

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Système thermique pour véhicule automobile.

②② Date de dépôt : 21.12.22.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *RENAULT s.a.s Société par actions
simplifiée — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.06.24 Bulletin 24/26.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.12.24 Bulletin 24/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : GERARD David et LIBERT Cedric.

⑦③ Titulaire(s) : *RENAULT s.a.s Société par actions
simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : NOVAIMO.



Description

Titre de l'invention : Système thermique pour véhicule automobile.

- [0001] L'invention concerne un système thermique pour véhicule automobile. L'invention concerne également un procédé de gestion thermique d'un véhicule automobile. L'invention concerne de plus un véhicule automobile équipé d'un système thermique.
- [0002] Les moteurs utilisant l'hydrogène comme source d'énergie sont principalement de deux types. Un premier type consiste à utiliser l'hydrogène dans une pile à combustible alimentant un moteur électrique. Un deuxième type consiste à utiliser l'hydrogène comme carburant dans un moteur à combustion interne. Le premier et le deuxième type de moteur présentent tous deux des avantages.
- [0003] Les avantages d'un moteur du premier type comprennent en particulier un rendement très élevé lors d'un usage du véhicule à faible puissance, et l'absence d'émission polluante réglementée lors de l'utilisation d'un moteur électrique.
- [0004] Les avantages d'un moteur du deuxième type portent sur la possibilité de générer de fortes puissances avec un rendement important. En revanche, le moteur à combustion interne produit des polluants réglementés en faible quantité.
- [0005] On connaît du brevet US6899062B2 un système combinant les deux types de moteurs et mettant en œuvre un circuit de refroidissement partagé entre les premier et deuxième types de moteur. Toutefois cette solution de gestion thermique n'est pas optimale.
- [0006] Le but de l'invention est de fournir un système thermique remédiant aux inconvénients ci-dessus et améliorant les systèmes connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention permet de réaliser un système thermique qui soit fiable et efficace, qui permette de simplifier la gestion thermique des deux types de moteurs tout en optimisant les conditions d'utilisation de chaque type de moteur.
- [0007] A cet effet, l'invention porte sur un système thermique pour un véhicule automobile, le véhicule étant équipé d'un moteur électrique et d'un moteur à combustion interne, comprenant une pile à combustible apte à alimenter le moteur électrique, un système de post-traitement des gaz d'échappement du moteur à combustion et un circuit comprenant un premier ensemble de conduits, le premier ensemble de conduits étant agencé pour permettre une première circulation d'un fluide caloporteur de la pile à combustible vers le système de post-traitement.
- [0008] Dans un mode de réalisation, le système thermique comprend un premier échangeur thermique comprenant un point d'entrée du fluide dans le premier échangeur thermique et un point de sortie du fluide hors du premier échangeur thermique.
- De plus, le circuit, dont le premier ensemble de conduits relie un premier point situé à proximité de la pile à combustible et un deuxième point situé à proximité du système

de post-traitement, comprend également :

- un deuxième ensemble de conduits reliant le point de sortie et le premier point, le deuxième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une deuxième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement de la pile et/ou,
- un troisième ensemble de conduits reliant le point de sortie et un troisième point, situé à proximité du moteur à combustion, le troisième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une troisième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur à combustion et/ou,
- un quatrième ensemble de conduits reliant le point de sortie et un quatrième point, situé à proximité du moteur à électrique, le quatrième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une quatrième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur électrique.

[0009] Dans un mode de réalisation, le circuit comprend en outre :

- un cinquième ensemble de conduits reliant le premier point et le troisième point, le cinquième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une cinquième circulation de fluide caloporteur de la pile vers le moteur à combustion, et/ou
- un sixième ensemble de conduits reliant le troisième point et le premier point, le sixième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une sixième circulation de fluide caloporteur du moteur à combustion vers la pile, et/ou
- un septième ensemble de conduits reliant le deuxième point et le premier point, le septième ensemble de conduits étant agencé pour permettre une septième circulation de fluide caloporteur du système de post-traitement vers la pile.

[0010] Dans un mode de réalisation, le combustible utilisé par la pile est du dihydrogène, et/ou la pile est de type à membrane échangeuse de protons, et/ou la pile est de type à membrane échangeuse de protons à haute température.

[0011] Dans un mode de réalisation, le fluide caloporteur est un fluide caloporteur synthétique en phase liquide et/ou le fluide caloporteur est efficace sur une plage de températures d'étendue supérieure ou égale à 100 degrés, voire supérieure ou égale à 200 degrés, notamment sur une plage de températures de -40°C à 200°C, voire sur une plage de températures de -85°C à 260°C.

[0012] Dans un mode de réalisation, le système de post-traitement comprend une portion de conduit d'écoulement des gaz d'échappement contenant un catalyseur et le circuit comprend un deuxième échangeur thermique pour une mise en œuvre d'un transfert de chaleur entre un fluide caloporteur circulant dans le deuxième échangeur thermique et la portion de conduit. De plus, la portion de conduit et une surface d'échange thermique du deuxième échangeur thermique sont de forme cylindrique, et la surface d'échange thermique entoure la portion de conduit.

En complément ou alternativement, le fluide caloporteur circule dans une direction

opposée à une direction d'écoulement des gaz d'échappement dans la portion de conduit.

[0013] L'invention porte en outre sur un procédé de gestion thermique d'un véhicule automobile équipé d'une pile à combustible, d'un moteur électrique, d'un moteur à combustion, d'un système de post-traitement des gaz d'échappement du moteur à combustion, et d'un système thermique selon l'invention comprenant une itération des étapes suivantes :

- une première étape de gestion thermique d'une phase de fonctionnement de la pile et du moteur électrique, puis
 - une deuxième étape d'anticipation d'un démarrage prochain du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis
 - une troisième étape de gestion thermique d'une phase de fonctionnement du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis
 - une quatrième étape d'anticipation d'un démarrage prochain de la pile,
- et la deuxième étape comprend une mise en œuvre de la première circulation de fluide caloporteur et, optionnellement, une mise en œuvre de la cinquième circulation de fluide caloporteur.

[0014] Dans un mode de réalisation du procédé de gestion thermique :

- la première étape et la deuxième étape comprennent une mise en œuvre de la deuxième circulation et de la quatrième circulation de fluide caloporteur, et/ou
- la troisième étape et la quatrième étape comprennent une mise en œuvre de la troisième circulation de fluide caloporteur, et/ou
- la quatrième étape comprend une mise en œuvre de la sixième circulation et/ou de la septième circulation de fluide caloporteur.

[0015] L'invention porte en outre sur système de gestion thermique selon l'invention, le système comprenant des éléments matériels et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé selon l'invention, notamment des éléments matériels et/ou logiciels conçus pour mettre en œuvre un procédé selon l'invention.

[0016] L'invention porte également sur un véhicule automobile équipé d'un système thermique de gestion thermique selon l'invention.

[0017] Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode de réalisation particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

[0018] La [Fig.1] représente schématiquement un véhicule automobile équipé système thermique selon un mode de réalisation de l'invention.

[0019] La [Fig.2] représente un véhicule équipé d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible et d'un moteur thermique à hydrogène.

[0020] La [Fig.3] illustre un premier mode de réalisation d'un système thermique selon

l'invention.

