

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 128 588**

②1 N° d'enregistrement national : **21 11318**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 M 8/04 (2020.12), B 60 K 1/04, 11/00**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

②2 Date de dépôt : 25.10.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.04.23 Bulletin 23/17.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SYMBIO Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PASSOT Sylvain, BOISSIERE Vincent et BALSAN Grégoire.

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

⑦4 Mandataire(s) : Lavoix.

⑤4 Système de refroidissement d'une pile à combustible embarquée dans un véhicule, véhicule et méthode de régulation associés.

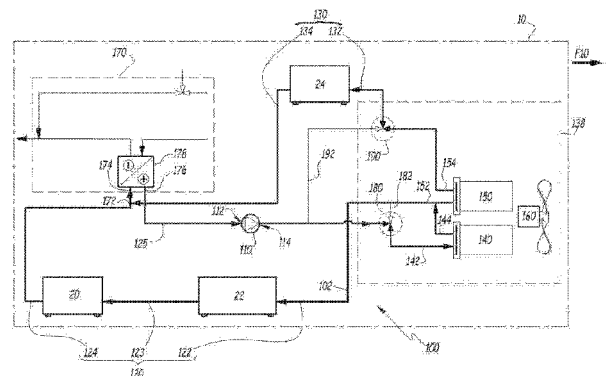
⑤7 Système de refroidissement d'une pile à combustible embarqué dans un véhicule, véhicule et méthode de régulation associés

Ce système de refroidissement (100) d'une pile (20) à combustible embarqué, comprend :

- un circuit (102) avec :
  - une boucle HT (120) d'échange de chaleur avec une pile et un premier composant (22), et une boucle BT (130) d'échange de chaleur avec un deuxième composant (24),
  - une pompe (110) avec une admission (112) et une sortie de refoulement (114),
  - un premier radiateur (140), avec une première entrée (142) et une première sortie (144), et
  - un deuxième radiateur (150) avec une deuxième entrée (152) et une deuxième sortie (154).

Selon l'invention, les sorties de la boucle HT et de la boucle BT sont reliées à l'admission, la sortie de refoulement est reliée à la première entrée, la première sortie est reliée à une entrée de la boucle HT et à la deuxième entrée, et la deuxième sortie est reliée à une entrée de la boucle BT.

Figure pour l'abrégé : Figure 1



FR 3 128 588 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Système de refroidissement d'une pile à combustible embarqué dans un véhicule, véhicule et méthode de régulation associés**

- [0001] La présente invention concerne un système de refroidissement d'une pile à combustible embarqué dans un véhicule, notamment un véhicule routier, un véhicule comprenant un tel système de refroidissement et une méthode de régulation d'un tel système de refroidissement.
- [0002] Une pile à combustible est un dispositif de génération d'électricité à partir d'hydrogène, contenu dans un réservoir, et d'oxygène, généralement capté dans l'air. De nombreux composants périphériques sont nécessaires au fonctionnement de la pile à combustible, par exemple un convertisseur DC/DC, un échangeur d'air d'admission, une pompe de recirculation d'hydrogène, etc. Pour bien fonctionner, la pile à combustible et certains composants périphériques demandent d'être maintenus chacun dans une plage de température respective. Or, une pile à combustible et certains des composants génèrent de la chaleur. Un système de refroidissement est donc généralement prévu pour maintenir la pile et les composants périphériques dans leurs plages de température optimales respectives de fonctionnement.
- [0003] Les températures optimales de fonctionnement sont généralement différentes les unes des autres selon la nature de ces composants. Dans le cas des piles à combustibles embarquées dans un véhicule, notamment un véhicule routier, le problème de l'encombrement se pose : il n'est pas possible de prévoir un circuit de refroidissement indépendant pour chaque composant et pour la pile à combustible ; aussi le système de refroidissement doit gérer au moins deux températures différentes.
- [0004] US-6394207-A1 décrit, par exemple, un système de refroidissement, comprenant un circuit de refroidissement dans lequel circule un fluide caloporteur, avec une boucle principale de refroidissement et une boucle auxiliaire de refroidissement. La pile à combustible est refroidie par la boucle principale, tandis que la boucle auxiliaire, qui refroidit le reformeur d'hydrocarbures, est reliée à la boucle principale par des conduits, dans lesquels la circulation du fluide caloporteur est régulée par des vannes. Ce système de refroidissement comprend deux pompes, pour faire circuler le fluide caloporteur dans la boucle principale et dans la boucle auxiliaire, ce qui est encombrant et relativement complexe.
- [0005] C'est à ces problèmes qu'entend plus particulièrement remédier l'invention, en proposant un système de refroidissement pour pile à combustible embarquée, qui permette de gérer deux températures de refroidissement tout en restant peu encombrant

et simple.

[0006] À cet effet, l'invention concerne un système de refroidissement d'une pile à combustible embarqué dans un véhicule, notamment routier, dans lequel :

[0007] - le système de refroidissement comprend un circuit fluidique dans lequel circule un fluide caloporteur, le circuit fluidique étant configuré pour échanger de la chaleur avec une pile à combustible, avec au moins un premier composant périphérique de la pile à combustible et avec au moins un deuxième composant périphérique de la pile à combustible,

[0008] - le circuit fluidique comprend :

- [0009] • une boucle HT, qui comprend un conduit d'entrée HT et un conduit de sortie HT et qui est dédiée à l'échange de chaleur avec la pile à combustible et avec le premier composant,
- une boucle BT, qui comprend un conduit d'entrée BT et un conduit de sortie BT et qui est dédiée à l'échange de chaleur avec le deuxième composant.

[0010] Selon l'invention, le système de refroidissement comprend en outre :

[0011] - une pompe, avec une admission et une sortie de refoulement,

[0012] - un premier circuit radiateur, qui comprend une première entrée et une première sortie pour le passage du fluide caloporteur et qui est configuré pour échanger de la chaleur entre l'air extérieur et le fluide caloporteur passant dans le premier circuit radiateur,

[0013] - un deuxième circuit radiateur, qui comprend une deuxième entrée et une deuxième sortie pour le passage du fluide caloporteur et qui est configuré pour échanger de la chaleur entre l'air extérieur et le fluide caloporteur circulant dans le deuxième circuit radiateur,

[0014] tandis que le conduit de sortie HT et le conduit de sortie BT sont reliés à l'admission de la pompe, que la sortie de refoulement est reliée à la première entrée, que la première sortie est reliée au conduit d'entrée HT, que la première sortie est aussi reliée à la deuxième entrée, et que la deuxième sortie est reliée au conduit d'entrée BT.

[0015] Grâce à l'invention, une seule pompe est nécessaire pour faire circuler le même fluide de caloporteur dans les deux boucles HT et BT, ce qui est peu encombrant et simple, donc a priori fiable. Les premier et deuxième circuits radiateur refroidissent le fluide caloporteur circulant dans chacune des boucles HT ou BT à deux températures différentes, pour un fonctionnement optimal de la pile à combustible et des composants périphériques.

[0016] Selon des aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, un tel système de refroidissement peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou selon toute combinaison techniquement admissible :

[0017] - Le circuit fluidique comprend, en outre, une boucle auxiliaire, qui est destinée à

échanger de la chaleur avec un troisième composant appartenant au véhicule et qui est interposée entre, d'une part, l'admission de la pompe et, d'autre part, le conduit de sortie HT et le conduit de sortie BT.

- [0018] - Le système de refroidissement comprend, en outre, un actionneur HT, est agencé entre la sortie de refoulement et la première entrée, l'actionneur HT étant relié au conduit d'entrée HT par un conduit de by-pass HT, l'actionneur HT étant configuré pour réguler le passage du fluide caloporteur entre la sortie de refoulement, la première entrée et le conduit d'entrée HT.
- [0019] - Le système de refroidissement comprend, en outre, un actionneur BT, agencé entre la deuxième sortie et le conduit d'entrée BT, l'actionneur BT étant relié, par un conduit de by-pass BT, à la sortie de refoulement, l'actionneur BT étant configuré pour réguler le passage du fluide caloporteur entre la deuxième sortie, la sortie de refoulement et le conduit d'entrée BT.
- [0020] - Le premier composant est agencé en série avec la pile à combustible, de préférence en amont de la pile à combustible.
- [0021] - Le premier composant est agencé en parallèle avec la pile à combustible.
- [0022] L'invention concerne aussi un véhicule, comprenant une pile à combustible embarquée et un système de refroidissement tel que défini précédemment.
- [0023] Selon un autre aspect, l'invention concerne une méthode de régulation d'un système de refroidissement appartenant à un véhicule tel que défini précédemment, le système de refroidissement étant tel que défini précédemment et comprenant, en outre, un actionneur de refroidissement, configuré pour générer un flux d'air reçu par les premier et deuxième circuits radiateur, la méthode de régulation comprenant une étape de calcul, en fonction d'une puissance thermique dégagée par la pile à combustible et d'une vitesse du véhicule, d'une consigne de régulation par pré-compensation d'une configuration de l'actionneur HT, d'une configuration de l'actionneur BT et d'une vitesse de l'actionneur de refroidissement .
- [0024] Avantagement :
- [0025] - Le calcul de consigne de pré-compensation est effectué lorsqu'une vitesse du véhicule est supérieure à un seuil de vitesse prédéterminé, et qu'une puissance thermique dégagée par la pile à combustible est supérieure à un seuil de puissance thermique prédéterminé.
- [0026] - Lorsque la vitesse du véhicule est inférieure au seuil de vitesse prédéterminé, et/ou lorsque la puissance thermique dégagée par la pile à combustible est inférieure au seuil de puissance thermique prédéterminé, alors la consigne de régulation de la configuration de l'actionneur HT, de la configuration de l'actionneur BT et la vitesse de l'actionneur de refroidissement est soit calculée par un contrôleur proportionnelle-intégrale, soit choisie à une valeur minimale prédéterminée.

