

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 155 372**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : **23 12168**

51 Int Cl⁸ : **H 01 M 8/040 (2024.01), H 01 M 8/047, 8/249**

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.11.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.05.25 Bulletin 25/20.

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) : *Plastic Omnium New Energies France Société par actions simplifiée (SAS) — FR.*

72 Inventeur(s) : HANNESEN Uwe, TAVERNELLI Filippo et SCHMID Daniel.

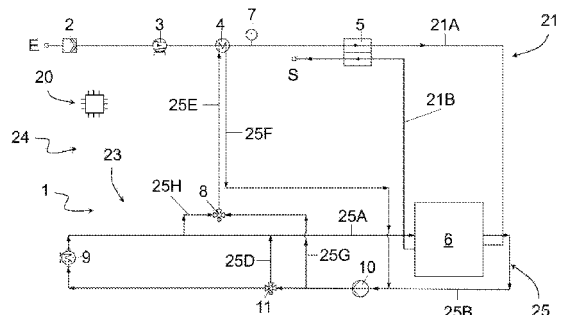
73 Titulaire(s) : *Plastic Omnium New Energies France Société par actions simplifiée (SAS).*

74 Mandataire(s) : LLR.

54 Système de pile à combustible amélioré.

57 L'invention se rapporte à un ensemble (24) formé par un circuit (21) de transport d'air et un dispositif (23) de régulation thermique du circuit (21) de transport d'air pour un empilement (6) de piles à combustible, le dispositif (23) de régulation thermique comportant un échangeur thermique (4) monté sur la conduite (21A) amont d'air afin d'y réguler la température d'air et alimenté en fluide caloporteur par un élément (8) de répartition mélangeant sélectivement les flux de fluide caloporteur de la canalisation (25A) d'entrée de fluide caloporteur de l'empilement (6) de piles à combustible en sortie d'un autre échangeur thermique (9) et de la canalisation (25B) de sortie de fluide caloporteur de l'empilement (6) de piles à combustible afin de contrôler la température d'air dans la conduite (21A) amont d'air.

Figure pour l'abrégié : figure 2



FR 3 155 372 - A1



Description

Titre de l'invention : Système de pile à combustible amélioré

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne le domaine des piles à combustible telles que les piles à combustible à membrane échangeuse de protons. Plus précisément, l'invention se rapporte à un ensemble formé par un circuit de transport d'air et un dispositif de régulation thermique pour un empilement de piles à combustible, un système de pile à combustible raccordé à un tel ensemble, un véhicule comprenant un tel système de pile à combustible, un procédé de régulation thermique d'un tel ensemble, un programme d'ordinateur et un support d'enregistrement lisible par ordinateur pour mettre en œuvre les étapes d'un tel procédé.

Arrière-plan technique

[0002] Une pile à combustible à membrane échangeuse de protons (généralement abrégé « PEMFC » venant des termes anglais « *polymer electrolyte membrane fuel cell* ») comprend typiquement une membrane électrode disposée entre deux demi-plaques unipolaires. Une membrane électrode comprend une solution électrolytique contenue dans une membrane conductrice de protons disposée entre une anode et une cathode. Un ensemble de piles à combustible forme ce qu'on appelle communément l'empilement de piles à combustible (également appelé sous le terme anglais « *fuel cell stack* »). Dans un empilement de piles à combustible, plusieurs piles à combustible sont montées en parallèle dans l'empilement et sont connectées en série d'un point de vue électrique pour que l'empilement de piles à combustible produise suffisamment d'énergie électrique. D'une manière connue, l'anode est alimentée par un gaz riche en H₂ (dihydrogène, communément appelé hydrogène) et la cathode est alimentée par un gaz contenant de l'O₂ (dioxygène, communément appelé oxygène), de l'air par exemple, afin de produire de l'électricité et notamment de l'eau à une sortie de cathode, l'eau étant un produit de réaction de chaque pile à combustible. Dans le cas où l'air est utilisé comme gaz contenant de l'oxygène, du N₂ (diazote, communément appelé azote) est un autre produit présent à une sortie de l'anode. En effet, dans ce cas, l'azote présent dans l'air migre de la cathode vers l'anode à travers la membrane électrode.

[0003] Pour obtenir un bon rendement de l'empilement de piles à combustible et minimiser sa dégradation au fil du temps, chaque membrane de l'empilement de piles à combustible a besoin d'une humidification adéquate à tous les états de fonctionnement du système de pile à combustible, comme le démarrage, le fonctionnement stabilisé, la charge dynamique et l'arrêt. Typiquement, l'eau produite à la sortie de la cathode peut

être utilisée pour humidifier le gaz contenant de l'oxygène alimentant l'empilement de piles à combustible. En outre, si le gaz contenant de l'oxygène est obtenu à partir de l'air ambiant, l'hygrométrie de l'air apporte déjà une certaine humidité, c'est-à-dire comporte de l'eau sous forme gazeuse (vapeur d'eau), mais cette humidité est insuffisante. Il est donc habituel de prévoir un humidificateur en amont de l'empilement de piles à combustible afin d'augmenter l'humidité relative du gaz contenant de l'oxygène.

[0004] Afin d'obtenir une humidification adéquate à chaque état de fonctionnement du système de pile à combustible, il est nécessaire que l'humidité dans l'empilement de piles à combustible soit contrôlée avec précision en fonction de la pression et de la température de fonctionnement du système de pile à combustible, en particulier, il faut adapter l'humidité à la température de l'empilement de piles à combustible.

Résumé de l'invention

[0005] L'invention a notamment pour but de proposer un système de pile à combustible qui soit fiable et robuste quels que soient les états de fonctionnement du système de pile à combustible.

[0006] À cet effet, l'invention a pour objet un ensemble formé par un circuit de transport d'air et un dispositif de régulation thermique du circuit de transport d'air pour un empilement de piles à combustible comprenant une anode et une cathode, le circuit de transport d'air comportant au moins une conduite amont d'air, dite conduite d'entrée d'air de la cathode, destinée à alimenter en oxygène l'empilement de piles à combustible, le dispositif de régulation thermique comportant un réseau de canalisations de fluide caloporteur refroidi par un premier échangeur thermique, le réseau de canalisations de fluide caloporteur comprenant au moins une canalisation amont de fluide caloporteur, dite canalisation d'entrée de fluide caloporteur de l'empilement de piles à combustible, destinée à alimenter en fluide caloporteur l'empilement de piles à combustible et une canalisation aval de fluide caloporteur, dite canalisation de sortie de fluide caloporteur de l'empilement de piles à combustible, destinée à recevoir le fluide caloporteur après échange thermique avec l'empilement de piles à combustible venant de la canalisation amont de fluide caloporteur, le premier échangeur thermique étant monté entre la canalisation amont de fluide caloporteur et la canalisation aval de fluide caloporteur, caractérisé en ce que le dispositif de régulation thermique comporte un deuxième échangeur thermique monté sur la conduite amont d'air, en amont d'un humidificateur, afin de réguler la température d'air dans la conduite amont d'air en amont de l'humidificateur par le réseau de canalisations de fluide caloporteur et en ce que le deuxième échangeur thermique est alimenté en fluide caloporteur par un élément de répartition mélangeant sélectivement les flux de fluide caloporteur de la canalisation

amont de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique et de la canalisation aval de fluide caloporteur afin de contrôler la température d'air dans la conduite amont d'air.