- [0021] La [Fig.4] est une vue en perspective d'un mode de réalisation d'un échangeur thermique pour un système de post-traitement.
- [0022] La [Fig.5] représente un système de post-traitement équipé d'un échangeur thermique pour un système de post-traitement.
- [0023] La [Fig.6] illustre un deuxième mode de réalisation d'un circuit thermique selon l'invention.
- [0024] La [Fig.7] illustre un troisième mode de réalisation d'un circuit thermique selon l'invention.
- [0025] Un mode de réalisation d'un véhicule automobile 100 selon l'invention est décrit ci-après en référence aux figures 1 et 2. Le véhicule automobile 100 est un véhicule automobile de toute type, notamment un véhicule de tourisme ou un véhicule utilitaire. Le véhicule automobile 100 est un véhicule à hydrogène, c'est à dire un véhicule utilisant pour se déplacer une énergie issue de l'oxydation de l'hydrogène.
- [0026] Dans un mode de réalisation plus spécifiquement décrit dans ce document, le véhicule automobile 100 est un véhicule hybride comprenant à la fois un premier moteur à combustion interne 10 fonctionnant à l'hydrogène et un deuxième moteur électrique 20 alimenté à partir d'une énergie électrique issue d'une pile à combustible 30 alimentée en hydrogène. Dans la suite du document, le premier moteur 10 est appelé moteur à combustion 10 ou moteur thermique 10.
- [0027] Dans la suite du document, on définit un système thermique 70 prenant en charge la gestion thermique des premier et deuxième moteurs du véhicule automobile 100. Le système thermique 70 comprend les premier et deuxième moteurs 10, 20 et la pile 30.
- [0028] Pour son fonctionnement, la pile à combustible 30 doit être associée à une batterie 14 à haute tension, et à deux convertisseurs 15, 16. La batterie 14 fournit de l'énergie au moteur électrique dans des situations spécifiques, par exemple dans une phase de démarrage du moteur électrique, lorsque la pile n'a pas encore atteint sa température de fonctionnement optimale. La batterie 14 permet en outre de fournir très rapidement une forte puissance dans une phase transitoire de conduite.
- [0029] Selon un mode de réalisation, la pile à combustible 30 comprend trois éléments : une anode oxydante qui émet des électrons, une cathode réductrice qui collecte des électrons et un électrolyte qui les sépare. Un réservoir approvisionne les deux électrodes en combustible, l'anode recevant de l'hydrogène et la cathode de l'oxygène. L'anode oxyde le combustible, puis libère des électrons que l'électrolyte va forcer à passer par un circuit externe. Celui-ci génère un courant électrique continu. Ce processus est appelé "oxydation". De son côté, l'oxygène présent dans la cathode va réagir au contact des électrons libérés par la réaction décrite précédemment. Il s'agit d'une "réduction" qui produit de la chaleur et de l'eau.

- [0030] Afin de permettre au premier et au deuxième moteurs de fonctionner, le système thermique 70 inclut en outre :
- un système de stockage de l'hydrogène 40 comprenant une interface pour son remplissage et permettant d'alimenter en hydrogène le moteur à combustion 10 et la pile à combustible 30,
 - un axe de transmission 50 relié au premier et au deuxième moteur 10, 20 et transmettant un mouvement de rotation aux roues du véhicule automobile 100,
 - un système de post-traitement 60 des gaz d'échappement du premier moteur 10.
- [0031] Le système de post-traitement 60 a pour rôle de traiter les oxydes d'azote générés par le moteur thermique 10 lors de la combustion de l'hydrogène. Le système de post-traitement permet de générer des molécules de diazotes à partir des oxydes d'azote.
- [0032] Le système thermique 70, comprenant un circuit thermique 71 selon l'invention, le circuit thermique 71 permettant de gérer
- d'une part le refroidissement de la pile à combustible 30 et du premier moteur 10, et
 - d'autre part le réchauffement du système de post-traitement 60.
- [0033] En outre, durant une période de temps précédant une transition entre une phase de conduite utilisant le moteur thermique et une phase de conduite utilisant le moteur électrique, le circuit thermique 71 peut permettre d'utiliser la chaleur générée par le moteur thermique et/ou le système de post-combustion pour réchauffer la pile 30 pour l'amener à une température proche de sa température de fonctionnement, par exemple une température proche de 100 degrés.
- [0034] De plus, durant une période de temps précédant une phase de conduite utilisant le moteur électrique et une phase de conduite utilisant le moteur thermique, le circuit thermique 71 peut permettre de réchauffer le système de post-traitement et/ou le moteur thermique pour l'amener à une température proche de sa température de fonctionnement, par exemple une température proche de 100 degrés.
- [0035] Dans les différents modes de réalisations représentés par les figures 3 à 5, le circuit thermique 71 comprend,
- un premier ensemble de conduits 101 reliant un premier point A situé à proximité de la pile à combustible et un deuxième point B situé à proximité du système de post-traitement 60,
 - un échangeur thermique 72 présentant une entrée 721 et une sortie 722 pour le fluide caloporteur,
 - une première pompe 73 placée en aval de la sortie 722, générant une circulation d'un fluide caloporteur refroidi vers une vanne à trois voies 731, permettant d'orienter le fluide caloporteur vers la pile et/ou le moteur thermique et/ou le moteur électrique pour leur refroidissement,
 - une deuxième pompe 74 placée en amont de l'entrée 721, générant une circulation

d'un fluide caloporteur réchauffé par un passage à proximité du moteur thermique et/ou à proximité du système de post-traitement 60 et/ou à proximité de la pile en fonctionnement.

- [0036] La mise en œuvre, par le circuit thermique 71, d'un refroidissement ou d'un réchauffement d'un élément donné du système thermique 40 (l'élément donné pouvant être, par exemple, la pile à combustible ou le système de post-traitement 60) nécessite qu'une portion du circuit thermique 71 soit disposée à une faible distance dudit élément donné. En d'autres termes, une portion du circuit thermique 71 doit circuler à une distance suffisamment faible dudit élément donné pour permettre un transfert thermique entre la portion de circuit thermique et ledit élément donné.
- [0037] Dans la suite du document, l'expression « le point X est à proximité de l'élément Y » doit être interprétée comme signifiant « le point X est à une distance suffisamment faible de l'élément Y pour permettre un transfert thermique entre un fluide caloporteur circulant au point X et l'élément Y ».
- [0038] Par exemple, l'expression « un premier point A situé à proximité de la pile à combustible » doit être interprétée comme « un premier point A situé à une distance suffisamment faible de la pile à combustible pour permettre un transfert thermique entre un fluide caloporteur circulant au point A et la pile à combustible. »
- [0039] L'expression « à proximité de » peut également être utilisée pour situer une portion du circuit thermique 71 à une distance suffisamment faible d'un élément donné pour permettre un transfert thermique entre ladite portion du circuit thermique 71 et l'élément donné.
- [0040] Dans la suite du document, les expressions « point A », « point B », « point C », ou « point D » sont utilisées pour désigner une portion du circuit 71 se trouvant à proximité d'un élément à refroidir ou à réchauffer. Par exemple, le terme « point A » désigne une portion de circuit 71 se trouvant à proximité de la pile 30. Selon le contexte dans lequel il est utilisé, le terme « point A » peut désigner soit une zone en amont de la pile 30 relativement au sens de circulation du fluide caloporteur, soit une zone en aval de la pile 30 relativement au sens de circulation du fluide caloporteur.
- [0041] Le circuit 71 comprend en une première vanne de coupure 732 disposée sur une portion de circuit d'arrivée de fluide caloporteur froid à proximité du système de post-traitement 60. La première vanne de coupure 732 offre la possibilité de refroidir le moteur thermique 10 sans refroidir le système de post-traitement 60.
- [0042] Dans un mode de réalisation présenté plus loin en référence à la [Fig.7], le circuit 71 comprend en outre une deuxième vanne de coupure 733
- [0043] Ainsi, le circuit thermique 71 comprend un premier ensemble de conduits 101 agencé pour permettre une première circulation d'un fluide caloporteur entre un premier point A situé à proximité de la pile à combustible et un deuxième point B situé à proximité

du système de post-traitement 60, de sorte à mettre en œuvre un transfert de chaleur de la pile à combustible 30 vers le système de post-traitement 60.