- [0027] Cette méthode de régulation induit les mêmes avantages que ceux mentionnés ci-dessus au sujet du système de refroidissement de l'invention.
- [0028] L'invention sera mieux comprise, et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, d'un mode de réalisation d'un système de refroidissement d'une pile à combustible embarquée dans un véhicule, d'un véhicule comprenant un tel système de refroidissement et d'une méthode de régulation d'un tel système de refroidissement, conformes à son principe, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0029] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique d'un système de refroidissement conforme à l'invention, embarqué sur un véhicule également conforme à l'invention, dans une première configuration d'utilisation ;
- [0030] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue analogue à la [Fig.1] lorsque le système de refroidissement est dans une deuxième configuration d'utilisation ;
- [0031] [Fig.3] la [Fig.3] est une vue analogue à la [Fig.1] lorsque le système de refroidissement est dans une troisième configuration d'utilisation ;
- [0032] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue analogue à la [Fig.1] lorsque le système de refroidissement est dans une quatrième configuration d'utilisation ;
- [0033] [Fig.5] la [Fig.5] est une vue analogue à la [Fig.1] lorsque le système de refroidissement est dans une cinquième configuration d'utilisation ;
- [0034] [Fig.6] la [Fig.6] est un graphe représentant l'évolution de deux températures mesurées dans le système de refroidissement de la [Fig.1] au cours d'un démarrage à froid, et
- [0035] [Fig.7] la [Fig.7] est un graphe représentant des domaines de fonctionnement du système de refroidissement de la [Fig.1].
- [0036] Un véhicule 10 est représenté sur la [Fig.1]. Le véhicule 10 est configuré pour se déplacer sur terre, sur mer ou dans les airs, selon une direction préférentielle de déplacement, qui définit une direction avant F10 du véhicule 10. La direction avant F10 est ici orientée vers la droite de la [Fig.1]. Le véhicule 10 est par exemple un véhicule routier, tel qu'une automobile, un camion ou un chariot élévateur, un véhicule ferroviaire tel qu'un train ou un métro, ou bien un aéronef voire un navire. Lorsque le véhicule 10 se déplace selon la direction avant F10 à une certaine vitesse, le véhicule 10 est soumis à un flux d'air dans la direction inverse, les courants aériens éventuels étant négligés.
- [0037] Le véhicule 10 comprend une pile à combustible 20. La pile à combustible 20, dite aussi simplement pile 20 dans la présente description, se déplace avec le véhicule 10 et est une pile à combustible montée sur un châssis du véhicule, dite « embarquée », par opposition aux piles à combustibles dites stationnaires qui sont fixes, posées au sol ou dans un bâtiment. La pile à combustible 20 est alimentée en combustible, ici de

l'hydrogène, qui réagit avec l'oxygène de l'air pour générer de l'électricité pour le fonctionnement du véhicule 10, une partie de l'énergie du combustible étant dissipée sous forme de chaleur. En particulier, le véhicule 10 comprend, pour son déplacement, un moteur électrique, qui est alimenté par l'énergie électrique générée par la pile à combustible 20. Le moteur électrique n'est pas représenté.

- [0038] Pour son fonctionnement et son utilisation, la pile à combustible 20 nécessite divers composants périphériques, qui ont aussi tendance à dissiper de l'énergie sous forme de chaleur. De manière non limitative, ces composants périphériques sont par exemple un convertisseur courant continu-courant continu, dit aussi convertisseur DC/DC – pour *Direct current / direct current* en anglais –, un convertisseur courant continu – courant alternatif, dit aussi convertisseur DC/AC – pour *direct current / alternative current* en anglais –, un compresseur d'air, dit aussi *air compressor* ou *air blower* en anglais, un échangeur d'air, dit aussi *fuel cell air intercooler* en anglais, une pompe de recirculation d'hydrogène, etc.
- [0039] Sur la [Fig. 1], seuls un premier composant périphérique 22 et un deuxième composant périphérique 24 sont représentés. Le premier composant périphérique 22 est ici un échangeur d'air, tandis que le deuxième composant périphérique 24 est ici un convertisseur DC/DC. En variante, ces premiers et deuxième composants périphériques 22 et 24 peuvent être différents.
- [0040] La pile à combustible 20 et les composants périphériques sont refroidis par un système de refroidissement 100, qui est lui-aussi embarqué dans le véhicule 10.
- [0041] Le système de refroidissement 100 comprend un circuit fluidique 102, dans lequel circule un fluide caloporteur, non représenté. Le fluide caloporteur est par exemple un mélange antigel tel que de l'eau glycolée. Le circuit fluidique 102 est formé d'un assemblage de conduits, qui sont reliés fluidiquement les uns aux autres et de manière étanche. Ces conduits sont soit rigides, par exemple réalisés en métal, tel que de l'acier inox ou un alliage d'aluminium, soit souples, par exemple réalisés en un matériau polymère synthétique tel que du polyamide, du silicone ou du caoutchouc éthylène-propylène-diène monomère – dit aussi EPDM –. Le même fluide caloporteur circule dans l'ensemble du circuit fluidique 102.
- [0042] Le système de refroidissement 100 comprend une pompe 110, avec une admission 112 et une sortie de refoulement 114. La pompe 110 est actionnée par un moteur, de préférence électrique, qui n'est pas représenté. La pompe 110 est configurée pour aspirer un fluide, ici le fluide caloporteur, par l'admission 112 et pour refouler ce fluide par la sortie de refoulement 114. La pompe 110 suffit, à elle seule, pour faire circuler le fluide caloporteur dans l'ensemble du circuit fluidique 102. Les notions de « amont » et « aval » sont faites en référence au sens de circulation du fluide caloporteur dans le circuit fluidique 102, qui est représenté par des flèches en bout des

conduits à la [Fig.1].

- [0043] Le circuit fluide 102 relie la pile à combustible 20 à chacun des premier et deuxième composants périphériques 22 et 24. Le circuit fluide 102 est configuré pour échanger de la chaleur avec la pile à combustible 20, avec le premier composant périphérique 22 et avec le deuxième composant périphérique 24, par l'intermédiaire du fluide caloporteur circulant dans le circuit fluide 102. En régime stabilisé de fonctionnement, le circuit fluide 102 absorbe au moins une partie de la chaleur dissipée par la pile à combustible 20 et par les premier et deuxième composants périphériques 22 et 24.
- [0044] Le circuit fluide 102 comprend une première boucle 120, qui est dédiée à l'échange de chaleur avec la pile à combustible 20 et avec le premier composant 22, et une deuxième boucle 130, qui est dédiée à l'échange de chaleur avec le deuxième composant 24.
- [0045] À titre d'ordre de grandeur, la pile à combustible 20 dissipe entre cinq et dix fois plus de chaleur que chacun des composants périphériques 22 et 24. La première boucle 120 dédiée au refroidissement de la pile à combustible 20 est donc aussi appelée boucle haute-température, ou boucle HT 120, tandis que la deuxième boucle 130 est aussi appelée boucle basse-température, ou boucle BT 130.
- [0046] La boucle HT 120 comprend un conduit d'entrée HT 122, qui est relié à la sortie de refoulement 114 par l'intermédiaire d'un premier circuit radiateur décrit plus loin, et un conduit de sortie HT 124, qui est relié à l'admission 112 par l'intermédiaire d'une boucle auxiliaire 170, optionnelle et décrite plus loin, et d'un conduit terminal 125. La pile à combustible 20 et le premier composant périphérique 22 sont agencés entre le conduit d'entrée HT 122 et le conduit de sortie HT 124. Dans l'exemple illustré, la pile à combustible 20 et le premier composant périphérique 22 sont agencés en série et raccordés par un conduit intermédiaire HT 123. Les conduits d'entrée HT 122, intermédiaire HT 123 et de sortie HT 124 forment ensemble la boucle HT 120. La pile à combustible 20 dégageant plus de chaleur que les autres composants périphériques, la pile à combustible 20 est de préférence située en aval du ou des composants périphériques de la boucle HT120, qui sont ainsi mieux refroidis que s'ils étaient situés en aval de la pile à combustible 20.
- [0047] Alternativement, le premier composant 22 est agencé en parallèle avec la pile à combustible 20, le premier composant 22 et la pile à combustible 20 étant alors alimentés en un fluide caloporteur à une même température.
- [0048] La boucle BT 130 comprend un conduit d'entrée BT 132 et un conduit de sortie BT 134, qui est reliée à l'admission 112 par l'intermédiaire du circuit auxiliaire 170. Dans l'exemple illustré, le deuxième composant périphérique 24 est agencé entre le conduit d'entrée BT 132 et le conduit de sortie BT 134.

