

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Véhicule automobile à traction comprenant un système de refroidissement de la batterie.

②② Date de dépôt : 09.03.23.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *PSA AUTOMOBILES SA Société
par actions simplifiée (SAS) — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.09.24 Bulletin 24/37.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 31.01.25 Bulletin 25/05.

⑦② Inventeur(s) : VALLI JEREMY, JAINE THIERRY et
GOUSSIAN ALAIN.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

⑦③ Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par
actions simplifiée.

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ Mandataire(s) :



Description

Titre de l'invention : Véhicule automobile à traction comprenant un système de refroidissement de la batterie

- [0001] L'invention porte sur un véhicule automobile de type hybride rechargeable ou 100% électrique. Dans ce type de véhicule, il est nécessaire de recharger de temps à autre les batteries, autrement appelées ici moyens de stockage d'énergie électrique, à partir d'une station de recharge ou d'une prise électrique disponible dans l'habitation habituelle de l'utilisateur du véhicule.
- [0002] Les batteries utilisées pour les véhicules automobiles électriques ou hybrides rechargeables sont généralement un assemblage de cellules élémentaires électrochimiques, par exemple Ni-MH, Ni-Cd, Lithium-Ion, sans exclure d'autres solutions électrochimiques.
- [0003] Pour procéder à une recharge rapide, il est souhaitable de pouvoir recharger rapidement la batterie du véhicule à partir de « bornes de recharges rapides » mises à disposition du public, notamment par exemple sur les aires d'autoroute. Ces bornes de recharge rapides peuvent délivrer des puissances élevées, e.g. plusieurs dizaines de kW, quelques centaines de kW jusqu'à 350 kW.
- [0004] Une opération de recharge sous plusieurs centaines de kW génère un échauffement important au cœur de la batterie. Il convient donc d'évacuer les calories le plus efficacement au fur et à mesure que ces calories sont générées dans la batterie, pour éviter un échauffement excessif des matériaux composant les cellules de la batterie.
- [0005] Il a déjà été proposé des systèmes de caloducs pour évacuer les calories. Il a déjà également été proposé des systèmes de fluides à changement de phase pour évacuer les calories. Aussi, il a déjà été proposé des systèmes à air pulsé pour évacuer les calories.
- [0006] Les performances de ces systèmes sont toutefois limitées, et la puissance évacuée n'est pas suffisamment contrôlable.
- [0007] La présente invention a pour but de remédier à au moins un de ces inconvénients.
- [0008] Pour atteindre cet objectif, l'invention propose, dans son acception la plus large, un véhicule automobile à traction électrique comprenant une batterie de type électrochimique à stockage d'énergie électrique, des moyens de raccordement destinés à permettre une recharge de la batterie à partir d'une source de courant externe, un système de refroidissement pour refroidir la batterie, au moins durant la recharge à partir de la source de courant externe, le système de refroidissement comprenant une première machine de type Stirling configurée en machine frigorifique Stirling, la première machine comprenant :
- une portion de prélèvement de calories en couplage thermique avec une première

portion de la batterie,

- une portion de rejet de calories configurée pour rejeter des calories dans l'environnement dans l'air ambiant,

- un premier piston, un deuxième piston et un premier volant relié aux premier et deuxième pistons par un premier embiellage, dans lequel un travail est fourni au premier volant au moins en partie par un moteur électrique,

caractérisé en ce que le système de refroidissement comprend une deuxième machine de type Stirling configurée en moteur Stirling, avec comme source chaude une deuxième portion de la batterie couplée à une portion de réception de calories de la deuxième machine de type Stirling, et comme source froide l'air ambiant couplé à une portion de refroidissement de la deuxième machine de type Stirling, avec un troisième piston, un quatrième piston et un deuxième volant relié aux troisième et quatrième pistons par un deuxième embiellage, et en ce que le deuxième volant est couplé mécaniquement au premier volant pour délivrer du travail reçu par le deuxième volant au premier volant.

[0009] On s'intéresse ici au cas des recharges sur une borne de recharge rapide, avec un courant continu de recharge de forte intensité, typiquement supérieur à 100 ampères.

[0010] Grâce à ces dispositions, la première machine de type Stirling configurée en machine frigorifique Stirling peut évacuer des calories en grande quantité, notamment dans une situation de recharge rapide où des courants importants sont mis en jeu. De plus, le flux thermique traité peut être contrôlé au moyen de la vitesse de rotation du premier volant de la première machine Stirling. Cette vitesse peut être pilotée au moyen du moteur électrique. Par ailleurs, la deuxième machine Stirling fonctionne en moteur et le travail qui est disponible sur le deuxième volant est réinjecté sur l'arbre du premier volant, ce qui permet de diminuer l'énergie nécessaire pour opérer la première machine Stirling.

[0011] On obtient ainsi une solution très efficace en terme d'évacuation de flux thermique tout en minimisant le prélèvement d'énergie sur la ligne de recharge électrique pour procéder à cette évacuation de calories.