- [0044] En d'autres termes, premier ensemble de conduits 101 permet de réchauffer le système de post-traitement 60 à partir de la chaleur générée par la pile 30. La première circulation est particulièrement avantageuse dans un intervalle de temps précédent une transition entre une phase de fonctionnement du moteur électrique 20, et une phase de fonctionnement du moteur thermique 10, nécessitant le démarrage du système de post-traitement 60. Ainsi, au moment de son démarrage, le système de post-traitement 60 aura été préchauffé par la mise en œuvre de la première circulation.
- [0045] La faisabilité et l'efficacité d'un tel préchauffage du système de post-traitement 60 requiert une adéquation entre la température du fluide caloporteur et une température optimale pour le fonctionnement du système post-traitement 60.
- [0046] Or la température du fluide caloporteur dépend notamment de la température de fonctionnement de la pile 30. En particulier, une pile de type à membrane échangeuse de protons peut réchauffer le fluide caloporteur à une température d'environ 100 degrés, ce qui permet au système de post-traitement 60 d'atteindre cette température avant son démarrage, et ce grâce à la mise en œuvre de la première circulation 101.
- [0047] La température de 100 degrés ainsi atteinte par le système de post-traitement 60 se situe en dessous de la température minimale à partir de laquelle il peut fonctionner, qui se situe généralement autour de 200 degrés. C'est le cas notamment pour les systèmes de post-traitement utilisant une technologie de catalyse dite « à réduction catalytique sélective ». Cette technologie, qui est la plus adaptée pour neutraliser les molécules d'oxyde d'azote émises par le moteur à combustion 10, est efficace dès que le catalyseur atteint une température située au-dessus de 200 ou 225 degrés.
- [0048] Le préchauffage du système de post-traitement permet de réduire le temps de montée en température du système de post-traitement 60 jusqu'à la température minimale de fonctionnement du catalyseur, et donc de réduire la quantité de molécules d'oxyde d'azote émises entre un instant de démarrage du moteur à combustion 10 et un instant où le catalyseur atteint une température optimale de fonctionnement. Dans le cas d'un système de post-traitement assisté électriquement par exemple, le préchauffage du système de post-traitement permet en outre de réduire l'énergie électrique nécessaire pour amener le système de post-traitement 60 jusqu'à sa température minimale de fonctionnement.
- [0049] Alternativement, un deuxième type de pile à membrane échangeuse de protons dite « à haute température » peut réchauffer le fluide caloporteur à une température d'environ 200 degrés. Dans ce cas, le préchauffage du système de post-traitement 60 est particulièrement avantageux, car il permet au catalyseur d'atteindre sa température de fonctionnement optimal avant l'instant de démarrage du moteur à combustion 10.

- [0050] Le choix du fluide caloporteur doit être fait en fonction d'une plage de température de fonctionnement des différents composants destinés à être refroidis ou réchauffés par le circuit thermique 71. Un tel choix influence l'efficacité d'un transfert de température entre une source de chaleur (la pile 30, dans le cas de la première circulation) et un élément à réchauffer (le système de post-traitement 60, dans le cas de la première circulation). Certains fluides présentent des plages de fonctionnement très larges. Notamment, certains fluides caloporteurs en phase liquide synthétique présentent d'excellentes propriétés de transfert de chaleur sur une large plage de températures. Ils sont ainsi très avantageux pour des applications exigeant des plages de refroidissement et de chauffage efficaces et offrent d'excellents taux de transfert de chaleur, même à -45 ° C, leur plage de température d'utilisation recommandée se situant entre -85°C et 260°C.
- [0051] La [Fig.3] représente un premier mode de réalisation d'un circuit 71, dans lequel la pile 30, le moteur à combustion 10 et le système de post-traitement 60 sont reliés au circuit 71, alors que le moteur électrique 20 n'est pas relié au circuit 71.
- [0052] La [Fig.6] représente un deuxième mode de réalisation d'un circuit 71, dans lequel la pile 30, le moteur électrique 20, le moteur à combustion 10 et le système de post-traitement 60 sont reliés au circuit 71.
- [0053] La [Fig.7] représente un troisième mode de réalisation d'un circuit 71, qui est une variante du premier mode de réalisation, dans laquelle un système de purge 734 du fluide caloporteur et une deuxième vanne de coupure 733 ont été ajoutés, dans la partie du circuit de refroidissement relative au système post-traitement 60. Le système de purge 734 permet de vidanger le liquide caloporteur en contact avec le système de post-traitement lorsque celui-ci se situe à une température très élevée, par exemple lors de phases où il a atteint sa température de fonctionnement.
- [0054] Dans un mode de réalisation avantageux du système thermique 70, le circuit 71 comprend en outre un deuxième échangeur thermique 75 destiné à favoriser un transfert de chaleur entre le fluide caloporteur et une portion de conduit du système de post-traitement contenant un catalyseur. A cet effet, le deuxième échangeur thermique présente une surface d'échange thermique 754 avec la première portion de conduit.
- [0055] Les figures 4 et 5 illustrent un mode de réalisation d'un deuxième échangeur thermique 75. La [Fig.5] représente un système d'échappement 90 comprenant un système de post-traitement 60 disposé en amont d'un conduit d'échappement 80, relativement à un sens de circulation 759 des gaz d'échappement. Le deuxième échangeur thermique 75 est disposé à proximité de la portion de conduit du système de post-traitement contenant un catalyseur.
- [0056] Dans le mode de réalisation présenté, la portion de conduit et la surface d'échange thermique 754 du deuxième échangeur 75 sont de forme cylindrique. Avanta-

geusement, la portion de conduit cylindrique est disposée à l'intérieur du cylindre formé par la surface d'échange thermique 754, de sorte que la surface d'échange thermique 754 entoure la portion de conduit.

