(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 264 056 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
12.02.2025 Bulletin 2025/07

(21) Numéro de dépôt: **21835631.9**

(22) Date de dépôt: **03.12.2021**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F04D 9/00 *(2006.01)* ***F04D 29/40*** *(2006.01)*
F04D 29/66 *(2006.01)*

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F04D 9/007; F04D 29/406; F04D 29/669

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2021/084239

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2022/128545 (23.06.2022 Gazette 2022/25)

(54) **POMPE AUTO-AMORÇANTE**

SELBSTANSAUGENDE PUMPE

SELF-PRIMING PUMP

(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

(30) Priorité: **15.12.2020 FR 2013232**

(43) Date de publication de la demande:
25.10.2023 Bulletin 2023/43

(73) Titulaire: **IFP Energies nouvelles**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
- **PAGNIER, Philippe**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **SMAGUE, Pascal**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **TALVARD, Benoit**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **VENTURI, Stephane**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **PEURIERE, Eric**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **TERVER, Jocelyn**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)
- **SERRANO, David**
  92852 RUEIL-MALMAISON CEDEX (FR)

(74) Mandataire: **IFP Energies nouvelles**
Département Propriété Industrielle
Rond Point de l'échangeur de Solaize
BP3
69360 Solaize (FR)

(56) Documents cités:
BE-A- 488 939 **FR-E- 88 688**
JP-A- H0 278 790 **JP-U- S5 297 603**

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).

EP 4 264 056 B1

Description

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine des pompes, notamment des pompes utilisées dans les circuits de type Rankine (connu sous le nom de circuits ORC pour « Organic Rankine Cycle ») et plus particulièrement pour les circuits de Rankine dans des véhicules, lourds, légers ou utilitaires.

Technique antérieure

[0002] Pour l'application des circuits ORC aux véhicules, et compte tenu des conditions de pression et de température en amont et en aval de la pompe de circulation, le dimensionnement de cette pompe conduit à des objets de taille relativement très petite (typiquement des diamètres compris entre 5 à 100 millimètres, préférentiellement de 5 à 50 mm) compte tenu de la grande vitesse de rotation (généralement supérieure à 10 000 tours par minute) pour produire le gain de pression nécessaire au système, avec un débit nominal pouvant aller jusqu'à 0.5 kg/s et un gain de pression relativement important, compris entre 1 à 5 bar (1bar=0,1 MPa), préférentiellement de 1.5 à 3 bar. Dans ces conditions, la pompe est soumise à un risque très élevé de cavitation si la pression à l'entrée de la pompe est proche de la pression de vaporisation du fluide caloporteur, ce qui est généralement le cas pour un circuit ORC pour lequel la température à l'entrée de la pompe peut être élevée, typiquement supérieure à 30 °C.

[0003] En effet, la combinaison du triplet de valeurs (débit, vitesse de rotation, gain de pression), conjuguée à une contrainte forte d'encombrement, peut générer des survitesses locales au voisinage du bord d'attaque des aubages de la pompe, conduisant à une chute de la pression du fluide pouvant atteindre la pression de vaporisation. Il se produit alors le phénomène de cavitation (vaporisation du liquide) qui, si celle-ci est importante, génère du bruit, une érosion des aubages de la machine, une chute de performances et des instabilités hydrauliques du circuit.

[0004] De plus, l'architecture du véhicule impose souvent de placer la pompe sur une position plus élevée que celle du réservoir de fluide caloporteur du circuit ORC, ce qui génère un risque de désamorçage de la pompe lorsque le véhicule est à l'arrêt.

[0005] De par l'architecture des moteurs de véhicules légers et la volonté de positionner la machine de détente en point haut du moteur, la turbopompe est souvent placée à la même hauteur que le réservoir du circuit ORC, voire au-dessus de celui-ci. Ainsi, la charge de la pompe, ou NPSH disponible (Net Positive Suction Head) est insuffisante pour garantir un fonctionnement de la pompe sans risque de cavitation et ne permet généralement pas un bon amorçage de la pompe.

[0006] Dans ces conditions, il nécessaire de concevoir une pompe auto-amorçante en minimisant les risques de cavitation, tout en assurant le gain de pression nécessaire au bon fonctionnement du cycle ORC dans sa globalité.

[0007] La demande de brevet CN110469542A concerne une pompe d'alimentation qui comporte une simple boucle de recirculation avec une restriction en sortie de pompe, ce qui permet d'accroitre localement la pression du fluide à l'entrée de la roue et éviter la formation de poches de cavitation. Mais ce système ne permet pas un autoamorçage de la pompe, en particulier si la pompe est placée selon un axe vertical.

[0008] On connaît également les demandes CN110657099A et CN207795594U qui concernent des pompes à double entrée comportant à la fois un réservoir de liquide placé sur la partie supérieure et une boucle de recirculation. Le réservoir supérieur permet d'amorcer la pompe lorsque cela est nécessaire tandis que la boucle de recirculation permet, comme pour le brevet CN110469542A, d'augmenter localement la pression à l'entrée de la pompe pour éviter la formation de poches de cavitation. Cependant, ce type de pompes à double entrée n'est pas applicable au cas des véhicules car elles sont encombrantes. Par ailleurs, les boucles de recirculation peuvent perturber l'écoulement à l'entrée de la roue de pompe, ce qui peut conduire à une perte de rendement.

[0009] La demande CN208858581U est sensiblement analogue aux précédentes demandes avec cette fois-ci une pompe centrifuge placée dans un réservoir rempli de liquide. La conduite d'entrée principale est en communication avec une conduite annexe qui permet d'injecter du fluide depuis un réservoir jusqu'au niveau de l'entrée de la conduite d'entrée. Le réservoir est lui-même pressurisé à partir du fluide provenant du refoulement de la pompe.

[0010] Enfin, le document JP H02 78790 A divulgue une pompe selon le préambule de la revendication 1.

[0011] L'objet de l'invention consiste à obtenir une pompe très compacte, auto-amorçante et limitant le risque de cavitation, afin notamment qu'elle soit utilisable dans des circuits ORC de véhicules.

[0012] L'utilisation de cette pompe spécifique dans un circuit ORC permet également de réduire les émissions de CO_2 du transport routier.

[0013] Elle permet, en outre, d'électrifier les véhicules puisqu'une partie de la chaleur récupérée dans le cycle ORC peut servir à alimenter une machine électrique.

[0014] Pour répondre à ces enjeux, l'invention concerne une pompe selon la revendication 1 comprenant une roue de pompe, la roue de pompe comprenant une entrée de roue et une sortie de roue. La roue de la pompe est configurée de telle sorte qu'en fonctionnement, l'axe de la roue de pompe est vertical avec l'entrée de roue disposée au-dessus de la sortie de roue. La pompe comprend un réservoir de liquide torique positionné autour de la roue de pompe, l'axe de symétrie du réservoir de liquide étant l'axe vertical de la roue de

pompe. En d'autres termes, le réservoir de liquide est coaxial à la roue de pompe et entoure la roue de pompe. La pompe comprend également un moyen de connexion pour connecter le réservoir de liquide à la roue de pompe, au niveau d'un point de connexion situé dans une partie inférieure du réservoir de liquide. De plus, le moyen de connexion entre le réservoir de liquide et l'entrée de la roue forme un siphon, permettant ainsi d'améliorer les capacités d'auto-amorçage de la pompe. Ainsi, le point de connexion est situé en-dessous de l'entrée de roue. En outre, la section de passage du fluide dans le moyen de connexion augmente dans le sens de circulation du liquide dans la pompe depuis la partie inférieure du réservoir de liquide torique vers l'entrée de roue de pompe, de manière à réduire la vitesse de circulation du fluide et augmenter ainsi la pression ce qui contribue à limiter les risques de cavitation. La veine d'écoulement en sortie de la pompe est radiale centrifuge, puis axiale ascendante de telle manière à former un réservoir annulaire dont l'axe de révolution est l'axe de rotation de la pompe. Le réservoir annulaire de sortie englobe ainsi la totalité de la pompe, le réservoir torique en amont et le moyen de connexion entre le réservoir torique et l'entrée de la roue de pompe.