[0007] Avantageusement grâce au dispositif de régulation selon l'invention, quels que soient les états de fonctionnement du système de pile à combustible, la température d'air contenu dans la conduite amont d'air destinée à alimenter en oxygène l'empilement de piles à combustible sera gérée par une unité de contrôle du dispositif de régulation afin d'optimiser la température et les conditions d'humidité. On comprend notamment que le deuxième échangeur thermique est monté en amont de l'humidificateur afin de garantir le bon fonctionnement de ce dernier. En garantissant le bon fonctionnement de l'humidificateur, on augmente sa durée de vie d'une part, et on fiabilise et rend davantage robuste le fonctionnement global du système de pile à combustible d'autre part, en adaptant l'humidité de l'air apporté à l'empilement de piles à combustible par exemple en fonction de la température de l'empilement de piles à combustible et/ou de la température mesurée par l'élément de mesure de température. Bien entendu, l'air n'est qu'un exemple possible de gaz contenant de l'oxygène. Alternativement, de l'oxygène seul, par exemple de l'oxygène pur, pourrait être transporté dans la conduite amont du circuit de transport.

[0008] En outre, la gestion par l'unité de contrôle du dispositif de régulation de l'élément de répartition permet, avantageusement selon l'invention, d'élargir la plage des températures commandables par le dispositif de régulation par la commande sélective de l'état de l'élément de répartition. Ainsi, suivant les caractéristiques de l'air présent dans la conduite amont d'air, il peut être préférable de chauffer l'air (par exemple température très basse de l'air en amont du deuxième échangeur thermique) ou au contraire de refroidir l'air (par exemple température très haute de l'air en amont du deuxième échangeur thermique) ou encore de ne pas modifier la température d'air. En effet, il est préférable de posséder un maximum de possibilités entre la température de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique généralement comprise entre la température ambiante et environ 70°C (canalisation amont de fluide caloporteur) et la température de fluide caloporteur en sortie de l'empilement de piles à combustible généralement comprise entre la température ambiante et environ 85°C (canalisation aval de fluide caloporteur). Cela permet également de ne pas avoir à surdimensionner le deuxième échangeur thermique en apportant une température la plus basse possible du système de pile à combustible (canalisation amont de fluide caloporteur) ou une température la plus haute possible du système de pile à combustible (canalisation aval de fluide caloporteur) ou un mélange des deux (canalisation amont de fluide caloporteur et canalisation aval de fluide caloporteur). Le premier échangeur thermique est préférentiellement relié à un dispositif de refroidissement existant dans

l'environnement du système de pile à combustible.

- [0009] Enfin, avantageusement selon l'invention, suivant les états de fonctionnement du système de pile à combustible, l'unité de contrôle du dispositif de régulation selon l'invention permet de commander de manière dynamique la température souhaitée d'air dans la conduite amont d'air.
- [0010] L'invention comporte en variante l'une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes, prises seules ou en combinaison.
- [0011] L'humidité de l'humidificateur peut être apportée par une conduite aval d'air du circuit de transport d'air, dite conduite de sortie d'air de la cathode, destinée à recevoir l'air, après réduction de l'oxygène de l'air dans l'empilement de piles à combustible, venant de la conduite amont d'air, et un produit de réaction de l'empilement de piles à combustible. En effet, une réduction de l'oxygène a lieu à la cathode donnant, comme principal produit de réaction, de l'eau qui peut être avantageusement recyclé pour humidifier l'air circulant dans le circuit de transport d'air. Alternativement, une source d'eau peut être utilisée pour alimenter l'humidificateur.
- [0012] Le circuit de transport d'air peut comporter un dispositif de compression de l'air ambiant monté sur la conduite amont d'air en amont du deuxième échangeur thermique afin d'alimenter en air la conduite amont d'air. Ainsi, le dispositif de compression apporte de l'air à une pression prédéterminée supérieure à la pression atmosphérique par commande de l'unité de contrôle du dispositif de régulation mais également évite l'utilisation d'une source de stockage d'oxygène sous pression ou d'air sous pression. Cela est particulièrement avantageux pour améliorer la compacité et le poids du système de pile à combustible quand il est monté dans un véhicule. Bien entendu, alternativement au dispositif de compression, le circuit de transport d'air pourrait toutefois prévoir l'utilisation d'une source de stockage d'oxygène sous pression ou d'air sous pression sans sortir du cadre de l'invention.
- [0013] Le réseau de canalisations de fluide caloporteur peut comporter un élément de génération de flux de fluide caloporteur afin de forcer un déplacement de fluide caloporteur dans le réseau de canalisations de fluide caloporteur. L'élément de génération de flux de fluide caloporteur peut, par exemple, être monté sur la canalisation aval de fluide caloporteur en amont du premier échangeur thermique ou sur la canalisation amont de fluide caloporteur en aval du premier échangeur thermique.
- [0014] Le réseau de canalisations de fluide caloporteur peut comporter un élément de contournement de flux de fluide caloporteur afin de sélectivement, soit raccorder la canalisation aval de fluide caloporteur au premier échangeur thermique, soit raccorder la canalisation aval de fluide caloporteur à la canalisation amont de fluide caloporteur sans passer par le premier échangeur thermique, soit les deux à la fois afin de contrôler la température de fluide caloporteur dans la canalisation amont de fluide caloporteur.

L'élément de contournement de flux de fluide caloporteur peut, par exemple, être monté sur la canalisation aval de fluide caloporteur en amont du premier échangeur thermique ou sur la canalisation amont de fluide caloporteur en aval du premier échangeur thermique. C'est le mélange réalisé par l'élément de contournement géré par l'unité de contrôle qui permet d'amener le fluide caloporteur à la bonne température à l'entrée de l'empilement de piles à combustible.

- [0015] Le dispositif de régulation thermique peut comporter un troisième échangeur thermique monté entre la canalisation amont de fluide caloporteur et la canalisation aval de fluide caloporteur. L'entrée du troisième échangeur thermique est en communication fluïdique avec la sortie du premier échangeur thermique afin d'améliorer le refroidissement du fluide caloporteur présent dans le réseau de canalisations de fluide caloporteur. Le troisième échangeur thermique est préférentiellement relié à un dispositif de refroidissement existant dans l'environnement du système de pile à combustible.
- [0016] L'élément de répartition peut être configuré pour être alimenté par le flux de fluide caloporteur de la canalisation aval de fluide caloporteur et le flux de fluide caloporteur sortant du troisième échangeur thermique afin d'offrir une plage davantage étendue de contrôle de température d'air dans la conduite amont d'air. En effet, le troisième échangeur thermique tel que décrit plus haut abaisse la température du fluide caloporteur en sortie du troisième échangeur thermique jusqu'à une température maximum de 60°C.
- [0017] Le réseau de canalisations de fluide caloporteur peut comporter une canalisation auxiliaire de fluide caloporteur raccordant la sortie du troisième échangeur thermique à la canalisation aval de fluide caloporteur afin d'abaisser la température de fluide caloporteur dans la canalisation auxiliaire de fluide caloporteur. Typiquement, comme expliqué ci-dessus, des organes peuvent ainsi être configurés pour être refroidis par le flux de fluide caloporteur de la canalisation auxiliaire.
- [0018] L'invention a également pour objet un système de pile à combustible comportant un empilement de piles à combustible raccordé à une source d'hydrogène, caractérisé en ce que le système de pile à combustible est raccordé à l'ensemble tel que présenté plus haut, l'empilement de piles à combustible étant raccordé au circuit de transport d'air de l'ensemble afin d'alimenter en oxygène l'empilement de piles à combustible et au réseau de canalisations de fluide caloporteur de l'ensemble afin d'échanger thermiquement avec l'empilement de piles à combustible.
- [0019] L'invention a aussi pour objet un véhicule comportant un groupe motopropulseur électrique et un élément de stockage d'énergie électrique, caractérisé en ce que le véhicule comporte un système de pile à combustible tel que présenté plus haut.
- [0020] L'invention a également pour objet un procédé de régulation thermique, préférentiellement mis en œuvre par ordinateur, d'un système de pile à combustible tel que

présenté plus haut.