- [0057] Le fluide caloporteur du circuit 71 circule dans le deuxième échangeur thermique 75, entre un point d'entrée 751 du deuxième échangeur thermique 75 et un point de sortie 752 du deuxième échangeur thermique 75, dans un espace délimité par une surface extérieure 753 et une surface intérieure 754 du deuxième échangeur thermique 75. La surface intérieure 754 joue un rôle de surface d'échange thermique avec la première portion de conduit, notamment elle met en œuvre un transfert de chaleur entre un fluide caloporteur circulant dans le deuxième échangeur thermique 75 et la première portion de conduit.
- [0058] Dans un mode de réalisation, le point d'entrée 751 du deuxième échangeur thermique 75 et le point de sortie 752 du deuxième échangeur thermique 75 sont disposés de sorte que le fluide caloporteur s'écoule dans une direction opposée à une direction d'écoulement des gaz d'échappement.
- [0059] De plus, le circuit thermique 71 fournit des moyens de mise en œuvre différentes circulations de fluide caloporteur destinées à refroidir des composants, notamment destinées à refroidir le moteur électrique 20, le moteur à combustion 10 et la pile 30 durant leur fonctionnement.
- [0060] Ainsi, le circuit 71 comprend
 - un deuxième ensemble de conduits 102 reliant le point de sortie 722 du premier échangeur 72 et le premier point A, le deuxième ensemble de conduits 102 étant agencé pour permettre une deuxième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement de la pile 30 et/ou,
 - un troisième ensemble de conduits 103 reliant le point de sortie 722 du premier échangeur 72 et un troisième point C, situé à proximité du moteur à combustion 10, le troisième ensemble de conduits 103 étant agencé pour permettre une troisième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur à combustion 10.
- [0061] De plus, dans un mode de réalisation représenté par la [Fig.6], le véhicule automobile 100 est en outre équipé d'un moteur électrique 20, et le circuit thermique 71 comprend un quatrième ensemble de conduits 104 reliant le point de sortie 722 et un quatrième point D, situé à proximité du moteur à électrique 20, le quatrième ensemble de conduits 104 étant agencé pour permettre une quatrième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur électrique 20.
- [0062] En outre, d'autres circulations de fluide sont envisageables, notamment durant un intervalle de temps précédant un démarrage de l'un des deux moteurs.
- [0063] Ainsi, outre le premier ensemble de conduits 101 précédemment décrit, le circuit 71 comprend avantageusement d'autres moyens de préchauffage d'un des moteurs 10 ou

20, ou de la pile, parmi lesquels :

- un cinquième ensemble de conduits 105 reliant le premier point A et le troisième point C, le cinquième ensemble de conduits 105 étant agencé pour permettre une cinquième circulation de fluide caloporteur de la pile 30 vers le moteur à combustion 10, et/ou
- un sixième ensemble de conduits 106 reliant le troisième point C et le premier point A, le sixième ensemble de conduits 106 étant agencé pour permettre une sixième circulation de fluide caloporteur du moteur à combustion 10 vers la pile 30, et/ou
- un septième ensemble de conduits 107 reliant le deuxième point B et le premier point A, le septième ensemble de conduits 107 étant agencé pour permettre une septième circulation de fluide caloporteur du système de post-traitement 60 vers la pile 30.

[0064] Pour mettre en œuvre un préchauffage d'un des moteurs 10 ou 20, ou de la pile, le système thermique 70 comprend avantageusement un moyen de détection d'une prochaine alternance entre un usage du moteur à combustion et un usage du moteur électrique.

[0065] Dans un mode de réalisation,

- un premier sous-système 110 comprenant la pile 30 et le moteur électrique 20 est piloté par un premier contrôleur numérique 111, et
- un deuxième sous-système 120 comprenant le moteur à combustion 10 et le système post-traitement 60 est piloté par un deuxième contrôleur numérique 121.

[0066] Les premier et deuxième contrôleurs numériques 111, 121 sont pilotés par un contrôleur central 131 qui gère les lois de gestion d'énergie du véhicule. La détection d'un besoin prochain de démarrer l'un des premier ou deuxième sous-systèmes 110, 120 (par exemple pour optimiser la consommation) s'effectue au niveau du contrôleur central 131. Cette information est ensuite transmise à au moins l'un des premier et deuxième contrôleurs numériques 111, 121. Le contrôleur numérique 111, 121 du système démarrant prochainement commande le démarrage du préchauffage dudit système.

[0067] Dans ce mode de réalisation, le système thermique 70 peut communiquer avec les contrôleurs numériques 111, 121 afin de détecter une prochaine alternance entre un usage du moteur à combustion et un usage du moteur électrique

[0068] Dans un mode de réalisation avantageux, le système thermique 70 comprend en outre les moyens de mise en œuvre d'un procédé de gestion thermique selon l'invention. Notamment, le système thermique 70 comprend une unité de traitement 76 comprenant un microprocesseur 77, une mémoire 78 et des interfaces de communication 79.

[0069] Le système thermique 70, et particulièrement le microprocesseur 77, comprend principalement les modules suivants qui coopèrent entre eux :

- un module 771 de gestion thermique d'une phase de fonctionnement de la pile et du

moteur électrique, ce module pouvant coopérer avec la pompe 73 et la vanne à trois voies 731,

- un module 772 d'anticipation d'un démarrage prochain du moteur à combustion et du système de post-traitement, ce module pouvant coopérer avec le deuxième contrôleur numérique 121 et la pompe 74,

- un module 773 de gestion thermique d'une phase de fonctionnement du moteur à combustion et du système de post-traitement, ce module pouvant coopérer avec la pompe 73, la vanne à trois voies 731, la première vanne de coupure 732, et la deuxième vanne de coupe 733,

- un module 774 d'anticipation d'un démarrage prochain de la pile et du moteur électrique, ce module pouvant coopérer avec le premier contrôleur numérique 111 et la pompe 74.

[0070] Le véhicule automobile 100, en particulier le système thermique 70, comprend de préférence tous les éléments matériels et/ou logiciels configurés de sorte à mettre en œuvre le procédé défini dans l'objet de l'invention ou le procédé décrit plus bas.

[0071] Le procédé comprend une itération sur :

- une première étape E1 de gestion thermique d'une phase de fonctionnement de la pile et du moteur électrique, puis

- une deuxième étape E2 d'anticipation d'un démarrage prochain du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis

- une troisième étape E3 de gestion thermique d'une phase de fonctionnement du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis

- une quatrième étape E4 d'anticipation d'un démarrage prochain de la pile et du moteur électrique,

la deuxième étape E2 comprenant une mise en œuvre de la première circulation de fluide caloporteur et, optionnellement, une mise en œuvre de la cinquième circulation de fluide caloporteur.

[0072] Dans la première étape E1, le premier sous-système 110 comprenant la pile 30 et le moteur électrique 20 est démarré et piloté par le premier contrôleur numérique 111.

[0073] Dans un mode de réalisation, on reçoit alors un ordre de démarrage du refroidissement issu du premier contrôleur numérique 111.

[0074] La pompe 73 est alors mise en fonctionnement si elle n'était pas déjà démarrée, et la vanne à trois voies 731 est configurée pour mettre en œuvre la deuxième circulation de fluide 102 entre le point de sortie 722 du premier échangeur thermique 72 et le premier point A situé à proximité de la pile 30, pour le refroidissement de la pile 30. De plus, la vanne à trois voies 731 est également configurée pour mettre en œuvre la quatrième circulation de fluide 104 entre le point de sortie 722 du premier échangeur thermique 72 et le quatrième point D situé à proximité du moteur électrique 20, pour le refroidissement.

dissement du moteur électrique 20.