[0012] Dans le présent document, le terme « machine Stirling » fait référence à une machine thermodynamique dite à combustion externe, baptisée du nom de son inventeur, depuis le milieu du XIX^{ème} siècle. Cette machine à d'abord été pensée pour fournir une énergie mécanique à savoir faire fonction de moteur. Mais il se trouve que cette machine thermodynamique est réversible, et l'utilisation en tant que machine frigorifique est plus récente, elle s'est développée au cours de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle.

[0013] Le principe de fonctionnement d'une machine Stirling est supposé connu du lecteur ainsi que les variantes constructives habituelles de réalisation.

- [0014] Chaque machine Stirling considérée ici peut être formée comme un ensemble de deux cylindres (type Alpha et Gamma) chaque cylindre contenant un piston, avec ensemble volant-embellage ou bien chaque machine Stirling considérée ici peut être formée comme une combinaison de type mono cylindrique avec deux pistons l'un au-dessus de l'autre avec un ensemble volant-embellage (c'est le type Beta).
- [0015] Les pistons sont mobiles dans les cylindres et délimitent des chambres à gaz comme il sera vu plus bas.
- [0016] Selon une option avantageuse, il peut être prévu une plaque formant pont thermique pour collecter les calories générées dans la batterie, la plaque formant pont thermique étant reliée thermiquement à la portion de prélèvement de calories de la première machine Stirling.
- [0017] On favorise ainsi la transmission de calories depuis une surface importante jusqu'à l'endroit de la portion de prélèvement de calories de la première machine Stirling.
- [0018] Tout système permettant de véhiculer les calories générées dans la batterie vers la portion de prélèvement de calories de la première machine Stirling est considéré dans le cadre de la présente invention.
- [0019] On relève que, ledit véhicule automobile présentant un repère dans l'espace comprenant un axe longitudinal suivant une direction de déplacement dudit véhicule automobile, un axe transversal perpendiculaire à l'axe longitudinal, et un axe vertical perpendiculaire à l'axe longitudinal et à l'axe transversal, l'axe vertical étant dirigé de bas en haut, la plaque formant pont thermique peut contenir un liquide caloporteur voire un fluide thermodynamique à changement de phase, pour offrir une résistance thermique la plus faible possible.
- [0020] Selon une option avantageuse, la plaque formant pont thermique est agencée sous la batterie. Ainsi la plaque forme un support physique pour l'agencement de la pluralité de cellules électrochimiques formant la batterie, lesdites cellule étant ; en contact ferme et gravitaire avec ladite plaque.
- [0021] Selon une variante, la batterie est au moins en partie immergée dans un liquide diélectrique et la portion de prélèvement de calories est en couplage thermique avec le liquide diélectrique.
- [0022] Selon une autre variante, la portion de prélèvement de calories est en couplage thermique avec la première portion de la batterie au moyen de caloducs. Les caloducs peuvent avoir des formes diverses facilitant le contact thermique entre les cellules électrochimiques et la portion de prélèvement de calories de la première machine Stirling.
- [0023] Selon une option avantageuse, il peut être prévu un ventilateur pour provoquer une convection forcée au contact de la portion de rejet de calories. De préférence, il peut s'agir d'une convection par air pulsé, sans exclure toutefois une convection par un fluide liquide. Ceci améliore le transfert des calories vers l'air ambiant depuis la

portion de rejet de calories de la première machine Stirling.

- [0024] Selon une option, la première machine de type Stirling peut être d'un type choisi parmi les configurations de machine Stirling : Alpha, Beta, Gamma ou une machine Stirling à membranes. Selon la place disponible et l'encombrement nécessaire à l'implantation de la machine Stirling, on peut choisir l'un des trois types disponibles précités.
- [0025] Selon une option, la deuxième machine de type Stirling peut être d'un type choisi parmi les configurations de machine Stirling : Alpha, Beta, Gamma ou une machine Stirling à membranes. De manière similaire, selon la place disponible et l'encombrement nécessaire à l'implantation de la machine Stirling, on peut choisir l'un des trois types disponibles précités. On remarque qu'il n'est pas nécessaire que les deux machines Stirling soient de même type.
- [0026] Dans la pratique, on peut choisir un type Alpha pour la première machine Stirling et un type Gamma pour la deuxième machine Stirling.
- [0027] Selon une option, la première machine de type Stirling est choisie de type Alpha, avec un premier cylindre hébergeant le premier piston et délimitant une première chambre à volume variable, la première chambre faisant partie de la portion de prélèvement de calories, et avec un deuxième cylindre hébergeant le deuxième piston et délimitant une deuxième chambre à volume variable, la deuxième chambre faisant partie de la portion de rejet de calories. La machine de type Alpha est particulièrement bien adaptée au fonctionnement en machine à frigorigène du cycle Stirling.
- [0028] Selon une option, le deuxième volant est couplé mécaniquement au premier volant au moyen d'un réducteur ou d'un multiplicateur. On peut ainsi choisir d'avoir un régime de rotation différent entre les deux machines Stirling.
- [0029] Selon une option, le moteur électrique est couplé mécaniquement au premier volant au moyen d'un réducteur. Ainsi on peut utiliser un moteur de petite dimension qui va tourner en pratique plus vite que la vitesse de rotation de la première machine Stirling.
- [0030] L'invention sera davantage détaillée par la description de modes de réalisation non limitatifs, et sur la base des figures annexées illustrant des variantes de l'invention, dans lesquelles :
 - [Fig.1] illustre schématiquement un système de refroidissement d'une batterie de véhicules électriques à base de deux machines Stirling, l'une fonctionnant en machine frigorifique et l'autre en moteur, les machines Stirling étant de type Alpha ;
 - [Fig.2] illustre schématiquement un système de refroidissement d'une batterie de véhicules électriques à base de deux machines Stirling, l'une fonctionnant en machine frigorifique et l'autre en moteur, les machines Stirling étant de type Beta ;