- [0049] Le système de refroidissement 100 comprend, en outre, une partie de refroidissement 138, pour échanger de la chaleur entre le fluide caloporteur et l'air du milieu extérieur. Lorsque l'air extérieur est plus froid que le fluide caloporteur, la partie de refroidissement 138 évacue de la chaleur vers l'air extérieur, en refroidissant le fluide caloporteur.
- [0050] La partie de refroidissement 138 comprend un premier circuit radiateur 140, et un deuxième circuit radiateur 150. Les premier et deuxième circuits radiateurs 140 et 150 font partie du circuit fluidique 102 et sont traversés par le fluide caloporteur. Chaque circuit radiateur 140 ou 150 est configuré pour échanger de la chaleur entre le fluide caloporteur traversant le circuit radiateur 140 ou 150 correspondant et l'air extérieur environnant. Chaque circuit radiateur 140 et 150 est agencé de manière à recevoir un flux d'air lorsque le véhicule 10 se déplace. Chaque circuit radiateur 140 et 150 est de préférence situé à l'avant du véhicule 10.
- [0051] La partie de refroidissement 138 comprend aussi un actionneur de refroidissement, ici représenté par un ventilateur 160, configuré pour générer un flux d'air reçu par les premier et deuxième circuits radiateur 140 et 150. Le ventilateur 160 est, de préférence, un ventilateur partagé, c'est-à-dire que le ventilateur 160 est dimensionné pour générer sur chacun des premier et deuxième circuits radiateurs 140 et 150 un flux d'air suffisant pour assurer l'échange de chaleur dans toutes les configurations d'utilisation du véhicule 10. En variante non représentée, l'actionneur de refroidissement comprend plusieurs ventilateurs.
- [0052] Comme schématiquement illustré sur les figures 1 à 6, le premier circuit radiateur 140 et le deuxième circuit radiateur 150 sont des circuits fluidiques distincts l'un de l'autre, sachant que dans la réalité, les deux circuits radiateurs 140 et 150 peuvent être physiquement intégrés dans un même radiateur multi-zones.
- [0053] Le premier circuit radiateur 140 comprend une première entrée 142 et une première sortie 144 pour le passage du fluide caloporteur, tandis que le deuxième circuit radiateur 150 comprend une deuxième entrée 152 et une deuxième sortie 154 pour le passage du fluide caloporteur.
- [0054] La sortie de refoulement 114 est reliée à la première entrée 142, tandis que la première sortie 144 est reliée au conduit d'entrée HT 122. La première sortie 144 est aussi reliée à la deuxième entrée 152, tandis que la deuxième sortie 154 est reliée au conduit d'entrée BT 132.
- [0055] Le système de refroidissement 100 comprend aussi un premier actionneur, ou actionneur HT 180, agencé entre la sortie de refoulement 114 et la première entrée 142. Le circuit fluidique 102 comprend aussi un conduit de by-pass HT 182, autrement dit un circuit de contournement. L'actionneur HT 180 est relié au conduit d'entrée HT 122 par le conduit de by-pass HT 182. L'actionneur HT 180 est configuré pour réguler le

passage et le débit du fluide caloporteur entre la sortie de refoulement 114, la première entrée 142 et le conduit d'entrée HT 122. L'actionneur HT 180 est ici une vanne trois-voies. Alternativement, l'actionneur HT 180 est une vanne quatre voies, voire est formé de deux vannes deux-voies.

[0056] Sur la [Fig.1], le conduit de by-pass HT 182 est représenté en trait fin car le fluide caloporteur n'y circule pas. Dans cette configuration, l'actionneur HT 180 est configuré pour réguler le passage et le débit du fluide caloporteur entre la sortie de refoulement 114, la première entrée 142.

[0057] Le système de refroidissement 100 comprenant aussi un deuxième actionneur, ou actionneur BT 190, agencé entre la deuxième sortie 154 et le conduit d'entrée BT 132. Le circuit fluidique 102 comprend aussi un conduit de by-pass BT 192, autrement dit un circuit de contournement. L'actionneur BT 190 est relié, par le conduit de by-pass BT 192, à la sortie de refoulement 114. L'actionneur BT 190 est configuré pour réguler le passage et le débit du fluide caloporteur de la deuxième sortie 154, la sortie de refoulement 114 et vers le conduit d'entrée BT 132. L'actionneur BT 190 est ici une vanne trois-voies. Alternativement, l'actionneur BT 190 est une vanne quatre voies, voire est formé de deux vannes deux-voies.

[0058] Sur la [Fig.1], le conduit de by-pass BT 192 est représenté en trait fin car le fluide caloporteur n'y circule pas. Dans cette configuration, l'actionneur BT 190 est configuré pour réguler le passage et le débit du fluide caloporteur de la deuxième sortie 154 vers le conduit d'entrée BT 132.

[0059] Comme mentionné précédemment, le conduit de sortie HT 124 et le conduit de sortie BT 134 sont chacun reliés à l'admission 112 de la pompe 110 par l'intermédiaire de la boucle auxiliaire 170 et du conduit terminal 125. Comme représenté sur la [Fig.1], le conduit de sortie HT 124 et le conduit de sortie BT 134 se rejoignent en une jonction 172, située en amont de la boucle auxiliaire 170 et qui est directement reliée à une entrée 174 de la boucle auxiliaire 170, tandis qu'une sortie 176 de la boucle auxiliaire est reliée à l'admission 112 via le conduit terminal 125.

[0060] La boucle auxiliaire 170 sert à valoriser une partie de la chaleur dégagée par la pile à combustible 20 et par les premier et deuxième composants 22 et 24. La boucle auxiliaire 170 est ici une boucle d'habitacle, configurée pour transférer de la chaleur vers un système de chauffage du véhicule 10, pour le confort des passagers de ce véhicule 10. D'autres utilisations sont bien entendu possibles. Par exemple, si le véhicule 10 est une autocaravane, ou *camping-car* en anglais, la boucle auxiliaire 170 peut être configurée pour générer de l'eau chaude. Dans une configuration d'utilisation décrite plus loin, la boucle auxiliaire 170 est aussi utilisée pour réchauffer le fluide caloporteur, par exemple lors d'un démarrage à froid du véhicule 10.

[0061] La boucle auxiliaire 170 comprend à cet effet un échangeur de chaleur 178, par

exemple un échangeur à plaques, ou bien encore un échangeur tubulaire. Ainsi, lorsque la boucle auxiliaire 170 est activée, le fluide caloporteur entrant par l'entrée 174 de la boucle auxiliaire 170 ressort par la sortie 176, après avoir échangé de la chaleur dans l'échangeur 178. Lorsque la boucle auxiliaire 170 est désactivée, le fluide caloporteur entrant par l'entrée 174 ressort par la sortie 176 sans avoir échangé de chaleur dans l'échangeur 178.

- [0062] On décrit à présent le fonctionnement du système de refroidissement 100. Sur les figures 1 à 5, les conduits dans lesquels circulent le fluide caloporteur sont en trait épais, tandis que les conduits où ce fluide ne circule pas sont en trait fin. De même, les entrées des actionneurs HT 180 ou BT 190 sont noires lorsque le fluide caloporteur y circule et blanches dans le cas contraire.
- [0063] On considère une première configuration d'utilisation représentée à la [Fig.1], dans laquelle l'ensemble du véhicule 10 fonctionne dans un régime stabilisé et où la boucle auxiliaire 170 est désactivée. En conséquence, le fluide caloporteur issu des deux conduits de sortie HT 124 et BT 134 est mélangé au niveau de la jonction 172 puis atteint l'admission 112 à une température d'admission T112, identique à une température de mélange T172 du fluide caloporteur au niveau de la jonction 172. La température d'admission T112 est par exemple de l'ordre de 70°C, soit bien supérieure à une température de l'air extérieur, par exemple de l'ordre de 40°C.
- [0064] L'actionneur HT 180 laisse passer le fluide caloporteur de la sortie de refoulement 114 vers la première entrée 142, tandis que l'actionneur BT laisse passer le fluide caloporteur de la deuxième sortie 154 vers le conduit d'entrée BT 132. Autrement dit, aucun fluide caloporteur ne passe dans les conduits de by-pass HT 182 ou BT 192, qui sont représentés en trait fin. Tout le fluide caloporteur sortant de la sortie de refoulement 114 passe ainsi par le premier circuit radiateur 140, une partie de la chaleur du fluide caloporteur étant ainsi évacuée dans l'air extérieur, le fluide caloporteur étant à une première température T144 au niveau de la première sortie 144, qui est inférieure à la température d'admission T112. Une portion du fluide caloporteur passe par le conduit d'entrée HT 122 et s'écoule dans la boucle HT 120, tandis qu'une portion complémentaire du fluide caloporteur passe par la deuxième entrée 152 dans le deuxième circuit radiateur 150 où la portion complémentaire du fluide caloporteur échange à nouveau de la chaleur avec l'air extérieur. Au niveau de la deuxième sortie 154, le fluide caloporteur est à une deuxième température T154, qui est inférieure à la première température T144.
- [0065] Autrement dit, la boucle HT 120 est alimentée en fluide caloporteur passé seulement par le premier radiateur 140, tandis que la boucle BT 130 est alimentée en fluide caloporteur passé à la fois par le premier radiateur 140 et par le deuxième radiateur 150. Le système de refroidissement 100 selon l'invention permet ainsi, avec une seule

pompe, d'alimenter deux boucles HT 120 et BT 130 de refroidissement à deux températures T144 et T154 différentes. Un tel système de refroidissement 100 est particulièrement compact et facile d'entretien, la limitation du nombre de pompes à une seule pompe étant une source de fiabilité.

- [0066] Dans la première configuration d'utilisation, l'actionneur BT 190 régule le débit de fluide caloporteur passant dans la boucle BT 130. Autrement dit, l'association de la pompe 110, qui définit le débit global de fluide caloporteur circulant dans le circuit fluide 102, et de l'actionneur BT 190 sert à réguler le débit circulant dans chacune des boucles HT 120 et BT 130.
- [0067] Dans la première configuration, le fluide caloporteur capte une partie de la chaleur dissipée par la pile à combustible 20 et les premier et deuxième composants périphériques 22 et 24, puis rejette cette chaleur lors de son passage dans les premier et deuxième circuits radiateurs 140 et 150. Cette chaleur n'est donc pas valorisée.
- [0068] Dans une deuxième configuration d'utilisation représentée à la [Fig.2], la boucle auxiliaire 170 est activée, par exemple pour fournir de la chaleur à un dispositif de climatisation du véhicule 10. Une partie de la chaleur du fluide caloporteur est ainsi captée dans l'échangeur 178, aussi la température d'admission T112 est inférieure à la température de mélange T172. En fonction des modes de régulation du système de refroidissement 100, il est alors possible de réduire un débit de la pompe 110, et / ou une vitesse du ventilateur 160, ce qui conduit à une baisse de la consommation électrique de ces équipements auxiliaires, limitant ainsi l'impact sur l'autonomie du véhicule 10.
- [0069] Selon une troisième configuration d'utilisation représentée à la [Fig.3], correspondant à un démarrage à froid du véhicule 10, par exemple en hiver, on cherche à l'inverse à réchauffer le fluide caloporteur, de manière à ce que les températures de fonctionnement de la pile à combustible 20 et des premier et deuxième composants périphériques 22 et 24 atteigne le plus vite possible leur plage optimale. On suppose que le circuit auxiliaire 170 est désactivé.
- [0070] Dans cette situation, l'actionneur HT 180 laisse passer le fluide caloporteur de la sortie de refoulement 114 directement vers le conduit d'entrée HT 122, par l'intermédiaire du conduit de by-pass HT 182, tandis que l'actionneur BT 190 laisse passer le fluide caloporteur de la sortie de refoulement 114 directement vers le conduit d'entrée BT 132, par l'intermédiaire du conduit de by-pass BT 192. Ainsi, le fluide caloporteur ne circule pas ni dans le premier circuit radiateur 140 ni dans le deuxième circuit radiateur 150, et toute la chaleur reçue par le fluide caloporteur est re-circulée dans les boucles HT 120 et BT 130.
- [0071] Selon une quatrième configuration d'utilisation représentée à la [Fig.4], on suppose une situation similaire à la troisième situation, cependant le circuit auxiliaire 170 est activé et relié à un circuit de chauffage du véhicule 10. Lors d'un démarrage à froid, le

circuit de chauffage contribue à apporter de la chaleur au fluide caloporteur par l'intermédiaire de l'échangeur 178.