- [0075] On enchaîne ensuite sur l'étape E2 d'anticipation d'un démarrage prochain du moteur à combustion et du système de post-traitement 60. Dans l'étape E2 on se place en attente d'une notification d'un prochain démarrage du deuxième sous-système 120 comprenant le moteur à combustion 10 et le système de post-traitement 60, la notification pouvant être issue du deuxième contrôleur numérique 121.
- [0076] Sur réception d'une notification d'un prochain démarrage du deuxième sous-système 120, on met en œuvre la première circulation de fluide caloporteur entre la pile 30 et le système de post-traitement 60. Pour cela, la deuxième pompe 74 est alors mise en fonctionnement si elle n'était pas déjà démarrée.
- [0077] Dans un mode de réalisation où le circuit 71 comprend un deuxième échangeur thermique 75 selon le mode de réalisation précédemment décrit en référence à la [Fig.6], le réchauffement du système de post-traitement 60 s'effectue alors par le passage du fluide caloporteur entre le point d'entrée 751 du deuxième échangeur thermique 75 et le point de sortie 752 du deuxième échangeur thermique 75.
- [0078] En complément, dans l'étape E2 on peut également mettre en œuvre la cinquième circulation de fluide caloporteur entre la pile 30 et le moteur à combustion 10, pour le réchauffement du moteur à combustion 10.
- [0079] Puis, on se place en attente d'une notification d'un démarrage du deuxième sous-système 120, la notification pouvant être issue du deuxième contrôleur numérique 121. Lorsqu'on reçoit une telle notification, on enchaîne sur l'étape E3.
- [0080] Dans l'étape E3, on configure la vanne à trois voies 731 pour mettre en œuvre la troisième circulation de fluide caloporteur 103, entre le point de sortie 722 et le troisième point C situé à proximité du moteur à combustion 10 pour le refroidissement du moteur à combustion 10. Avantageusement, on configure une première vanne de coupure 732 de sorte qu'elle empêche le passage de fluide de refroidissement froid à proximité du système de post-traitement 60. On interrompt par ailleurs la mise en œuvre de la cinquième circulation de fluide caloporteur, pour interrompre le réchauffement du moteur à combustion 10 par la pile 30.
- [0081] Avantageusement, la première vanne de coupure 732 est fermée afin d'empêcher le refroidissement du système de post-traitement 60.
- [0082] Si le circuit 71 est réalisé selon le troisième mode précédemment décrit en référence à la [Fig.6], on peut en outre fermer la deuxième vanne de coupure 733 pour éviter que le système de post-traitement transmette une quantité trop importante de chaleur au fluide caloporteur. Dans les cas où la température atteinte par le système de post-traitement 60 est très nettement supérieure à une température de fonctionnement de la pile 30, alors on active le système de purge 734 afin de stocker le fluide caloporteur qui a été réchauffé par le système de post-traitement 60. Le fluide ainsi stocké sera

réinjecté ultérieurement lorsque le système de post-traitement aura à nouveau besoin d'être réchauffé avant son démarrage.

- [0083] On enchaîne ensuite sur l'étape E4 d'anticipation d'un démarrage prochain de la pile. Dans l'étape E4 on se place en attente d'une notification d'un prochain démarrage du premier sous-système 110 comprenant la pile et le moteur électrique, la notification pouvant être issue du premier contrôleur numérique 111.
- [0084] Sur réception d'une notification d'un prochain démarrage du premier sous-système 110, on met en œuvre la sixième circulation de fluide caloporteur entre le moteur thermique 10 et la pile 30. Pour cela, on démarre la deuxième pompe 74 si elle n'est pas encore démarrée.
- [0085] En complément ou alternativement, on met en œuvre la septième circulation de fluide caloporteur entre le système de post-traitement 60 et la pile 30. Pour cela, si le circuit 71 comprend un système de purge 734 et si le système de purge 734 est activé, on désactive le système de purge 734. Par ailleurs, si la deuxième vanne de coupure 733 est fermée, on l'ouvre.
- [0086] Puis on reboucle sur l'étape E1.
- [0087] Le tableau 1 fournit une synthèse des différentes circulations de fluide caloporteur susceptibles d'être mises en œuvre par le circuit thermique selon l'invention en fonction d'une alternance entre un usage d'un moteur à combustion 10 et un usage d'un moteur électrique 20.

[0088] [Tableaux1]

Phase de roulage	Phase de roulage au moteur électrique	Phase de transition entre le moteur électrique et le moteur thermique	Phase de roulage au moteur thermique	Phase de transition entre le moteur électrique et le moteur thermique
Gestion thermique de la pile.	La pile fonctionne et est refroidie par la deuxième circulation de fluide.	La pile fonctionne et est refroidie par la deuxième circulation de fluide.	La pile ne fonctionne pas. Aucune gestion thermique.	La pile ne fonctionne pas. Elle est réchauffée par la sixième circulation de fluide ou la septième circulation de fluide.
Gestion thermique du moteur électrique	Le moteur électrique fonctionne et est refroidi par la quatrième circulation de fluide.	Le moteur électrique fonctionne et est refroidi par la quatrième circulation de fluide.	Le moteur électrique ne fonctionne pas. Aucune gestion thermique.	Le moteur électrique ne fonctionne pas. Aucune gestion thermique.
Gestion thermique du moteur à combustion	Le moteur thermique ne fonctionne pas. Aucune gestion thermique.	Le moteur thermique ne fonctionne pas. Il est réchauffé par la cinquième circulation de fluide.	Le moteur thermique fonctionne. Il est refroidi par la troisième circulation de fluide.	Le moteur thermique fonctionne. Il est refroidi par la troisième circulation de fluide.
Gestion thermique du système de post-traitement	Le système de post-traitement ne fonctionne pas. Aucune	Le système de post-traitement ne fonctionne pas. Il est	Le système de post-traitement fonctionne. Aucune	Le système de post-traitement fonctionne. Aucune

	gestion thermique.	réchauffé par la première circulation de fluide.	gestion thermique.	gestion thermique.
Fonctionnement de la purge	La purge ne fonctionne pas	La purge ne fonctionne pas	La purge peut fonctionner.	La purge ne fonctionne pas

[0089] La première ligne du tableau 1 définit différentes phases de conduite du véhicule automobile 100 :

- une première phase de roulage au moteur électrique, sans anticipation d'une prochaine utilisation du moteur à combustion, correspondant à l'étape E1,
- une deuxième phase de roulage au moteur électrique, avec anticipation d'une prochaine utilisation du moteur à combustion, correspondant à l'étape E2,
- une troisième phase de roulage au moteur à combustion, sans anticipation d'une prochaine utilisation du moteur électrique, correspondant à l'étape E3,
- une quatrième phase de roulage au moteur à combustion, avec anticipation d'une prochaine utilisation du moteur électrique, correspondant à l'étape E4.

[0090] La deuxième ligne du tableau 1 décrit les circulations de fluide caloporteur mises en œuvre pour la gestion thermique de la pile, selon les quatre phases de conduite précédemment listées.

[0091] La troisième ligne du tableau 1 décrit les circulations de fluide caloporteur mises en œuvre pour la gestion thermique du moteur électrique, selon les quatre phases de conduite précédemment listées.

[0092] La quatrième ligne du tableau 1 décrit les circulations de fluide caloporteur mises en œuvre pour la gestion thermique du moteur à combustion, selon les quatre phases de conduite précédemment listées.

[0093] La cinquième ligne du tableau 1 décrit les circulations de fluide caloporteur mises en œuvre pour la gestion thermique du système de post-traitement, selon les quatre phases de conduite précédemment listées.

[0094] La sixième ligne du tableau 1 décrit le fonctionnement du système de purge 734, selon les quatre phases de conduite précédemment listées.

[0095] Dans un mode de réalisation non détaillé dans ce document, le moteur à combustion 10 et le moteur électrique 20 pourraient être utilisés simultanément.

[0096] Finalement, le système thermique selon l'invention permet d'intégrer l'ensemble des besoins thermique des deux moteurs, de la pile et du système de post-traitement en mettant en œuvre un seul circuit de fluide caloporteur. L'unique circuit permet de refroidir l'un et/ou l'autre des deux moteurs, ainsi que la pile lors du fonctionnement

du moteur électrique. L'unique circuit permet en outre de préchauffer le système de post-traitement, le moteur thermique et/ou la pile avant leur démarrage, notamment lorsque les moteurs sont utilisés en alternance.