- [0021] Enfin, l'invention a aussi pour objet un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé tel que présenté plus haut et un support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé tel que présenté plus haut.

Brève description des figures

- [0022] D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :
- [0023] [Fig.1] est une vue schématique de dessus d'un véhicule comportant un exemple de système de pile à combustible selon l'invention ;
- [0024] [Fig.2] est un diagramme d'un exemple de premier mode de réalisation de système de pile à combustible selon l'invention ;
- [0025] [Fig.3] est un diagramme d'un exemple de deuxième mode de réalisation de système de pile à combustible selon l'invention.

Description détaillée

- [0026] Sur les différentes figures, les éléments identiques ou similaires portent les mêmes références, éventuellement additionnés d'un indice. La description de leur structure et de leur fonction n'est donc pas systématiquement reprise.
- [0027] Dans tout ce qui suit, les orientations sont les orientations des figures. En particulier, les termes « supérieur », « inférieur », « gauche », « droit », « au-dessus », « en-dessous », « vers l'avant » et « vers l'arrière » s'entendent généralement par rapport au sens de représentation des figures. En outre, les termes « amont » et « aval » s'entendent généralement par rapport au sens de flux de pompage, c'est-à-dire notamment le sens de déplacement entre une entrée et une sortie du circuit ou du réseau.
- [0028] Dans la présente description, pour clarifier l'explication de l'invention des échangeurs thermiques sont déclarés arbitrairement comme un premier échangeur thermique, un deuxième échangeur thermique, etc. Il s'agit d'une simple nomenclature pour différencier et dénommer des éléments non identiques. Cette nomenclature n'implique pas une priorité d'un échangeur thermique par rapport à un autre et on peut aisément intervertir de telles dénominations sans sortir du cadre de la présente description. Cette nomenclature n'implique pas non plus un ordre, c'est-à-dire qu'un troisième échangeur thermique pourrait être utilisé sans qu'un premier échangeur thermique et/ou un deuxième échangeur thermique soit nécessaire pour la mise en

œuvre de l'invention.

- [0029] L'invention s'applique à tout type de système 1 de pile à combustible utilisable de manière mobile telle que, par exemple, monté dans un véhicule 31 (voiture de tourisme, véhicules industriels (utilitaire, camion, etc.), engins de transport (tram, métro, bus, etc.), engins agricoles (tracteur, moissonneuse, etc.), engins de génie civil (pelle mécanique, bulldozer, etc.), train, bateau, aéronef, engin spatial, etc.) ou de manière stationnaire telle que, par exemple, dans des centrales électriques ou des groupes électrogènes.
- [0030] Dans l'exemple illustré à la [Fig.1], un système 1 de pile à combustible est intégré à un véhicule 31. Le véhicule 31 comporte principalement un groupe 15 motopropulseur, un élément 29 de stockage d'énergie électrique, un dispositif 33 de refroidissement et le système 1 de pile à combustible. Dans l'exemple illustré à la [Fig.1], le groupe 15 motopropulseur est préférentiellement du type électrique et comporte un moteur électrique et ses éléments électroniques de puissance tel qu'au moins un convertisseur 14 continu – continu (hacheur) destiné à diminuer la puissance électrique d'alimentation de l'élément 29 de stockage d'énergie électrique (batterie) du véhicule 31 à celle du réseau de bord du véhicule 31 et au moins un convertisseur continu – alternatif (onduleur) destiné à transformer la puissance électrique continue d'alimentation du réseau de bord du véhicule 31 en puissance électrique alternative pour alimenter le moteur électrique. Le dispositif 33 de refroidissement comporte au moins un échangeur thermique tel qu'un radiateur (condenseur) à fluide caloporteur afin d'utiliser le déplacement du véhicule 31 et l'air ambiant autour du véhicule 31 pour former la zone froide du dispositif 33 de refroidissement, c'est-à-dire l'endroit où le fluide caloporteur est le plus froid.
- [0031] L'élément 29 de stockage d'énergie électrique est préférentiellement conçu pour fournir une tension continue, par exemple comprise entre 12 V et 800 V, et comporte par exemple des cellules d'accumulation d'énergie électrique, c'est-à-dire tous types d'accumulateurs électrochimiques capables de stocker de l'énergie électrique et, de manière réversible, de restituer l'énergie électrique stockée, tels qu'une batterie rechargeable (par exemple à l'aide d'un câble d'alimentation externe). L'élément 29 de stockage d'énergie électrique ne sera pas davantage décrit ci-après car il n'appartient pas au cœur de l'invention.
- [0032] Le système 1 de pile à combustible comporte principalement un empilement 6 de piles à combustible, un circuit 21 de transport d'air, un dispositif 23 de régulation thermique et une source 27 d'hydrogène. L'association du circuit 21 de transport d'air et du dispositif 23 de régulation thermique forme un ensemble 24. L'empilement 6 de piles à combustible est raccordé de manière connue, à son anode, à la source 27 d'hydrogène afin d'alimenter en hydrogène l'empilement 6 de piles à combustible et, à

sa cathode, au circuit 21 de transport d'air afin d'alimenter en oxygène l'empilement 6 de piles à combustible. En outre, l'empilement 6 de piles à combustible est raccordé de manière connue à un réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur du dispositif 23 de régulation thermique afin d'échanger thermiquement avec l'empilement 6 de piles à combustible.