- [Fig.3] illustre une variante de la [Fig.1], avec les éléments de la batterie dans une configuration immersive ;
- [Fig.4] illustre un exemple de solution de couplage mécanique entre le deuxième volant et le premier volant.

[0031] Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires. Pour des raisons de clarté de l'exposé, certains éléments ne sont pas nécessairement représentés à l'échelle.

[0032] Un véhicule hybride ou électrique comprend au moins une batterie BATT de types électrochimique capable de stocker une grande quantité d'énergie électrique et au moins un moteur de traction électrique.

[0033] On entend ici par batterie tout dispositif de stockage d'énergie électrique embarqué dans un véhicule électrique ou hybride, de type électrochimique (Ni-MH, Li-Ion, etc.) voire partiellement purement électrique (super condensateurs).

[0034] On s'intéresse ici en particulier aux batteries ayant une capacité de stockage d'énergie d'au moins 40 kW.

[0035] Dans la pratique, la batterie est un ensemble de cellules électrochimiques individuelles assemblées mécaniquement et électriquement pour former un module ou un pack de batterie. Il peut y avoir plusieurs sous-ensembles de modules de batterie disposés à des endroits différents, mais regroupés fonctionnellement du point de vue électrique. Selon un autre exemple, la batterie peut être toute entière logée dans le plancher du véhicule.

[0036] Le véhicule comporte des moyens de raccordement destinés à permettre une recharge rapide de la batterie à partir d'une source de courant externe. Pour des recharges de quelques centaines de kilowatts, il s'agit de recharge à courant continu disponible dans des stations de recharge publiques.

[0037] Le processus de recharge provoque, à l'intérieur de la batterie, un échauffement important au regard des courants mis en jeu. Le véhicule est par conséquent équipé d'un système de refroidissement conçu pour évacuer une grande quantité de calories qui se forme au cœur de la batterie pendant le processus de recharge, notamment par effet Joule.

[0038] Le système de refroidissement SR comprend une première machine de type Stirling MS1 configurée en machine frigorifique Stirling et une deuxième machine de type Stirling MS2 fonctionnant en moteur.

[0039] La première machine de type Stirling MS1 fonctionne en machine frigorifique Stirling. Son rôle est d'être l'acteur du prélèvement des calories en provenance de la batterie et de leur rejet dans l'air extérieur. Comme nous le verrons si après, il faut fournir un travail mécanique à cette première machine Stirling.

[0040] A l'inverse, la deuxième machine de type Stirling (MS2) fonctionne en moteur

Stirling, elle utilise des calories en provenance de la batterie pour former sa source chaude et l'air ambiant forme sa source froide.

- [0041] Dans le premier exemple présenté à la [Fig.1], les deux machines sont de type Stirling Alpha.
- [0042] Première machine
- [0043] La première machine Stirling MS1 comprend une portion de prélèvement de calories 21 en couplage thermique avec une première portion 81 de la batterie, et une portion de rejet de calories 22 configurée pour rejeter des calories dans l'environnement dans l'air ambiant.
- [0044] La première machine Stirling MS1 comprend un premier piston 71 monté coulissant dans un premier cylindre 11, un deuxième piston 72 monté coulissant dans un deuxième cylindre 12.
- [0045] La première machine Stirling MS1 comprend un volant moteur 31, baptisé premier volant, relié aux premier et deuxième pistons par un premier embiellage 41, détaillé plus loin.
- [0046] On remarque que l'un des cylindres est géométriquement décalé de 90° par rapport à l'autre cylindre ce qui permet de simplifier l'embiellage (maneton unique) nécessaire à l'embiellage.
- [0047] Cette disposition constructive reflète une des caractéristiques principales des machines Stirling, à savoir le décalage en quadrature d'un piston par rapport à l'autre.
- [0048] Le premier embiellage 41 est articulé à partir d'un maneton 49 attaché au volant 31. Une bielle intermédiaire 42 est attachée d'un côté au maneton 49 et de l'autre côté à une extrémité de tige 43 du premier piston 71. Une autre bielle intermédiaire 45 est attachée d'un côté au maneton 49 et de l'autre côté à une extrémité de tige 44 du deuxième piston 72.
- [0049] Le premier volant 31 est monté pivotant autour d'un axe X1 par rapport à un carter de machine.
- [0050] Le premier piston 71 délimite avec le premier cylindre 11 une première chambre à gaz **C1** au-dessus du piston. La première chambre à gaz présente à son extrémité supérieure un orifice. Cet orifice est fluidiquement relié par une conduite à un régénérateur 91, du côté de sa partie froide.
- [0051] De manière similaire, le deuxième piston 72 délimite avec le cylindre 12 une deuxième chambre à gaz C2 au-dessus du deuxième piston. Là aussi un orifice d'extrémité supérieure permet de relier fluidiquement la deuxième chambre à gaz C2 au régénérateur, du côté de sa partie chaude.
- [0052] Dans la première chambre C1, c'est le phénomène de détente qui est prépondérant alors que dans la deuxième chambre deuxième C2 c'est le phénomène de compression qui est prépondérant.