- [0072] Selon une cinquième configuration d'utilisation représentée à la [Fig.5], le circuit auxiliaire 170 est désactivé, tandis que l'actionneur BT 190 laisse passer le fluide caloporteur de la deuxième sortie 154 vers le conduit d'entrée BT 132, et que l'actionneur HT 180 relie la sortie de refoulement 114 à la fois au conduit d'entrée HT 122 et à la deuxième entrée 152, via le conduit de by-pass 182. Le fluide caloporteur circule alors seulement dans le deuxième circuit radiateur 150, tandis que rien ne circule dans le premier circuit radiateur 140. Dans cette situation le fluide caloporteur passant dans la boucle BT 130 est passé par le deuxième circuit radiateur 150, tandis que le fluide caloporteur passant dans la boucle HT 120 n'est passée par aucun radiateur.
- [0073] Plus généralement, on comprend que le système de refroidissement 100 selon l'invention permet, tout en présentant une architecture simple et fiable, de multiples configuration d'utilisation, en fonction des conditions externes de température, allant par exemple de  $-25^{\circ}\text{C}$  à  $+45^{\circ}\text{C}$ , du régime stabilisé ou transitoire de la pile à combustible 20 et des composants périphériques 22 et 24, de la vitesse du véhicule 10 et de la puissance électrique demandée à la pile à combustible 20, etc.
- [0074] La [Fig.6] est un graphe décrivant, au cours d'un essai de démarrage à froid de la pile à combustible 20, l'évolution temporelle d'une température HT T122, mesurée au niveau du conduit d'entrée HT 122, et d'une température BT T132, mesurée au niveau du conduit d'entrée BT 132.
- [0075] Entre un instant initial  $t_0$  et un premier instant  $t_1$ , alors que ni la pile à combustible 20 ni les équipements périphériques ne fonctionnent et ne génèrent de chaleur, la pompe 110 est mise en marche, faisant circuler le fluide caloporteur dans le circuit fluide 102. Les actionneurs HT 180 et BT 190 sont dans la même configuration que la troisième configuration d'utilisation décrite précédemment. Les températures HT T122 et BT T132 se stabilisent et sont chacune sensiblement égales à une température ambiante. À partir du premier instant  $t_1$ , la pile à combustible 20 et les premier et deuxièmes composants périphériques 22 et 24 sont activés, et génèrent donc de la chaleur.
- [0076] Entre le premier instant  $t_1$  et un deuxième instant  $t_2$ , les actionneurs HT 180 et BT 190 sont dans la même configuration que la troisième configuration d'utilisation décrite précédemment, qui favorisent une montée rapide des températures. Les deux températures HT T122 et BT T132 croissent sensiblement au même rythme.
- [0077] Entre le deuxième instant  $t_2$  et un troisième instant  $t_3$ , les actionneurs HT 180 et BT 190 sont dans la même configuration que la cinquième configuration d'utilisation décrite précédemment, tandis que la pile à combustible 20 génère plus de chaleur. On

remarque alors une rupture de pente, la température HT T122 augmentant plus vite que la température BT T132.

- [0078] Entre le troisième instant  $t_3$  et un quatrième instant  $t_4$ , les actionneurs HT 180 et BT 190 sont dans la même configuration que la première configuration décrite précédemment, le ventilateur 160 étant réglé pour stabiliser les températures HT 122 et BT 132, qui atteignent chacune un plateau.
- [0079] Plus généralement, on comprend que selon les états de fonctionnement du véhicule 10 et/ou de la pile à combustible 20, il est possible de choisir entre plusieurs stratégies selon l'objectif recherché, par exemple une montée rapide des températures HT T122 et BT T132, une stabilisation de ces températures, etc.
- [0080] On décrit à présent une méthode de régulation du système de refroidissement 100, notamment à l'aide de la figure 8. Le refroidissement de la pile à combustible 20 et des premiers et deuxième composants périphériques 22 et 24 est assuré par le flux d'air généré par le déplacement du véhicule 10 et par le ventilateur 160. D'autre part, la pile à combustible 20 et les composants périphériques 22 et 24 dégagent une puissance thermique qui est fonction de l'énergie électrique appelée pour faire avancer le véhicule 10.
- [0081] Autrement dit, il existe une corrélation entre la vitesse du véhicule 10 et la puissance thermique dégagée par la pile à combustible 20 et par les premier et deuxième composants périphériques 22 et 24, cette corrélation permettant la mise au point de stratégies de régulation simples et économes en énergie ou en calculs. Le refroidissement de la pile à combustible 20 sur la boucle HT 120 et de la boucle BT 130 est assuré avec le ventilateur 160 partagé. Le critère de contrôle est de minimiser la puissance électrique consommée par le ventilateur 160, tout en respectant une contrainte sur une température de la pile à combustible 20, nommée température  $T_{stack}$ .
- [0082] Un exemple de ces stratégies de régulation est décrit, notamment en référence à la figure 8, qui représente divers domaines de fonctionnement de la pile à combustible 20 et du véhicule 10, ces domaines étant divisés en fonction d'une puissance thermique  $P_{th}$  dégagée par la pile à combustible 20 et d'une vitesse  $V$  du véhicule 10. La puissance thermique  $P_{th}$  s'exprime en W – Watts –, tandis que la vitesse  $V$  s'exprime en mètres par seconde – m/s –.
- [0083] On définit un premier seuil de puissance thermique  $P_{th1}$ , strictement positif, et un deuxième seuil de puissance thermique  $P_{th2}$ , le deuxième seuil  $P_{th2}$  étant strictement supérieur au premier seuil  $P_{th1}$ . On définit un seuil de vitesse  $V1$ , strictement positif. Les valeurs des seuils de puissance thermique  $P_{th1}$  et  $P_{th2}$ , ainsi que du seuil de vitesse  $V1$ , sont prédéterminées et dépendant chacune notamment du dimensionnement de la pile à combustible 20 et du type du véhicule 10.

- [0084] On définit ainsi six domaines de fonctionnement du véhicule 10 :
- [0085] - un premier domaine de fonctionnement 201, lorsque la vitesse du véhicule 10 est supérieure au seuil de vitesse  $V1$  et que la puissance thermique dégagée est supérieure au deuxième seuil  $Pth2$  ;
- [0086] - un deuxième domaine de fonctionnement 202 lorsque la puissance thermique dégagée est supérieure au deuxième seuil  $Pth2$  mais que la vitesse est inférieure au seuil de vitesse  $V1$  ;
- [0087] - un troisième domaine de fonctionnement 203, lorsque la vitesse du véhicule 10 est supérieure au seuil de vitesse  $V1$  et que la puissance thermique dégagée est supérieure au premier seuil  $Pth1$  mais inférieure au deuxième seuil  $Pth2$  ;
- [0088] - un quatrième domaine de fonctionnement 204, lorsque la vitesse du véhicule 10 est inférieure au seuil de vitesse  $V1$  et que la puissance thermique dégagée est supérieure au premier seuil  $Pth1$  mais inférieure au deuxième seuil  $Pth2$  ;
- [0089] - un cinquième domaine de fonctionnement 205, lorsque la vitesse du véhicule 10 est supérieure au seuil de vitesse  $V1$  et que la puissance thermique dégagée est inférieure au premier seuil  $Pth1$ , et
- [0090] - un sixième domaine de fonctionnement 206, lorsque la vitesse du véhicule 10 est inférieure au seuil de vitesse  $V1$  et que la puissance thermique dégagée est inférieure au premier seuil  $Pth1$ .
- [0091] Dans le premier domaine 201, le contrôle d'une vitesse du ventilateur 160 est effectué en commun avec le contrôle des positions des actionneurs HT 180 et BT 190, à partir d'un modèle prédictif de la température  $Tstack$ . Le modèle prédictif sert ainsi à piloter, par régulation par pré-compensation – dite aussi *feedforward* en anglais – à la fois la commande du ventilateur 160 et la commande de chacun des actionneurs HT 180 et BT 190.
- [0092] Si les conditions de seuils de vitesse  $V1$  et de puissance thermique  $Pth2$  sont respectées, mais que la température  $Tstack$  de la pile à combustible 20 est incompatible avec les conditions de fonctionnement préconisées par le modèle prédictif, un contrôleur PI – pour Proportionnelle Intégrale – simple prend le relais du modèle prédictif pour déterminer les consignes de vitesse de ventilateur 160 et de débit de fluide caloporteur.
- [0093] Dans le deuxième domaine de fonctionnement 202, la vitesse du flux d'air ne contribue plus assez au refroidissement des premier et deuxième circuits radiateur 140 et 150 par rapport à la puissance thermique dégagée par la pile à combustible 20. La méthode de régulation du système de refroidissement 100 alors programmé pour que la vitesse du ventilateur 160 soit maximale et pour que les actionneurs HT 180 et BT 190 laissent passer un débit maximal de fluide de refroidissement au travers des premier et deuxième circuits radiateurs 140 et 150. On évite ainsi tout risque de

surchauffe de la pile à combustible 20 et des équipements périphériques connectés au système de refroidissement 100.