[0097] Le préchauffage mis en œuvre grâce au système thermique permet de réduire une phase de montée en température du système de post-traitement ; il permet donc de réduire efficacement les émissions d'oxyde d'azote issues du moteur thermique, et ce dès le démarrage du moteur thermique.

[0098] Le préchauffage mis en œuvre grâce au système thermique permet en outre de réduire la durée d'une phase de montée en température de la pile, phase durant laquelle la batterie à haute tension doit être utilisée. Ainsi, grâce au système thermique, lors du démarrage de la pile et du moteur électrique, la durée d'utilisation de la batterie à haute tension est réduite, ce qui améliore le rendement énergétique du véhicule.

Revendications

- [Revendication 1] Système thermique (70) pour un véhicule automobile (100), le véhicule étant équipé d'un moteur électrique (20) et d'un moteur à combustion interne (10), caractérisé en ce qu'il comprend une pile à combustible (30) apte à alimenter le moteur électrique (20), un système de post-traitement (60) des gaz d'échappement du moteur à combustion (10) et un circuit (71) comprenant un premier ensemble de conduits (101), le premier ensemble de conduits (101) étant agencé pour permettre une première circulation d'un fluide caloporteur de la pile à combustible (30) vers le système de post-traitement (60).
- [Revendication 2] Système thermique (70) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend un premier échangeur thermique (72) comprenant un point d'entrée (721) du fluide dans le premier échangeur thermique (72) et un point de sortie (722) du fluide hors du premier échangeur thermique (72), et en ce que le circuit (71), dont le premier ensemble de conduits (101) relie un premier point (A) situé à proximité de la pile à combustible et un deuxième point (B) situé à proximité du système de post-traitement (60), comprend également :
- un deuxième ensemble de conduits (102) reliant le point de sortie (722) et le premier point (A), le deuxième ensemble de conduits (102) étant agencé pour permettre une deuxième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement de la pile (30) et/ou,
 - un troisième ensemble de conduits (103) reliant le point de sortie (722) et un troisième point (C), situé à proximité du moteur à combustion (10), le troisième ensemble de conduits (103) étant agencé pour permettre une troisième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur à combustion (10) et/ou,
 - un quatrième ensemble de conduits (104) reliant le point de sortie (722) et un quatrième point (D), situé à proximité du moteur électrique (20), le quatrième ensemble de conduits (104) étant agencé pour permettre une quatrième circulation de fluide caloporteur pour le refroidissement du moteur électrique (20).
- [Revendication 3] Système thermique (70) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit (71) comprend en outre :
- un cinquième ensemble de conduits (105) reliant le premier point (A) et le troisième point (C), le cinquième ensemble de conduits (105) étant agencé pour permettre une cinquième circulation de fluide caloporteur

de la pile (30) vers le moteur à combustion (10), et/ou

- un sixième ensemble de conduits (106) reliant le troisième point (C) et le premier point (A), le sixième ensemble de conduits (106) étant agencé pour permettre une sixième circulation de fluide caloporteur du moteur à combustion (10) vers la pile (30), et/ou

- un septième ensemble de conduits (107) reliant le deuxième point (B) et le premier point (A), le septième ensemble de conduits (107) étant agencé pour permettre une septième circulation de fluide caloporteur du système de post-traitement (60) vers la pile (30).

[Revendication 4] Système thermique (70) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le combustible utilisé par la pile (30) est du dihydrogène, et/ou en ce que la pile (30) est de type à membrane échangeuse de protons, et/ou en ce que la pile est de type à membrane échangeuse de protons à haute température.

[Revendication 5] Système thermique (70) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fluide caloporteur est un fluide caloporteur synthétique en phase liquide et/ou en ce que le fluide caloporteur est efficace sur une plage de températures d'étendue supérieure ou égale à 100 degrés, voire supérieure ou égale à 200 degrés, notamment sur une plage de températures de -40°C à 200°C, voire sur une plage de températures de -85°C à 260°C.

[Revendication 6] Système thermique (70) selon l'une des revendications précédentes, le système de post-traitement (60) comprenant une portion de conduit (61) d'écoulement des gaz d'échappement contenant un catalyseur (62) caractérisé en ce que le circuit (71) comprend un deuxième échangeur thermique (75) pour une mise en œuvre d'un transfert de chaleur entre un fluide caloporteur circulant dans le deuxième échangeur thermique (75) et la portion de conduit (61),
en ce que la portion de conduit (61) et une surface d'échange thermique (754) du deuxième échangeur thermique (75) sont de forme cylindrique, et la surface d'échange thermique (754) entoure la portion de conduit (61), et/ou
en ce que le fluide caloporteur circule dans une direction opposée à une direction d'écoulement (759) des gaz d'échappement dans la portion de conduit.

[Revendication 7] Procédé de gestion thermique d'un véhicule automobile (100) équipé d'une pile à combustible (30), d'un moteur électrique (20), d'un moteur à combustion (10), d'un système de post-traitement (60) des gaz

d'échappement du moteur à combustion (10), et d'un système thermique (70) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une itération des étapes suivantes :

- une première étape (E1) de gestion thermique d'une phase de fonctionnement de la pile et du moteur électrique, puis
- une deuxième étape (E2) d'anticipation d'un démarrage prochain du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis
- une troisième étape (E3) de gestion thermique d'une phase de fonctionnement du moteur à combustion et du système de post-traitement, puis
- une quatrième étape (E4) d'anticipation d'un démarrage prochain de la pile,

et en ce que la deuxième étape (E2) comprend une mise en œuvre de la première circulation de fluide caloporteur et, optionnellement, une mise en œuvre de la cinquième circulation de fluide caloporteur.

[Revendication 8]

Procédé de gestion thermique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que

- la première étape (E1) et la deuxième étape (E2) comprennent une mise en œuvre de la deuxième circulation et de la quatrième circulation de fluide caloporteur, et/ou
- la troisième étape (E3) et la quatrième étape (E4) comprennent une mise en œuvre de la troisième circulation de fluide caloporteur, et/ou
- la quatrième étape (E4) comprend une mise en œuvre de la sixième circulation et/ou de la septième circulation de fluide caloporteur.