- [0053] Le flux thermique prélevé à la batterie par la portion de prélèvement est noté Q1. Le flux thermique rejeté dans l'air environnant par la portion de rejet de calories 22 est noté Q2.
- [0054] Il peut être prévu des ailettes 19 comme représenté schématiquement dans les figures pour améliorer les coefficients d'échange au niveau des portions de prélèvement et de rejet.
- [0055] Pour faire fonctionner cette machine en mode frigorifique, il faut fournir un travail mécanique sur le premier volant 31. À cette fin, il est prévu un couplage du volant 31 avec un moteur électrique M3.
- [0056] Le sens de rotation du volant est le sens inverse du cas où la machine fonctionne en moteur.
- [0057] La température moyenne T1 de la première chambre à gaz C1 est inférieure à la température moyenne T2 de la deuxième chambre à gaz C2.
- [0058] Le moteur électrique M3 est piloté par un calculateur en charge de superviser la recharge de la batterie du véhicule. La vitesse de rotation du volant 31 peut être comprise en quelques dizaines de tours par minute et quelques centaines de tours par minute en fonction des besoins d'évacuation de calories.
- [0059] Par exemple, le pilotage de M3 peut être tel que la température moyenne T1 sur la portion de prélèvement soit voisine de 0°C, sans descendre plus bas pour éviter la formation de glace.
- [0060] Le fluide utilisé dans la première machine Stirling peut-être de l'air, du CO₂, de l'éthanol, de l'hydrogène, de l'hélium, sans exclure d'autres gaz.
- [0061] Comme connu en soi et non décrit en détail ici, le régénérateur 91 échange de l'énergie avec le gaz qui y circule et ceci cycliquement et dans les deux directions. Il règne un gradient de température important à l'intérieur du régénérateur entre l'extrémité chaude et l'extrémité froide.
- [0062] Deuxième machine
- [0063] La deuxième machine de type Stirling MS2 fonctionne en moteur Stirling, avec comme source chaude une deuxième portion de la batterie couplée à une portion de réception de calories 23 de la deuxième machine de type Stirling. La source froide est formée par l'air ambiant couplé au niveau d'une portion de refroidissement 24 de la deuxième machine de type Stirling. La portion de réception de calories 23 de la deuxième machine est couplée thermiquement à une deuxième portion 82 de la batterie.
- [0064] De préférence, cette deuxième portion 82 de la batterie est éloignée de la première portion 81 de la batterie laquelle bénéficie du refroidissement procuré par la première machine Stirling.
- [0065] La deuxième machine Stirling MS2 comprend un troisième piston 73 monté

coulissant dans un troisième cylindre 13 et un quatrième piston 74 monté coulissant dans un quatrième cylindre 14.