- [0094] À l'inverse, dans le cinquième domaine 205, lorsque la puissance thermique dégagée par la pile à combustible 20 est inférieure au premier seuil de Pth1 mais que la vitesse du véhicule 10 est supérieure au seuil de vitesse V1, la vitesse du ventilateur 160 est réglée à une valeur minimale  $V_{\text{MIN}}$  prédéterminée, de même que la circulation du fluide caloporteur dans le circuit fluide 102, chacun des actionneur HT 180 ou BT 190 étant dans une configuration assurant une circulation minimale du fluide caloporteur.
- [0095] De même, dans le sixième domaine 206, à vitesse inférieure au seuil de vitesse V1 et à puissance thermique dégagée inférieure au premier seuil Pth1, la vitesse du ventilateur 160 et le débit du fluide caloporteur dans le circuit fluide 102 sont aussi réglés au minimum.
- [0096] Dans les troisième et quatrième domaines 203 et 204, correspondant aux puissances thermiques dégagées intermédiaires entre le premier seuil Pth1 et le deuxième seuil Pth2, un contrôleur PI est utilisé pour déterminer les consignes de vitesse de ventilateur 160 et de débit de fluide caloporteur.
- [0097] La méthode de régulation décrite ci-dessus, avec six domaines de fonctionnement, est facile à implémenter, en particulier dans un véhicule 10 existant, et peu gourmande en temps et en puissance de calcul.
- [0098] Dans l'exemple illustré, chacune des boucles HT 120 ou BT 130 comprend un seul composant périphérique de la pile à combustible 20. En variante non représentée, plusieurs composants périphériques sont refroidis par la boucle HT et/ou la boucle BT.
- [0099] Dans l'exemple illustré, le fonctionnement du véhicule 10 est divisé en six domaines 201 à 206, au moyen d'un unique seuil de vitesse V1 et de deux seuils de puissance thermique dégagée Pth1 et Pth2. Cette division en six domaines à l'avantage de la simplicité. En variante non illustrée, les critères de division des domaines de fonctionnement sont différents. Selon un premier exemple, deux seuils de vitesse sont utilisés. Selon un deuxième exemple, une température de l'air extérieur est prise en compte pour générer d'autres seuils de division.
- [0100] Plus généralement, selon les besoins exprimés lors de la conception du système de refroidissement, il est possible d'introduire de nouveaux paramètres correspondant à des états de fonctionnement du véhicule 10 ou de l'environnement extérieur, avec un ou plusieurs seuils associés, seulement chaque nouveau paramètre entraîne une nouvelle donnée à intégrer dans la méthode de régulation – et éventuellement un nouveau capteur – ce qui n'est pas toujours facile à intégrer à un véhicule existant.
- [0101] Les modes de réalisation et les variantes mentionnées ci-dessus peuvent être combinés entre eux pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

## Revendications

[Revendication 1]

Système de refroidissement (100) d'une pile à combustible (20)

embarqué dans un véhicule (10), notamment routier, dans lequel :

- le système de refroidissement (100) comprend un circuit fluidique (102) dans lequel circule un fluide caloporteur, le circuit fluidique (102) étant configuré pour échanger de la chaleur avec une pile à combustible (20), avec au moins un premier composant (22) périphérique de la pile à combustible (20) et avec au moins un deuxième composant (24) périphérique de la pile à combustible (20),

- le circuit fluidique (102) comprend :

- une boucle HT (120), qui comprend un conduit d'entrée HT (122) et un conduit de sortie HT (124) et qui est dédiée à l'échange de chaleur avec la pile à combustible (20) et avec le premier composant (22),
- une boucle BT (130), qui comprend un conduit d'entrée BT (132) et un conduit de sortie BT (134) et qui est dédiée à l'échange de chaleur avec le deuxième composant (24),

caractérisé en ce que :

- le système de refroidissement (100) comprend en outre :

- une pompe (110), avec une admission (112) et une sortie de refoulement (114),
- un premier circuit radiateur (140), qui comprend une première entrée (142) et une première sortie (144) pour le passage du fluide caloporteur et qui est configuré pour échanger de la chaleur entre l'air extérieur et le fluide caloporteur passant dans le premier circuit radiateur,
- un deuxième circuit radiateur (150), qui comprend une deuxième entrée (152) et une deuxième sortie (154) pour le passage du fluide caloporteur et qui est configuré pour échanger de la chaleur entre l'air extérieur et le fluide caloporteur circulant dans le deuxième circuit radiateur,

- le conduit de sortie HT (124) et le conduit de sortie BT (134) sont reliés à l'admission (112) de la pompe,

- la sortie de refoulement (114) est reliée à la première entrée (142),

tandis que la première sortie (144) est reliée au conduit d'entrée HT (122),

- la première sortie (144) est aussi reliée à la deuxième entrée (152), tandis que la deuxième sortie (154) est reliée au conduit d'entrée BT (132).

[Revendication 2] Système de refroidissement (100) selon la revendication 1, dans lequel le circuit fluide (102) comprend, en outre, une boucle auxiliaire (170), qui est destinée à échanger de la chaleur avec un troisième composant appartenant au véhicule (10) et qui est interposée entre, d'une part, l'admission (112) de la pompe (110) et, d'autre part, le conduit de sortie HT (124) et le conduit de sortie BT (134).

[Revendication 3] Système de refroidissement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, comprenant en outre un actionneur HT (180), agencé entre la sortie de refoulement (114) et la première entrée (142), l'actionneur HT (180) étant relié au conduit d'entrée HT (122) par un conduit de by-pass HT (182), l'actionneur HT (180) étant configuré pour réguler le passage du fluide caloporteur entre la sortie de refoulement (114), la première entrée (142) et le conduit d'entrée HT (122).

[Revendication 4] Système de refroidissement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre un actionneur BT (190), agencé entre la deuxième sortie (154) et le conduit d'entrée BT (132), l'actionneur BT (190) étant relié, par un conduit de by-pass BT (192), à la sortie de refoulement (114), l'actionneur BT (190) étant configuré pour réguler le passage du fluide caloporteur entre la deuxième sortie (154), la sortie de refoulement (114) et le conduit d'entrée BT (132).

[Revendication 5] Système de refroidissement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le premier composant (22) est agencé en série avec la pile à combustible (20), de préférence en amont de la pile à combustible (20).

[Revendication 6] Système de refroidissement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le premier composant (22) est agencé en parallèle avec la pile à combustible (20).

[Revendication 7] Véhicule (10), comprenant une pile à combustible (20) embarquée et un système de refroidissement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

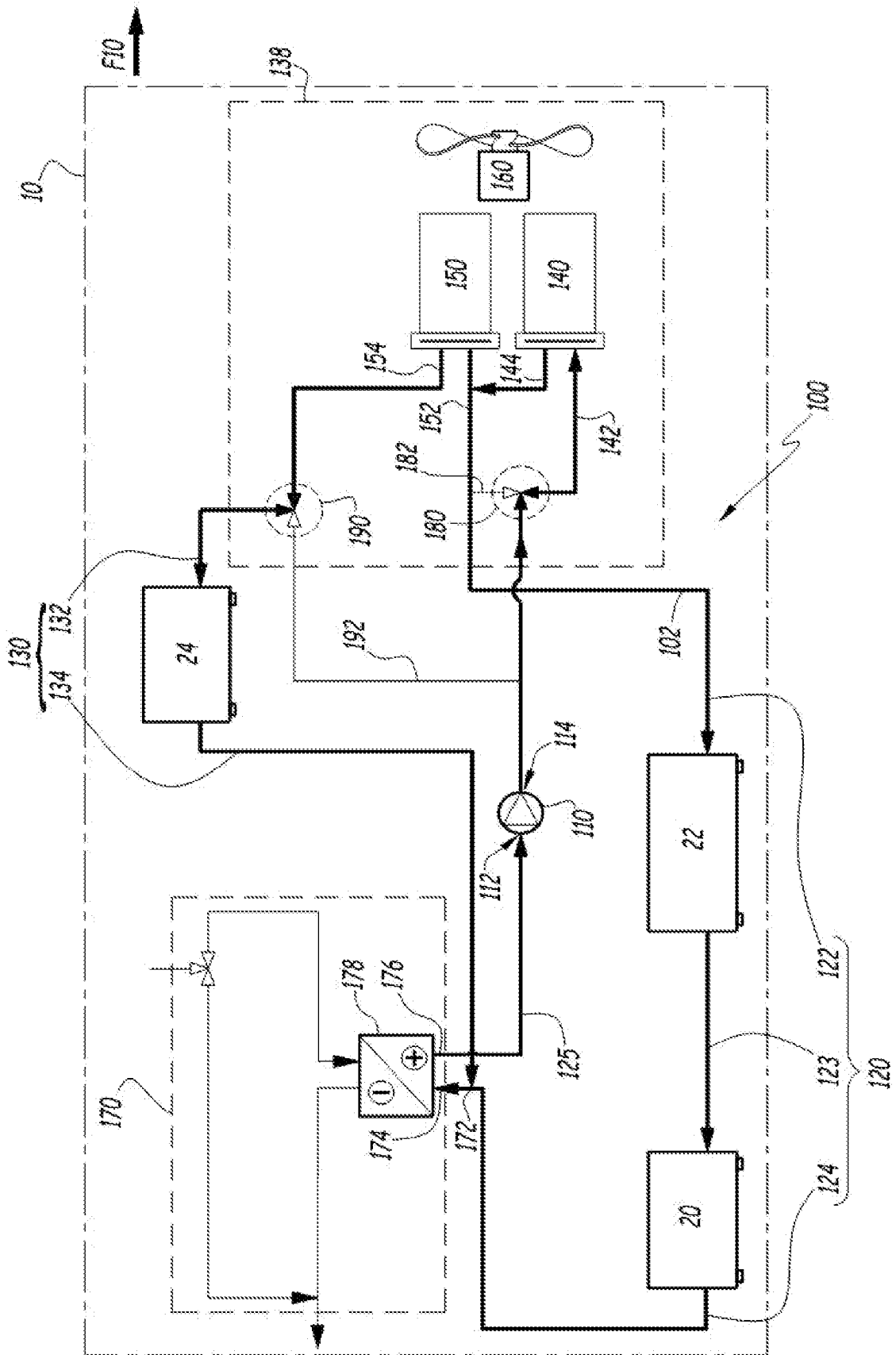
[Revendication 8] Méthode de régulation d'un système de refroidissement appartenant à un véhicule (10) conforme à la revendication 7, le système de refroidissement