- [0033] Dans les exemples illustrés aux figures 2 et 3, le circuit 21 de transport d'air comporte, d'une entrée E vers une sortie S, au moins une conduite 21A amont d'air, dite conduite d'entrée d'air de la cathode, destinée à alimenter en oxygène l'empilement 6 de piles à combustible et une conduite 21B aval d'air, dite conduite de sortie d'air de la cathode, destinée à recevoir l'air, après réduction de l'oxygène de l'air dans l'empilement 6 de piles à combustible, venant de la conduite 21A amont d'air, et tout produit de réaction de l'empilement 6 de piles à combustible tel que de l'eau.
- [0034] Dans les exemples illustrés aux figures 2 et 3, le circuit 21 de transport d'air comporte un filtre 2 optionnel destiné à retenir d'éventuelles pollutions de l'air aspiré à l'entrée E, un dispositif 3 de compression, un deuxième échangeur thermique 4, un élément 7 de mesure de température tel qu'un capteur de température (thermistance du type CTN (Coefficient de Température Négatif) ou équivalent) et un humidificateur 5.
- [0035] Le dispositif 3 de compression de l'air ambiant est monté sur la conduite 21A amont d'air en amont du deuxième échangeur thermique 4 afin d'alimenter en air la conduite 21A amont d'air. Ainsi, le dispositif 3 de compression apporte de l'air à une pression prédéterminée supérieure à la pression atmosphérique par commande d'une unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation telle qu'une unité de contrôle électronique, mais également évite l'utilisation d'une source de stockage d'oxygène sous pression ou d'air sous pression. Cela est particulièrement avantageux pour améliorer la compacité et le poids du système 1 de pile à combustible notamment quand il est monté dans le véhicule 31 comme dans les exemples des figures 1 à 3. À titre d'exemple nullement limitatif, le dispositif 3 de compression peut comporter un compresseur tel qu'un turbocompresseur électrique.
- [0036] Bien entendu, l'air n'est qu'un exemple possible de gaz contenant de l'oxygène. Alternativement, de l'oxygène seul, par exemple de l'oxygène pur, pourrait être transporté dans la conduite 21A amont du circuit 21 de transport. En outre, alternativement au dispositif 3 de compression, le circuit 21 de transport d'air pourrait prévoir l'utilisation d'une source (non représentée) de stockage d'oxygène sous pression ou d'air sous pression sans sortir du cadre de l'invention.
- [0037] Pour obtenir un bon rendement de l'empilement 6 de piles à combustible et minimiser sa dégradation au fil du temps, chaque membrane de l'empilement 6 de piles à combustible a besoin d'une humidification adéquate à tous les états de fonctionnement du système 1 de pile à combustible, comme le démarrage, le fonc-

tionnement stabilisé, la charge dynamique et l'arrêt. Dans les exemples des figures 2 et 3, l'humidificateur 5 est monté en amont de l'empilement 6 de piles à combustible afin d'augmenter l'humidité relative de l'air déplacé dans le circuit 21 de transport d'air.

- [0038] Dans les exemples des figures 2 et 3, l'humidité de l'humidificateur 5 est apportée par une conduite 21B aval d'air du circuit 21 de transport d'air, dite conduite de sortie d'air de la cathode. En effet, la réduction de l'oxygène qui a lieu à la cathode donne, comme principal produit de réaction, de l'eau qui peut être avantageusement recyclé pour humidifier l'air circulant dans le circuit 21 de transport d'air. Par conséquent, l'eau produite à la sortie de la cathode peut être utilisée pour humidifier l'air déplacé dans le circuit 21 de transport d'air en complément de l'humidité présente dans l'air ambiant aspiré par l'entrée E.
- [0039] Bien entendu, alternativement ou en complément, une source d'eau peut être utilisée pour alimenter l'humidificateur 5.
- [0040] Dans les exemples des figures 2 et 3, le dispositif 23 de régulation thermique comporte un réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur refroidi par le premier échangeur thermique 9. Le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur comprend au moins une canalisation 25A amont de fluide caloporteur, dite canalisation d'entrée de fluide caloporteur de l'empilement 6 de piles à combustible, destinée à alimenter en fluide caloporteur l'empilement 6 de piles à combustible et une canalisation 25B aval de fluide caloporteur, dite canalisation de sortie de fluide caloporteur de l'empilement 6 de piles à combustible, destinée à recevoir le fluide caloporteur après échange thermique avec l'empilement 6 de piles à combustible venant de la canalisation 25A amont de fluide caloporteur. Dans les exemples des figures 2 et 3, le premier échangeur thermique 9 est monté entre la canalisation 25A amont de fluide caloporteur et la canalisation 25B aval de fluide caloporteur en formant une boucle fermée déplaçant du fluide caloporteur entre l'empilement 6 de piles à combustible et le premier échangeur thermique 9.
- [0041] Dans les exemples des figures 2 et 3, le dispositif 23 de régulation thermique comporte le deuxième échangeur thermique 4 monté sur la conduite 21A amont d'air afin de réguler également la température d'air dans la conduite 21A amont d'air en amont de l'humidificateur 5 par le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur. À titre d'exemple nullement limitatif, le deuxième échangeur thermique 4 peut être un refroidisseur d'air de suralimentation (également connu par l'abréviation anglaise « CAC » venant des termes « charge air cooler »).
- [0042] Plus précisément, le deuxième échangeur thermique 4 est alimenté en fluide caloporteur par la canalisation 25E d'entrée du deuxième échangeur thermique 4 au moyen d'un élément 8 de répartition mélangeant sélectivement les flux de fluide caloporteur de la canalisation 25A amont de fluide caloporteur en sortie du premier

échangeur thermique 9 (de manière directe dans le premier mode de réalisation de la [Fig.2] et de manière indirecte dans le premier mode de réalisation de la [Fig.3]), et de la canalisation 25B aval de fluide caloporteur afin de contrôler la température d'air dans la conduite 21A amont d'air. Le deuxième échangeur thermique 4 comporte une canalisation 25F de sortie reliée à la canalisation 25B aval de fluide caloporteur en amont d'un élément 10 de génération de flux, tel qu'une pompe centrifuge. À titre d'exemple nullement limitatif, l'élément 8 de répartition peut être une vanne proportionnelle trois voies ayant deux entrées de fluide caloporteur et une sortie de fluide caloporteur capable d'être fermée ou ouverte. La sortie de l'élément 8 de répartition quand elle est ouverte peut être alimentée, par gestion de l'unité de contrôle 20, soit uniquement par la première entrée, soit uniquement par la deuxième entrée, soit par un mélange des deux entrées selon des proportions gérées par l'unité de contrôle 20 par exemple en fonction d'un élément de mesure de température tel que l'élément 7 de mesure de température en aval du deuxième échangeur thermique 4.

[0043] Avantageusement grâce au dispositif 23 de régulation selon l'invention, quels que soient les états de fonctionnement du système 1 de pile à combustible, la température d'air contenu dans la conduite 21A amont d'air destinée à alimenter en oxygène l'empilement 6 de piles à combustible sera gérée par l'unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation afin d'optimiser la température et incidemment les conditions d'humidité. On comprend notamment que le deuxième échangeur thermique 4 est monté en amont de l'humidificateur 5 afin de garantir le bon fonctionnement de ce dernier. En effet, en garantissant le bon fonctionnement de l'humidificateur, on augmente sa durée de vie d'une part, et on fiabilise et rend davantage robuste le fonctionnement global du système 1 de pile à combustible d'autre part, en adaptant la température et incidemment l'humidité de l'air apporté à l'empilement 6 de piles à combustible par exemple en fonction de la température de l'empilement 6 de piles à combustible (donnée par un capteur de température (non représenté) monté dans l'empilement 6 de piles à combustible et connu en soi) et/ou en fonction de la température mesurée par l'élément 7 de mesure de température.

[0044] En outre, la gestion par l'unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation de l'élément 8 de répartition permet, avantageusement selon l'invention, d'élargir la plage des températures commandables par le dispositif 23 de régulation par la commande sélective de l'état de l'élément 8 de répartition. Ainsi, suivant les caractéristiques de l'air présent dans la conduite 21A amont d'air, il peut être préférable de chauffer l'air (par exemple température très basse de l'air en amont du deuxième échangeur thermique 4) ou au contraire de refroidir l'air (par exemple température très haute de l'air en amont du deuxième échangeur thermique 4) ou encore de ne pas modifier la température d'air. En effet, il est préférable de posséder un maximum de possibilités

entre la température de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique 9 généralement comprise entre la température ambiante et environ 70°C (canalisation 25A amont de fluide caloporteur) et la température de fluide caloporteur en sortie de l'empilement 6 de piles à combustible généralement comprise entre la température ambiante et environ 85°C (canalisation 25B aval de fluide caloporteur).