- [0066] La deuxième machine Stirling MS2 comprend un volant moteur 32, baptisé deuxième volant, relié aux troisième et troisième pistons par un deuxième embiellage 42.
- [0067] Le deuxième embiellage 42 similaire ou identique au premier embiellage 41 et donc non décrit à nouveau ici par souci de concision.
- [0068] Là aussi les cylindres sont décalés de 90° l'un par rapport à l'autre, selon la configuration Alpha.
- [0069] Le deuxième volant 32 est couplé mécaniquement au premier volant 31 pour délivrer du travail reçu par le deuxième volant au premier volant.
- [0070] Le deuxième volant 32 est monté pivotant autour d'un axe X2 par rapport au carter de la machine.
- [0071] Le troisième piston 73 délimite avec le troisième cylindre 13 une troisième chambre à gaz C3 au-dessus du piston. La troisième chambre à gaz présente à son extrémité supérieure un orifice. Cet orifice est fluidiquement relié par une conduite à un régénérateur 92, du côté de sa partie chaude.
- [0072] De manière similaire, le quatrième piston 74 délimite avec le quatrième cylindre 14 une quatrième chambre à gaz C4 au-dessus du quatrième piston. Là aussi un orifice d'extrémité supérieure permet de relier fluidiquement la deuxième chambre à gaz au régénérateur du côté de sa partie froide.
- [0073] Dans la troisième chambre C3, c'est le phénomène de détente qui est prépondérant alors que dans la quatrième chambre C4, c'est le phénomène de compression qui est prépondérant. Par rapport à la première machine, le sens de rotation du deuxième volant 32 est inverse.
- [0074] Le flux thermique prélevé à la batterie par la portion de prélèvement 23 est noté Q3. Le flux thermique rejeté dans l'air environnant par la portion de rejet de calories 24 est noté Q4.
- [0075] La température moyenne T3 de la troisième chambre à gaz C3 est supérieure à la température moyenne T4 de la quatrième chambre à gaz C4.
- [0076] Pour améliorer les performances thermiques, il peut être prévu une plaque formant pont thermique, notée 8, en interface intime avec les cellules électrochimiques de la batterie.
- [0077] Selon une option, la plaque formant pont thermique 8 est agencée sous la batterie, i.e. les éléments électrochimiques de la batterie reposent sur ladite plaque 8.
- [0078] Du côté de la portion de rejet des calories, il peut être prévu un ventilateur 87 pour générer une convection forcée qui vient lécher les ailettes de la portion de rejet 22. Tout autre système favorisant les échanges thermiques pour prélever des calories

depuis la portion de rejet 22 peut également être utilisé.

[0079] Le régime de rotation du moteur électrique M3 peut être piloté par le calculateur BMS en charge de surveiller le processus de recharge.

[0080] Selon une option particulière, le ventilateur 87 est entraîné de façon proportionnelle par rapport au régime de rotation du moteur M3, le ventilateur peut être entraîné via un réducteur depuis l'arbre retour du moteur M3.

[0081] Variante à Stirling Beta

[0082] À la [Fig.2], est illustré un autre exemple de réalisation avec des machines Stirling de type Beta. Cette configuration est généralement plus compacte en termes d'encombrement géométrique.

[0083] Par rapport à la configuration Alpha décrite au-dessus, seuls les éléments différents seront exposés ci-après, les autres fonctions et caractéristiques étant supposées identiques ou similaires à celles des machines de type Alpha.

[0084] Ici aussi, la première machine de type Stirling MS1 fonctionne en machine frigorifique Stirling, prélevant un flux thermique Q_1 à la batterie et rejetant flux thermique Q_2 dans l'air ambiant. A l'inverse, la deuxième machine de type Stirling MS2 fonctionne en moteur Stirling, elle utilise des calories en provenance de la batterie pour former sa source chaude et sa et l'air ambiant forme sa source froide.

[0085] Selon cette configuration, les chambres C1 et C2 se trouvent dans un seul et même cylindre 15.

[0086] Dans le premier cylindre 15, le premier piston 75 se trouve au-dessus du deuxième piston 76. La tige du premier piston passe au travers du deuxième piston avec en joint d'étanchéité à cet endroit.

[0087] Selon cette configuration, les chambres C3 et C4 se trouvent dans un seul et même cylindre 16.

[0088] Dans le deuxième cylindre 16, le troisième piston 77 se trouve au-dessus du piston 78. La tige du troisième piston passe au travers du deuxième piston avec quatrième avec en joint d'étanchéité à cet endroit.

[0089] Chaque volant moteur 31 32, est équipé de deux manetons, les deux manetons 36 37 sont décalés angulairement de 90° , ce qui produit le résultat d'avoir des mouvements respectifs de piston en quadrature.

[0090] Autres caractéristiques

[0091] Avantagusement selon la présente invention, il est prévu un couplage mécanique 9 entre le deuxième volant 32 et le premier volant 31 afin de réinjecter le travail récupéré par la deuxième machine Stirling MS2 dans la première machine Stirling MS1. De cette manière, on soulage le moteur électrique M3 qui n'a plus qu'à fournir une partie du travail nécessaire au fonctionnement de la première machine en cycle frigorifique.

[0092] Le couplage mécanique 9 entre le deuxième volant et le premier volant peut être

direct ou indirect.