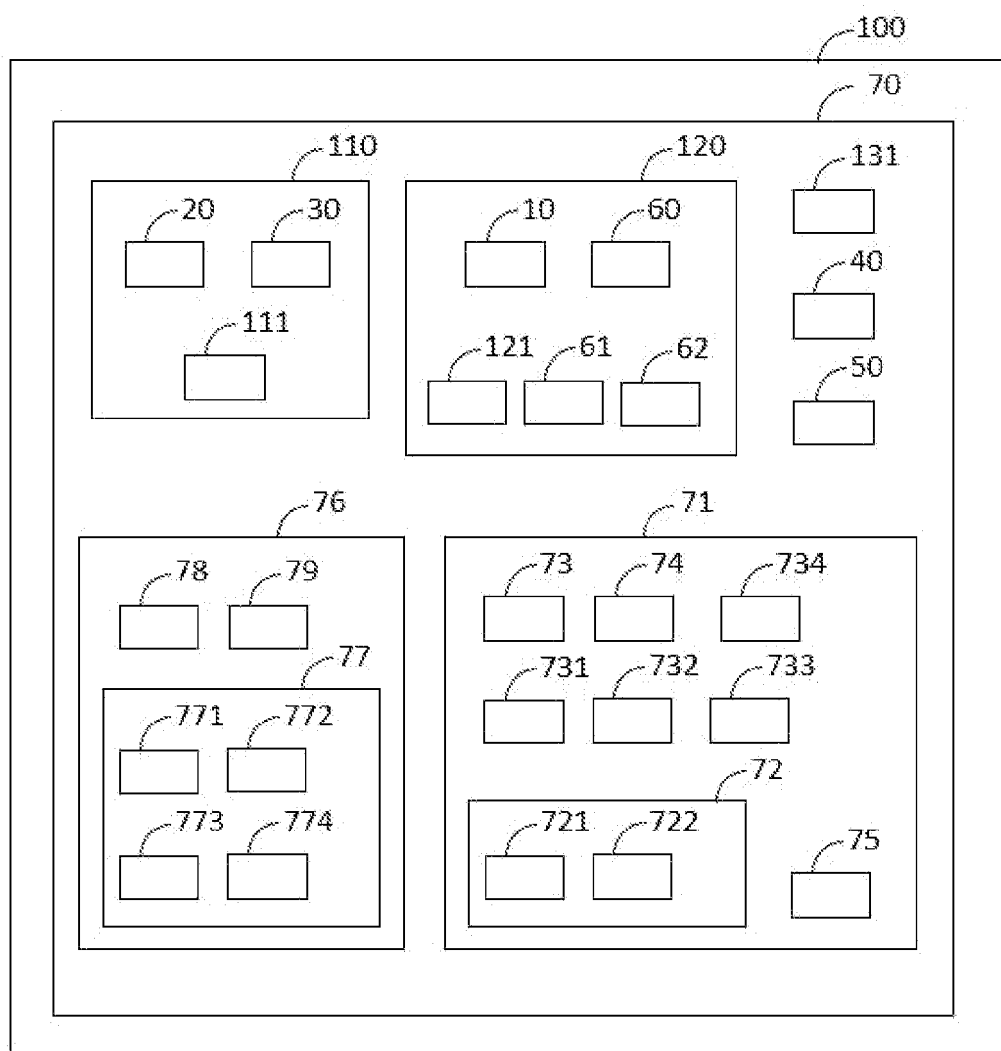
[Revendication 9]

Système thermique (70) selon l'une des revendications 1 à 6, le système comprenant des éléments (10, 20, 30, 40, 50, 60, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 721, 722, 731, 732, 733, 734, 771, 772, 773, 774) matériels et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications 7 ou 8.

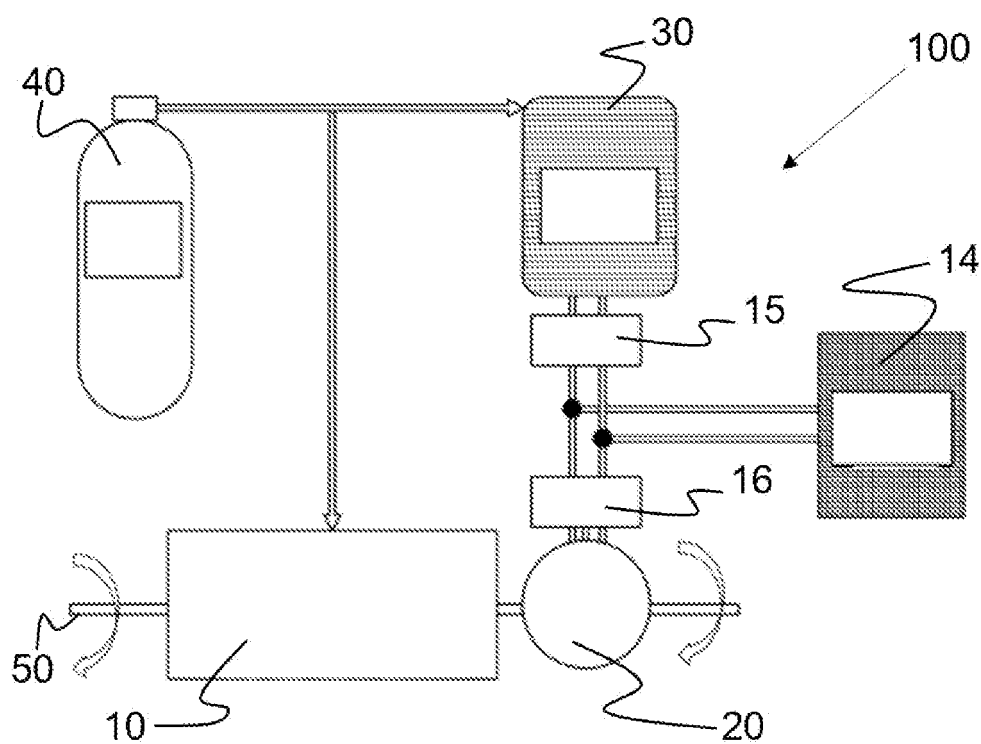
[Revendication 10]

Véhicule automobile (100) équipé d'un système thermique (70) selon la revendication précédente et/ou selon l'une des revendications 1 à 6.

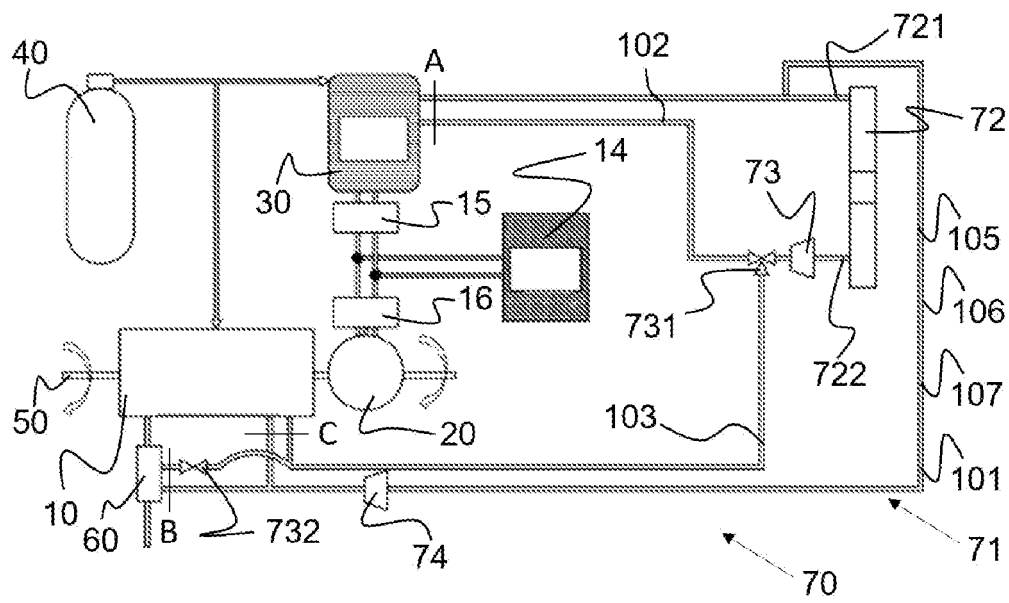
[Fig. 1]