[0015] Une mise en œuvre de l'invention concerne aussi une turbogénératrice comprenant une turbine et une pompe telle que décrite avec une machine électrique connectée à la roue de pompe et positionnée au-dessus de la roue de pompe. La turbine est positionnée au-dessus de la roue de pompe et connectée à la machine électrique. De préférence, la machine électrique est positionnée entre la turbine et la roue de pompe.

[0016] Une autre mise en œuvre de l'invention concerne également un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur pour évaporer un fluide, un moyen de détente pour détendre le fluide, un condenseur pour liquéfier le fluide, et une pompe telle que décrite.

[0017] L'invention concerne aussi l'utilisation selon la revendication 13 du circuit fermé tel que décrit dans un véhicule comprenant un moteur à combustion interne, qu'il soit lourd, léger ou utilitaire pour lequel on envoie des gaz d'échappements du moteur à combustion interne et/ou un deuxième fluide de refroidissement du moteur à combustion interne et/ou un troisième fluide d'un circuit de recirculation des gaz brûlés (appelé EGR pour « Exhaust Gas recirculation » en anglais) du moteur à combustion interne dans l'échangeur de chaleur pour vaporiser le fluide du circuit fermé.

Résumé de l'invention

[0018] L'invention concerne une pompe comprenant une roue de pompe, la roue de pompe comprenant une entrée de roue et une sortie de roue, la roue de la pompe étant configurée de telle sorte qu'en fonctionnement, l'axe de la roue de pompe soit verticale avec l'entrée de roue disposée au-dessus de la sortie de roue, la pompe comprenant un réservoir de liquide torique positionné autour de la roue de pompe et un moyen de connexion pour connecter le réservoir de liquide à ladite roue de pompe, au niveau d'un point de connexion situé dans une partie inférieure du réservoir de liquide, l'axe du réservoir de liquide étant l'axe vertical de la roue de pompe. De plus, le point de connexion est positionné en-dessous de ladite entrée de roue de manière à former un siphon, et la section de passage du fluide dans le moyen de connexion augmente dans le sens de circulation du liquide dans la pompe depuis ladite partie inférieure du réservoir de liquide torique vers ladite entrée de roue.

[0019] De préférence, le moyen de connexion a une forme de révolution autour de l'axe vertical de la roue de pompe.

[0020] Selon une mise en œuvre de l'invention, la pompe comprend un moyeu mobile d'axe vertical, la roue de pompe étant fixée sur le moyeu mobile.

[0021] Avantageusement, la pompe comprend un moyeu fixe monté sur le moyeu mobile et la pompe comprend des ailettes verticales montées sur le moyeu fixe et s'étendant radialement par rapport au moyeu fixe.

[0022] De manière préférée, le nombre d'ailettes verticales est compris entre 4 et 15.

[0023] Selon une configuration de l'invention, la pompe comprend une conduite d'entrée et une conduite de sortie, la conduite d'entrée étant connectée à la partie supérieure du réservoir de liquide, la conduite de sortie étant connectée à la sortie de roue.

[0024] De préférence, la conduite de sortie comprend une portion verticale, la portion verticale de la conduite de sortie étant positionnée au-dessus du niveau de la conduite d'entrée.

[0025] Selon une mise en œuvre avantageuse de l'invention, la pompe comprend une machine électrique positionnée sur l'axe de la roue de pompe, la machine électrique étant connectée à la roue de pompe.

[0026] Une mise en œuvre de l'invention concerne aussi une turbogénératrice comprenant une turbine et une pompe telle que décrite, la turbine étant positionnée au-dessus de la roue de pompe, de préférence, la machine électrique étant positionnée entre la turbine et la roue de pompe.

[0027] Une mise en œuvre de l'invention concerne également un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur pour évaporer un fluide, un moyen de détente pour détendre le fluide, un condenseur pour liquéfier le fluide, et une pompe telle que décrite.

[0028] Une mise en œuvre de l'invention concerne encore un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur pour évaporer un fluide, une turbine pour détendre le fluide, la turbine étant reliée à une machine électrique, un condenseur pour liquéfier le fluide, et une pompe. De plus, la pompe, la turbine et la machine électrique forme une turbogénératrice telle que décrite

précédemment.

[0029] De préférence, le condenseur est situé au-dessous de la pompe.

[0030] En outre, l'invention concerne également l'utilisation du circuit fermé tel que décrit précédemment dans un véhicule léger, lourd ou utilitaire comprenant un moteur à combustion interne pour lequel on envoie des gaz d'échappements du moteur à combustion interne et/ou un deuxième fluide de refroidissement du moteur à combustion interne et/ou un troisième fluide d'un circuit EGR du moteur à combustion interne dans l'échangeur de chaleur pour vaporiser le fluide du circuit fermé.

Liste des figures

[0031] D'autres caractéristiques et avantages de la pompe, du circuit fermé et/ou leur utilisation dans un véhicule selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

La figure 1 représente une vue en coupe dans le plan (X, Z) d'une pompe selon l'invention.

La figure 2 représente une vue en coupe dans le plan (X, Y) de la pompe de la figure 1 selon l'invention.

La figure 3 représente une vue en perspective de la pompe des figures 1 et 2 selon l'invention.

La figure 4 représente une turbogénératrice comprenant une pompe selon l'invention.

La figure 5 représente un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine avec une pompe selon l'invention.

Description des modes de réalisation

[0032] Les termes « vertical », « au-dessus », « au-dessous », « inférieur » et « supérieur » s'entendent, dans le sens de l'invention, par rapport à la pompe en position de fonctionnement, dans ce cas la pompe est à axe vertical.

[0033] La présente invention concerne une pompe comprenant une roue de pompe et la roue de pompe comprend une entrée de roue et une sortie de roue. La roue de la pompe est configurée de telle sorte qu'en fonctionnement, l'axe de rotation de la roue de pompe est verticale avec l'entrée de roue disposée au-dessus de la sortie de roue, de manière à faciliter la circulation du fluide vers la pompe et ainsi à faciliter l'amorçage. Ainsi, la gravité appliquée au liquide facilite le démarrage de la pompe.

[0034] La pompe comprend en outre un réservoir de liquide torique (autrement dit, le réservoir de liquide forme un tore) positionné autour de la roue de pompe, l'axe de symétrie du réservoir de liquide étant l'axe vertical de la roue de pompe. En d'autres termes, le réservoir de liquide torique est un volume de révolution dont l'axe est coaxial de la roue de pompe et il entoure la roue de pompe. Cette configuration permet d'obtenir un système compact. Le réservoir de liquide torique entourant la roue de pompe permet également l'implantation d'une éventuelle machine électrique, au-dessus de la roue de pompe, sans augmenter l'encombrement du système. Le réservoir de liquide torique permet de conserver une réserve de liquide suffisante au démarrage jusqu'à ce que le système fonctionne en régime établi. En effet, au moment du démarrage, le niveau de liquide dans le réservoir va baisser jusqu'au régime permanent. Ainsi, le volume du réservoir de liquide torique peut être conçu pour fournir un volume de liquide suffisant pour que le système dans lequel est implantée la pompe atteigne un régime établi permanent.

[0035] De plus, la pompe comprend un moyen de connexion pour connecter le réservoir de liquide à l'entrée de la roue de pompe, au niveau d'une jonction de connexion située dans une partie inférieure du réservoir de liquide. Ce moyen de connexion est une veine de révolution dont l'axe est coaxial avec l'axe de révolution du réservoir torique. Ce moyen de connexion permet d'acheminer le liquide depuis le réservoir de liquide torique vers l'entrée de la roue de pompe. En outre, la jonction de connexion (ou point de connexion) est positionnée en-dessous de l'entrée de la roue de manière à former un siphon. L'effet de siphon permet d'améliorer les capacités d'auto-amorçage de la pompe et de plus, cette configuration permet de réduire la hauteur verticale de la pompe, ce qui est avantageux lorsqu'on veut monter cette pompe sur un circuit ORC d'un véhicule. De plus, la section de passage du fluide dans le moyen de connexion augmente dans le sens de circulation du liquide dans la pompe depuis la partie inférieure du réservoir de liquide torique jusqu'à l'entrée de roue de pompe, de manière à réduire la vitesse du fluide caloporteur, et donc à augmenter la pression du fluide, ce qui permet de limiter les risques de cavitation.