- [0045] Cela permet également de ne pas avoir à surdimensionner le deuxième échangeur thermique 4 en apportant une température la plus basse possible du système 1 de pile à combustible (canalisation 25A amont de fluide caloporteur) ou une température la plus haute possible du système 1 de pile à combustible (canalisation 25B aval de fluide caloporteur) ou un mélange des deux (canalisation 25A amont de fluide caloporteur et canalisation 25B aval de fluide caloporteur).
- [0046] Préférentiellement, le premier échangeur thermique 9 peut être directement relié, ou indirectement raccordé par un circuit intermédiaire, à un radiateur existant du véhicule 31 tel que celui du dispositif 33 de refroidissement. Le premier échangeur thermique 9 permet ainsi d'évacuer dans l'air ambiant la chaleur (non utilisée) produite par l'empilement 6 de piles à combustible. Le premier échangeur thermique 9 est préférentiellement dimensionné pour que la température du fluide caloporteur à sa sortie soit toujours inférieure à la température à l'entrée de l'empilement 6 de piles à combustible.
- [0047] Enfin, avantageusement selon l'invention, suivant les états de fonctionnement du système 1 de pile à combustible, l'unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation selon l'invention permet de commander de manière dynamique la température souhaitée d'air dans la conduite 21A amont d'air.
- [0048] Dans les exemples des figures 2 et 3, le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur comporte préférentiellement l'élément 10 de génération de flux de fluide caloporteur afin de forcer un déplacement de fluide caloporteur dans le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur. Dans les exemples des figures 2 et 3, l'élément 10 de génération de flux de fluide caloporteur est monté sur la canalisation 25B aval de fluide caloporteur en amont du premier échangeur thermique 9. Bien entendu, alternativement, l'élément 10 de génération de flux de fluide caloporteur pourrait être monté sur la canalisation 25A amont de fluide caloporteur en aval du premier échangeur thermique 9 sans sortir du cadre de l'invention.
- [0049] En outre, dans les exemples des figures 2 et 3, le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur comporte préférentiellement un élément 11 de contournement de flux de fluide caloporteur afin de sélectivement, soit raccorder la canalisation 25B aval de fluide caloporteur au premier échangeur thermique 9, soit raccorder la canalisation 25B aval de fluide caloporteur à la canalisation 25A amont de fluide caloporteur sans passer par le premier échangeur thermique 9, soit les deux à la fois afin de contrôler la tem-

pérature de fluide caloporteur dans la canalisation 25A amont de fluide caloporteur. Dans les exemples des figures 2 et 3, l'élément 11 de contournement de flux de fluide caloporteur est monté sur la canalisation 25B aval de fluide caloporteur en amont du premier échangeur thermique 9 et en aval de l'élément 10 de génération de flux. C'est le mélange réalisé par l'élément 11 de contournement géré par l'unité de contrôle 20 qui permet d'amener le fluide caloporteur à la bonne température à l'entrée de l'empilement 6 de piles à combustible. Bien entendu, l'élément 11 de contournement de flux de fluide caloporteur pourrait être monté sur la canalisation 25A amont de fluide caloporteur en aval du premier échangeur thermique 9 sans sortir du cadre de l'invention.

[0050] À titre d'exemple nullement limitatif, l'élément 11 de contournement de flux de fluide caloporteur peut être une vanne proportionnelle trois voies ayant une entrée de fluide caloporteur capable d'être fermée ou ouverte et deux sorties de fluide caloporteur. Dans les exemples des figures 2 et 3, l'entrée de l'élément 11 de contournement quand elle est ouverte peut alimenter, par gestion de l'unité de contrôle 20, soit uniquement la première sortie vers une canalisation 25D de contournement vers la canalisation 25A amont de fluide caloporteur, soit uniquement la deuxième sortie vers le premier échangeur thermique 9, soit un mélange des deux sorties selon des proportions gérées par l'unité de contrôle 20 par exemple en fonction d'un élément de mesure de température de l'empilement 6 de piles à combustible.

[0051] Dans le premier mode de réalisation illustré dans l'exemple de la [Fig.2], l'élément 8 de répartition est raccordée de manière directe à la canalisation 25A amont de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique 9. En effet, la deuxième canalisation 25H d'entrée de l'élément 8 de répartition est montée directement en sortie du premier échangeur thermique 9 sur la canalisation 25A amont de fluide caloporteur. En outre, dans l'exemple visible à la [Fig.2], la première canalisation 25G d'entrée de l'élément 8 de répartition est montée directement en sortie de l'élément 10 de génération de flux (et en amont de l'élément 11 de contournement de flux) sur la canalisation 25B aval de fluide caloporteur. Avantagusement selon l'invention, le deuxième échangeur thermique 4 est donc alimenté en fluide caloporteur par l'élément 8 de répartition en mélangeant sélectivement les flux de fluide caloporteur de la canalisation 25A amont de fluide caloporteur de manière directe en sortie du premier échangeur thermique 9 et de la canalisation 25B aval de fluide caloporteur afin de contrôler la température d'air dans la conduite 21A amont d'air ce qui permet de maximiser la plage des températures commandables par le dispositif 23 de régulation par la commande sélective de l'état de l'élément 8 de répartition entre les deux zones théoriquement respectivement la plus froide et la plus chaude.

[0052] Dans le deuxième mode de réalisation illustré dans l'exemple de la [Fig.3], le

dispositif 23 de régulation thermique comporte un troisième échangeur thermique 12 monté sur une canalisation 25C auxiliaire de fluide caloporteur entre la canalisation 25A amont de fluide caloporteur et la canalisation 25B aval de fluide caloporteur. L'entrée du troisième échangeur thermique 12 est en communication fluïdique avec la sortie du premier échangeur thermique 9 afin d'améliorer le refroidissement du fluide caloporteur présent dans le réseau 25 de canalisations de fluide caloporteur. Préférentiellement, le troisième échangeur thermique 12 peut être directement relié, ou indirectement raccordé par un circuit intermédiaire, à un radiateur existant du véhicule 31 tel que celui du dispositif 33 de refroidissement. Dans l'exemple de la [Fig.3], le troisième échangeur thermique 12 permet ainsi d'évacuer dans l'air ambiant la chaleur (non utilisée) produite par d'autres organes présents dans l'environnement de l'empilement 6 de piles à combustible tel que le convertisseur 14 continu – continu (hacheur) et le groupe 15 motopropulseur.