- [0093] Dans un exemple, les axes X1 et X2 peuvent être confondus. Toutefois en pratique, on prévoit un arbre de liaison avec le cas échéant renvoi(s) d'angle.
- [0094] Par exemple, comme illustré schématiquement à la [Fig.4], le couplage mécanique peut faire intervenir un étage de réduction 92, ou à l'inverse un étage de multiplication, via un train d'engrenages. On peut avoir besoin en effet de régimes de rotation différent entre la première machine et la deuxième machine, de façon à optimiser la récupération énergétique de la deuxième machine MS2 vers la première machine MS1.
- [0095] Selon une variante de réalisation présentée à la [Fig.3], les cellules électrochimiques de la batterie sont immergées au moins en partie dans un liquide diélectrique 3. La portion de prélèvement de calories 21 de la première machine MS1 est en couplage thermique avec le liquide diélectrique 3. Avantageusement, le liquide s'immisce partout dans les intervalles entre les cellules électrochimiques et il y capte des calories. De plus, le liquide diélectrique 3 permet également une bonne conduction des calories vers la source chaude de la deuxième machine MS2, à savoir ici la portion de réception de calories 23 de la deuxième machine de type Stirling.
- [0096] Il peut être prévu un agitateur ou un circulateur pour homogénéiser la température à l'intérieur du liquide diélectrique. La solution du liquide diélectrique permet d'homogénéiser efficacement la température prévalent dans les cellules électrochimiques de la batterie.
- [0097] Selon une autre variante de réalisation, on fait appel à des caloducs, la portion de prélèvement de calories 21 est alors en couplage thermique avec la première portion de la batterie au moyen desdits caloducs. Les caloducs peuvent avoir des formes diverses facilitant le contact thermique entre les cellules électrochimiques et la portion de prélèvement de calories de la première machine Stirling. Les caloducs peuvent être passifs (à capillarité) ou des thermosiphons (utilisant la gravité).
- [0098] On remarque que les quantités de flux thermique Q1 et Q2 sont généralement supérieures aux quantités de flux thermique Q3 et Q4.
- [0099] Tout système d'échange thermique qui permet de faire transiter au mieux les flux thermiques Q1, Q2, Q3, Q4 peut être utilisé, soit un système d'ailettes comme représenté aux figures, soit tout autre système.
- [0100] Selon un exemple non limitatif, la température moyenne de la batterie pendant une recharge rapide peut être voisine de 75°C, la température T1 moyenne voisine de 5°C, la température T2 moyenne voisine de 80°C, la température T3 moyenne voisine de 65°C et la température T4 moyenne voisine de 20°C (température ambiante).
- [0101] En lieu et place des types Alpha ou Beta, les machines Stirling pourraient être également des machines de type Gamma (non représenté aux figures) ou des machines Stirling à membranes.

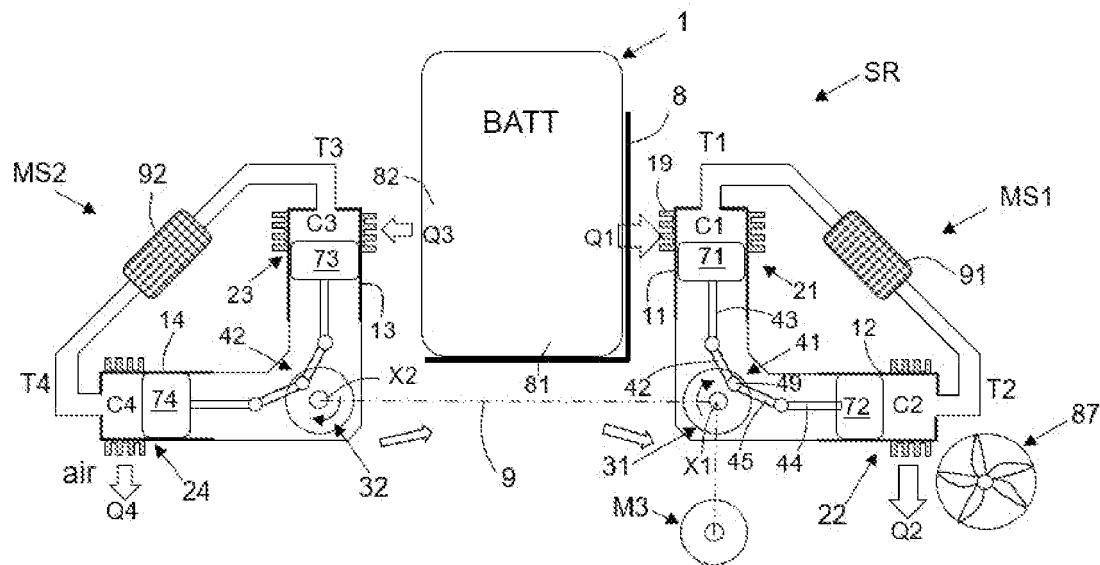
[0102] On relève que les machines Stirling font preuve de discrétion, leur silence de fonctionnement est un avantage pour éviter d'inquiéter un utilisateur du véhicule pendant que la recharge rapide se produit.

