la deuxième longueur L2, de sorte à permettre une symétrie de la cartouche selon les moyens de jonction 14 décrits ci-après, comme l'illustrent les figures 1, 3 et 4.

[0031] De préférence, ledit premier profilé 2 comprend une première extrémité 6 et une seconde extrémité de jonction 7, ledit deuxième profilé 8 comprend une première extrémité 12 et une seconde extrémité de jonction 13, et le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8 sont joints l'un à l'autre par des moyens de jonction 14 au niveau de leurs secondes extrémités de jonction 7, 13 respectives.

[0032] Avantageusement, le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8 sont distincts l'un de l'autre pour éviter les transferts thermiques, tout en étant reliés l'un à l'autre par les moyens de jonction 14. Il en résulte que le premier échangeur et le deuxième échangeur sont montés en regard sur les moyens de jonction 14.

[0033] Dans une première variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 3 et dans une deuxième variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 4, les secondes extrémités de jonction 7, 13 d'une part sont configurées pour permettre la jonction avec les moyens de jonction 14 et d'autre part comprennent au moins une ouverture débouchant sur les premiers/deuxièmes moyens de circulation 3, 9.

[0034] De préférence, les moyens de jonction 14 présentent une conductivité thermique inférieure à la conductivité thermique dudit premier profilé 2 et/ou du deuxième profilé 8.

[0035] Avantageusement, les moyens de jonction 14 permettent de séparer thermiquement le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8.

[0036] De préférence, les moyens de jonction 14 comprennent au moins un matériau isolant thermique agencé au moins pour isoler thermiquement ledit premier profilé 2 dudit deuxième profilé 8 ou inversement.

[0037] Avantageusement, cette configuration permet une meilleure isolation entre la partie dite froide et la partie dite chaude de la cartouche 1, 1'.

[0038] Par exemple et comme l'illustre la figure 15, les moyens de jonction 14 peuvent consister en une platine de jonction 39 qui peut être recouverte sur chaque face d'une couche en matériau isolant.

[0039] Préférentiellement et comme l'illustrent les figures 2, 7, 8 et 9, ledit troisième profilé 15, ledit premier profilé 2 et ledit deuxième profilé 8, le déplaceur 25 et le piston 26 sont coaxiaux selon ledit axe A1.

[0040] Avantageusement, cette configuration permet de définir une chambre 24 de forme annulaire. Le troisième profilé 15 est ainsi disposé concentriquement sur un diamètre inférieur au premier profilé 2 et au deuxième profilé 8.

[0041] De préférence, le troisième profilé 15 s'étend longitudinalement selon ledit axe A1 sur une troisième longueur L3, ladite troisième longueur L3 étant supérieure à la première longueur L1 ou à la deuxième longueur L2 et de préférence supérieure ou égale à la somme de la première longueur L1 et de la deuxième longueur L2.

[0042] Avantageusement, dans cet agencement, le troisième profilé 15 traverse la partie dite froide et la partie dite chaude de la cartouche 1, 1' sur une longueur L3 telle que définie précédemment. Il en résulte que le déplaceur 25 peut être déplacé alternativement entre la partie dite froide et la partie dite chaude en coulissant au moins sur une partie de la troisième longueur L3 du troisième profilé 15.

[0043] Par exemple, le troisième profilé 15 est un tube creux de forme cylindrique.

[0044] De préférence, le troisième profilé 15 comprend une première extrémité 18 et une seconde extrémité 19, la première extrémité 6 du premier profilé 2 et la première extrémité 18 du troisième profilé 15 sont jointes par des moyens de liaison, et la première extrémité 12 du deuxième profilé 8 et la seconde extrémité 19 du troisième profilé 15 sont jointes par des moyens de liaison.

[0045] Dans la première variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 3 et dans la deuxième variante de réalisation de l'invention illustrée à la figure 4, la première extrémité 6 du premier profilé 2 et la première extrémité 18 du troisième profilé 15 sont fixées l'une à l'autre par exemple, par sertissage, brasage, jointage ou par un ou plusieurs éléments additionnels. La première extrémité 6 du premier profilé 2 présente une forme conique, cet exemple n'est pas limitatif. De même, la première extrémité 12 du deuxième profilé 8 et la seconde extrémité 19 du troisième profilé 15 sont fixées l'une à l'autre par exemple, par sertissage, brasage, jointage ou par un ou plusieurs éléments additionnels. La première extrémité 12 du deuxième profilé 8 présente une forme conique, cet exemple n'est pas limitatif.

[0046] De préférence, la cartouche 1, 1' comprend une première pièce de renfort 28 de contraintes radiales et/ou axiales dans laquelle le premier profilé 2 est enserré et une deuxième pièce de renfort 29 de contraintes radiales et/ou axiales dans laquelle le deuxième profilé 8 est enserré.

[0047] La première pièce de renfort 28 et la deuxième pièce de renfort 29 permettent de reprendre les efforts de pression radiale et/ou axiale ce qui permet de minimiser la première épaisseur E1 du premier profilé 2 et la deuxième épaisseur E2 du deuxième profilé 8 afin d'ame-

ner le fluide caloporteur au plus près du fluide thermodynamique. Ces efforts de pression sont dus à la pression du fluide thermodynamique contenu dans la chambre 24 qui sont exercés sur les premier et deuxième profilés 2, 8.

[0048] L'assemblage de la première pièce de renfort 28 au premier profilé 2 et l'assemblage de la deuxième pièce de renfort 29 au deuxième profilé 8 peut se faire par un procédé d'assemblage qui assure un jeu radial nul entre les deux pièces : pressage/frettage/collage/formage du tube par roulage ou rétreint.

[0049] La figure 2 illustre la reprise des efforts radiaux par la deuxième pièce de renfort 29 afin de minimiser la deuxième épaisseur E2 du deuxième profilé 8.

[0050] Les figures 7, 8 et 9 illustrent la reprise des efforts radiaux par la première pièce de renfort 28 afin de minimiser la première épaisseur E1 du premier profilé 2.

[0051] Comme le montrent la première variante de réalisation illustrée à la figure 3 et la deuxième variante de réalisation illustrée à la figure 4, la première pièce de renfort 28 ou la deuxième pièce de renfort 29 peut comprendre un cerclage. De préférence, la première pièce de renfort 28 et la deuxième pièce de renfort 29 présentent une forme cylindrique creuse.

[0052] Avantageusement, le premier profilé 2 et le deuxième profilé 8 sont chacun assemblés sans jeu dans le cerclage. Les efforts radiaux sont repris par le cerclage.

[0053] Le cerclage peut lui-même d'un côté être fixé à la première extrémité 6, 12 du premier/deuxième profilé 2, 8 et de l'autre côté être fixé aux moyens de jonction 14.

[0054] Comme le montre la deuxième variante de réalisation illustrée à la figure 4, la première pièce de renfort 28 ou la deuxième pièce de renfort 29 peut en plus du cerclage comprendre une bride 51 maintenue par des moyens de fixation 52 au premier/deuxième profilé 2, 8.

[0055] Les efforts axiaux sont repris par la bride ce qui est particulièrement important pour une cartouche 1, 1' dont le diamètre est compris de préférence entre 20 millimètres et 120 millimètres.

[0056] La bride 51 peut en outre former une première/deuxième paroi séparatrice 48, 49 décrite ci-après.

[0057] Dans le cas de la première variante de réalisation de la figure 3, la première pièce de renfort 28 ou la deuxième pièce de renfort 29 comprend uniquement le cerclage et les efforts axiaux sont repris par le premier/deuxième profilé 2, 8 et le troisième profilé 15.

[0058] De préférence et de manière générale, la première pièce de renfort 28 et/ou la deuxième pièce de renfort 29 et/ou le premier profilé 2 et/ou le deuxième profilé 8 et/ou le troisième profilé 15 est agencé pour reprendre des efforts axiaux.

[0059] Par exemple, la première épaisseur E1 du premier profilé 2 et/ou la deuxième épaisseur E2 du deuxième profilé 8 est comprise entre 1 millimètre et 15 millimètres, préférentiellement entre 2 millimètres et 6 millimètres.

[0060] De préférence, la paroi interne 4 du premier pro-

filé 2 et/ou la paroi interne 10 du deuxième profilé 8 présente une surface crénelée (figures 7, 8 et 9) et/ou une surface lisse (figure 2).

[0061] Comme l'illustre la figure 2, la surface lisse de contact entre le deuxième profilé 8 et le fluide thermodynamique est au plus simple avec une géométrie tubulaire.

[0062] Avantageusement, lorsque la paroi interne 4 et/ou la paroi interne 10 présente une surface crénelée (figure 7, 8 et 9) alors la surface est augmentée comparativement à une surface lisse (figure 2) et les échanges de chaleur se trouvent améliorés. Ainsi à l'interface entre le premier profilé 2 et/ou le deuxième profilé 8 et le fluide thermodynamique, la surface d'échange est étendue.

[0063] De préférence, ledit premier profilé 2 présente une première épaisseur E1 entre la paroi interne 4 et la paroi externe 5 et le premier profilé 2 comprend dans sa première épaisseur E1 au moins un canal 30 et/ou au moins une rainure 31 formant lesdits premiers moyens de circulation 3, ledit au moins un canal 30 et/ou au moins une rainure 31 s'étendant selon une direction longitudinale parallèle à l'axe A1 et sur une longueur L4.

[0064] Avantageusement, ledit au moins un canal 30 et/ou ladite au moins une rainure 31 permet la circulation du fluide caloporteur dans le premier échangeur. Le canal 30 présente une surface d'échange conséquente entre le fluide caloporteur et le premier profilé 2. Cette configuration contribue à maximiser les transferts thermiques.

[0065] De préférence, ledit deuxième profilé 8 présente une deuxième épaisseur E2 entre la paroi interne 10 et la paroi externe 11 et le deuxième profilé 8 comprend dans sa deuxième épaisseur E2 au moins un canal 30 et/ou au moins une rainure 31 formant lesdits deuxièmes moyens de circulation 9, ledit au moins un canal 30 et/ou au moins une rainure 31 s'étendant selon une direction longitudinale parallèle à l'axe A et sur une longueur L5.

[0066] Avantageusement, ledit au moins un canal 30 et/ou ladite au moins une rainure 31 permet la circulation du fluide caloporteur dans le deuxième échangeur. Le canal 30 présente une surface d'échange conséquente entre le fluide caloporteur et le deuxième profilé 8. Cette configuration contribue à maximiser les transferts thermiques.

[0067] De préférence, ledit au moins un canal 30 présente une section carrée ou rectangulaire ou trapézoïdale (figure 8) ou circulaire (figure 7).

[0068] Ladite au moins une rainure 31 peut être ouverte (figures 2 et 3).

[0069] Ledit au moins un canal 30 et/ou au moins une rainure 31 peut être rectiligne ou hélicoïdale.

[0070] De préférence selon une première possibilité, la section du déplaceur 25 est inférieure à la section de la chambre 24 de sorte à ménager respectivement un jeu J1 entre le déplaceur 25 et la paroi interne 4 du premier profilé 2 ou un jeu J2 entre le déplaceur 25 et la paroi interne 10 du deuxième profilé 8 (figures 2, 7, 8 et 9).

[0071] Ce jeu J1, J2 permet avantageusement d'assu-

rer le passage du fluide thermodynamique lors du déplacement du déplaceur 25. A chaque passage du fluide thermodynamique, une partie de la chaleur de ce dernier est transférée au déplaceur 25 pour réaliser la fonction de régénération.

[0072] De préférence, ledit jeu J1, J2 est compris entre 0,05 millimètre et 5 millimètres, préférentiellement entre 0,1 millimètre et 1 millimètre.

[0073] Selon une deuxième possibilité, la section du déplaceur 25 est égale à la section de la chambre 24 et le déplaceur 25 est au moins en partie dans un matériau poreux.

[0074] La porosité du déplaceur 25 permet avantageusement d'assurer le passage du fluide thermodynamique lors du déplacement du déplaceur 25. A chaque passage du fluide thermodynamique, une partie de la chaleur de ce dernier est transférée au déplaceur pour réaliser la fonction de régénération.

[0075] De préférence, la section de la chambre 24 est de forme annulaire et la section du déplaceur 25 est de forme annulaire (figure 2).

[0076] Ainsi la section de la chambre 24 et la section du déplaceur 25 sont identiques et on minimise ainsi les volumes morts.

[0077] De préférence, le déplaceur 25 épouse la forme de la paroi interne 4 du premier profilé 2 et/ou la paroi interne 10 du deuxième profilé 8 (figures 7 et 8).

[0078] De préférence, le piston 26 est un piston basse pression. L'environnement basse pression correspond à des pressions de préférence comprises entre 0 bar et 50 bars et préférentiellement comprises entre 0 bar et 10 bars

[0079] Selon une troisième variante de réalisation selon l'invention illustrée à la figure 10, ladite cartouche 1 est dite hybride et comprend en outre un piston hydraulique 34 disposé à l'intérieur du premier espace de remplissage 21 ou du deuxième espace de remplissage 23 de ladite chambre 24, le premier espace de remplissage 21 ou le deuxième espace de remplissage 23 étant apte et destiné à contenir au moins un fluide hydraulique et étant apte et destiné à être raccordé à une sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique E et ledit piston hydraulique 34 est monté coulissant selon la direction de l'axe A1 relativement à la paroi externe 17 dudit troisième profilé 15 et mobile à l'intérieur du premier espace de remplissage 21 ou du deuxième espace de remplissage 23 entre une première position P3 et une deuxième position P4 et configuré pour d'une part être déplacé par ledit au moins un fluide thermodynamique et pour déplacer alternativement ledit au moins un fluide hydraulique dans le premier espace de remplissage 21 ou le deuxième espace de remplissage 23.

[0080] Avantageusement, comme l'illustre la figure 10, il est possible d'associer un piston hydraulique 34 à une géométrie de cartouche 1 décrite précédemment afin de conserver une certaine symétrie par rapport à la platine de jonction 39.

[0081] La particularité de cette configuration est que

le déplaceur 25 suit alors la position du piston hydraulique 34 tout en étant maintenu en butée contre ce dernier lors des phases de refroidissement. Le piston hydraulique 34 ne se déplace que dans une des deux parties thermiques soit dans la partie dite chaude, soit dans la partie dite froide. Le piston hydraulique 34 représente l'interface physique entre le fluide thermodynamique et le fluide hydraulique et n'a pas à être complètement étanche si par exemple les fluides sont non miscibles et non solubles entre eux. Cette configuration permet de simplifier l'intégration du ou des pistons hydraulique(s) 34 lorsque le système est utilisé dans un module tel que détaillé ci-après.

[0082] Selon une quatrième variante alternative de l'invention illustrée à la figure 11, la chambre 24 de la cartouche 1 est apte et destinée à être raccordée à un piston hydraulique 34 apte et destiné à être raccordé à un circuit d'alimentation d'un fluide hydraulique E. De préférence, une sortie d'alimentation en fluide thermodynamique G raccordée à la chambre 24 de ladite au moins une cartouche 1 peut être connectée au piston hydraulique 34 qui assure la transmission de pression du fluide thermodynamique à un fluide hydraulique par exemple de l'huile ou de l'eau ou équivalent. Le piston hydraulique 34 est contenu préférentiellement dans un tube ou cylindre. Ce piston hydraulique 34 est idéalement maintenu en température en étant alimenté par la première/deuxième source de chaleur par exemple via le premier/deuxième circuit d'alimentation A, B / C, D. Avantagusement, le fluide thermodynamique sortant de la cartouche 1 continue à être refroidi ou chauffé, suivant que le piston hydraulique 34 est alimenté avec une première/deuxième source de chaleur. Avantagusement, le fluide de travail pour le système de récupération d'énergie peut être différent du fluide thermodynamique évitant l'emploi d'une turbine fonctionnant avec un fluide thermodynamique en phase supercritique. De même une ou plusieurs cartouche(s) 1 peut(vent) être connectée(s) à un ou plusieurs piston(s) hydraulique(s) 34. Le ou les pistons hydrauliques 34 peut(vent) être à l'extérieur du module décrit ci-après ou à l'intérieur du module décrit ci-après afin de centraliser l'alimentation en chaleur.

[0083] L'invention concerne également un module pour le déplacement d'un fluide thermodynamique alternativement entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique caractérisé en ce qu'il comprend au moins une cartouche 1, 1' ou une pluralité de cartouches 1, 1' selon l'invention et décrit précédemment, et en ce qu'il comprend :

un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B raccordé auxdits premiers moyens de circulation 3 de ladite au moins une cartouche 1, 1' par au moins un premier orifice d'alimentation 35 et au moins un deuxième orifice d'alimentation 36 des premiers moyens de circulation 3,

un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D raccordé auxdits deuxièmes moyens de circulation 9 de ladite au moins une cartouche 1 par au moins un troisième orifice d'alimentation 37 et au moins un quatrième orifice d'alimentation 38 des deuxièmes moyens de circulation 9,

une platine de jonction 39 comprenant au moins lesdits moyens de jonction 14 de la cartouche 1,

un circuit d'alimentation en fluide de travail H, J, raccordé audit troisième profilé 15 de ladite au moins une cartouche 1 par au moins un cinquième orifice d'alimentation 40 que comprend le troisième profilé 15 et au moins un sixième orifice d'alimentation 41 que comprend le troisième profilé 15, agencé pour piloter le déplacement du piston 26,

une sortie d'alimentation en fluide thermodynamique G raccordée à la chambre 24 de ladite au moins une cartouche 1 ou une sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique E raccordée au premier espace de remplissage 21 ou au deuxième espace de remplissage 23 de ladite chambre 24.

[0084] Avantagusement, le module peut comprendre une ou plusieurs cartouches 1, 1' en fonction de la puissance de la machine thermique souhaitée. La taille du module peut être adaptée au nombre de cartouches 1, 1' à intégrer pour une puissance ciblée de la machine thermique.

[0085] Dans l'exemple illustré à la figure 12, le module comprend une seule cartouche 1.

[0086] Dans l'exemple illustré aux figures 18 et 19, le module comprend six cartouches 1.

[0087] De préférence, le module comprend au moins une cartouche 1' décrite précédemment, dite hybride comprenant un piston hydraulique 34 disposé à l'intérieur du premier espace de remplissage 21 ou du deuxième espace de remplissage 23 de ladite chambre 24.

[0088] Dans l'exemple illustré à la figure 13, le module comprend une seule cartouche dite hybride 1'. Par rapport au module de la figure 12 sans piston hydraulique, la surface d'échange n'est en revanche plus symétrique entre la partie chaude et la partie froide.

[0089] Dans l'exemple illustré à la figure 14, le module comprend une cartouche 1 et une cartouche 1' dite hybride. Par rapport au module de la figure 12 sans piston hydraulique, la surface d'échange n'est en revanche plus symétrique entre la partie chaude et la partie froide. Cette absence de symétrie peut être compensée en partie dans le module à cartouches 1, 1' multiples en utilisant un ratio d'une cartouche dite hybride 1' combinée à plusieurs cartouches 1 sans piston hydraulique 34 basiques. Le piston hydraulique 34 de la cartouche dite hybride 1' reprenant alors la détente de plusieurs cartouches 1 sans piston hydraulique 34.

[0090] Par exemple et comme le montrent les figures

16 et 17, le module intègre six cartouches 1, 1' avec un ratio de deux cartouches 1 sans piston hydraulique 34 pour une cartouche 1' dite hybride.

[0091] De préférence, le module comprend deux enceintes isolantes séparées par la platine de jonction 39 et recevant au moins en partie ladite au moins une cartouche 1, 1' ou une pluralité de cartouches 1, 1'.

[0092] Les deux enceintes isolantes peuvent être délimitées par un ou plusieurs carters.

[0093] Avantageusement, chaque enceinte isolante est directement alimentée par la première ou la deuxième source de chaleur ce qui permet d'alimenter de manière centralisée ladite au moins une cartouche 1, 1' ou une pluralité de cartouches 1, 1' en fluide caloporteur au lieu de devoir alimenter chaque cartouche 1, 1' individuellement.

[0094] La taille des deux enceintes isolantes peut être adaptée au nombre de cartouches 1, 1' à intégrer pour une puissance ciblée de la machine thermique.

[0095] De préférence, le circuit d'alimentation en fluide de travail H, J est formé dudit premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B et dudit deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D.

[0096] Dans ce cas, la source d'alimentation en fluide de travail H, J au niveau du cinquième orifice d'alimentation 40 est identique à celle du premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B, de même que la source d'alimentation en fluide de travail au niveau du sixième orifice d'alimentation 41 est identique à celle du deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D. Il en résulte que la différence de pression relative entre le premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B et le deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D permet d'actionner le piston 26.

[0097] De préférence et de manière alternative, le circuit d'alimentation en fluide de travail H, J est distinct dudit premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B et dudit deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D (figures 18 et 19).

[0098] De préférence, la platine de jonction 39 présente une conductivité thermique inférieure à la conductivité thermique dudit premier profilé 2 et/ou du deuxième profilé 8.

[0099] Avantageusement, la platine de jonction 39 a une fonction de séparation thermique.

[0100] De préférence, la platine de jonction 39 est en métal de type acier.

[0101] De préférence, la première pièce de renfort 28 et la deuxième pièce de renfort 29 sont fixées respectivement à la platine de jonction 39.

[0102] De préférence et comme l'illustrent les figures 12, 13 et 14, le module comprend une première enceinte 43 isolante qui comprend au moins un premier compartiment 44 dans lequel débouche ledit au moins un premier orifice d'alimentation 35 des premiers moyens de circulation 3 et au moins un deuxième compartiment 45 dans lequel débouche ledit au moins deuxième orifice d'alimentation 36 des premiers moyens de circulation 3

[0103] De préférence additionnellement ou alternativement et comme l'illustrent les figures 12, 13 et 14, le module comprend une deuxième enceinte 43' isolante qui comprend au moins un troisième compartiment 46 dans lequel débouche ledit au moins un troisième orifice d'alimentation 37 des deuxièmes moyens de circulation 9 et au moins un quatrième compartiment 47 dans lequel débouche ledit au moins un quatrième orifice d'alimentation 38 des deuxièmes moyens de circulation 9.

[0104] De préférence, la deuxième pièce de renfort 29 comprend ledit troisième orifice d'alimentation 37 et ledit quatrième orifice d'alimentation 38 des deuxièmes moyens de circulation 9.

[0105] Il en résulte que la première enceinte 43 isolante comprend une partie dite froide de la cartouche 1, 1' et est prévue pour recevoir le fluide caloporteur provenant de la première source de chaleur pour alimenter le premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B. Il en résulte que la deuxième enceinte 43' isolante comprend une partie dite chaude de la cartouche 1, 1' et est prévue pour recevoir le fluide caloporteur provenant de la deuxième source de chaleur pour alimenter le deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D.

[0106] De préférence, la platine de jonction 39 sépare la première enceinte 43 de la deuxième enceinte 43'.

[0107] De préférence, la première pièce de renfort 28 comprend ledit premier orifice d'alimentation 35 et ledit deuxième orifice d'alimentation 36 des premiers moyens de circulation 3.

[0108] Cette configuration permet de baigner la première/deuxième pièce de renfort 28, 29 et le premier/deuxième profilé 2, 8 dans le fluide caloporteur.

[0109] Le premier compartiment 44 et le deuxième compartiment 45 sont, de préférence, délimités par au moins une première paroi séparatrice 48.

[0110] Le troisième compartiment 46 et le quatrième compartiment 47 sont de préférence, délimités par au moins une deuxième paroi séparatrice 49.

[0111] La première paroi séparatrice 48 et/ou la deuxième paroi séparatrice 49 ont un rôle d'obturateurs hydrauliques et ne supportent préférentiellement pas de contraintes mécaniques élevées.

[0112] La première paroi séparatrice 48 et/ou la deuxième paroi séparatrice 49 sont préférentiellement en matériaux plastique ou élastomère, ces exemples ne sont pas limitatifs.

[0113] Le premier orifice d'alimentation 35 et le deuxième orifice d'alimentation 36 sont disposés de part et d'autre de la première paroi séparatrice 48, ce qui assure que l'écoulement du fluide caloporteur entre A et B se fasse à l'intérieur de la première pièce de renfort 28 entre celle-ci et le premier profilé 2, et non à l'extérieur de la première pièce de renfort 28.

[0114] Le troisième orifice d'alimentation 37 et le quatrième orifice d'alimentation 38 sont disposés de part et d'autre de la première paroi séparatrice 48, ce qui assure que l'écoulement du fluide caloporteur entre C et D se

fasse à l'intérieur de la deuxième pièce de renfort 29 entre celle-ci et le deuxième profilé 8, et non à l'extérieur de la deuxième pièce de renfort 29.

[0115] De préférence, ledit au moins un cinquième orifice d'alimentation 40 du circuit d'alimentation en fluide de travail H, J débouche dans le premier compartiment 44 et ledit au moins un sixième orifice d'alimentation 41 du circuit d'alimentation en fluide de travail H, J débouche dans le troisième compartiment 46.

[0116] Dans ce cas, la source d'alimentation en fluide de travail H, J au niveau du cinquième orifice d'alimentation 40 est identique à celle du premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur A, B, de même que la source d'alimentation en fluide de travail au niveau du sixième orifice d'alimentation 41 est identique à celle du deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur C, D.

[0117] Comme l'illustre la figure 14, le module peut comprendre au moins deux cartouches 1, 1' et les chambres 24 de chaque cartouche 1 sont reliées entre elles par au moins une conduite d'interconnexion 50, préférentiellement disposée dans ladite au moins une platine de jonction 39 et la sortie d'alimentation en fluide thermodynamique G du module ou la sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique E du module est de préférence disposée dans ladite platine de jonction 39.

[0118] Avantageusement, ladite au moins une conduite d'interconnexion 50 permet une interconnexion de chaque chambre 24 de chaque cartouche 1, 1'.

[0119] L'invention concerne également une machine thermique apte et destinée à réaliser au moins une conversion d'énergie thermique en énergie mécanique comprenant au moins un fluide thermodynamique de préférence à l'état supercritique et apte et destinée à mettre en oeuvre un cycle thermodynamique comprenant au moins une phase de chauffage isochore, optionnellement une phase de chauffage isobare, une phase de détente et une phase de refroidissement isobare, la machine thermique comprenant au moins un module selon l'invention décrit précédemment.

[0120] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention comme défini par les revendications.