- [0053] Bien entendu, lesdits organes peuvent être d'autres éléments électroniques de puissance tel qu'un convertisseur (hacheur, onduleur, gradateur ou redresseur) reliés à un élément 29 de stockage d'énergie électrique telle qu'une batterie ou à un actionneur tel qu'un moteur électrique. On peut également imaginer utiliser la canalisation 25C auxiliaire pour un organe du système 1 de pile à combustible.
- [0054] Dans le deuxième mode de réalisation illustré dans l'exemple de la [Fig.3], l'élément 8 de répartition est donc raccordée de manière indirecte à la canalisation 25A amont de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique 9 afin d'utiliser la zone la plus froide du réseau de canalisations 25 de fluide caloporteur qui n'est plus en sortie du premier échangeur thermique 9 mais en sortie du troisième échangeur thermique 12. Dans l'exemple de la [Fig.3], la canalisation 25C auxiliaire de fluide caloporteur est raccordée en sortie du premier échangeur thermique 9 à la canalisation 25A amont de fluide caloporteur et débouche dans la canalisation 25B aval de fluide caloporteur. La canalisation 25C auxiliaire de fluide caloporteur comporte ainsi selon le sens d'écoulement du fluide caloporteur le troisième échangeur thermique 12, un autre élément 13 de génération de flux destiné à notamment compenser les pertes de charges du passage du fluide caloporteur dans les organes 14 puis 15 en aval de l'autre élément 13 de génération de flux.
- [0055] Dans l'exemple de la [Fig.3], l'élément 8 de répartition est donc alimenté par le flux de fluide caloporteur de la canalisation 25B aval de fluide caloporteur, par la première canalisation 25G d'entrée de l'élément 8 de répartition reliée entre l'élément 10 de génération de flux et l'élément 11 de contournement de flux, et le flux de fluide caloporteur sortant du troisième échangeur thermique 12, par la deuxième canalisation 25H' d'entrée de l'élément 8 de répartition reliée entre l'autre élément 13 de génération de flux et l'organe 14, afin d'offrir une plage davantage étendue de contrôle

de température d'air dans la conduite 21A amont d'air. En effet, le troisième échangeur thermique 12 tel que décrit dans l'exemple de la [Fig.3] abaisse la température du fluide caloporteur en sortie du troisième échangeur thermique 12 jusqu'à une température maximum de 60°C.

[0056] L'invention a également pour objet un procédé de régulation thermique, préférentiellement mis en œuvre par ordinateur, de l'ensemble 24 formé par le circuit 21 de transport d'air et le dispositif 23 de régulation thermique du circuit 21 de transport d'air comportant les étapes suivantes :

[0057] – Mesurer la température d'air en sortie du deuxième échangeur thermique 4 ;

[0058] – Comparer la température mesurée en sortie du deuxième échangeur thermique 4 avec une température cible prédéterminée ;

[0059] – Modifier sélectivement l'état de l'élément 8 de répartition afin de rapprocher la température en sortie du deuxième échangeur thermique 4 de ladite température cible quand la valeur de comparaison dépasse un seuil prédéterminé.

[0060] Avantageusement, l'unité de contrôle 20 applique le procédé selon l'invention pour permettre au dispositif 23 de régulation, quels que soient les états de fonctionnement du système 1 de pile à combustible, d'optimiser la température et les conditions d'humidité d'air contenu dans la conduite 21A amont d'air destinée à alimenter en oxygène l'empilement 6 de piles à combustible. On comprend notamment que le bon fonctionnement de l'humidificateur 5 est garanti et ainsi fiabilise et rend davantage robuste le fonctionnement global du système 1 de pile à combustible en adaptant la température et l'humidité de l'air apporté à l'empilement 6 de piles à combustible. De plus, en garantissant le bon fonctionnement de l'humidificateur 5, on augmente sa durée de vie. La température de l'empilement 6 de piles à combustible peut également être utilisée pour affiner le pilotage de l'élément 8 de répartition en plus de la température mesurée par l'élément 7 de mesure de température mesurée en sortie du deuxième échangeur thermique 4. Ainsi, suivant les caractéristiques de l'air présent dans la conduite 21A amont d'air, il peut être préférable de chauffer l'air (alimentation par la canalisation 25B aval de fluide caloporteur privilégiée) ou au contraire de refroidir l'air (alimentation par la canalisation 25A amont (ou 25C auxiliaire) de fluide caloporteur privilégiée) ou encore de ne pas modifier la température d'air (maintien de l'alimentation avec l'état actuel de l'élément 8 de répartition).

[0061] L'étape de comparaison est préférentiellement mise en œuvre par un module de calcul de l'unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation thermique. La température cible prédéterminée peut être comprise entre 60°C et 95°C. En effet, il a été observé qu'au-dessus de ces températures l'humidificateur 5 pouvait être endommagé. La température cible prédéterminée peut être par exemple déterminée en fonction de l'état de fonctionnement du système 1 de pile à combustible, en particulier, en fonction

de l'état de fonctionnement de l'humidificateur 5. En effet, la température cible prédéterminée doit être choisie afin que, quelle que soit la température d'air sortant du dispositif de compression 3, l'humidificateur 5 apporte toujours assez d'humidité à l'air entrant dans l'empilement 6 de piles à combustible.

[0062] L'étape de pilotage, c'est-à-dire de modification de l'état, de l'élément 8 de répartition est préférentiellement gérée par l'unité de contrôle 20 du dispositif 23 de régulation thermique afin de rapprocher la température d'air en sortie du deuxième échangeur thermique 4 de la température cible. Afin de rendre le pilotage plus simple, il est préférentiellement prévu un seuil prédéterminé afin de changer le pilotage de l'élément 8 de répartition quand la valeur de comparaison déterminé par le module de calcul dépasse ledit seuil prédéterminé. Le seuil prédéterminé peut être de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ entre la température d'air mesurée en sortie du deuxième échangeur thermique 4 par rapport à la température cible prédéterminée. Typiquement, comme expliqué ci-dessus, l'élément 8 de répartition peut être piloté à partir d'un tableau de données paramétré à l'avance ou, éventuellement, à partir d'un calcul, par exemple, par interpolation linéaire, en cas de situation de correspondance entre deux données dudit tableau paramétré à l'avance.

[0063] Enfin, l'invention a aussi pour objet un programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé tel que présenté plus haut et un support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé tel que présenté plus haut.

[0064] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et variantes présentés et d'autres modes de réalisation et variantes apparaîtront clairement à l'homme du métier. Ainsi, les modes de réalisation et variantes sont combinables entre eux sans sortir du cadre de l'invention. À titre nullement limitatif, il est possible que l'élément 8 de répartition puisse être alimenté par le flux de fluide caloporteur de la canalisation 25B aval de fluide caloporteur, par la première canalisation 25G d'entrée de l'élément 8 de répartition reliée entre l'élément 10 de génération de flux et l'élément 11 de contournement de flux, et le flux de fluide caloporteur sortant du premier échangeur thermique 9, par la deuxième canalisation 25H d'entrée de l'élément 8 de répartition montée directement en sortie du premier échangeur thermique 9 comme dans la [Fig.2], même si la canalisation 25C auxiliaire de la [Fig.3] est utilisée.