dissement (100) étant conforme aux revendications 3 et 4 prises en combinaison et comprenant, en outre, un actionneur de refroidissement (160), configuré pour générer un flux d'air reçu par les premier et deuxième circuits radiateur (140, 150), la méthode de régulation comprenant une étape de calcul, en fonction d'une puissance thermique ( $P_{th}$ ) dégagée par la pile à combustible (20) et d'une vitesse ( $V$ ) du véhicule (10), d'une consigne de régulation par pré-compensation d'une configuration de l'actionneur HT (180), d'une configuration de l'actionneur BT (190) et d'une vitesse de l'actionneur de refroidissement (160).

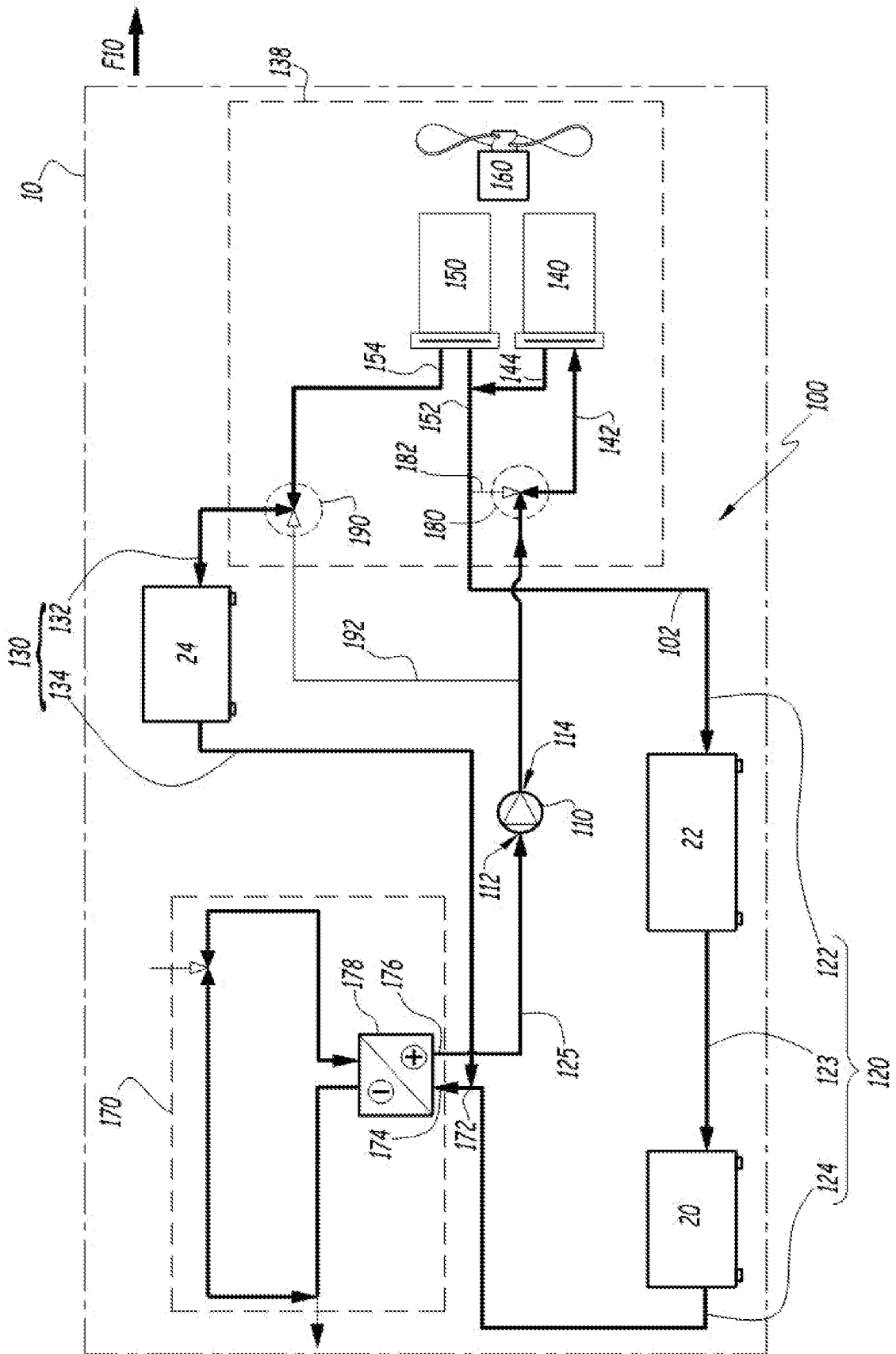
[Revendication 9] Méthode de régulation selon la revendication précédente, dans laquelle le calcul de consigne de pré-compensation est effectué lorsqu'une vitesse ( $V$ ) du véhicule (10) est supérieure à un seuil de vitesse ( $V_1$ ) prédéterminé, et qu'une puissance thermique ( $P_{th}$ ) dégagée par la pile à combustible (20) est supérieure à un seuil de puissance thermique ( $P_{th2}$ ) prédéterminé.

[Revendication 10] Méthode de régulation selon la revendication précédente, dans laquelle, lorsque la vitesse du véhicule (10) est inférieure au seuil de vitesse ( $V_1$ ) prédéterminé, et/ou lorsque la puissance thermique dégagée par la pile à combustible (20) est inférieure au seuil de puissance thermique ( $P_{th2}$ ) prédéterminé, alors la consigne de régulation de la configuration de l'actionneur HT (180), de la configuration de l'actionneur BT (190) et de la vitesse de l'actionneur de refroidissement (160) est soit calculée par un contrôleur proportionnelle-intégrale, soit choisie à une valeur minimale ( $V_{MIN}$ ) prédéterminée.

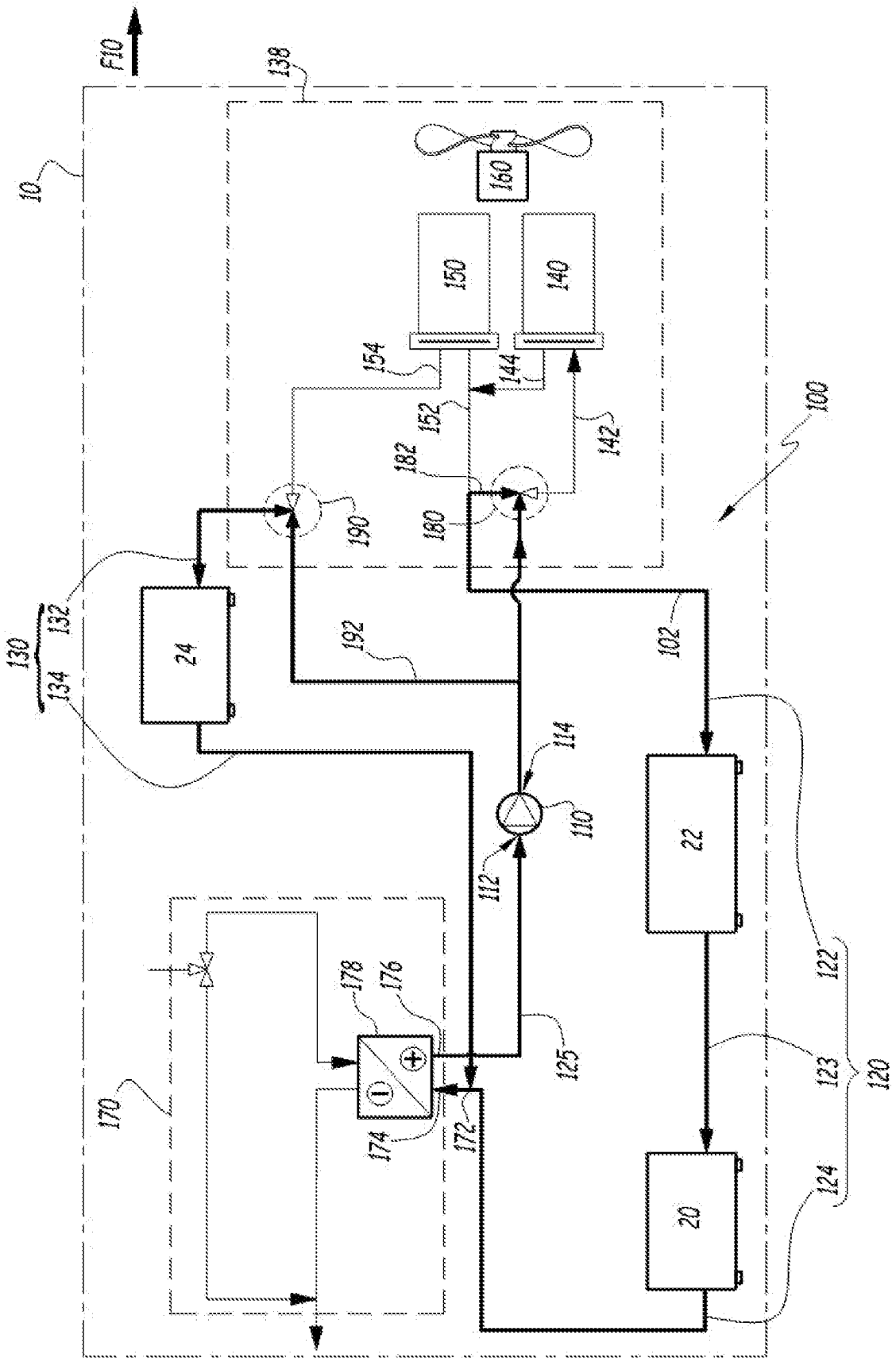
[Fig. 1]