[0036] Ainsi, la pompe selon l'invention ne nécessite pas de boucle de recirculation pour faciliter l'auto-amorçage de la pompe. Elle se distingue donc des solutions de l'art antérieur.

[0037] Selon l'invention, la pompe peut être une pompe axiale, mixte, centrifuge ou radiale.

[0038] De préférence, le moyen de connexion peut avoir une forme de révolution autour de l'axe vertical de la roue de pompe. En d'autres termes, le moyen de connexion entoure totalement la roue de pompe, il est coaxial avec la roue de pompe et il est positionné entre la roue de pompe et le réservoir de liquide torique. Une telle forme du moyen de connexion permet d'augmenter la section de passage du liquide et encore de réduire les vitesses de circulation.

[0039] Selon une mise en œuvre de l'invention, la

pompe peut comprendre un moyeu mobile d'axe vertical, la roue de pompe étant positionnée sur le moyeu mobile. Ainsi, le moyeu mobile (mobile en rotation) peut être entraîné en rotation par un axe, lui-même entraîné en rotation par un moteur électrique ou tout moyen équivalent. Ainsi, la rotation du moyeu mobile entraîne la roue de pompe, fixée au moyeu mobile.

[0040] Avantageusement, la pompe peut comprendre des ailettes verticales fixes montées sur un moyeu fixe, lui-même monté sur le moyeu mobile, les ailettes verticales étant positionnées avant l'entrée de la roue de pompe et s'étendant radialement par rapport au moyeu fixe. Ces ailettes permettent de réduire fortement la vitesse tangentielle du liquide avant que le liquide arrive sur la roue de pompe. En réduisant la vitesse tangentielle, on réduit la vitesse totale du liquide. De préférence, les ailettes sont positionnées au-dessus de la roue de pompe, sur le moyeu fixe, avant l'entrée de la roue de pompe. La rotation du moyeu mobile n'entraîne pas la rotation du moyeu fixe. Pour se faire, des moyens connus de l'homme du métier peuvent être utilisés, comme des paliers ou des roulements à billes.

[0041] De préférence, le nombre d'ailettes verticales fixes peut être compris entre 4 et 15, ce qui permet un bon compromis entre la réduction de la vitesse tangentielle du liquide et la réduction de la section de passage. En effet, augmenter le nombre d'ailettes aurait tendance à réduire significativement la section de passage de par l'épaisseur des ailettes et ainsi à augmenter la vitesse débitante (composante de la vitesse contenue dans le plan de coupe de la figure 1) du fluide arrivant à la roue de pompe.

[0042] Selon une configuration de l'invention, la pompe peut comprendre une conduite d'entrée et une conduite de sortie, la conduite d'entrée étant connectée à la partie supérieure du réservoir torique de liquide, la conduite de sortie étant connectée à la sortie de roue. De ce fait, la pompe peut être implémentée facilement dans un circuit.

[0043] De manière préférentielle, la conduite d'entrée et/ou la conduite de sortie peuvent comprendre chacune une portion verticale. Par exemple, seule la conduite de sortie peut comprendre une portion verticale de manière à former une veine annulaire. De plus, le niveau supérieur de la portion verticale de la conduite de sortie peut être positionné au-dessus du niveau supérieur de la conduite d'entrée. En d'autres termes, la veine annulaire de sortie de la roue se termine à un niveau vertical supérieur à celui de la conduite d'entrée du réservoir torique, de manière à faciliter l'amorçage de la pompe. En effet, cette configuration permet, lorsque la pompe est à l'arrêt, de noyer la totalité de la pompe, y compris le réservoir de liquide torique.

[0044] De préférence, lorsque la pompe est utilisée dans un circuit fermé, tel qu'un circuit ORC, la conduite d'entrée et la conduite de sortie peuvent être connectées au circuit fermé de manière à ce que le passage dans la pompe constitue une partie du circuit fermé. Ainsi, le réservoir de liquide torique peut être conçu de manière à ce que son volume soit dimensionné de manière à assurer une réserve de liquide suffisant pour que le fonctionnement en régime permanent du circuit fermé soit assuré, le liquide sortant de la conduite de sortie, entrant, au cycle suivant par la conduite d'entrée.

[0045] Selon une variante de l'invention, la conduite de sortie peut être cylindrique, préférentiellement annulaire, avec une circulation de fluide ascendante, favorisant ainsi l'auto-amorçage de la pompe. Lorsqu'elle est annulaire, cette conduite de sortie permet d'obtenir une encapsulation de la totalité de la pompe. Ainsi, en partant de l'axe de la pompe, on trouve la roue, le moyen de connexion, de réservoir de liquide torique puis la conduite de sortie.

[0046] Selon une mise en œuvre préférée de l'invention, la pompe peut comprendre une machine électrique positionnée sur l'axe de la roue de pompe, la machine électrique étant connectée à la roue de pompe par exemple par un arbre. De ce fait, la machine électrique peut entraîner la roue de pompe, tout en permettant une architecture compacte du système.

[0047] Une mise en œuvre de l'invention concerne également une turbogénératrice comprenant une turbine et une pompe telle que décrite précédemment avec une machine électrique. La turbine est positionnée au-dessus de la roue de pompe, de préférence, la machine électrique étant positionnée entre la turbine et la roue de pompe. Ainsi, la machine électrique peut servir en mode moteur pour entraîner la roue de pompe au démarrage et en mode générateur pour récupérer l'énergie de la turbine en mode de fonctionnement stabilisé. De plus, cette turbogénératrice permet une architecture compacte tout en facilitant l'amorçage de la pompe et en évitant les phénomènes de cavitation.

[0048] Avantageusement, la turbine, la pompe et la machine électrique peuvent être construites dans un seul composant de manière totalement intégrée et compacte.

[0049] Une mise en œuvre de l'invention concerne aussi un circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur pour évaporer un fluide, un moyen de détente (une turbine par exemple) pour détendre le fluide, un condenseur pour liquéfier le fluide, et une pompe telle que décrite précédemment. En effet, la pompe permet un bon fonctionnement du circuit fermé. De plus, la conception de cette pompe permettant de limiter les risques de cavitation est adaptée aux fluides des circuits ORC où la pression de vaporisation du fluide est de fait, assez proche de la pression de fonctionnement de la pompe. Ainsi, la pompe peut avoir une durée de vie plus longue.

[0050] De préférence, le circuit fermé peut comprendre un échangeur de chaleur pour évaporer un fluide, une turbine pour détendre le fluide, la turbine étant reliée à une machine électrique, un condenseur pour liquéfier le fluide, et une pompe, de manière à ce que la pompe, la turbine et la machine électrique forme une turbogénératrice telle que décrite précédemment. Une telle mise en

œuvre permet un système compact.

[0051] Avantageusement, le condenseur peut être situé à un niveau inférieur au niveau de la pompe. Autrement dit, le condenseur est situé en dessous de la pompe. Ainsi, le condenseur est positionné dans la partie où le liquide repose naturellement. La pompe selon l'invention permet des capacités d'auto amorçage améliorées et peut donc être positionnée au-dessus du condenseur.