Liste des références

- [0065] 1 : système de pile à combustible
 2 : filtre
 3 : dispositif de compression

- 4 : deuxième échangeur thermique
- 5 : humidificateur
- 6 : empilement de piles à combustible
- 7 : élément de mesure de température
- 8 : élément de répartition
- 9 : premier échangeur thermique
- 10 : élément de génération de flux
- 11 : élément de contournement de flux
- 12 : troisième échangeur thermique
- 13 : autre élément de génération de flux
- 14 : hacheur
- 15 : groupe motopropulseur
- 20 : unité de contrôle
- 21 : circuit de transport d'air
- 21A : conduite amont d'air
- 21B : conduite aval d'air
- 23 : dispositif de régulation thermique
- 24 : ensemble de circuit 21 de transport d'air et de dispositif 23 de régulation thermique
- 25 : réseau de canalisations de fluide caloporteur
- 25A : canalisation amont de fluide caloporteur
- 25B : canalisation aval de fluide caloporteur
- 25C : canalisation auxiliaire de fluide caloporteur
- 25D : canalisation de contournement
- 25E : canalisation d'entrée du deuxième échangeur thermique 4
- 25F : canalisation de sortie du deuxième échangeur thermique 4
- 25G : première canalisation d'entrée de l'élément 8 de répartition
- 25H : deuxième canalisation d'entrée de l'élément 8 de répartition (premier mode de réalisation)
- 25H' : deuxième canalisation d'entrée de l'élément 8 de répartition (deuxième mode de réalisation)
- 27 : source d'hydrogène
- 29 : élément de stockage d'énergie électrique
- 31 : véhicule
- 33 : dispositif de refroidissement du véhicule 31
- E : entrée d'air
- S : sortie d'air

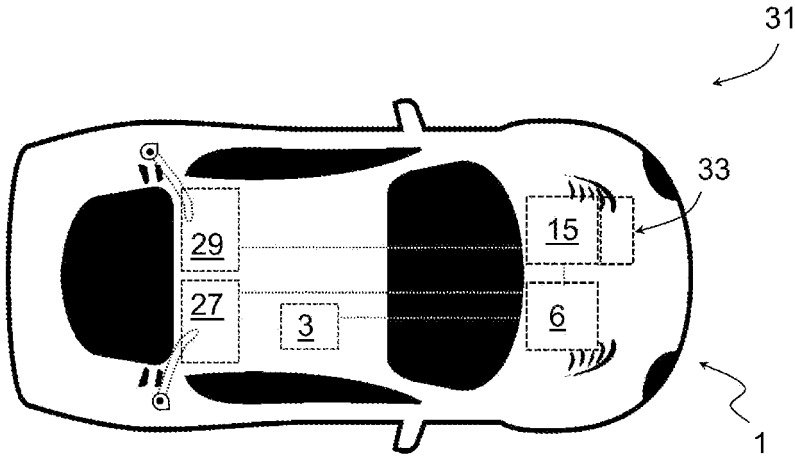
Revendications

- [Revendication 1] Ensemble (24) formé par un circuit (21) de transport d'air et un dispositif (23) de régulation thermique du circuit (21) de transport d'air pour un empilement (6) de piles à combustible comprenant une anode et une cathode, le circuit (21) de transport d'air comportant au moins une conduite (21A) amont d'air, dite conduite d'entrée d'air de la cathode, destinée à alimenter en oxygène l'empilement (6) de piles à combustible, le dispositif (23) de régulation thermique comportant un réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur refroidi par un premier échangeur thermique (9), le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur comprenant au moins une canalisation (25A) amont de fluide caloporteur, dite canalisation d'entrée de fluide caloporteur de l'empilement (6) de piles à combustible, destinée à alimenter en fluide caloporteur l'empilement (6) de piles à combustible et une canalisation (25B) aval de fluide caloporteur, dite canalisation de sortie de fluide caloporteur de l'empilement (6) de piles à combustible, destinée à recevoir le fluide caloporteur après échange thermique avec l'empilement (6) de piles à combustible venant de la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur, le premier échangeur thermique (9) étant monté entre la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur et la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur, **caractérisé en ce que** le dispositif (23) de régulation thermique comporte un deuxième échangeur thermique (4) monté sur la conduite (21A) amont d'air, en amont d'un humidificateur (5), afin de réguler la température d'air dans la conduite (21A) amont d'air en amont de l'humidificateur (5) par le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur et **en ce que** le deuxième échangeur thermique (4) est alimenté en fluide caloporteur par un élément (8) de répartition mélangeant sélectivement les flux de fluide caloporteur de la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur en sortie du premier échangeur thermique (9) et de la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur afin de contrôler la température d'air dans la conduite (21A) amont d'air.
- [Revendication 2] Ensemble (24) selon la revendication précédente, dans lequel l'humidité de l'humidificateur (5) est apportée par une conduite (21B) aval d'air du circuit (21) de transport d'air, dite conduite de sortie d'air de la cathode, destinée à recevoir l'air, après réduction de l'oxygène de l'air dans l'empilement (6) de piles à combustible, venant de la conduite (21A) amont d'air, et un produit de réaction de l'empilement (6) de piles à

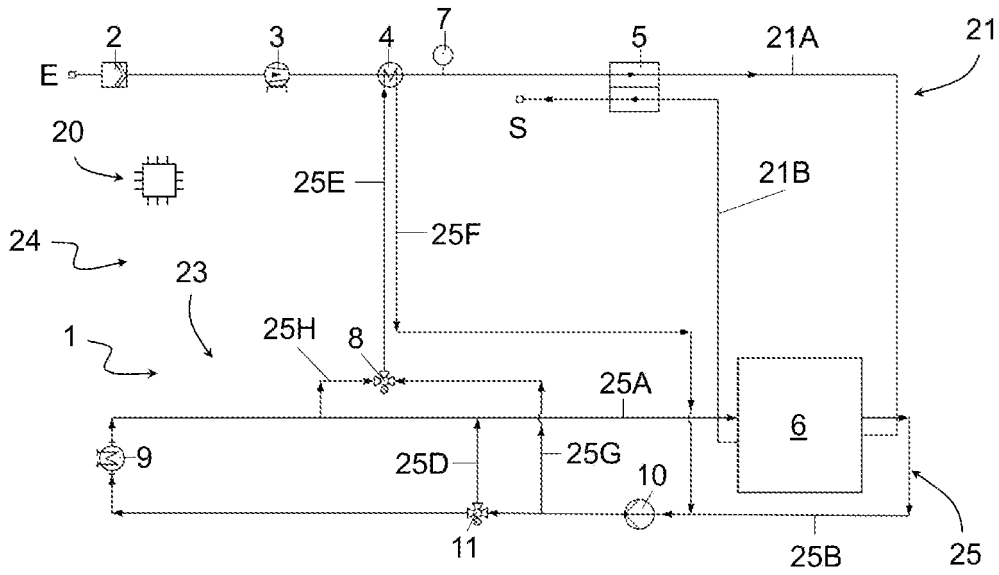
- combustible.
- [Revendication 3] Ensemble (24) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit (21) de transport d'air comporte un dispositif (3) de compression de l'air ambiant monté sur la conduite (21A) amont d'air en amont du deuxième échangeur thermique (4) afin d'alimenter en air la conduite (21A) amont d'air.
- [Revendication 4] Ensemble (24) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur comporte un élément (10) de génération de flux de fluide caloporteur afin de forcer un déplacement de fluide caloporteur dans le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur.
- [Revendication 5] Ensemble (24) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur comporte un élément (11) de contournement de flux de fluide caloporteur afin de sélectivement, soit raccorder la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur au premier échangeur thermique (9), soit raccorder la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur à la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur sans passer par le premier échangeur thermique, soit les deux à la fois afin de contrôler la température de fluide caloporteur dans la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur.
- [Revendication 6] Ensemble (24) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (23) de régulation thermique comporte un troisième échangeur thermique (12) monté entre la canalisation (25A) amont de fluide caloporteur et la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur afin d'améliorer le refroidissement du fluide caloporteur présent dans le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur.
- [Revendication 7] Ensemble (24) selon la revendication précédente, dans lequel l'élément (8) de répartition est configuré pour être alimenté par le flux de fluide caloporteur de la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur et le flux de fluide caloporteur sortant du troisième échangeur thermique (12) afin d'offrir une plage davantage étendue de contrôle de température d'air dans la conduite (21A) amont d'air.
- [Revendication 8] Ensemble (24) selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur comporte une canalisation (25C) auxiliaire de fluide caloporteur raccordant la sortie du troisième échangeur thermique (12) à la canalisation (25B) aval de fluide caloporteur afin de d'abaisser la température de fluide caloporteur dans la

- canalisation (25C) auxiliaire de fluide caloporteur.
- [Revendication 9] Ensemble (24) selon la revendication précédente, dans lequel des organes sont configurés pour être refroidis par le flux de fluide caloporteur de la canalisation auxiliaire.
- [Revendication 10] Système (1) de pile à combustible comportant un empilement (6) de piles à combustible raccordé à une source d'hydrogène, **caractérisé en ce que** le système (1) de pile à combustible est raccordé à l'ensemble (24) selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'empilement (6) de piles à combustible étant raccordé au circuit (21) de transport d'air de l'ensemble afin d'alimenter en oxygène l'empilement (6) de piles à combustible et au réseau (25) de canalisations de fluide caloporteur de l'ensemble afin d'échanger thermiquement avec l'empilement (6) de piles à combustible.
- [Revendication 11] Véhicule (31) comportant un groupe (15) motopropulseur électrique et un élément (29) de stockage d'énergie électrique, **caractérisé en ce que** le véhicule (31) comporte un système (1) de pile à combustible selon la revendication précédente.
- [Revendication 12] Procédé de régulation thermique de l'ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 comportant les étapes suivantes :
- mesurer la température d'air en sortie du deuxième échangeur thermique (4) ;
 - comparer la température mesurée en sortie du deuxième échangeur thermique (4) avec une température cible prédéterminée ;
 - modifier sélectivement l'état de l'élément (8) de répartition afin de rapprocher la température en sortie du deuxième échangeur thermique (4) de ladite température cible quand la valeur de comparaison dépasse un seuil prédéterminé.
- [Revendication 13] Programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé selon la revendication précédente.
- [Revendication 14] Support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre les étapes du procédé selon la revendication 12.

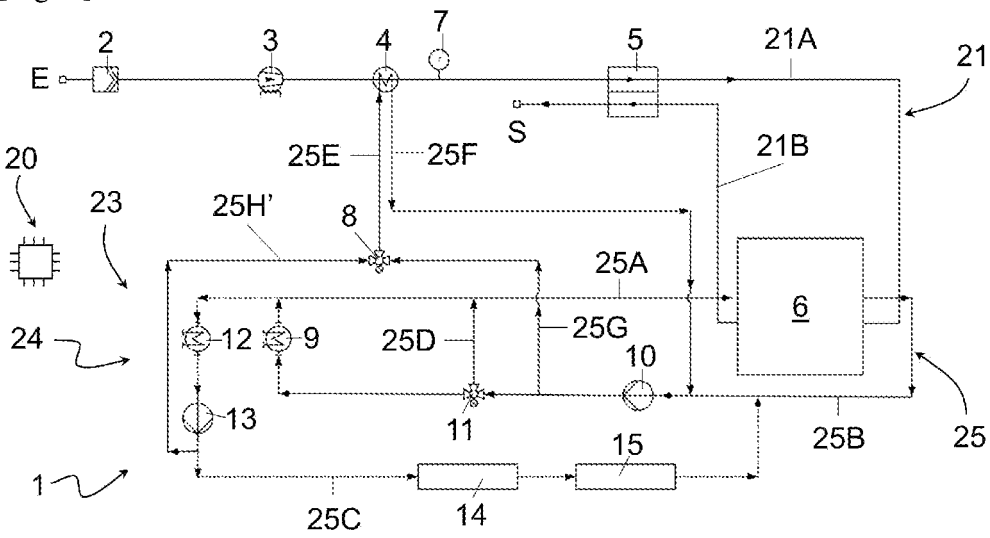
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 928521
FR 2312168

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	CN 215 731 815 U (WEICHAI BALLARD HYDROGEN ENERGY TECH CO LTD) 1 février 2022 (2022-02-01) * alinéa [0006] - alinéa [0016] * * alinéa [0020] - alinéa [0027]; figure 1 * * alinéa [0032] - alinéa [0035] * -----	1-14	H01M 8/04007 H01M 8/04701 H01M 8/249
X	WO 2009/004253 A2 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR] ET AL.) 8 janvier 2009 (2009-01-08) * alinéa [0005] - alinéa [0009] * * alinéa [0012] - alinéa [0018] * * alinéa [0030] - alinéa [0033]; figure 2 * * alinéa [0036] - alinéa [0039]; figures 3,4 * * alinéa [0054] - alinéa [0056]; figure 6 * -----	1-14	
A	US 2018/053950 A1 (BUEHLER MAXIMILIAN [DE] ET AL) 22 février 2018 (2018-02-22) * alinéa [0005] - alinéa [0006] * * alinéa [0009] * * alinéa [0023] - alinéa [0029]; figure 1 * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01M
A	US 2008/102335 A1 (SKALA GLENN W [US]) 1 mai 2008 (2008-05-01) * alinéa [0013]; figure 1 * * alinéa [0019] - alinéa [0020] * * alinéa [0024]; figure 3 * ----- -/-	1-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 septembre 2024		Gamez, Agnès	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

2
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 928521
FR 2312168

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>US 10 207 597 B2 (VOLKSWAGEN AG [DE]; AUDI AG [DE]) 19 février 2019 (2019-02-19)</p> <p>* colonne 2, ligne 35 - colonne 3, ligne 3; figures 2,3 *</p> <p>* colonne 3, ligne 48 - ligne 67 *</p> <p>* colonne 4, ligne 59 - colonne 5, ligne 3 *</p> <p>* colonne 7, ligne 10 - colonne 8, ligne 15 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		5 septembre 2024	Gamez, Agnès
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul</p> <p>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</p> <p>A : arrière-plan technologique</p> <p>O : divulgation non-écrite</p> <p>P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>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.</p> <p>D : cité dans la demande</p> <p>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312168 FA 928521**

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 05 - 09 - 2024
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
CN 215731815	U	01-02-2022	AUCUN	

WO 2009004253	A2	08-01-2009	AT E510315 T1	15-06-2011
			EP 2158633 A2	03-03-2010
			WO 2009004253 A2	08-01-2009

US 2018053950	A1	22-02-2018	CN 107431221 A	01-12-2017
			DE 102015003028 A1	15-09-2016
			EP 3269002 A1	17-01-2018
			JP 6441497 B2	19-12-2018
			JP 2018508106 A	22-03-2018
			US 2018053950 A1	22-02-2018
			WO 2016142029 A1	15-09-2016

US 2008102335	A1	01-05-2008	CN 101227005 A	23-07-2008
			DE 102007050415 A1	08-05-2008
			JP 2008108730 A	08-05-2008
			US 2008102335 A1	01-05-2008

US 10207597	B2	19-02-2019	DE 102014227014 A1	30-06-2016
			US 2016190611 A1	30-06-2016