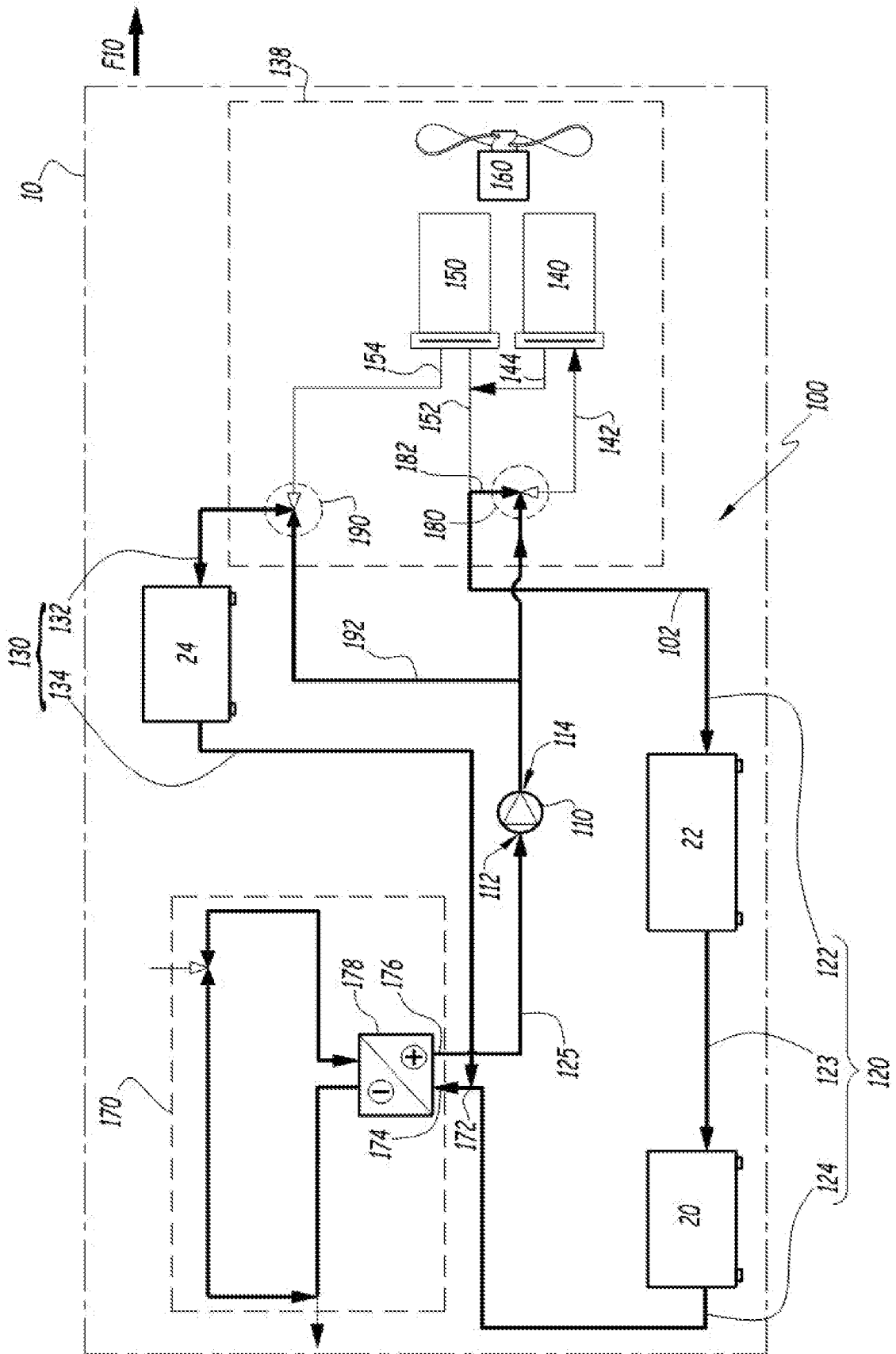
[Fig. 2]



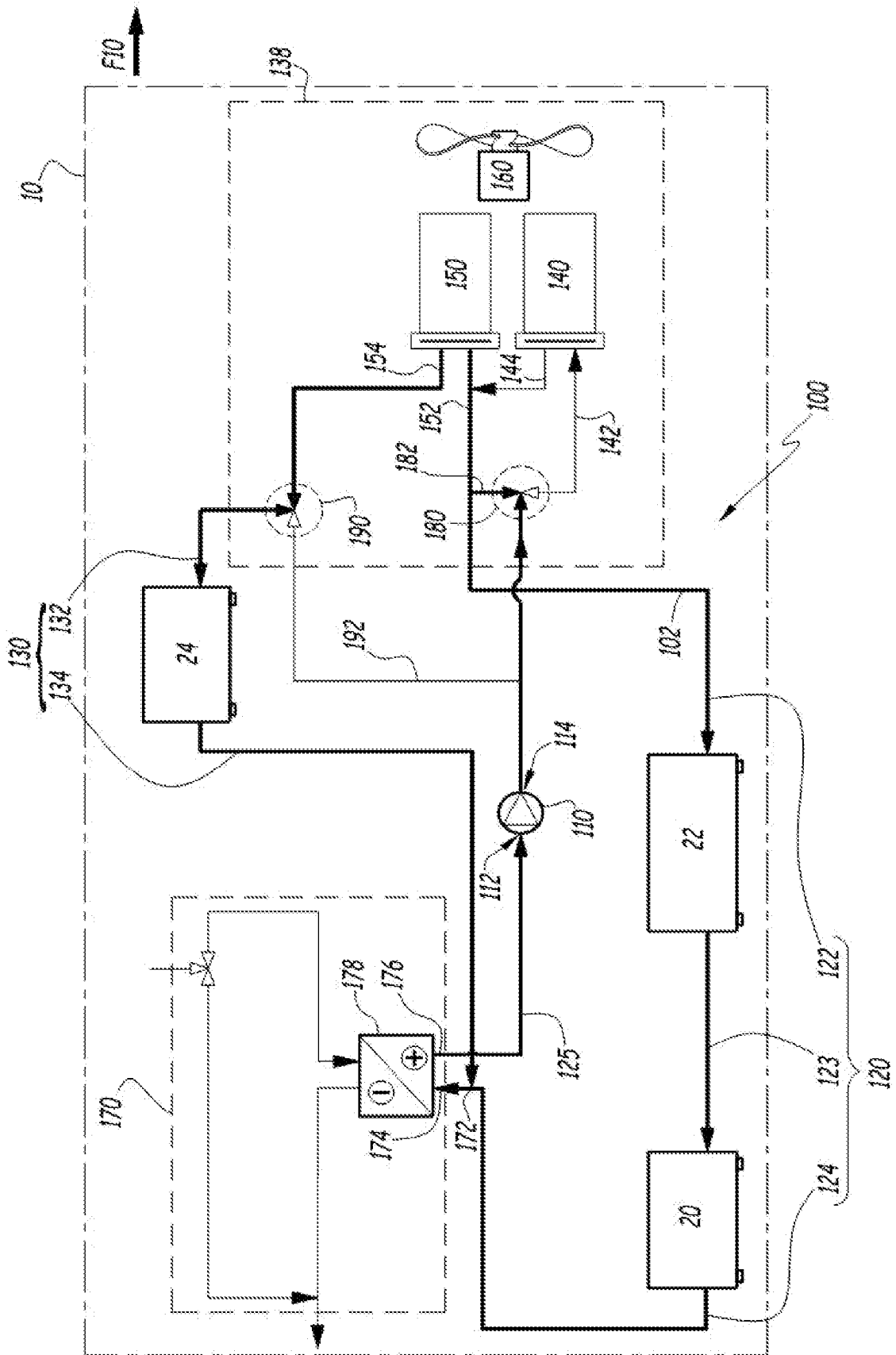
[Fig. 3]