[0052] En outre, l'invention concerne encore l'utilisation du circuit fermé tel que décrit précédemment dans un véhicule léger, lourd ou utilitaire comprenant un moteur à combustion interne qui peut comprendre un deuxième fluide de refroidissement et/ou un circuit EGR. En d'autres termes, l'invention concerne un procédé de récupération d'énergie d'un véhicule comprenant un moteur à combustion interne grâce à un circuit fermé tel que décrit précédemment. De préférence, on envoie des gaz d'échappements du moteur à combustion interne et/ou un deuxième fluide de refroidissement du moteur à combustion interne et/ou un troisième fluide d'un circuit EGR du moteur à combustion interne dans l'échangeur de chaleur pour vaporiser le fluide du circuit fermé. Cette configuration est avantageuse car elle permet de récupérer une partie de l'énergie sous forme de chaleur, qui serait normalement perdue dans le véhicule et de transformer cette énergie en énergie mécanique ou électrique. Elle permet donc d'augmenter les performances du véhicule.

[0053] Par exemple, le refroidissement du condenseur peut être assuré par le circuit de refroidissement du radiateur du véhicule.

[0054] Le fonctionnement de la pompe selon l'invention peut être décrit de la manière suivante.

[0055] Avant tout fonctionnement (lorsque la pompe est à l'arrêt par exemple), le réservoir torique de liquide, la pompe et la conduite de sortie sont remplis de liquide.

[0056] Au démarrage de la pompe, le liquide dans la conduite de sortie est évacué, par exemple vers l'évaporateur du circuit ORC. Le liquide évacué est remplacé dans le volume de liquide contenu dans le réservoir de liquide torique, positionné en amont de la roue de pompe, dans le sens de circulation du fluide. Pendant un certain temps, le niveau de liquide dans le réservoir de liquide torique diminue. Par exemple, pour un circuit ORC, le temps peut dépendre du temps nécessaire à ce que l'évaporateur et le condenseur soit à des températures satisfaisantes pour permettre la mise en route du circuit ORC.

[0057] Les figures 1 à 3 illustrent, de manière schématique et non limitative, une pompe selon un mode de réalisation de l'invention.

[0058] La figure 1 illustre la pompe de l'invention dans un premier plan de coupe (X, Z), X étant un axe horizontal et Z étant l'axe vertical. La figure 2 illustre la même pompe de l'invention selon un deuxième plan de coupe, en vue de dessus, X et Y étant deux axes horizontaux (l'axe vertical Z est orthogonal au plan de coupe (X, Y)). La figure 3 illustre la même pompe de l'invention en perspective.

[0059] La pompe de l'invention comprend un réservoir torique 1 qui sert à conserver un volume de liquide suffisant pour permettre l'amorçage de la pompe. La pompe comprend également un moyeu mobile 4 sur lequel est monté rigidement une roue de pompe 5 comprenant ici deux aubages 6 (alternativement, la roue de pompe 5 pourrait comprendre un autre nombre d'aubages 6). Le moyeu mobile 4 est mobile en rotation et entraîne la roue de pompe en rotation.

[0060] Le fluide circule dans la roue de pompe depuis une entrée de roue 10 vers une sortie de roue 11, l'entrée de roue 10 étant située au-dessus de la sortie de roue 11, en fonctionnement, de manière à faciliter la circulation du fluide et notamment l'amorçage de la pompe.

[0061] Le réservoir torique 1 est coaxial avec le moyeu mobile 4 et avec la roue de pompe 5 et il entoure le moyeu mobile 4 et la roue de pompe 5. Le réservoir torique 1 est alimenté en liquide par la conduite d'entrée 2.

[0062] Un moyen de connexion de révolution 8 d'axe de révolution z permet d'alimenter l'entrée de roue 10 à partir du réservoir torique 1. Ce moyen de connexion 8 est connecté à la partie inférieure du réservoir torique 1 au niveau d'un point de connexion 9 situé en-dessous de l'entrée de pompe 10, de manière à créer un siphon qui facilite l'amorçage de la pompe et permet de réduire l'encombrement de la machine selon l'axe z. Ce moyen de connexion 8 a une section en forme de « col de cygne » pour faciliter le déplacement du liquide. De plus, ce moyen de connexion 8 a une section de passage du liquide 12 qui augmente entre le point de connexion 9 et l'entrée de roue 10, de manière à ne pas réduire la vitesse de passage du liquide. Ainsi, les risques de cavitation au niveau de la roue de pompe 5 sont réduits.

[0063] De plus, des ailettes 7 sont positionnées sur un moyeu fixe 16 monté sur le moyeu mobile 4, entre l'entrée de roue 10 et la roue de pompe 5. Le moyeu fixe 16 n'est pas entraîné en rotation lorsque le moyeu mobile 4 est entraîné en rotation. Cela est possible par exemple en utilisant des paliers ou des roulements à billes entre le moyeu mobile 4 et le moyeu fixe 16. De ce fait, les ailettes 7 sont fixes, ce qui permet de réduire la vitesse tangentielle du fluide. En outre, la pompe dispose d'une conduite de sortie 3 pour évacuer le liquide. Cette conduite de sortie 3 est connectée à la sortie de roue 11. Elle comprend une partie de liaison 14 qui fait communiquer la sortie de roue 11 à une partie radiale 13, la partie radiale étant reliée à une partie verticale 15 de la conduite de sortie 3.

[0064] Le niveau supérieur de la partie verticale 15 de la conduite de sortie 3 est au-dessus de la conduite d'entrée 2 de manière à faciliter la rétention de liquide dans la pompe, facilitant le démarrage de la pompe et limitant les risques de cavitation.

[0065] Comme on peut le voir sur la figure 2, le réservoir torique 1 forme un tore tout autour du moyeu 4 et de la roue de pompe 5. Ainsi, il permet une architecture compacte tout en garantissant un volume suffisant de

liquide dans ce réservoir torique.

[0066] De la même manière, le moyen de connexion 8 générant un siphon forme également une forme continue tout autour du moyeu mobile 4 et de la roue de pompe 5. Ainsi, la section de passage du liquide est maximale et donc les risques de cavitation sont minimisés. De plus, cette forme continue tout autour de l'entrée de roue permet une répartition homogène du liquide dans la roue de pompe.

[0067] On observe également sur cette figure que les ailettes 7 (ici huit ailettes radiales mais un nombre différent d'ailettes 7 pourrait être utilisé) sont radiales de manière à réduire la vitesse circonférentielle ou tangentielle du liquide et ainsi limiter la vitesse absolue dans la roue de pompe. En réduisant la vitesse, on limite la chute de pression et par conséquent, on limite les risques de cavitation qui pourrait réduire les performances de la pompe et endommager la pompe et notamment la roue de pompe. Ainsi, la durée de vie de la pompe peut être augmentée.

[0068] En outre, la conduite de sortie 3, notamment la partie verticale de la conduite de sortie 3, entoure également le réservoir torique 1. La conduite de sortie 3 est donc de forme annulaire de sorte que la pompe est encapsulée avec différents éléments de cette pompe qui entourent d'autres éléments. Cette encapsulation permet une architecture compacte.

[0069] La figure 3 est une vue en perspective où la vue en coupe de la figure 1 est représentée en gris foncé. On observe bien qu'au centre, est positionné le moyeu mobile 4 sur lequel est monté deux aubages 6 de la roue de pompe. Autour de ce moyeu mobile 4, se trouve le moyen de connexion 8 en forme de col de cygne faisant office de siphon.

[0070] Entourant ce moyen de connexion 8 en forme de col de cygne, on trouve le réservoir torique 1 où la liaison avec le moyen de connexion 8 est située à une altitude verticale inférieure à l'entrée de pompe. Enfin, entourant ce réservoir torique 1, on trouve la conduite de sortie 3 qui forme un anneau cylindrique pour le passage du fluide.

[0071] Le réservoir torique 1, la partie verticale de la conduite de sortie 3, le moyen de connexion 8, les moyeux fixe et mobile et la roue de pompe sont coaxiaux, de manière à favoriser l'homogénéité de la circulation du fluide dans la pompe.