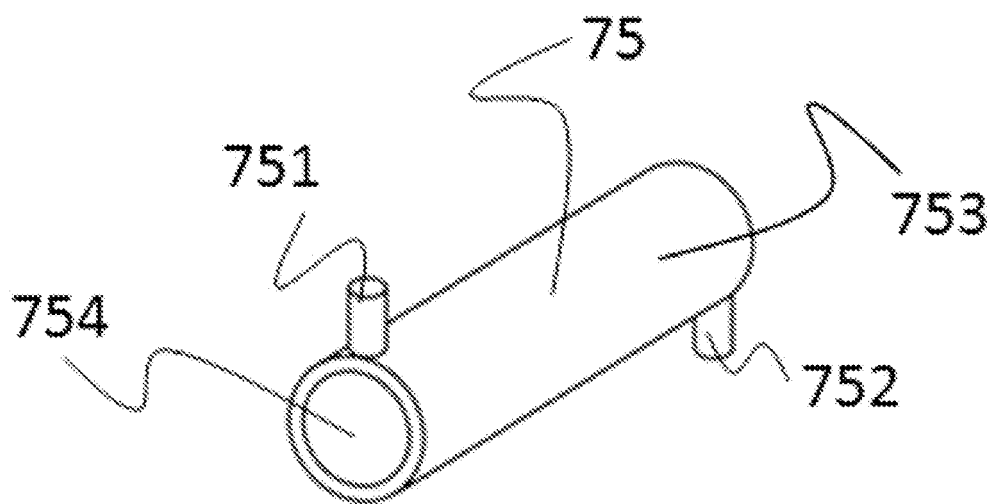
[Fig. 2]



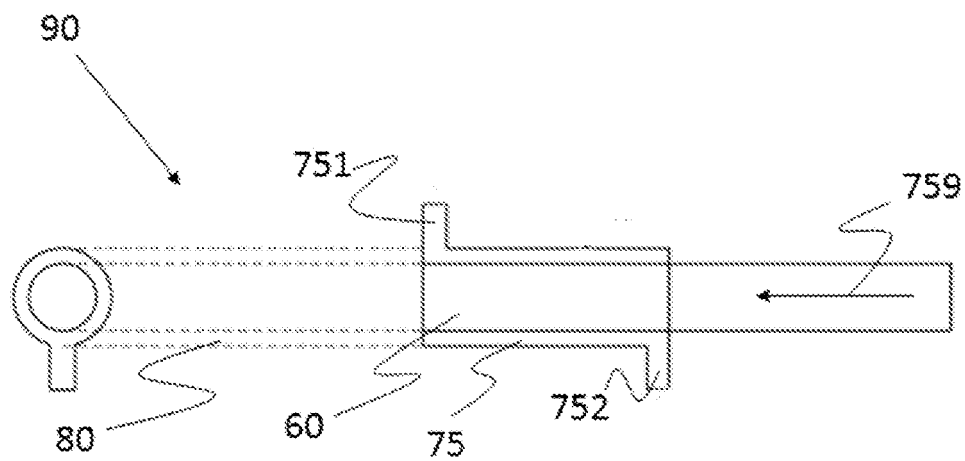
[Fig. 3]



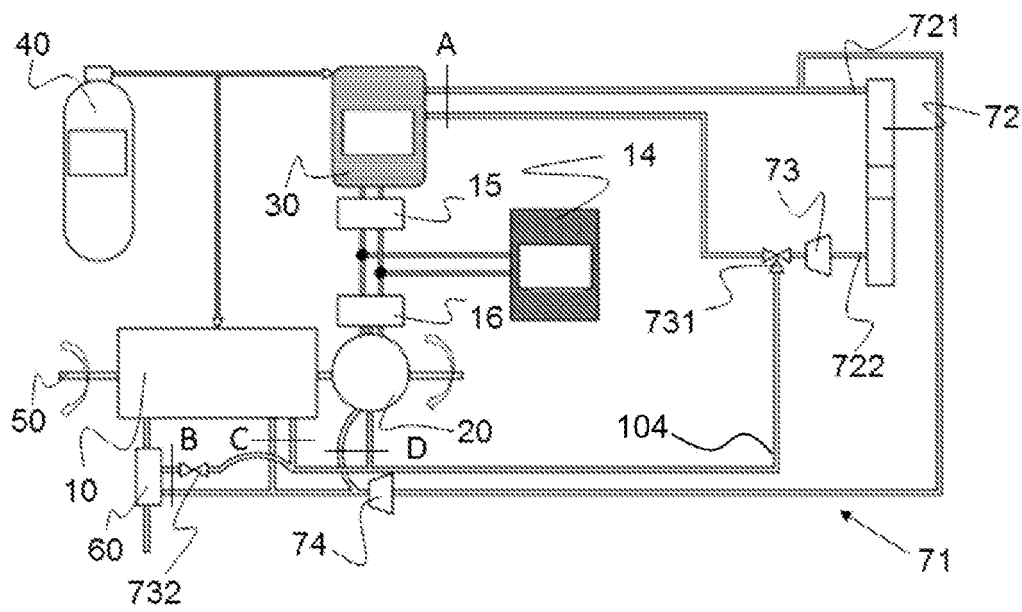
[Fig. 4]



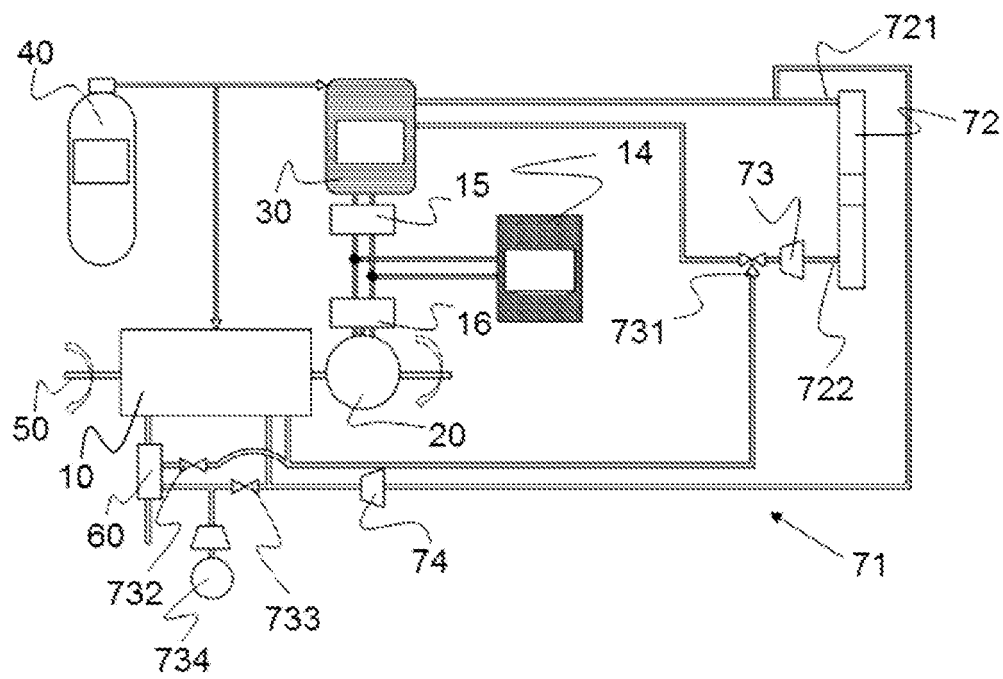
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



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

EP 1 038 713 A2 (XCELLSIS GMBH [DE])
27 septembre 2000 (2000-09-27)

US 2022/118843 A1 (CHOI DO SUN [KR])
21 avril 2022 (2022-04-21)

EP 3 503 276 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE
ATOMIQUE [FR]) 26 juin 2019 (2019-06-26)

DE 10 2007 014760 A1 (BOSCH GMBH ROBERT
[DE]) 2 octobre 2008 (2008-10-02)

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

NEANT