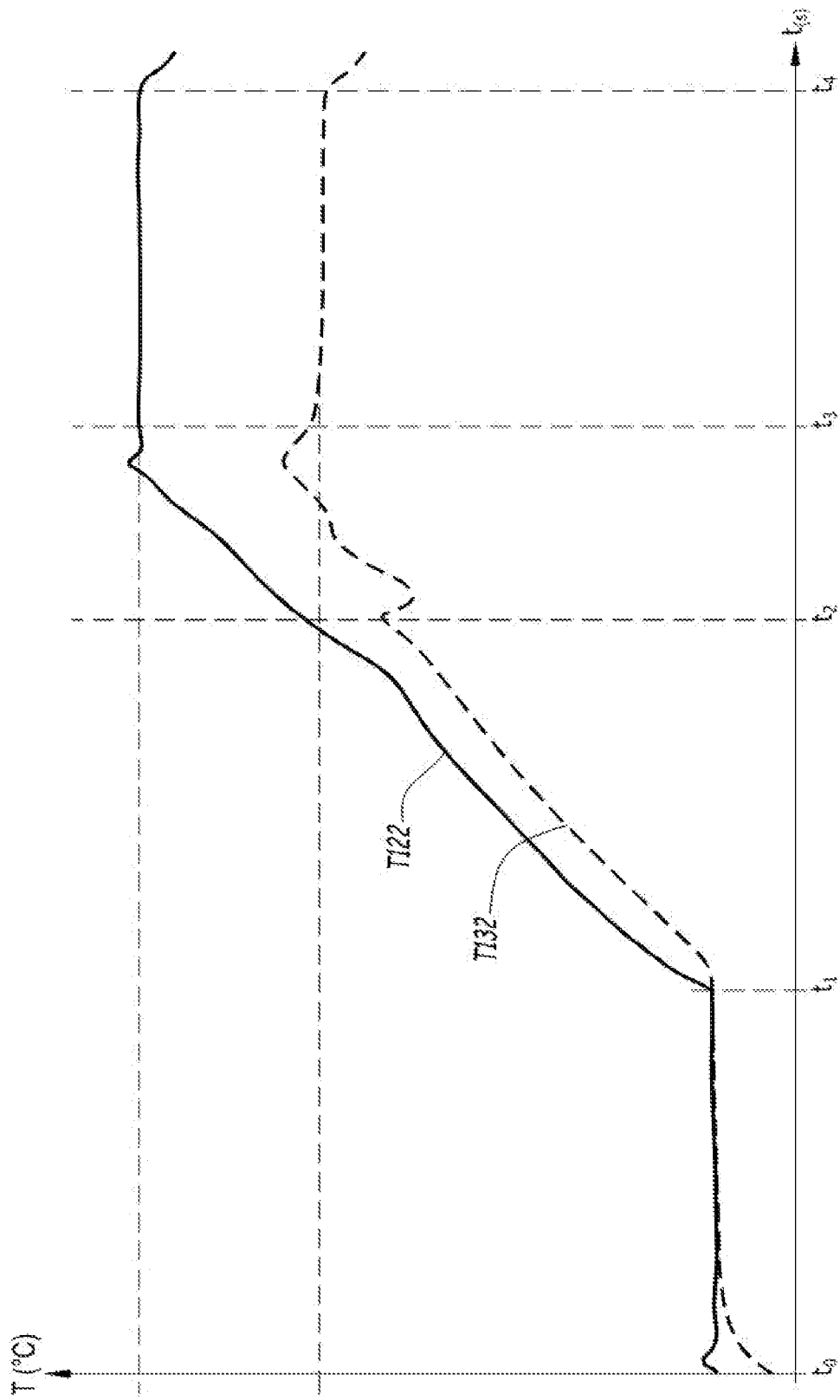
[Fig. 4]



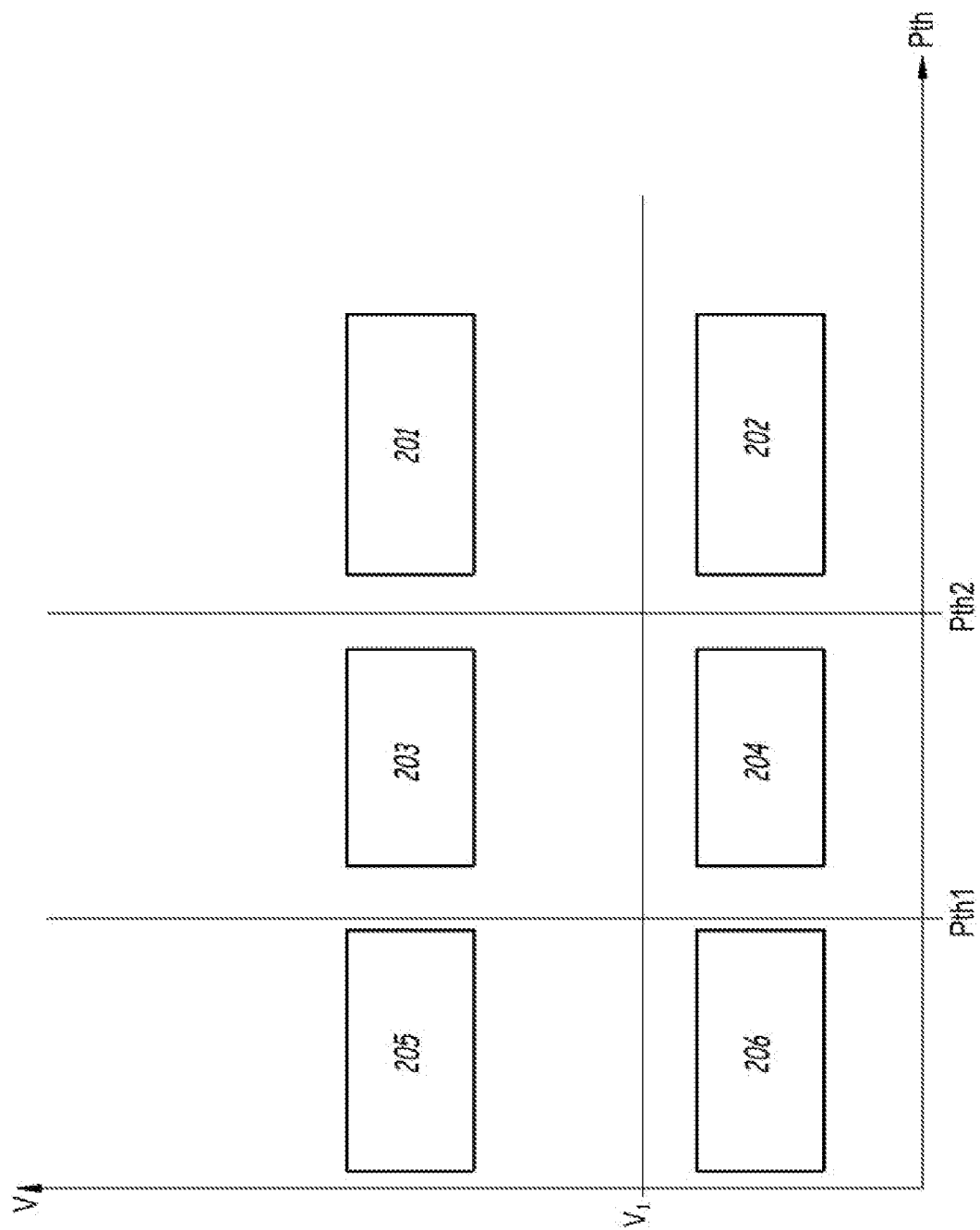
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
 national

établi sur la base des dernières revendications  
 déposées avant le commencement de la recherche

**FA 899677**  
**FR 2111318**

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS   |  | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI        |
|---|--|----------------------------------|--|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes   |                                  |  |
| <b>X</b>  | <b>US 2013/052554 A1 (KAKO TOMOYUKI [JP] ET AL) 28 février 2013 (2013-02-28)</b>   | <b>1, 5, 7</b>                   | <b>H01M8/04</b><br><b>B60K1/04</b><br><b>B60K11/00</b> |
| <b>A</b>  | <b>* figures 1-4 *</b><br><b>* alinéas [0027] - [0045] *</b><br>-----  | <b>2-4, 6,</b><br><b>8-10</b>    |  |
| <b>A</b>  | <b>US 2003/203255 A1 (CLINGERMAN BRUCE J [US] ET AL) 30 octobre 2003 (2003-10-30)</b>  | <b>1-10</b>                      |  |
| <b>A</b>  | <b>FR 2 868 607 A1 (RENAULT SAS [FR]) 7 octobre 2005 (2005-10-07)</b><br><b>* page 8, ligne 25 - page 13, ligne 23 *</b><br><b>* figure 1 *</b><br>----- | <b>1-10</b>                      |  |
|   |  |                                  | <b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>            |
|   |  |                                  | <b>H01M</b><br><b>B60L</b>                             |
| Date d'achèvement de la recherche   |  | Examineur                        |  |
| <b>21 juin 2022</b>   |  | <b>Knoflacher, Andreas</b>       |  |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>                     Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>                     A : arrière-plan technologique<br/>                     O : divulgation non-écrite<br/>                     P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>                     E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>                     D : cité dans la demande<br/>                     L : cité pour d'autres raisons<br/>                     .....<br/>                     &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |  |                                  |  |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2111318 FA 899677**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-06-2022**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|--|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| <b>US 2013052554 A1</b>                      | <b>28-02-2013</b>   | <b>CN 102859770 A</b>                | <b>02-01-2013</b>   |
|  |                     | <b>JP 5338975 B2</b>                 | <b>13-11-2013</b>   |
|  |                     | <b>JP WO2011132229 A1</b>            | <b>18-07-2013</b>   |
|  |                     | <b>US 2013052554 A1</b>              | <b>28-02-2013</b>   |
|  |                     | <b>WO 2011132229 A1</b>              | <b>27-10-2011</b>   |
| -----  |                     |                                      |                     |
| <b>US 2003203255 A1</b>                      | <b>30-10-2003</b>   | <b>AU 2003228457 A1</b>              | <b>17-11-2003</b>   |
|  |                     | <b>DE 10392580 B4</b>                | <b>10-06-2021</b>   |
|  |                     | <b>DE 10392580 T5</b>                | <b>02-06-2005</b>   |
|  |                     | <b>JP 3910612 B2</b>                 | <b>25-04-2007</b>   |
|  |                     | <b>JP 2005524217 A</b>               | <b>11-08-2005</b>   |
|  |                     | <b>US 2003203255 A1</b>              | <b>30-10-2003</b>   |
|  |                     | <b>WO 03094279 A1</b>                | <b>13-11-2003</b>   |
| -----  |                     |                                      |                     |
| <b>FR 2868607 A1</b>                         | <b>07-10-2005</b>   | <b>EP 1733447 A1</b>                 | <b>20-12-2006</b>   |
|  |                     | <b>FR 2868607 A1</b>                 | <b>07-10-2005</b>   |
|  |                     | <b>WO 2005096424 A1</b>              | <b>13-10-2005</b>   |
| -----  |                     |                                      |                     |