[0072] Le moyeu mobile 4 peut être mis en rotation de manière connue par un arbre lui-même entraîné en rotation par une machine électrique (non représentée) en régime transitoire (par exemple pour le démarrage) ou en régime stabilisé, ou entrainé en rotation par une turbine, notamment en régime stabilisé.

[0073] Pour favoriser la compacité du système, cette machine électrique est positionnée au-dessus du moyeu mobile 4.

[0074] La figure 4 illustre, schématiquement et de manière non limitative une turbogénératrice comprenant une pompe selon

[0075] l'invention. Sur cette figure, l'axe X est un axe horizontal et l'axe Z correspond à l'axe vertical Cette turbogénératrice comprend une pompe P telle que décrite précédemment et notamment une pompe conforme aux figures 1 à 3.

[0076] La pompe P est connectée à une machine électrique ME par l'intermédiaire d'un arbre A2. Ainsi, la mise en route de la machine électrique ME en tant que moteur électrique permet la rotation de la pompe P.

[0077] La turbine T est connectée à la machine électrique ME par un autre arbre A1. Ainsi, l'énergie récupérée par la turbine T est transmise à la machine électrique ME qui fonctionne alors en génératrice électrique pour générer de l'électricité ou pour entraîner la pompe P.

[0078] En fonctionnement, la turbine T est positionnée au-dessus de la machine électrique ME, elle-même positionnée au-dessus de la pompe P. De plus, la turbine T, la pompe P, les arbres A1 et A2 ainsi que la machine électrique ME sont coaxiaux.

[0079] La figure 5 illustre, de manière schématique et non limitative, un circuit fermé qui fonctionne selon un cycle de Rankine.

[0080] L'axe X représente un axe horizontal et l'axe Z représente l'axe vertical.

[0081] Ce circuit comprend un condenseur C traversé par le liquide de refroidissement LR d'un véhicule. De manière alternative, le condenseur C pourrait être traversé par une autre source froide. Dans ce condenseur, le fluide de travail circulant dans le circuit fermé dans le sens de la flèche F se refroidit et se liquéfie. Le fluide de travail est ensuite admis dans un réservoir de liquide Res. Puis il arrive dans la pompe P de l'invention, de préférence une pompe telle que décrite sur les figures 1 à 3. Le point d'entrée du liquide sur la pompe P est à une altitude inférieure à son point de sortie sur la pompe P.

[0082] Le fluide de travail arrive ensuite dans un évaporateur E qui ici échange de la chaleur avec les gaz d'échappement GE du moteur à combustion interne d'un véhicule. Alternativement, l'évaporateur pourrait échanger de la chaleur avec d'autres sources chaudes.

[0083] Dans cet évaporateur E, le fluide de travail se réchauffe et se vaporise. A la sortie de l'évaporateur E, le fluide de travail circulant dans le circuit fermé est totalement ou presque totalement gazeux.

[0084] Le gaz traverse alors ensuite une turbine T qui permet de récupérer une partie de l'énergie issue de la source chaude. Ici la turbine met en rotation l'arbre A1 qui va entraîner la machine électrique ME et ainsi produire de l'électricité. Le gaz sortant de la turbine T est renvoyé au condenseur C.

[0085] Ainsi, le circuit en boucle fermé est positionné entre le sol sur lequel circule le véhicule et les tuyauteries d'échappement du véhicule. Il doit donc être compact pour s'insérer dans un espace aussi restreint. De plus, comme on peut le voir sur la figure 5, la pompe n'est pas située au point le plus bas du circuit ce qui pourrait poser des problématiques d'amorçage. La pompe selon l'invention, notamment grâce au réservoir torique et au

moyen de connexion générant un siphon permet de s'affranchir de ces problématiques d'amorçage grâce à une conception intégrée et adaptée au mode de fonctionnement de la figure 5.

[0086] Par ailleurs, la pompe P est connectée à la machine électrique ME, qui est positionnée au-dessus d'elle, par un arbre A2. Ainsi, la machine électrique ME qui fonctionne en moteur électrique peut alors entraîner la pompe P en rotation.

[0087] En d'autres termes, la machine électrique ME peut fonctionner en mode moteur électrique pour entraîner la pompe et/ou en mode générateur d'électricité pour produire de l'électricité. La turbine T, la pompe P, la machine électrique ME et les arbres A1 et A2 peuvent être conçus de manière intégrés pour former une turbogénératrice compacte, correspondant à la turbogénératrice de la figure 4.

[0088] Le circuit fermé et la pompe ou la turbogénératrice selon l'invention sont particulièrement adaptés pour être utilisés dans un véhicule comprenant un moteur à combustion interne.

[0089] Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seules formes de réalisation de l'invention, décrites ci-dessus à titre d'exemple, elle embrasse au contraire toutes les variantes de réalisation couvertes par la portée des revendications jointes.

Revendications

1. Pompe (P) comprenant une roue de pompe (5), la roue de pompe (5) comprenant une entrée de roue (10) et une sortie de roue (11), la roue de la pompe (5) étant configurée de telle sorte qu'en fonctionnement, l'axe de la roue de pompe (5) soit verticale avec l'entrée de roue (10) disposée au-dessus de la sortie de roue (11), la pompe comprenant un réservoir de liquide torique (1) positionné autour de la roue de pompe (5) et un moyen de connexion (8) pour connecter le réservoir de liquide (1) à ladite roue de pompe (5), au niveau d'un point de connexion (9) situé dans une partie inférieure du réservoir de liquide (1), l'axe du réservoir de liquide (1) étant l'axe vertical (Z) de la roue de pompe (5), **caractérisée en ce que** le point de connexion (9) est positionné en-dessous de ladite entrée de roue (10) de manière à former un siphon, et **en ce qu'**une section de passage (12) du fluide dans le moyen de connexion (8) augmente dans le sens de circulation du liquide dans la pompe (P) depuis ladite partie inférieure du réservoir de liquide torique (1) vers ladite entrée de roue (10).

2. Pompe (P) selon la revendication 1, pour laquelle le moyen de connexion (8) a une forme de révolution autour de l'axe vertical (Z) de la roue de pompe (5).

3. Pompe (P) selon l'une des revendications précédentes, pour laquelle la pompe (P) comprend un moyeu mobile (4) d'axe vertical, la roue de pompe (5) étant fixée sur le moyeu mobile (4).

4. Pompe (P) selon la revendication 3, pour laquelle la pompe (P) comprend un moyeu fixe (16) monté sur le moyeu mobile (4) et la pompe comprend des ailettes (7) verticales montées sur le moyeu fixe (16) et s'étendant radialement par rapport au moyeu fixe (16).

5. Pompe (P) selon la revendication 4, pour lequel le nombre d'ailettes (7) verticales est compris entre 4 et 15.

6. Pompe (P) selon l'une des revendications précédentes, pour laquelle la pompe (P) comprend une conduite d'entrée (2) et une conduite de sortie (3), la conduite d'entrée (2) étant connectée à la partie supérieure du réservoir de liquide (1), la conduite de sortie (3) étant connectée à la sortie de roue (11).

7. Pompe (P) selon la revendication 6, pour laquelle la conduite de sortie (3) comprend une portion verticale (15), la portion verticale de la conduite de sortie (15) étant positionnée au-dessus du niveau de la conduite d'entrée (2).

8. Pompe (P) selon l'une des revendications précédentes, comprenant une machine électrique (ME) positionnée sur l'axe de la roue de pompe (5), la machine électrique (ME) étant connectée à la roue de pompe (5).

9. Turbogénératrice comprenant une turbine (T) et une pompe (P) selon la revendication 8, la turbine (T) étant positionnée au-dessus de la roue de pompe (5), de préférence, la machine électrique (ME) étant positionnée entre la turbine (T) et la roue de pompe (5).

10. Circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur (E) pour évaporer un fluide, un moyen de détente (T) pour détendre le fluide, un condenseur (C) pour liquéfier le fluide, et une pompe (P) selon l'une des revendications 1 à 8.

11. Circuit fermé fonctionnant selon un cycle de Rankine, le circuit fermé comprenant un échangeur de chaleur (E) pour évaporer un fluide, une turbine (T) pour détendre le fluide, la turbine (T) étant reliée à une machine électrique (ME), un condenseur (C) pour liquéfier le fluide, et une pompe (P), **caractérisé en ce que** la pompe (P), la turbine (T) et la machine électrique (ME) forme une turbogénératrice selon la revendication 9.

12. Circuit fermé selon l'une des revendications 10 ou 11, pour lequel le condenseur (C) est situé au-dessous de la pompe (P).

13. Utilisation du circuit fermé selon l'une des revendications 10 à 12 dans un véhicule léger, lourd ou utilitaire comprenant un moteur à combustion interne pour lequel on envoie des gaz d'échappements (GE) du moteur à combustion interne et/ou un deuxième fluide de refroidissement (LR) du moteur à combustion interne et/ou un troisième fluide d'un circuit EGR du moteur à combustion interne dans l'échangeur de chaleur (E) pour vaporiser le fluide du circuit fermé.

Patentansprüche

1. Pumpe (P), welche ein Pumpenrad (5) umfasst, wobei das Pumpenrad (5) einen Radeinlass (10) und einen Radauslass (11) umfasst, wobei das Pumpenrad (5) so ausgebildet ist, dass im Betrieb die Achse des Pumpenrades (5) vertikal ist, wobei der Radeinlass (10) oberhalb des Radauslasses (11) angeordnet ist, wobei die Pumpe einen torischen Flüssigkeitsbehälter (1), der um das Pumpenrad (5) herum positioniert ist, und ein Verbindungsmittel (8) zum Verbinden des Flüssigkeitsbehälters (1) mit dem Pumpenrad (5) an einem Verbindungspunkt (9), der sich in einem unteren Teil des Flüssigkeitsbehälters (1) befindet, umfasst, wobei die Achse des Flüssigkeitsbehälters (1) die vertikale Achse (Z) des Pumpenrades (5) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbindungspunkt (9) unterhalb des Radeinlasses (10) positioniert ist, so dass ein Siphon gebildet wird, und dadurch, dass sich ein Durchflussquerschnitt (12) des Fluids in dem Verbindungsmittel (8) in der Strömungsrichtung der Flüssigkeit in der Pumpe (P) vom unteren Teil des torischen Flüssigkeitsbehälters (1) zum Radeinlass (10) hin vergrößert.

2. Pumpe (P) nach Anspruch 1, wobei das Verbindungsmittel (8) eine Rotationsform um die vertikale Achse (Z) des Pumpenrades (5) aufweist.

3. Pumpe (P) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpe (P) eine bewegliche Nabe (4) mit vertikaler Achse umfasst, wobei das Pumpenrad (5) an der beweglichen Nabe (4) befestigt ist.

4. Pumpe (P) nach Anspruch 3, wobei die Pumpe (P) eine feststehende Nabe (16) umfasst, die an der beweglichen Nabe (4) angebracht ist, und die Pumpe vertikale Schaufeln (7) umfasst, die an der feststehenden Nabe (16) angebracht sind und sich radial bezüglich der feststehenden Nabe (16) erstrecken.

5. Pumpe (P) nach Anspruch 4, wobei die Anzahl vertikaler Schaufeln (7) zwischen 4 und 15 beträgt.

6. Pumpe (P) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pumpe (P) eine Einlassleitung (2) und eine Auslassleitung (3) umfasst, wobei die Einlassleitung (2) mit dem oberen Teil des Flüssigkeitsbehälters (1) verbunden ist, wobei die Auslassleitung (3) mit dem Radauslass (11) verbunden ist.

7. Pumpe (P) nach Anspruch 6, wobei die Auslassleitung (3) einen vertikalen Abschnitt (15) umfasst, wobei der vertikale Abschnitt (15) der Auslassleitung oberhalb der Höhe der Einlassleitung (2) positioniert ist.

8. Pumpe (P) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eine elektrische Maschine (ME) umfasst, die auf der Achse des Pumpenrades (5) positioniert ist, wobei die elektrische Maschine (ME) mit dem Pumpenrad (5) verbunden ist.

9. Turbogenerator, welcher eine Turbine (T) und eine Pumpe (P) nach Anspruch 8 umfasst, wobei die Turbine (T) oberhalb des Pumpenrades (5) positioniert ist, wobei vorzugsweise die elektrische Maschine (ME) zwischen der Turbine (T) und dem Pumpenrad (5) positioniert ist.

10. Geschlossener Kreislauf, welcher gemäß einem Rankine-Kreisprozess funktioniert, wobei der geschlossene Kreislauf einen Wärmetauscher (E) zum Verdampfen eines Fluids, ein Entspannungsmittel (T) zum Entspannen des Fluids, einen Kondensator (C) zum Verflüssigen des Fluids und eine Pumpe (P) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst.

11. Geschlossener Kreislauf, welcher gemäß einem Rankine-Kreisprozess funktioniert, wobei der geschlossene Kreislauf einen Wärmetauscher (E) zum Verdampfen eines Fluids, eine Turbine (T) zum Entspannen des Fluids, wobei die Turbine (T) mit einer elektrischen Maschine (ME) verbunden ist, einen Kondensator (C) zum Verflüssigen des Fluids und eine Pumpe (P) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (P), die Turbine (T) und die elektrische Maschine(ME) einen Turbogenerator nach Anspruch 9 bilden.

12. Geschlossener Kreislauf nach einem der Ansprüche 10 oder 11, wobei sich der Kondensator (C) unterhalb der Pumpe (P) befindet.

13. Verwendung des geschlossenen Kreislaufs nach einem der Ansprüche 10 bis 12 in einem Leichtfahrzeug, Schwerlastfahrzeug oder Nutzfahrzeug, das einen Verbrennungsmotor umfasst, wobei Ab-

gase (GE) des Verbrennungsmotors und/oder ein zweites Kühlfluid (LR) des Verbrennungsmotors und/oder ein drittes Fluid eines AGR-Kreislaufs des Verbrennungsmotors in den Wärmetauscher (E) geleitet werden, um das Fluid des geschlossenen Kreislaufs zu verdampfen.

Claims

1. Pump (P) comprising a pump impeller (5), the pump impeller (5) comprising an impeller inlet (10) and an impeller outlet (11), the pump impeller (5) being configured such that, in operation, the axis of the pump impeller (5) is vertical with the impeller inlet (10) arranged above the impeller outlet (11), the pump comprising a toric liquid reservoir (1) positioned around the pump impeller (5) and a connecting means (8) for connecting the liquid reservoir (1) to said pump impeller (5) at a connecting point (9) situated in a lower part of the liquid reservoir (1), the axis of the liquid reservoir (1) being the vertical axis (Z) of the pump impeller (5), **characterized in that** the connecting point (9) is positioned below said impeller inlet (10) so as to form a siphon, and **in that** a passage section (12) for the fluid in the connecting means (8) increases in the direction of circulation of the liquid in the pump (P) from said lower part of the toric liquid reservoir (1) to said impeller inlet (10).

2. Pump (P) according to Claim 1, wherein the connecting means (8) has a shape exhibiting symmetry of revolution about the vertical axis (Z) of the pump impeller (5).

3. Pump (P) according to either of the preceding claims, wherein the pump (P) comprises a movable hub (4) with a vertical axis, the pump impeller (5) being fixed to the movable hub (4).

4. Pump (P) according to Claim 3, wherein the pump (P) comprises a fixed hub (16) mounted on the movable hub (4) and the pump comprises vertical vanes (7) that are mounted on the fixed hub (16) and extend radially with respect to the fixed hub (16).

5. Pump (P) according to Claim 4, wherein the number of vertical vanes (7) is between 4 and 15.

6. Pump (P) according to one of the preceding claims, wherein the pump (P) comprises an inlet line (2) and an outlet line (3), the inlet line (2) being connected to the upper part of the liquid reservoir (1), the outlet line (3) being connected to the impeller outlet (11).

7. Pump (P) according to Claim 6, wherein the outlet line (3) comprises a vertical portion (15), the vertical portion of the outlet line (15) being positioned above the level of the inlet line (2).

8. Pump (P) according to one of the preceding claims, comprising an electric machine (ME) positioned on the axis of the pump impeller (5), the electric machine (ME) being connected to the pump impeller (5).

9. Turbogenerator comprising a turbine (T) and a pump (P) according to Claim 8, the turbine (T) being positioned above the pump impeller (5), the electric machine (ME) preferably being positioned between the turbine (T) and the pump impeller (5).

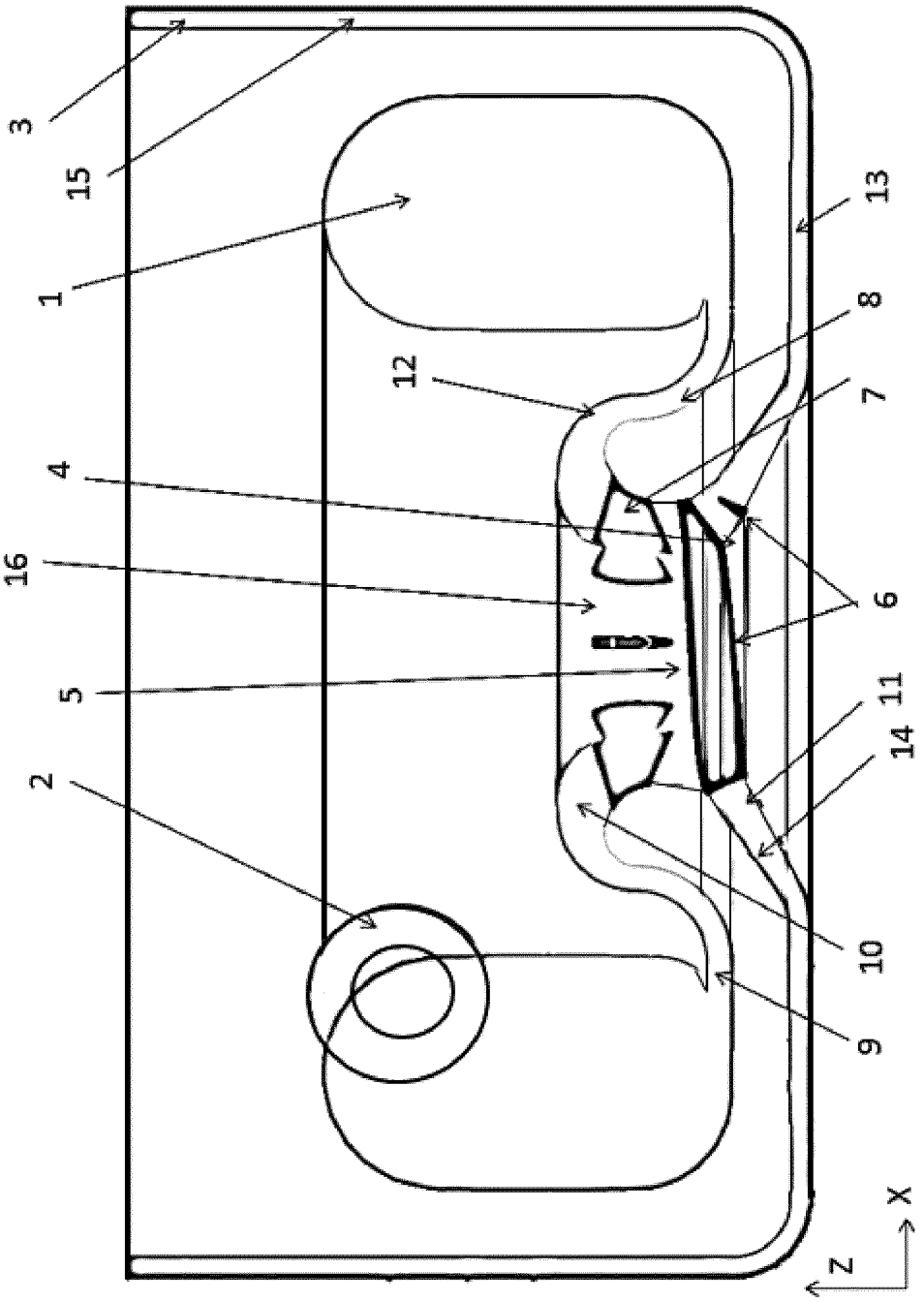
10. Closed circuit operating on a Rankine cycle, the closed circuit comprising a heat exchanger (E) for evaporating a fluid, an expansion means (T) for expanding the fluid, a condenser (C) for liquefying the fluid, and a pump (P) according to one of Claims 1 to 8.

11. Closed circuit operating on a Rankine cycle, the closed circuit comprising a heat exchanger (E) for evaporating a fluid, a turbine (T) for expanding the fluid, the turbine (T) being connected to an electric machine (ME), a condenser (C) for liquefying the fluid, and a pump (P), **characterized in that** the pump (P), the turbine (T) and the electric machine (ME) form a turbogenerator according to Claim 9.

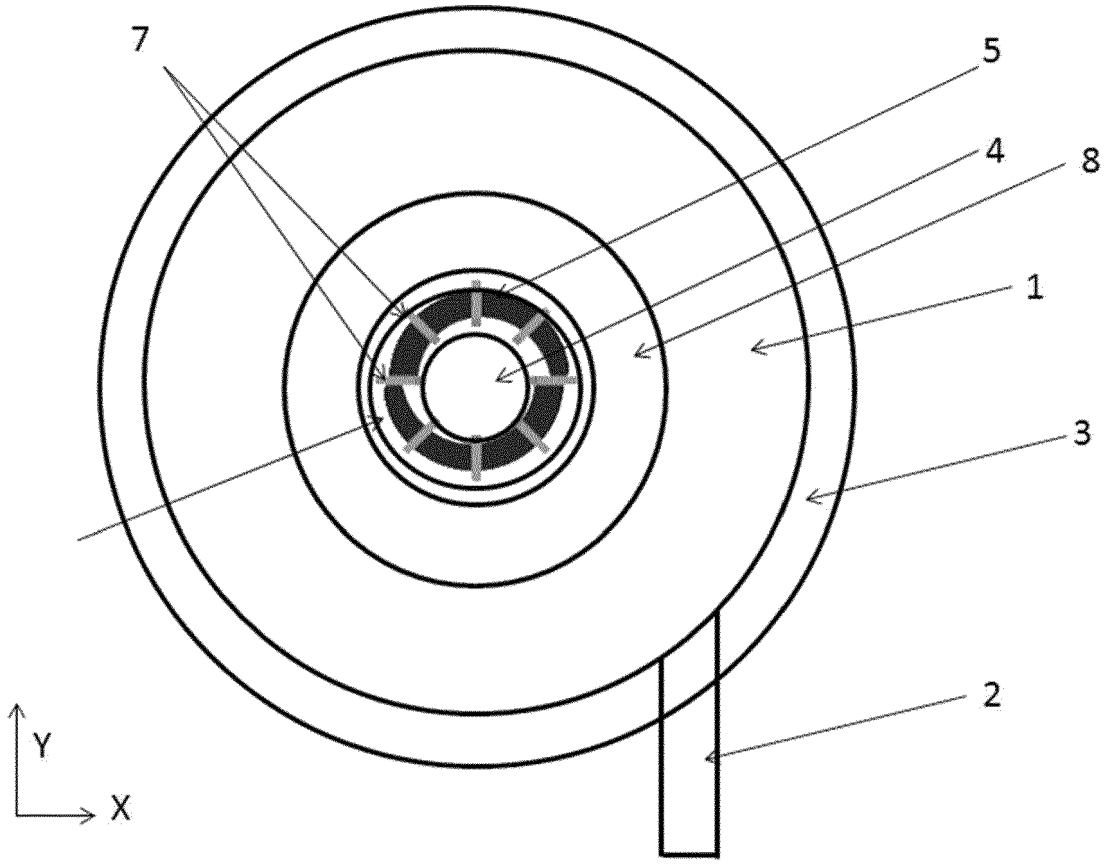
12. Closed circuit according to either of Claims 10 and 11, wherein the condenser (C) is situated below the pump (P) .