Revendications

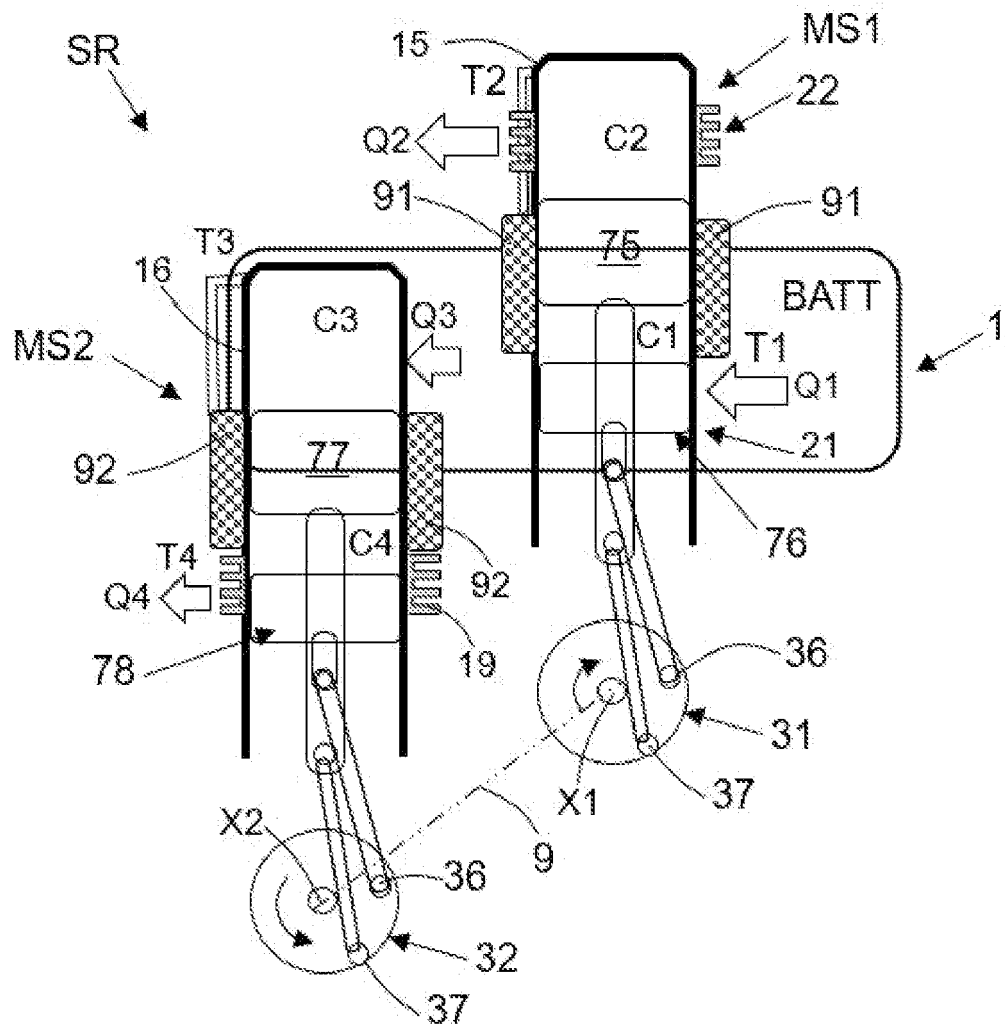
- [Revendication 1] Véhicule automobile à traction électrique comprenant une batterie (1) de type électrochimique à stockage d'énergie électrique, des moyens de raccordement destinés à permettre une recharge de la batterie à partir d'une source de courant externe, un système de refroidissement (SR) pour refroidir la batterie, au moins durant la recharge à partir de la source de courant externe, le système de refroidissement comprenant une première machine de type Stirling (MS1) configurée en machine frigorifique Stirling, la première machine comprenant :
- une portion de prélèvement de calories (21) en couplage thermique avec une première portion de la batterie (81),
 - une portion de rejet de calories (22) configurée pour rejeter des calories dans l'environnement dans l'air ambiant,
 - un premier piston (71), un deuxième piston (72) et un premier volant (31) relié aux premier et deuxième pistons par un premier embiellage (41), dans lequel un travail est fourni au premier volant au moins en partie par un moteur électrique (M3),
- caractérisé en ce que le système de refroidissement comprend une deuxième machine de type Stirling (MS2) configurée en moteur Stirling, avec comme source chaude une deuxième portion de la batterie (82) couplée à une portion de réception de calories (23) de la deuxième machine de type Stirling, et comme source froide l'air ambiant couplé à une portion de refroidissement (24) de la deuxième machine de type Stirling, avec un troisième piston (73), un quatrième piston (74) et un deuxième volant (32) relié aux troisième et quatrième pistons par un deuxième embiellage (42), et en ce que le deuxième volant (32) est couplé mécaniquement au premier volant (31) pour délivrer du travail reçu par le deuxième volant au premier volant.
- [Revendication 2] Véhicule automobile selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu une plaque formant pont thermique (8) pour collecter les calories générées dans la batterie la plaque formant pont thermique étant reliée thermiquement à la portion de prélèvement de calories (21) de la première machine Stirling.
- [Revendication 3] Véhicule automobile selon la revendication 2, ledit véhicule automobile présentant un repère dans l'espace comprenant un axe longitudinal (X) suivant une direction de déplacement dudit véhicule automobile, un axe transversal (Y) perpendiculaire à l'axe longitudinal (X), et un axe