Revendications

1. Cartouche (1, 1') pour le déplacement d'un fluide thermodynamique entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique **caractérisée en ce qu'elle** comprend au moins :

- un premier échangeur, formant une partie dite

froide, comprenant un premier profilé (2) creux comprenant des premiers moyens de circulation (3) d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur (A, B) relié à une première source de chaleur, ledit premier profilé (2) comprenant une paroi interne (4) et une paroi externe (5),

- un deuxième échangeur, formant une partie dite chaude, comprenant un deuxième profilé (8) creux comprenant des deuxièmes moyens de circulation (9) d'au moins un fluide caloporteur aptes et destinés à être raccordés à un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur (C, D) relié à une deuxième source de chaleur, ledit deuxième profilé (8) comprenant une paroi interne (10) et une paroi externe (11),

- un troisième profilé (15) creux apte et destiné à être raccordé à au moins un circuit d'alimentation en au moins un fluide de travail (J, H), ledit troisième profilé (15) étant disposé à l'intérieur du premier profilé (2) et du deuxième profilé (8), ledit troisième profilé (15) comprenant une paroi interne (16) et une paroi externe (17), au moins une partie de la paroi interne (4) du premier profilé (2) et une première partie (20) de la paroi externe (17) du troisième profilé (15) étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un premier espace de remplissage (21), au moins une partie de la paroi interne (10) du deuxième profilé (8) et une deuxième partie (22) de la paroi externe (17) du troisième profilé (15) étant espacées et situées en regard l'une de l'autre de sorte à former un deuxième espace de remplissage (23),

- au moins une chambre (24) apte et destinée à contenir au moins un fluide thermodynamique préférentiellement à haute pression et à l'état supercritique, ladite chambre (24) comprenant au moins le premier espace de remplissage (21) et le deuxième espace de remplissage (23) lesquels sont communicants,

- au moins un déplaceur (25) disposé à l'intérieur de ladite chambre (24) et monté coulissant relativement à la paroi externe (17) dudit troisième profilé (15) et mobile entre une première position (P1) et une deuxième position (P2), et configuré pour déplacer alternativement ledit au moins un fluide thermodynamique entre le premier espace de remplissage (21) et le deuxième espace de remplissage (23),

- un piston (26) disposé à l'intérieur dudit troisième profilé (15) et monté coulissant relativement à la paroi interne (16) dudit troisième profilé (15) et mobile entre la première position (P1) et la deuxième position (P2), le piston (26) étant apte et destiné à être déplacé par ledit au moins un fluide de travail (J, H) entre la première po-

- sition (P1) et la deuxième position (P2), le déplaceur (25) et le piston (26) étant couplés l'un à l'autre.
2. Cartouche selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** le troisième profilé (15) est de préférence en matériau amagnétique et **en ce que** le déplaceur (25) et le piston (26) sont couplés magnétiquement l'un à l'autre au travers du troisième profilé (15) par des moyens de liaison magnétique (27). 5
 3. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** ledit premier profilé (2) s'étend longitudinalement sur une première longueur L1 selon un axe A1 et **en ce que** ledit deuxième profilé (8) s'étend longitudinalement selon l'axe A1 sur une deuxième longueur L2, et ledit deuxième profilé (8) est dans le prolongement du premier profilé (2) selon la direction de l'axe A1. 10
 4. Cartouche selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le troisième profilé (15) s'étend longitudinalement selon ledit axe A1 sur une troisième longueur L3, ladite troisième longueur L3 étant supérieure à la première longueur L1 ou à la deuxième longueur L2 et de préférence supérieure ou égale à la somme de la première longueur L1 et de la deuxième longueur L2. 20
 5. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** ledit premier profilé (2) comprend une première extrémité (6) et une seconde extrémité de jonction (7), **en ce que** ledit deuxième profilé (8) comprend une première extrémité (12) et une seconde extrémité de jonction (13), et **en ce que** le premier profilé (2) et le deuxième profilé (8) sont joints l'un à l'autre par des moyens de jonction (14) au niveau de leur seconde extrémité de jonction (7, 13) respective. 25
 6. Cartouche selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** ledit troisième profilé (15) comprend une première extrémité (18) et une seconde extrémité (19), **en ce que** la première extrémité (6) du premier profilé (2) et la première extrémité (18) du troisième profilé (15) sont jointes par des moyens de liaison, et **en ce que** la première extrémité (12) du deuxième profilé (8) et la seconde extrémité (19) du troisième profilé (15) sont jointes par des moyens de liaison. 30
 7. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** ledit troisième profilé (15), ledit premier profilé (2) et ledit deuxième profilé (8), le déplaceur (25) et le piston (26) sont coaxiaux selon ledit axe A1. 35
 8. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une première pièce de renfort (28) de contraintes radiales et/ou axiales dans laquelle le premier profilé (2) est enserré et une deuxième pièce de renfort (29) radiales et/ou axiales dans laquelle le deuxième profilé (8) est enserré. 40
 9. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisée en ce que** les moyens de jonction (14) présentent une conductivité thermique inférieure à la conductivité thermique dudit premier profilé (2) et/ou du deuxième profilé (8). 45
 10. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** ladite cartouche (1') est dite hybride et comprend un piston hydraulique (34) disposé à l'intérieur du premier espace de remplissage (21) ou du deuxième espace de remplissage (23) de ladite chambre (24), le premier espace de remplissage (21) ou le deuxième espace de remplissage (23) étant apte et destiné à contenir au moins un fluide hydraulique et étant apte et destiné à être raccordé à une sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique (E) et **en ce que** ledit piston hydraulique (34) est monté coulissant selon la direction de l'axe A1 relativement à la paroi externe (17) dudit troisième profilé (15) et mobile à l'intérieur du premier espace de remplissage (21) ou du deuxième espace de remplissage (23) entre une première position (P3) et une deuxième position (P4) et configuré pour d'une part être déplacé par ledit au moins un fluide thermodynamique et pour déplacer alternativement ledit au moins un fluide hydraulique dans le premier espace de remplissage (21) ou le deuxième espace de remplissage (23). 50
 11. Cartouche selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** le premier profilé (2) et/ou le deuxième profilé (8) est dans un matériau à haute conductivité thermique, de préférence compris entre 100 Watts par mètre-Kelvin et 400 Watts par mètre-Kelvin, par exemple un alliage d'aluminium ou de cuivre. 55
 12. Module pour le déplacement d'un fluide thermodynamique alternativement entre une partie froide reliée à une première source de chaleur et une partie chaude reliée à une deuxième source de chaleur pour machine thermique à cycle thermodynamique **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins une cartouche (1, 1') ou une pluralité de cartouches (1, 1') selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, et **en ce qu'il** comprend :
 - un premier circuit d'alimentation en fluide caloporteur (A, B) raccordé auxdits premiers moyens de circulation (3) de ladite au moins une cartouche (1, 1') par au moins un premier orifice

d'alimentation (35) et au moins un deuxième orifice d'alimentation (36) des premiers moyens de circulation (3),

- un deuxième circuit d'alimentation en fluide caloporteur (C,D) raccordé auxdits deuxième moyens de circulation (9) de ladite au moins une cartouche (1) par au moins un troisième orifice d'alimentation (37) et au moins un quatrième orifice d'alimentation (38) des deuxième moyens de circulation (9),

- une platine de jonction (39) comprenant au moins lesdits moyens de jonction (14) de la cartouche (1),

- un circuit d'alimentation en fluide de travail (H, J), raccordé audit troisième profilé (15) de ladite au moins une cartouche (1) par au moins un cinquième orifice d'alimentation (40) que comprend le troisième profilé (15) et au moins un sixième orifice d'alimentation (41) que comprend le troisième profilé (15), agencé pour piloter le déplacement du piston (26),

- une sortie d'alimentation en fluide thermodynamique (G) raccordée à la chambre (24) de ladite au moins une cartouche (1) ou une sortie d'alimentation d'un fluide hydraulique (E) raccordée au premier espace de remplissage (21) ou au deuxième espace de remplissage (23) de ladite chambre (24).

13. Module selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'**une première enceinte (43) isolante comprend au moins un premier compartiment (44) dans lequel débouche ledit au moins un premier orifice d'alimentation (35) des premiers moyens de circulation (3) et au moins un deuxième compartiment (45) dans lequel débouche ledit au moins deuxième orifice d'alimentation (36) des premiers moyens de circulation (3) **et/ou en ce qu'**une deuxième enceinte (43') isolante comprend au moins un troisième compartiment (46) dans lequel débouche ledit au moins un troisième orifice d'alimentation (37) des deuxième moyens de circulation (9) et au moins un quatrième compartiment (47) dans lequel débouche ledit au moins un quatrième orifice d'alimentation (38) des deuxième moyens de circulation (9), **et en ce que** ledit au moins un cinquième orifice d'alimentation (40) du circuit d'alimentation en fluide de travail (H, J) débouche dans le premier compartiment (44) et **en ce que** ledit au moins un sixième orifice d'alimentation (41) du circuit d'alimentation en fluide de travail (H, J) débouche dans le troisième compartiment (46).

14. Module selon l'une quelconque des revendications 12 à 13, **caractérisé en ce que** la platine de jonction (39) présente une conductivité thermique inférieure à la conductivité thermique dudit premier profilé (2) et/ou du deuxième profilé (8).

15. Module selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le module comprend au moins deux cartouches (1, 1') et **en ce que** les chambres (24) de chaque cartouche (1) sont reliées entre elles par au moins une conduite d'interconnexion (50).

Patentansprüche

1. Kartusche (1, 1') für die Bewegung eines thermodynamischen Fluids zwischen einem kalten Teil, der mit einer ersten Wärmequelle verbunden ist, und einem warmen Teil, der mit einer zweiten Wärmequelle verbunden ist, für eine Wärmekraftmaschine mit thermodynamischem Zyklus, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens umfasst:

- einen ersten Austauscher, der einen sogenannten kalten Teil bildet, mit einem ersten Hohlprofil (2), das erste Zirkulationsmittel (3) für mindestens ein Wärmeträgerfluid umfasst, die geeignet und dazu bestimmt sind, an einen ersten, mit einer ersten Wärmequelle verbundenen Wärmeträgerfluid-Versorgungskreislauf (A, B) angeschlossen zu werden, wobei das erste Profil (2) eine Innenwand (4) und eine Außenwand (5) umfasst,

- einen zweiten Austauscher, der einen sogenannten heißen Teil bildet, mit einem zweiten Hohlprofil (8), das zweite Zirkulationsmittel (9) für mindestens ein Wärmeträgerfluid umfasst, die geeignet und dazu bestimmt sind, an einen zweiten Wärmeträgerfluid-Versorgungskreislauf (C, D) angeschlossen zu werden, der mit einer zweiten Wärmequelle verbunden ist, wobei das zweite Profil (8) eine Innenwand (10) und eine Außenwand (11) umfasst,

- ein hohles drittes Profil (15), das geeignet und bestimmt ist, mit mindestens einem Versorgungskreislauf für mindestens ein Arbeitsfluid (J, H) verbunden zu werden, wobei das dritte Profil (15) im Inneren des ersten Profils (2) und des zweiten Profils (8) angeordnet ist, wobei das dritte Profil (15) eine Innenwand (16) und eine Außenwand (17) umfasst, mindestens ein Teil der Innenwand (4) des ersten Profils (2) und ein erster Teil (20) der Außenwand (17) des dritten Profils (15) voneinander beabstandet und einander gegenüberliegend angeordnet sind, um einen ersten Füllraum (21) zu bilden, wobei mindestens ein Teil der Innenwand (10) des zweiten Profils (8) und ein zweiter Teil (22) der Außenwand (17) des dritten Profils (15) voneinander beabstandet und einander gegenüberliegend angeordnet sind, so dass sie einen zweiten Füllraum (23) bilden,

- mindestens eine Kammer (24), die geeignet

- und dazu bestimmt ist, mindestens ein thermodynamisches Fluid zu enthalten, das vorzugsweise unter hohem Druck und im überkritischen Zustand steht, wobei die Kammer (24) mindestens den ersten Füllraum (21) und den zweiten Füllraum (23) umfasst, die miteinander verbunden sind,
- mindestens einen Verschieber (25), der innerhalb der Kammer (24) angeordnet und relativ zur Außenwand (17) des dritten Profils (15) gleitend montiert und zwischen einer ersten Position (P1) und einer zweiten Position (P2) beweglich ist und so konfiguriert ist, dass er das mindestens eine thermodynamische Fluid abwechselnd zwischen dem ersten Füllraum (21) und dem zweiten Füllraum (23) verschiebt,
- einen Kolben (26), der im Inneren des dritten Profils (15) angeordnet und relativ zur Innenwand (16) des dritten Profils (15) gleitend montiert und zwischen der ersten Position (P1) und der zweiten Position (P2) beweglich ist, wobei der Kolben (26) geeignet und dazu bestimmt ist, durch das mindestens eine Arbeitsfluid (J, H) zwischen der ersten Position (P1) und der zweiten Position (P2) verschiebt zu werden, wobei der Verschieber (25) und der Kolben (26) miteinander gekoppelt sind.
2. Kartusche nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Profil (15) vorzugsweise aus nichtmagnetischem Material besteht und dass der Verschieber (25) und der Kolben (26) durch das dritte Profil (15) hindurch durch magnetische Verbindungsmittel (27) magnetisch miteinander gekoppelt sind.
 3. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Profil (2) sich in Längsrichtung über eine erste Länge L1 entlang einer Achse A1 erstreckt und dass das zweite Profil (8) sich in Längsrichtung entlang der Achse A1 über eine zweite Länge L2 erstreckt, und das zweite Profil (8) in der Verlängerung des ersten Profils (2) in Richtung der Achse A1 liegt.
 4. Kartusche nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das dritte Profil (15) in Längsrichtung entlang der Achse A1 über eine dritte Länge L3 erstreckt, wobei die dritte Länge L3 größer ist als die erste Länge L1 oder die zweite Länge L2 und vorzugsweise größer oder gleich der Summe aus der ersten Länge L1 und der zweiten Länge L2.
 5. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Profil (2) ein erstes Ende (6) und ein zweites Verbindungsende (7) aufweist, dass das zweite Profil (8) ein erstes Ende (12) und ein zweites Verbindungsende (13) aufweist, und dass das erste Profil (2) und das zweite Profil (8) durch Verbindungsmittel (14) an ihrem jeweiligen zweiten Verbindungsende (7, 13) miteinander verbunden sind.
 6. Kartusche nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Profil (15) ein erstes Ende (18) und ein zweites Ende (19) aufweist, dass das erste Ende (6) des ersten Profils (2) und das erste Ende (18) des dritten Profils (15) durch Verbindungsmittel verbunden sind, und dass das erste Ende (12) des zweiten Profils (8) und das zweite Ende (19) des dritten Profils (15) durch Verbindungsmittel verbunden sind.
 7. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Profil (15), das erste Profil (2) und das zweite Profil (8), der Verschieber (25) und der Kolben (26) entlang der Achse A1 coaxial sind.
 8. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein erstes radiales und/oder axiales Spannungsverstärkungsteil (28), in dem das erste Profil (2) eingespannt ist, und ein zweites radiales und/oder axiales Spannungsverstärkungsteil (29), in dem das zweite Profil (8) eingespannt ist, umfasst.
 9. Kartusche nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsmittel (14) eine Wärmeleitfähigkeit aufweisen, die geringer ist als die Wärmeleitfähigkeit des ersten Profils (2) und/oder des zweiten Profils (8).
 10. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kartusche (1') als Hybrid bezeichnet wird und einen Hydraulikkolben (34) umfasst, der innerhalb des ersten Füllraums (21) oder des zweiten Füllraums (23) der Kammer (24) angeordnet ist, wobei der erste Füllraum (21) oder der zweite Füllraum (23) geeignet und dazu bestimmt ist, mindestens ein Hydraulikfluid zu enthalten, und geeignet und dazu bestimmt ist, mit einem Versorgungsauslass für ein Hydraulikfluid (E) verbunden zu werden, und dass der Hydraulikkolben (34) in Richtung der Achse A1 relativ zur Außenwand (17) des dritten Profils (15) verschiebbar angebracht ist und innerhalb des ersten Füllraums (21) oder des zweiten Füllraums (23) zwischen einer ersten Position (P3) und einer zweiten Position (P4) beweglich und so konfiguriert ist, dass er einerseits durch das mindestens eine thermodynamische Fluid bewegt wird und andererseits das mindestens eine Hydraulikfluid in dem ersten Füllraum (21) oder dem zweiten Füllraum (23) abwechselnd verschiebt.
 11. Kartusche nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **da-**

durch gekennzeichnet, dass das erste Profil (2) und/oder das zweite Profil (8) aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, vorzugsweise zwischen 100 Watt pro Meter Kelvin und 400 Watt pro Meter Kelvin, besteht, z. B. aus einer Aluminium- oder Kupferlegierung.

12. Modul für die Bewegung eines thermodynamischen Fluids abwechselnd zwischen einem kalten Teil, der mit einer ersten Wärmequelle verbunden ist, und einem heißen Teil, der mit einer zweiten Wärmequelle verbunden ist, für eine Wärmekraftmaschine mit thermodynamischem Zyklus, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens eine Kartusche (1, 1') oder eine Vielzahl von Kartuschen (1, 1') nach einem der Ansprüche 1 bis 11 umfasst, und dass es umfasst:

- einen ersten Kreislauf zur Versorgung mit einem Wärmeträgerfluid (A, B), der mit den ersten Zirkulationsmitteln (3) der mindestens einen Kartusche (1, 1') über mindestens eine erste Versorgungsöffnung (35) und mindestens eine zweite Versorgungsöffnung (36) der ersten Zirkulationsmittel (3) verbunden ist,
- einen zweiten Kreislauf zur Versorgung mit einem Wärmeträgerfluid (C, D), der mit den zweiten Zirkulationsmitteln (9) der mindestens einen Kartusche (1) über mindestens eine dritte Versorgungsöffnung (37) und mindestens eine vierte Versorgungsöffnung (38) der zweiten Zirkulationsmittel (9) verbunden ist,
- eine Verbindungsplatte (39), die mindestens die Verbindungsmittel (14) der Kartusche (1) umfasst,
- einen Arbeitsfluid-Zuführungskreislauf (H, J), der mit dem dritten Profil (15) der mindestens einen Kartusche (1) über mindestens eine fünfte Zuführöffnung (40), die das dritte Profil (15) umfasst, und mindestens eine sechste Zuführöffnung (41), die das dritte Profil (15) umfasst, verbunden ist, der so angeordnet ist, dass er die Bewegung des Kolbens (26) steuert,
- einen mit der Kammer (24) der mindestens einen Kartusche (1) verbundenen Zufuhrauslass für ein thermodynamisches Fluid (G) oder einen mit dem ersten Füllraum (21) oder dem zweiten Füllraum (23) der Kammer (24) verbundenen Zufuhrauslass für ein Hydraulikfluid (E).

13. Modul nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste isolierende Einfassung (43) mindestens ein erstes Abteil (44), in das die mindestens eine erste Versorgungsöffnung (35) der ersten Zirkulationsmittel (3) mündet, und mindestens ein zweites Abteil (45), in das die mindestens eine zweite Versorgungsöffnung (36) der ersten Zirkulationsmittel (3) mündet, umfasst

und/oder dass ein zweites isolierendes Gehäuse (43') mindestens ein drittes Abteil (46), in das die mindestens eine dritte Versorgungsöffnung (37) der zweiten Zirkulationsmittel (9) mündet, und mindestens ein viertes Abteil (47), in das die mindestens eine vierte Versorgungsöffnung (38) der zweiten Zirkulationsmittel (9) mündet, umfasst, und dass die mindestens eine fünfte Zuführöffnung (40) des Arbeitsfluid-Zuführungskreislaufs (H, J) in das erste Abteil (44) mündet und dass die mindestens eine sechste Zuführöffnung (41) des Arbeitsfluid-Zuführungskreislaufs (H, J) in das dritte Abteil (46) mündet.

14. Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungsplatte (39) eine Wärmeleitfähigkeit aufweist, die geringer ist als die Wärmeleitfähigkeit des ersten Profils (2) und/oder des zweiten Profils (8).

15. Modul nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul mindestens zwei Kartuschen (1, 1') umfasst und dass die Kammern (24) jeder Kartusche (1) durch mindestens eine Verbindungsleitung (50) miteinander verbunden sind.

Claims

1. Cartridge (1, 1') for moving a thermodynamic fluid between a cold part connected to a first heat source and a hot part connected to a second heat source for a thermodynamic cycle thermal machine, **characterised in that** it comprises at least :

- a first exchanger, forming a so-called cold part, comprising a first hollow section (2) comprising first means (3) for circulating at least one heat transfer fluid, which means are suitable for and intended to be connected to a first heat transfer fluid supply circuit (A, B) connected to a first heat source, said first section (2) comprising an internal wall (4) and an external wall (5),
- a second exchanger, forming a so-called hot part, comprising a second hollow section (8) comprising second means (9) for circulating at least one heat transfer fluid, suitable and intended for connection to a second heat transfer fluid supply circuit (C, D) connected to a second heat source, the said second section (8) comprising an inner wall (10) and an outer wall (11),
- a third hollow section (15) adapted and intended to be connected to at least one circuit for supplying at least one working fluid (J, H), said third section (15) being disposed inside the first section (2) and the second section (8), said third section (15) comprising an inner wall (16) and an outer wall (17), at least part of the inner wall

- (4) of the first profile (2) and a first part (20) of the outer wall (17) of the third profile (15) being spaced apart and facing each other so as to form a first filling space (21), at least part of the inner wall (10) of the second profile (8) and a second part (22) of the outer wall (17) of the third profile (15) being spaced apart and facing each other so as to form a second filling space (23),
- at least one chamber (24) adapted and designed to contain at least one thermodynamic fluid preferably at high pressure and in the supercritical state, said chamber (24) comprising at least the first filling space (21) and the second filling space (23) which are in communication,
 - at least one displacer (25) disposed inside said chamber (24) and slidably mounted relative to the outer wall (17) of said third profile (15) and movable between a first position (P1) and a second position (P2), and configured to displace said at least one thermodynamic fluid alternately between the first filling space (21) and the second filling space (23),
 - a piston (26) disposed inside said third profile (15) and slidably mounted relative to the inner wall (16) of said third profile (15) and movable between the first position (P1) and the second position (P2), the piston (26) being adapted and intended to be displaced by said at least one working fluid (J, H) between the first position (P1) and the second position (P2), the displacer (25) and the piston (26) being coupled to each other.
2. Cartridge according to claim 1, **characterized in that** the third profile (15) is preferably made of non-magnetic material and **in that** the displacer (25) and the piston (26) are magnetically coupled to one another through the third profile (15) by magnetic connection means (27).
 3. Cartridge according to any one of claims 1 to 2, **characterized in that** the said first profile (2) extends longitudinally over a first length L1 along an axis A1 and **in that** the said second profile (8) extends longitudinally along the axis A1 over a second length L2, and the said second profile (8) is in the prolongation of the first profile (2) in the direction of the axis A1.
 4. Cartridge according to claim 3, **characterised in that** the third profile (15) extends longitudinally along said axis A1 over a third length L3, said third length L3 being greater than the first length L1 or the second length L2 and preferably greater than or equal to the sum of the first length L1 and the second length L2.
 5. Cartridge according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the said first profile (2) comprises a first end (6) and a second joining end (7), **in that** the said second profile (8) comprises a first end (12) and a second joining end (13), and **in that** the first profile (2) and the second profile (8) are joined to each other by joining means (14) at their respective second joining end (7, 13).
 6. Cartridge according to the preceding claim, **characterised in that** said third profile (15) comprises a first end (18) and a second end (19), **in that** the first end (6) of the first profile (2) and the first end (18) of the third profile (15) are joined by connecting means, and **in that** the first end (12) of the second profile (8) and the second end (19) of the third profile (15) are joined by connecting means.
 7. Cartridge according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** said third profile (15), said first profile (2) and said second profile (8), the displacer (25) and the piston (26) are coaxial along said axis A1.
 8. Cartridge according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** it comprises a first radial and/or axial stress-reinforcing part (28) in which the first profile (2) is clamped and a second radial and/or axial stress-reinforcing part (29) in which the second profile (8) is clamped.
 9. Cartridge according to any one of claims 5 to 8, **characterised in that** the joining means (14) have a thermal conductivity lower than the thermal conductivity of the said first profile (2) and/or of the second profile (8).
 10. Cartridge according to any one of claims 1 to 9, **characterized in that** the said cartridge (1') is called hybrid and comprises a hydraulic piston (34) arranged inside the first filling space (21) or the second filling space (23) of the said chamber (24), the first filling space (21) or the second filling space (23) being capable of and intended to contain at least one hydraulic fluid and being capable of and intended to be connected to a hydraulic fluid supply outlet (E), and **in that** the said hydraulic piston (34) is mounted so as to slide in the direction of the axis A1 relative to the outer wall (17) of the said third profile (15) and movable inside the first filling space (21) or the second filling space (23) between a first position (P3) and a second position (P4) and configured firstly to be displaced by said at least one thermodynamic fluid and secondly to displace alternately said at least one hydraulic fluid in the first filling space (21) or the second filling space (23).
 11. Cartridge according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** the first profile (2) and/or the second profile (8) is made of a material with high thermal conductivity, preferably between 100 Watts

per metre-Kelvin and 400 Watts per metre-Kelvin, for example an aluminium or copper alloy.

12. Module for moving a thermodynamic fluid alternately between a cold part connected to a first heat source and a hot part connected to a second heat source for a thermodynamic cycle thermal machine, **characterised in that** it comprises at least one cartridge (1, 1') or a plurality of cartridges (1, 1') according to any one of claims 1 to 11, and **in that** it comprises :
- a first heat transfer fluid supply circuit (A, B) connected to said first circulation means (3) of said at least one cartridge (1, 1') via at least one first supply orifice (35) and at least one second supply orifice (36) of the first circulation means (3),
 - a second heat transfer fluid supply circuit (C, D) connected to said second circulation means (9) of said at least one cartridge (1) via at least one third supply orifice (37) and at least one fourth supply orifice (38) of the second circulation means (9),
 - a connection plate (39) comprising at least the said connection means (14) for the cartridge (1),
 - a working fluid supply circuit (H, J), connected to said third section (15) of said at least one cartridge (1) by at least one fifth supply orifice (40) which the third section (15) comprises and at least one sixth supply orifice (41) which the third section (15) comprises, arranged to pilot the movement of the piston (26),
 - a thermodynamic fluid supply outlet (G) connected to the chamber (24) of said at least one cartridge (1) or a hydraulic fluid supply outlet (E) connected to the first filling space (21) or to the second filling space (23) of said chamber (24).
13. Module according to the preceding claim, **characterised in that** a first insulating enclosure (43) comprises at least one first compartment (44) into which opens said at least one first supply orifice (35) of the first circulation means (3) and at least one second compartment (45) into which opens said at least one second supply orifice (36) of the first circulation means (3) and/or **in that** a second insulating enclosure (43') comprises at least one third compartment (46) into which opens said at least one third supply orifice (37) of the second circulation means (9) and at least one fourth compartment (47) into which opens said at least one fourth supply orifice (38) of the second circulation means (9), and **in that** the said at least one fifth supply orifice (40) of the working fluid supply circuit (H, J) opens into the first compartment (44) and **in that** the said at least one sixth supply orifice (41) of the working fluid supply circuit (H, J) opens into the third compartment (46).

14. Module according to any one of claims 12 to 13, **characterised in that** the junction plate (39) has a lower thermal conductivity than the thermal conductivity of said first profile (2) and/or of the second profile (8).
15. Module according to any one of claims 12 to 14, **characterised in that** the module comprises at least two cartridges (1, 1') and **in that** the chambers (24) of each cartridge (1) are connected together by at least one interconnecting pipe (50).

[Fig. 1]

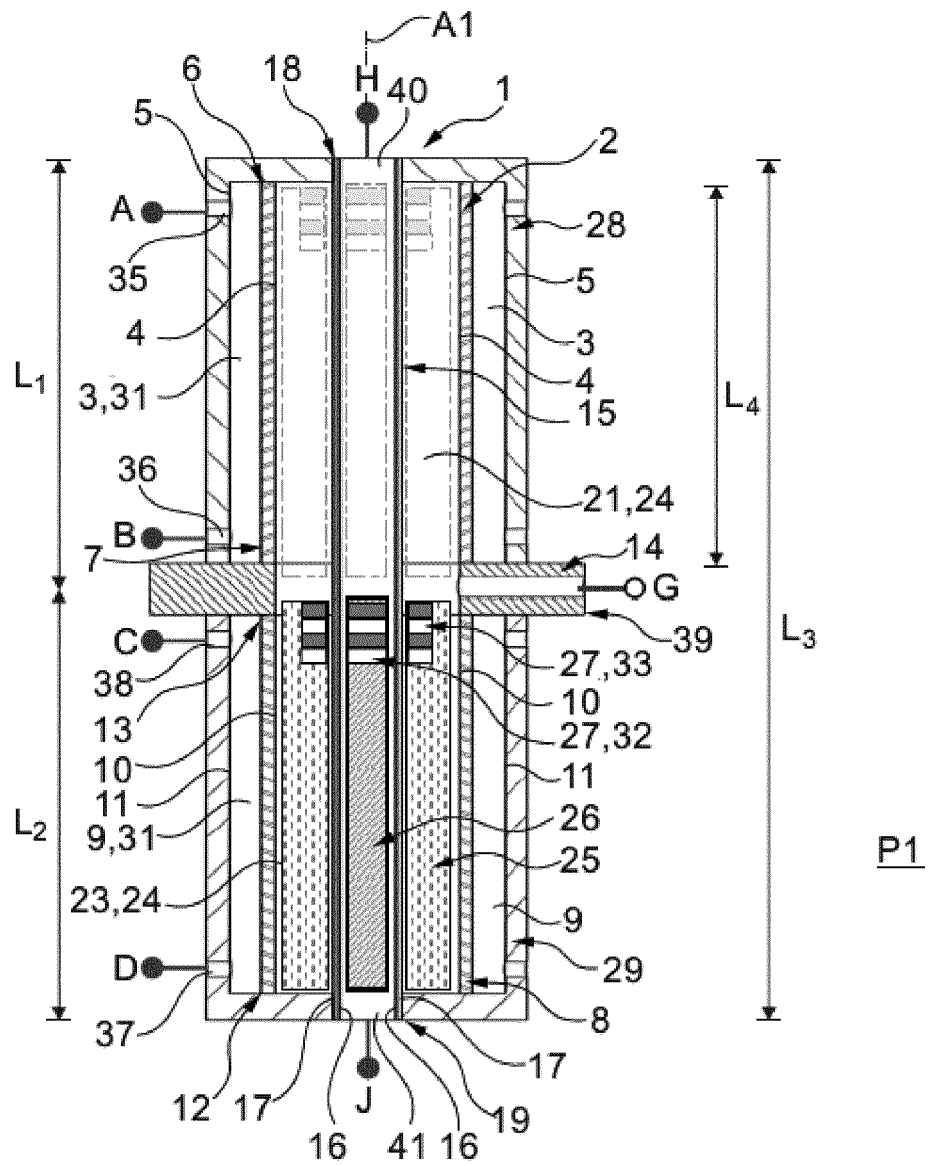


Fig. 1

[Fig. 2]

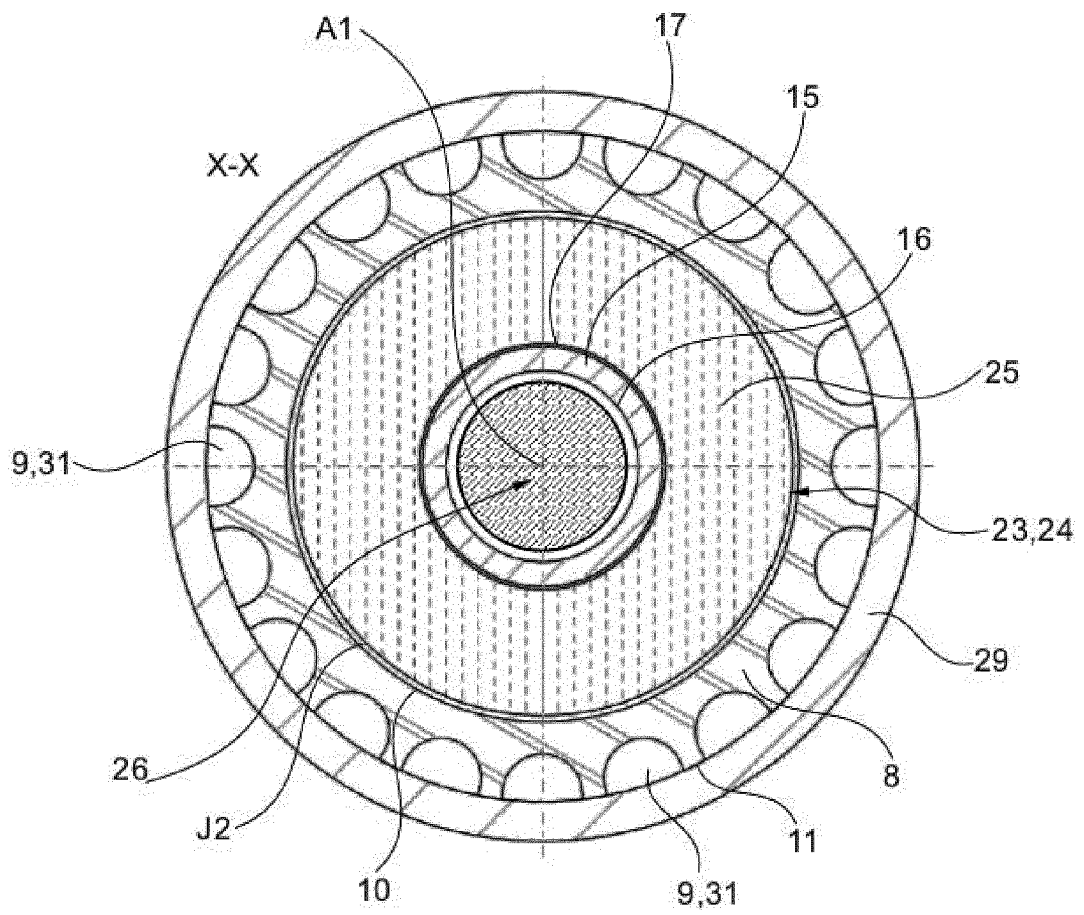


Fig. 2

[Fig. 3]

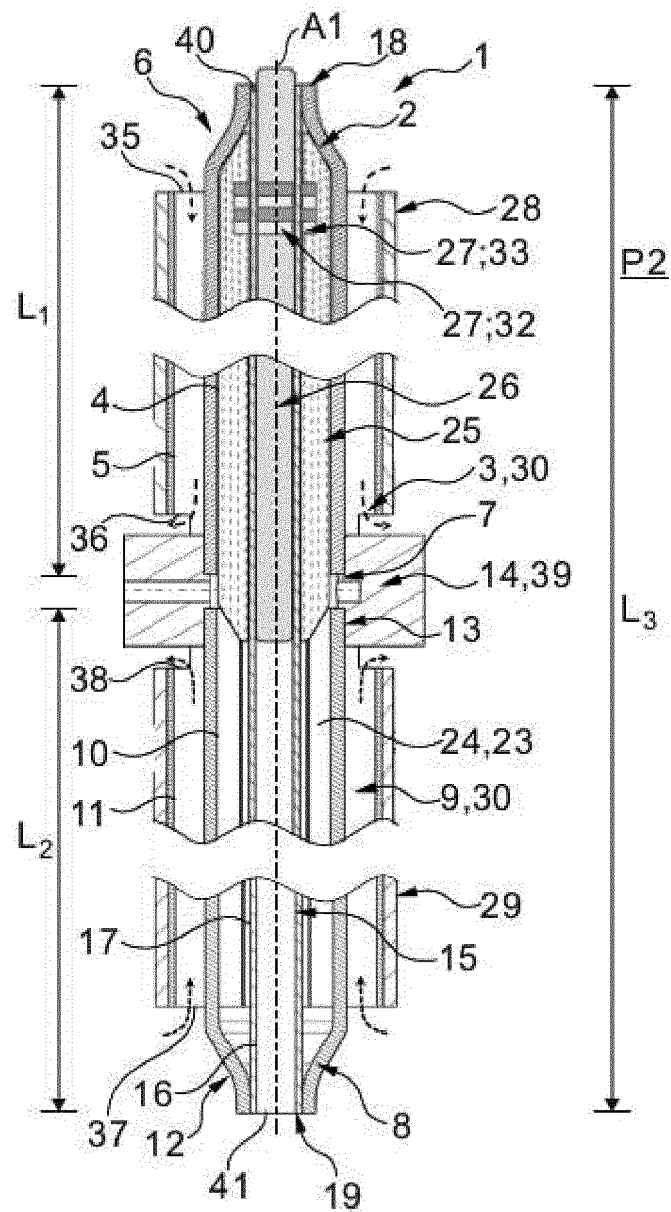


Fig. 3

[Fig. 4]

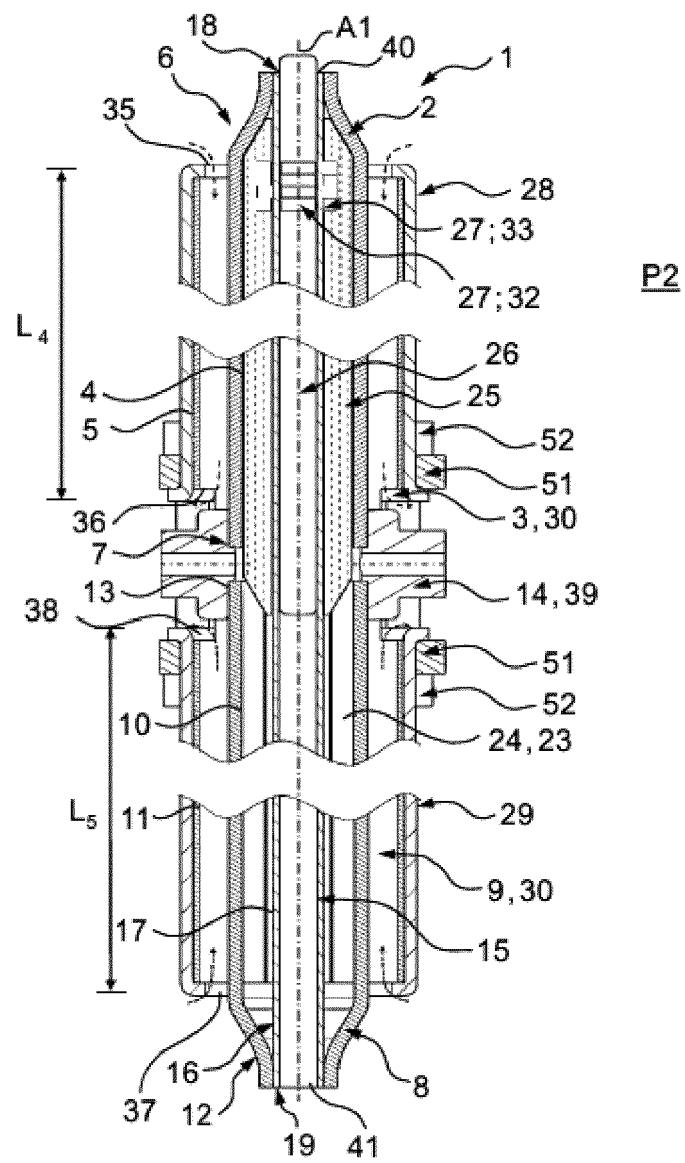


Fig. 4

[Fig. 5]

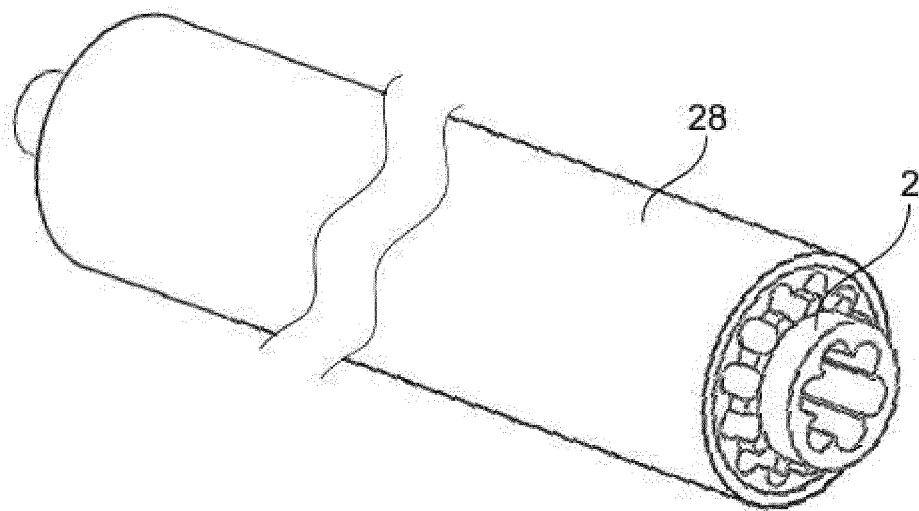


Fig. 5

[Fig. 6]

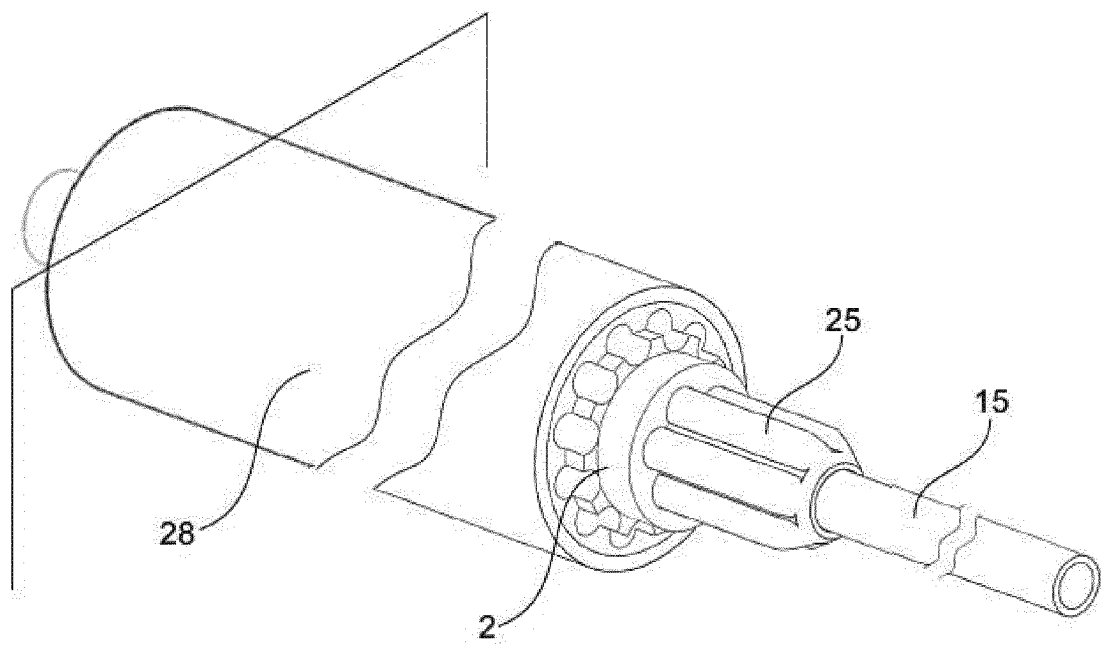


Fig. 6

[Fig. 7]

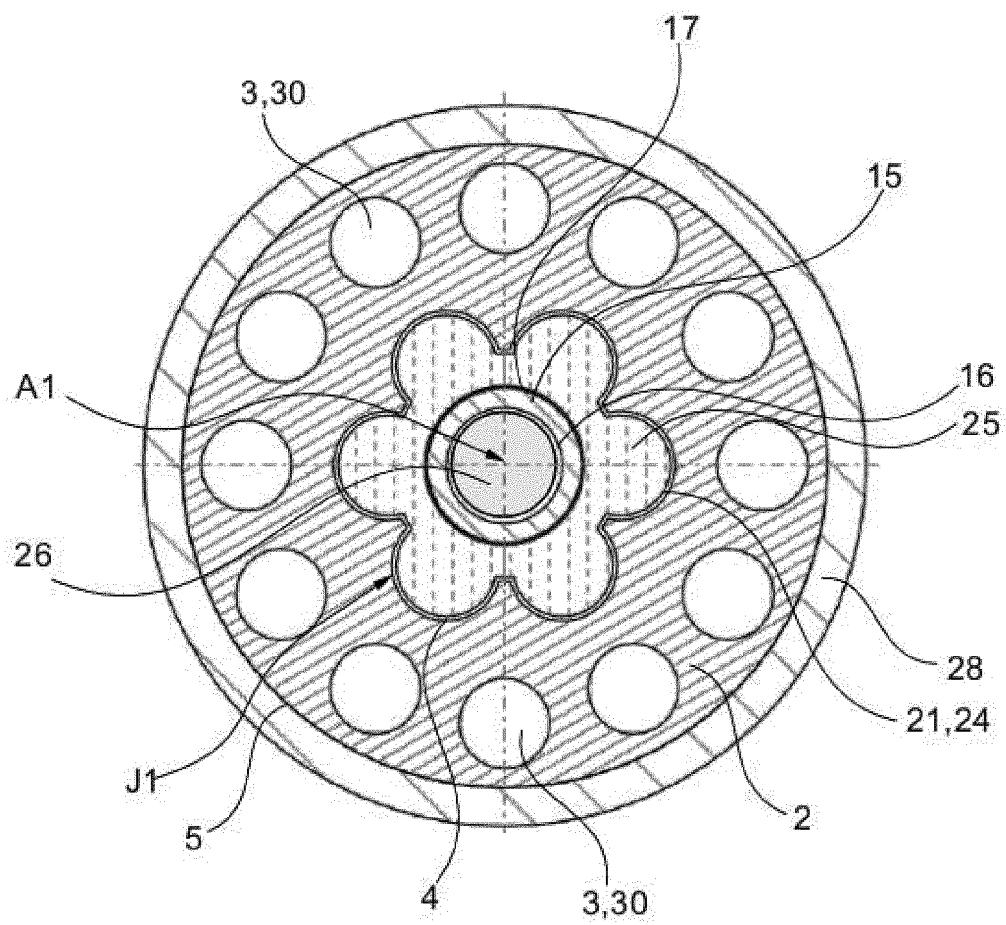


Fig. 7

[Fig. 8]

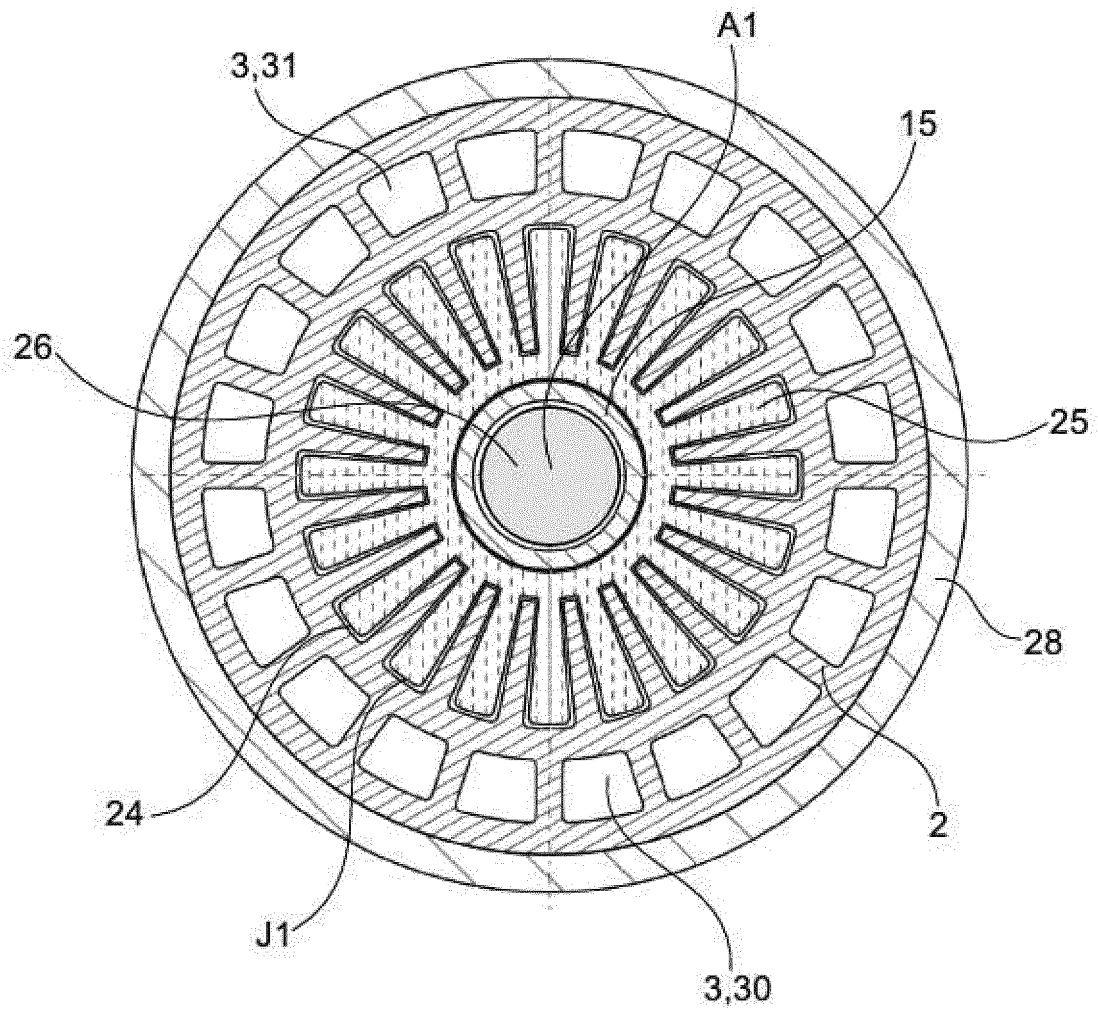


Fig. 8

[Fig. 9]

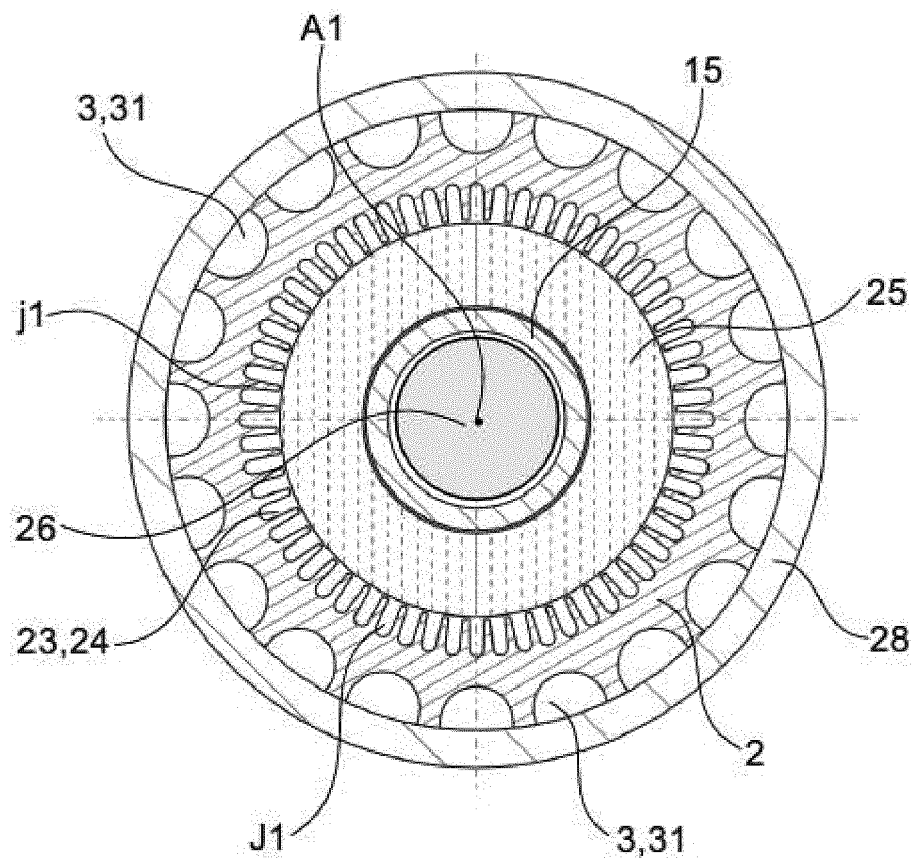


Fig. 9

[Fig. 10]

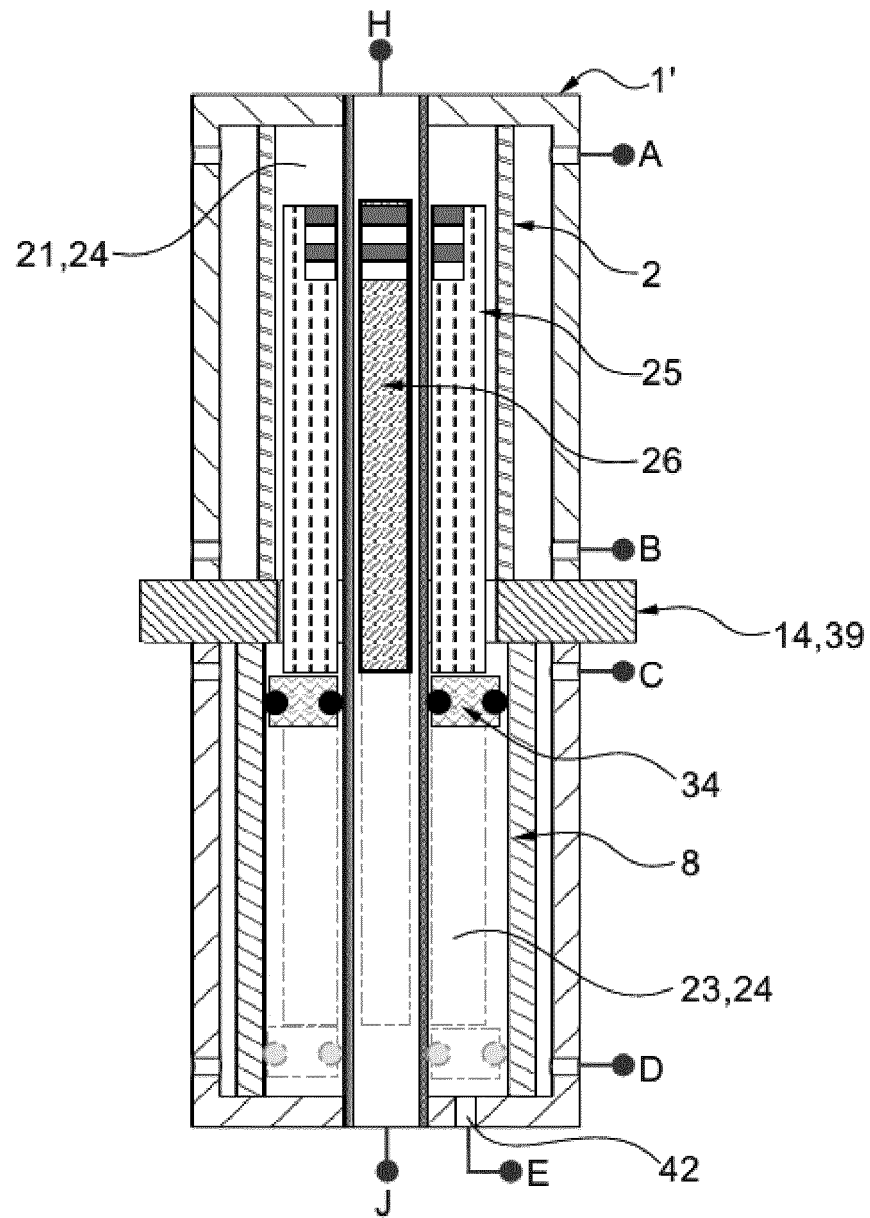


Fig. 10

[Fig. 11]

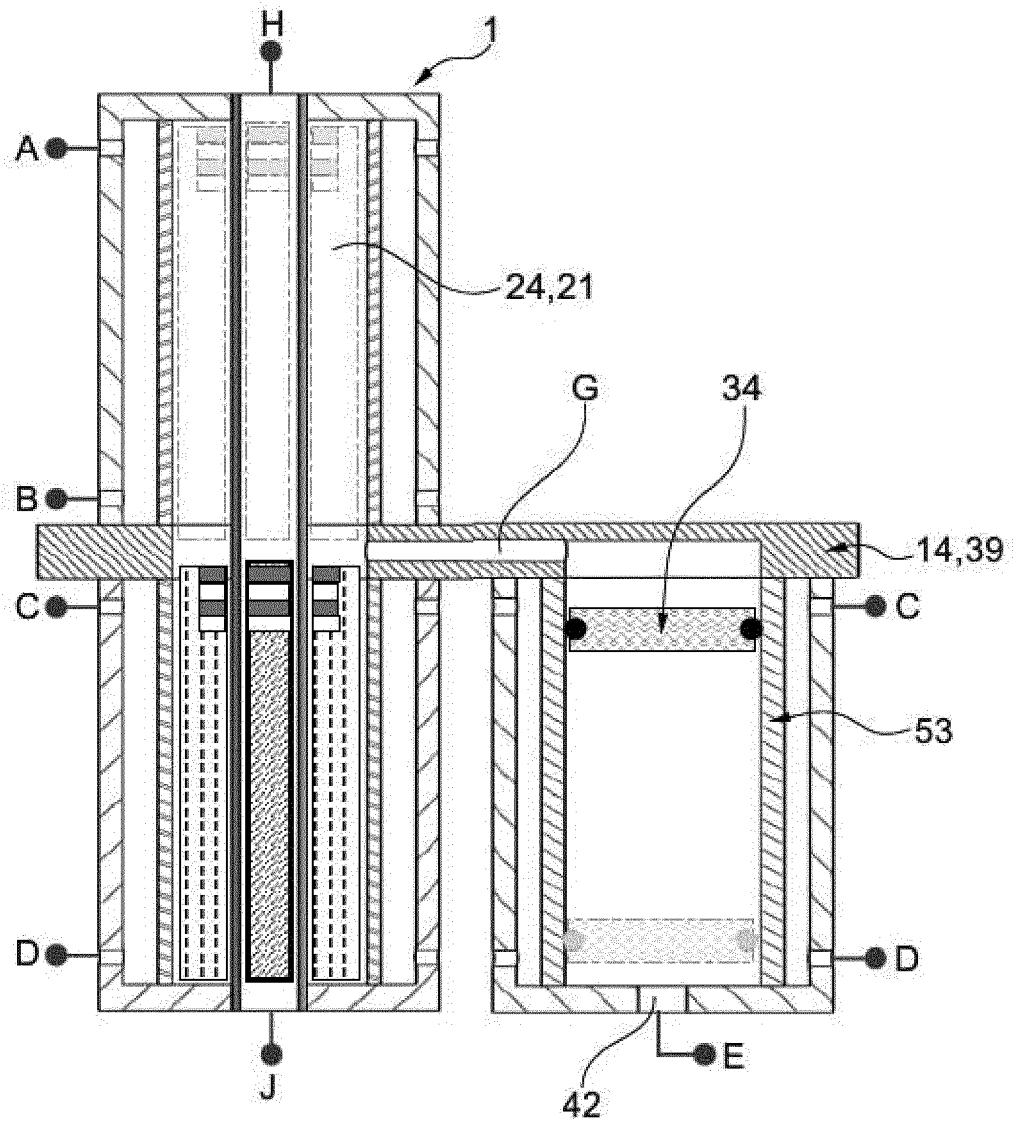


Fig. 11

[Fig. 12]

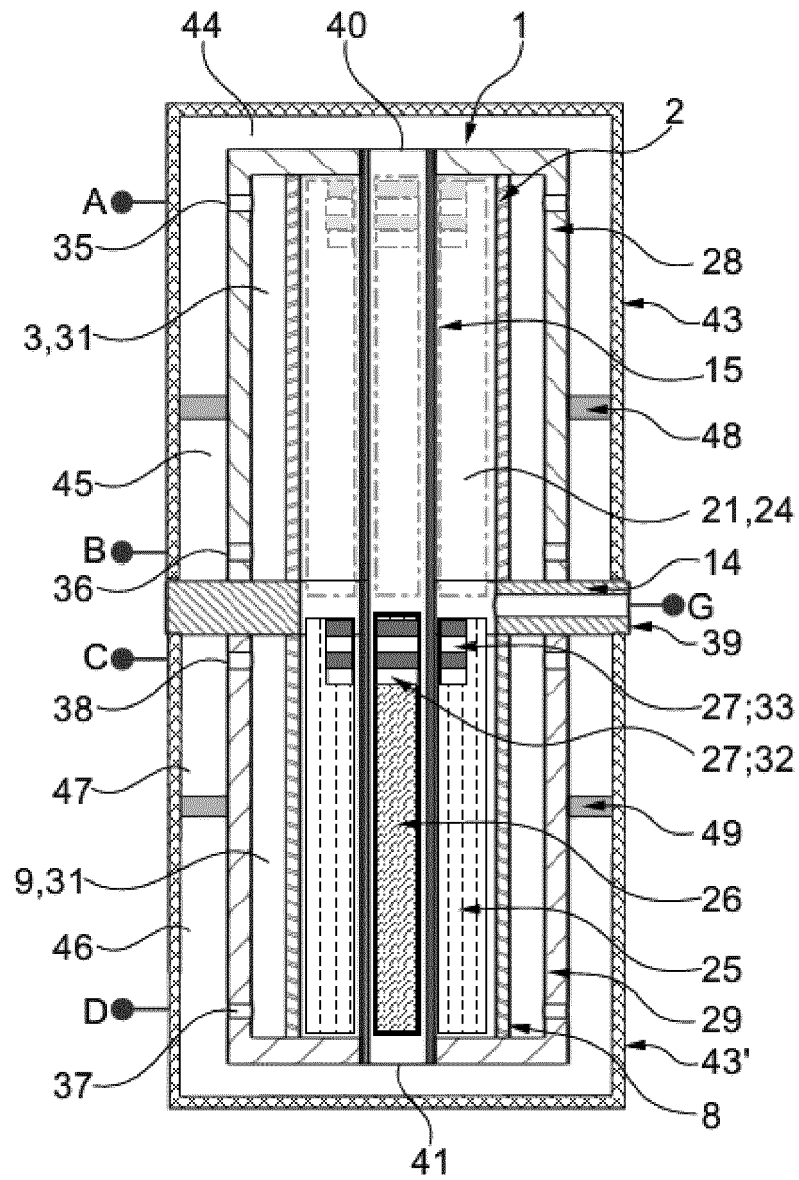


Fig. 12

[Fig. 13]

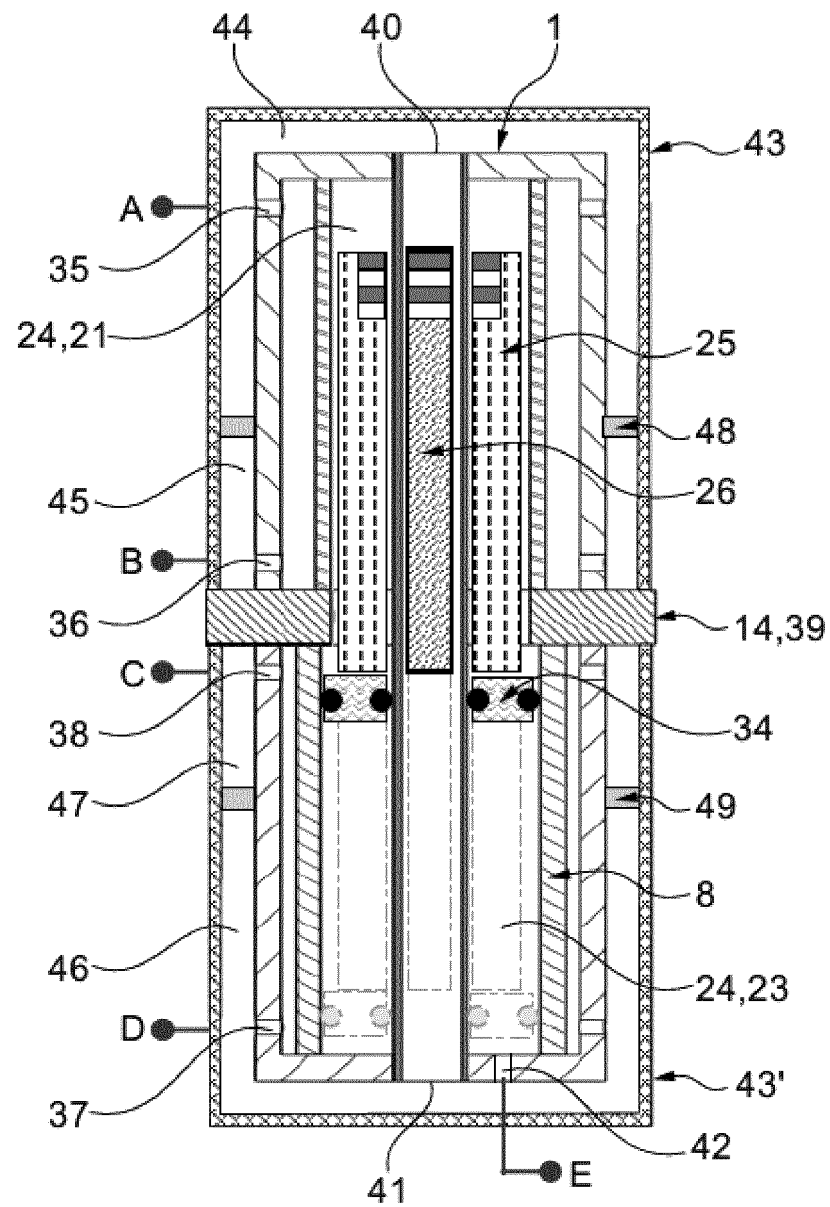


Fig. 13

[Fig. 14]

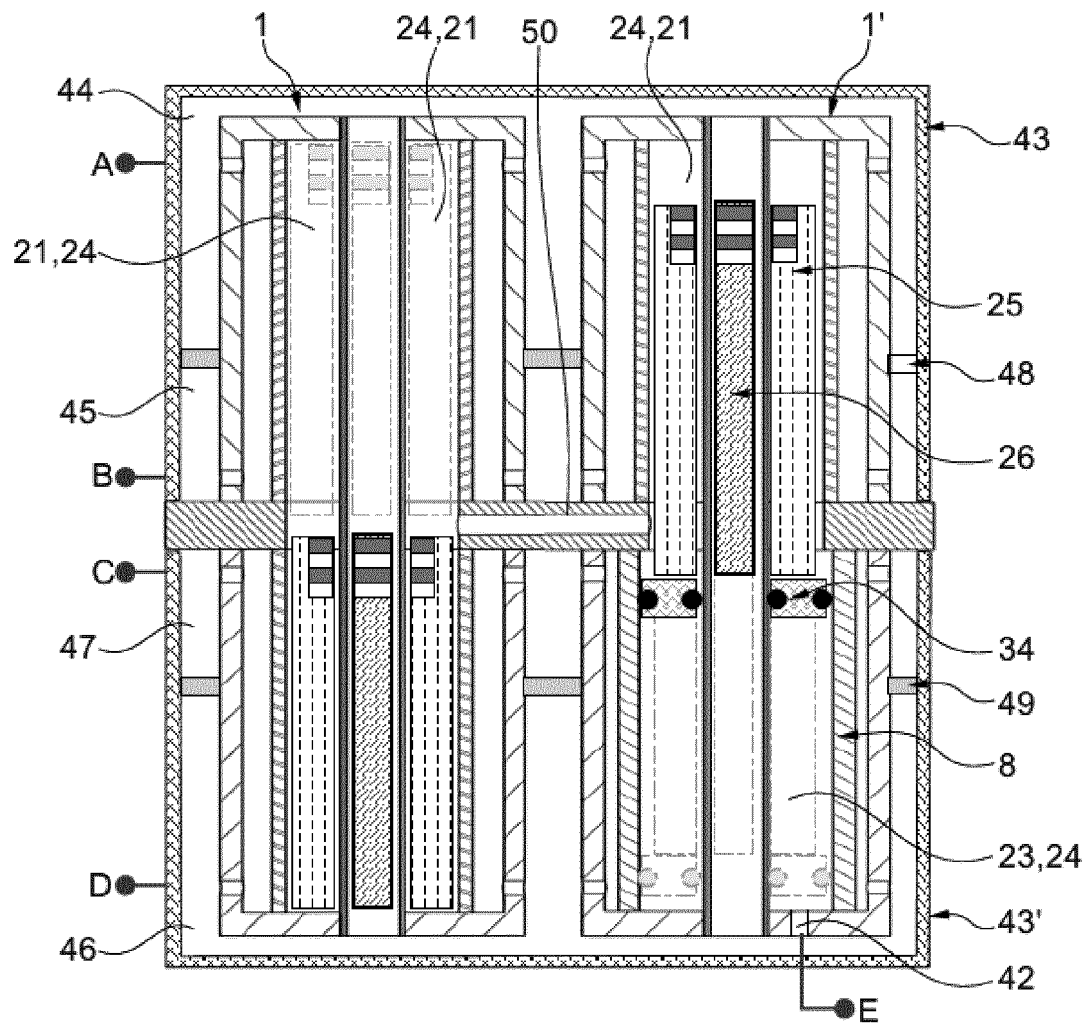


Fig. 14

[Fig. 15]

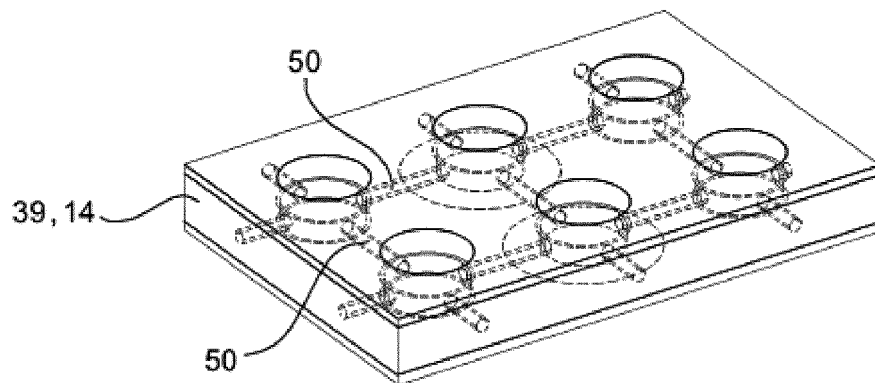


Fig. 15

[Fig. 16]

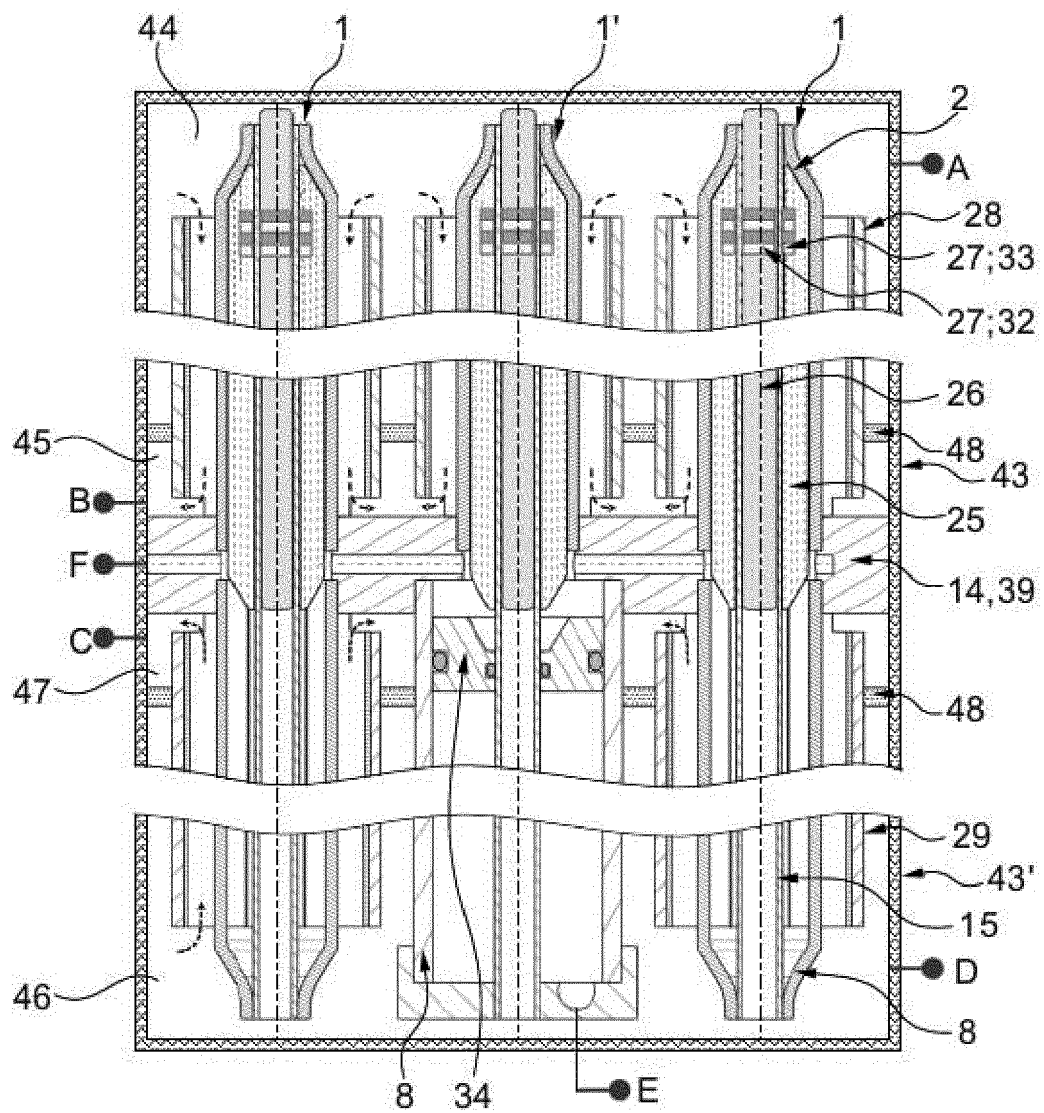


Fig. 16

[Fig. 17]

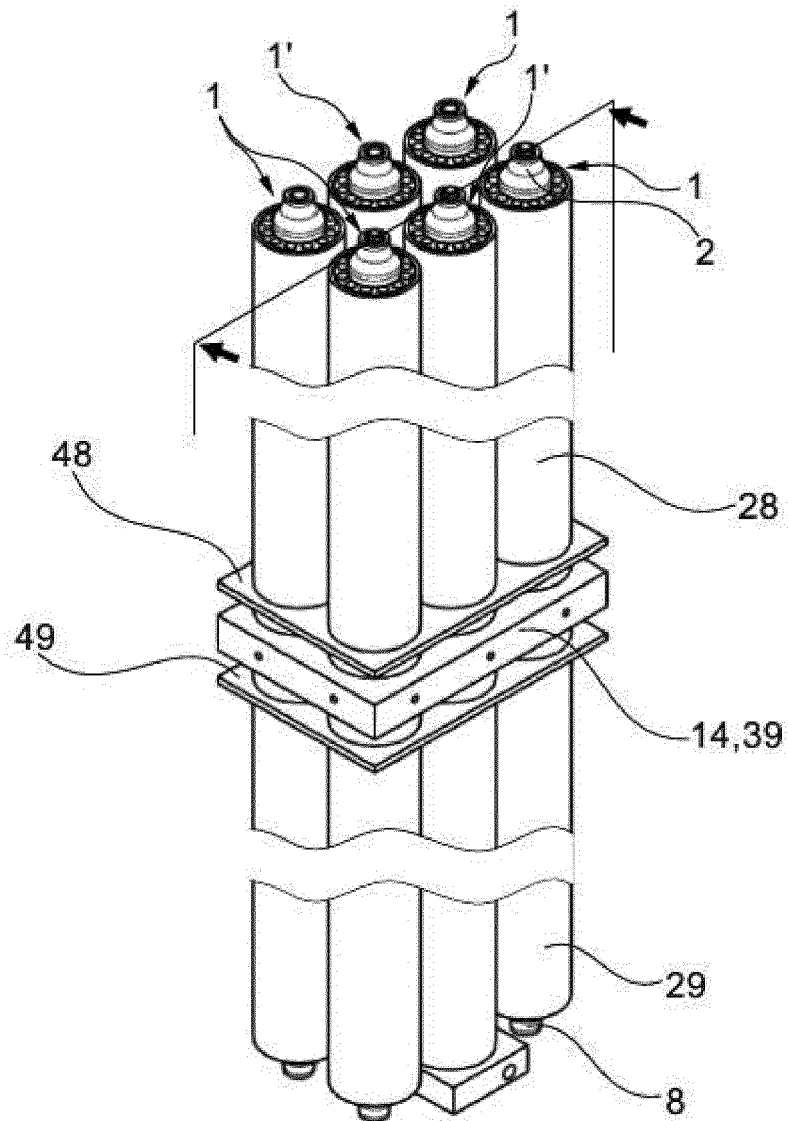


Fig. 17

[Fig. 18]

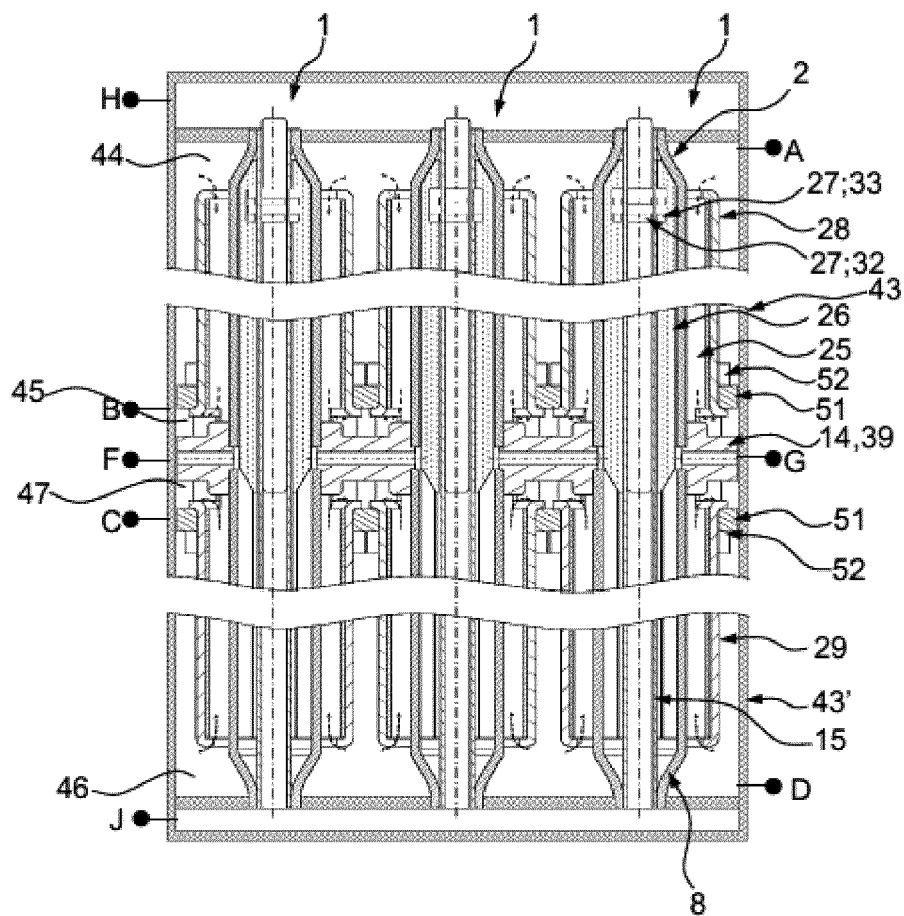


Fig. 18

[Fig. 19]

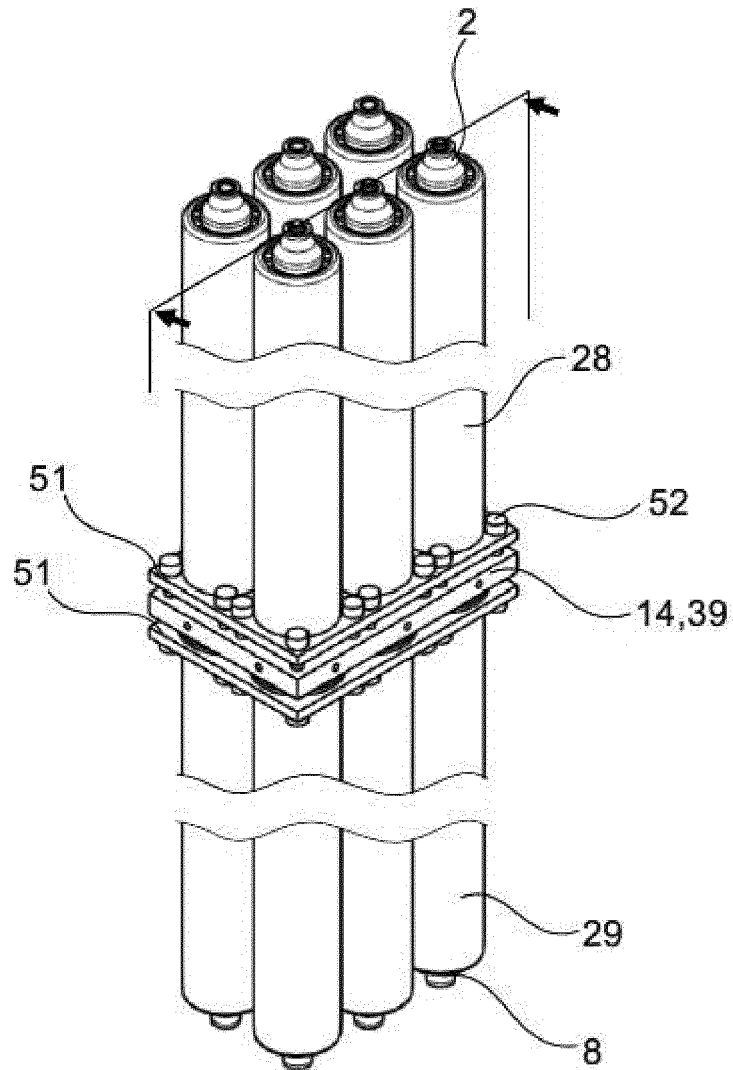


Fig. 19

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2018062627 A1 [0006]
- WO 0201052 A2 [0007]
- WO 2016165687 A1 [0008]
- WO 2005042958 A [0009]
- WO 02088536 A [0010]