13. Use of the closed circuit according to one of Claims 10 to 12 in a lightweight, heavy-duty or utility vehicle comprising an internal combustion engine, wherein exhaust gases (GE) from the internal combustion engine and/or a second cooling fluid (LR) from the internal combustion engine and/or a third fluid from an EGR circuit of the internal combustion engine are/is sent into the heat exchanger (E) in order to vaporize the fluid in the closed circuit.

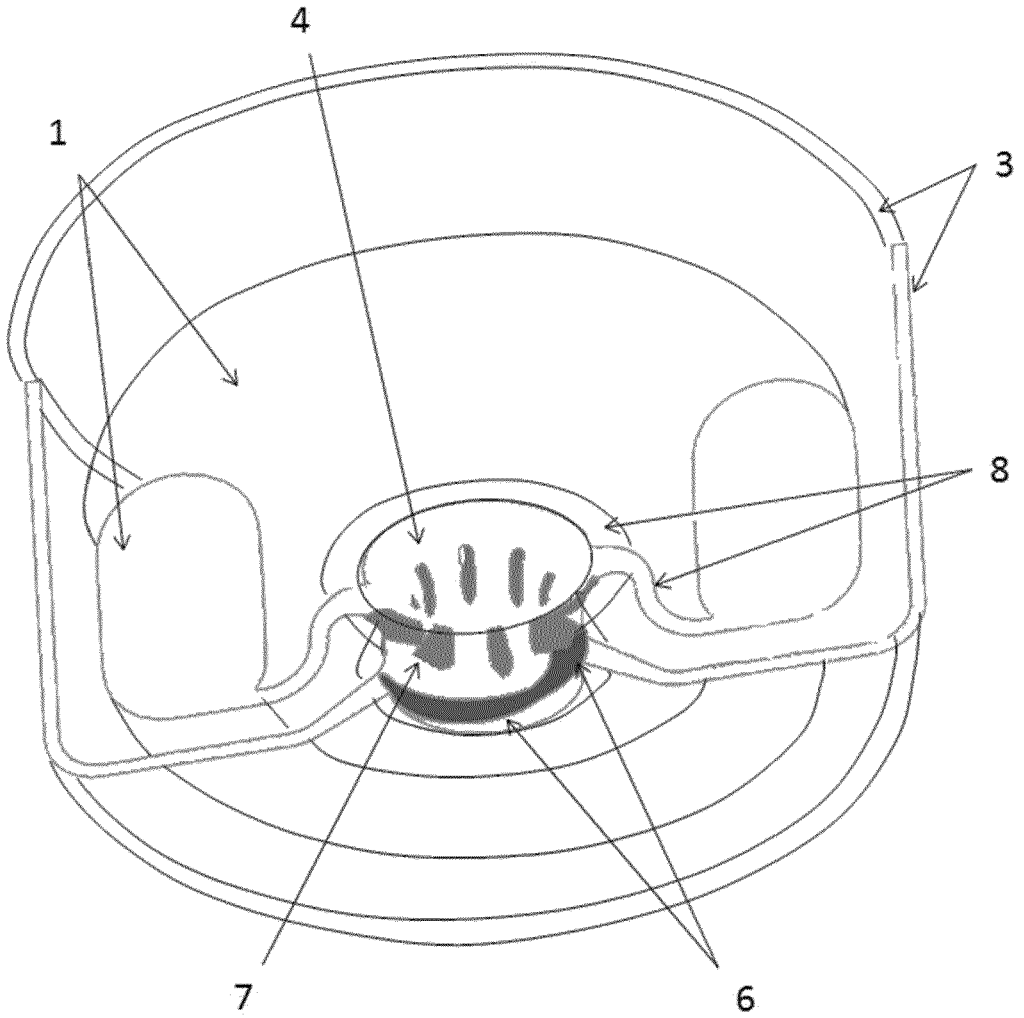
[Fig 1]



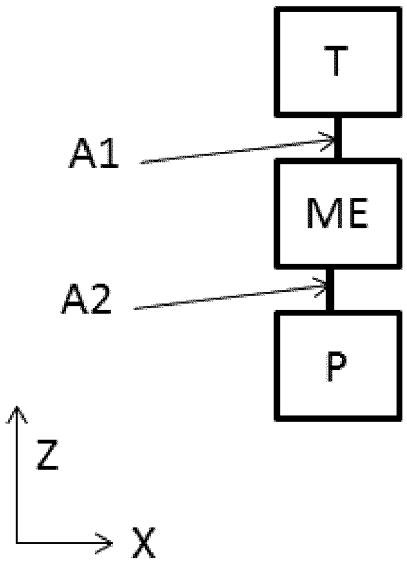
[Fig 2]



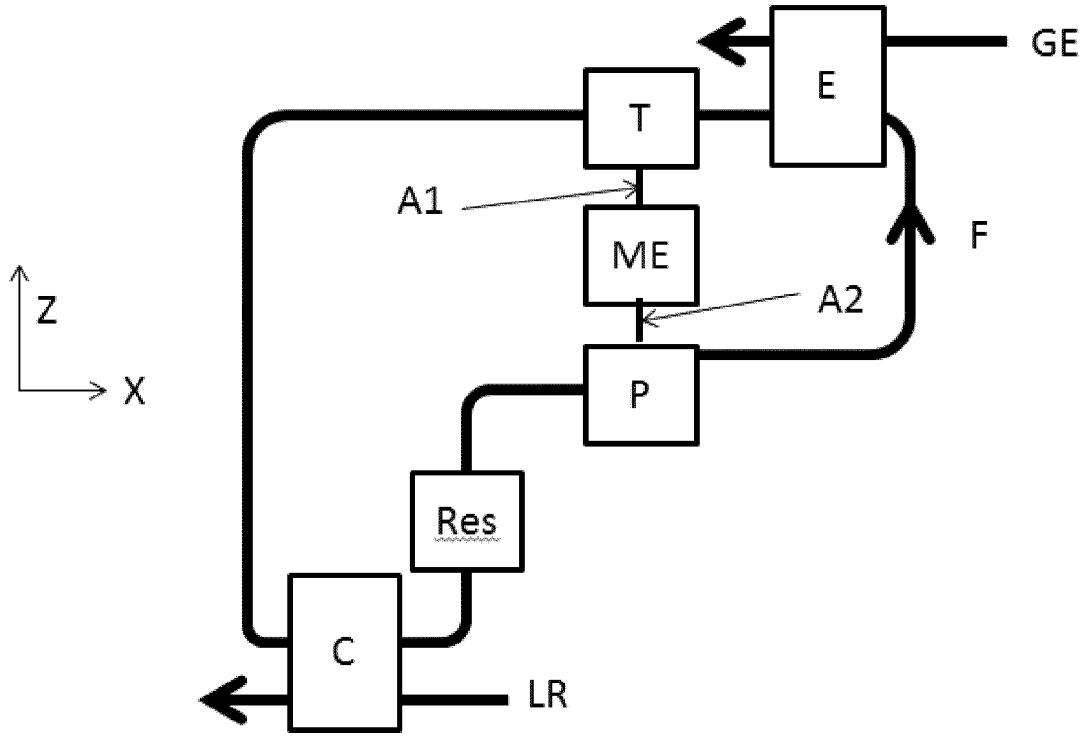
[Fig 3]



[Fig 4]



[Fig 5]



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

- CN 110469542 A **[0007] [0008]**
- CN 110657099 A **[0008]**
- CN 207795594 U **[0008]**
- CN 208858581 U **[0009]**
- JP H0278790 A **[0010]**