- vertical (Z) perpendiculaire à l'axe longitudinal (X) et à l'axe transversal (Y), l'axe vertical étant dirigé de bas en haut, caractérisé en ce que la plaque formant pont thermique (8) est agencée sous la batterie.
- [Revendication 4] Véhicule automobile selon la revendication 1, caractérisé en ce que la batterie est au moins en partie immergée dans un liquide diélectrique (3) et la portion de prélèvement de calories est en couplage thermique avec le liquide diélectrique.
- [Revendication 5] Véhicule automobile selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion de prélèvement de calories (21) est en couplage thermique avec la première portion de la batterie au moyen de caloducs.
- [Revendication 6] Véhicule automobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un ventilateur (87) pour provoquer une convection forcée au contact de la portion de rejet de calories.
- [Revendication 7] Véhicule automobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la première machine de type Stirling (MS1) est d'un type choisi parmi les configurations de machine Stirling : Alpha, Beta, Gamma ou une machine Stirling à membranes.
- [Revendication 8] Véhicule automobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la deuxième machine de type Stirling (MS2) est d'un type choisi parmi les configurations de machine Stirling : Alpha, Beta, Gamma ou une machine Stirling à membranes.
- [Revendication 9] Véhicule automobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la première machine de type Stirling (MS1) est de type Alpha, avec un premier cylindre (11) hébergeant le premier piston et délimitant une première chambre (C1) à volume variable, la première chambre faisant partie de la portion de prélèvement de calories (21), et avec un deuxième cylindre (12) hébergeant le deuxième piston et délimitant une deuxième chambre (C2) à volume variable, la deuxième chambre faisant partie de la portion de rejet de calories (22).
- [Revendication 10] Véhicule automobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le deuxième volant (32) est couplé mécaniquement au premier volant (31) au moyen d'un réducteur ou d'un multiplicateur.

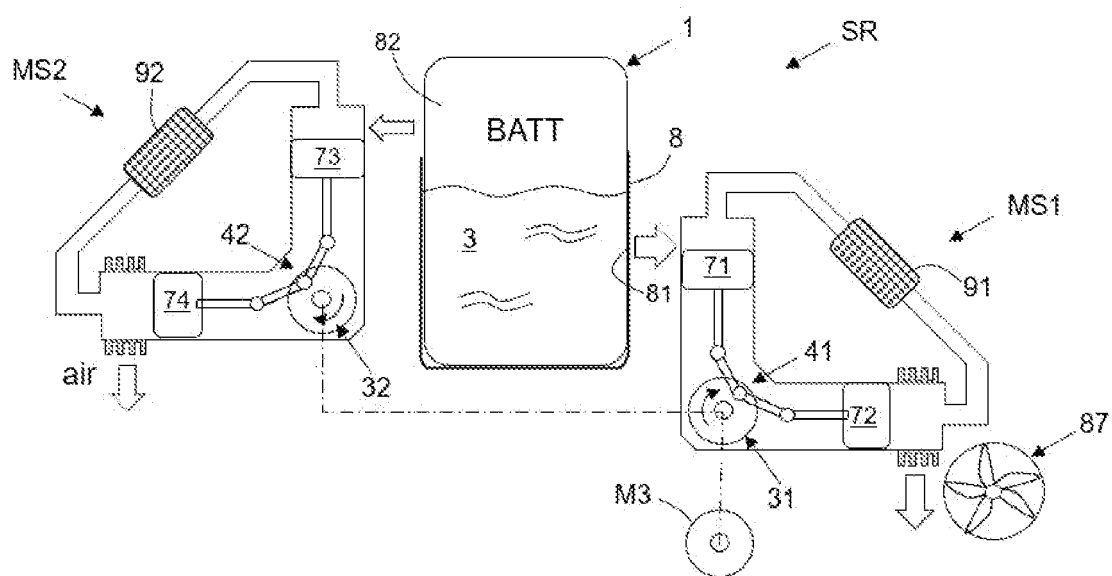
[Fig. 1]



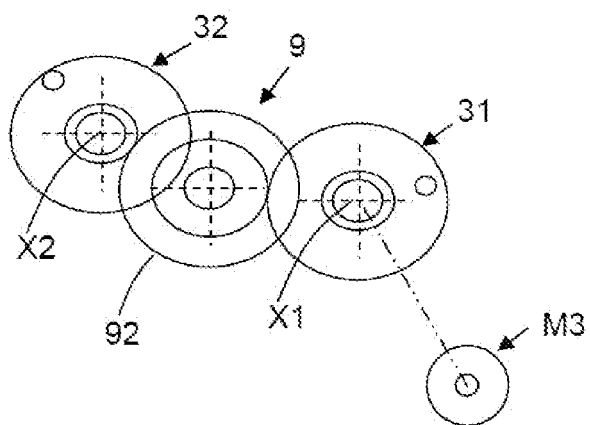
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

CN 110 311 070 A (SHANGHAI XINCAI TECH CO
LTD) 8 octobre 2019 (2019-10-08)

FR 3 076 086 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE
ATOMIQUE [FR]; SAFRAN POWER UNITS [FR])
28 juin 2019 (2019-06-28)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT