

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Système de régulation thermique d'une batterie.

②② Date de dépôt : 22.04.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *PLASTIC OMNIUM CLEAN
ENERGY SYSTEMS RESEARCH Société par actions
simplifiée (SAS) — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 27.10.23 Bulletin 23/43.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 16.05.25 Bulletin 25/20.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LASSON Rémi, DERANGERE
Nicolas et BARSAN Cosmin.

⑦③ Titulaire(s) : *PLASTIC OMNIUM CLEAN ENERGY
SYSTEMS RESEARCH Société par actions simplifiée
(SAS).*

⑦④ Mandataire(s) : LLR.



Description

Titre de l'invention : Système de régulation thermique d'une batterie

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne le domaine des systèmes de régulation thermique et notamment de tels systèmes pour une batterie.

Arrière-plan technique

[0002] Les véhicules automobiles ont de plus en plus besoin de capacité de stockage en énergie électrique notamment à cause des normes antipollution imposées par les législations locales. Si l'utilisation d'une batterie permet effectivement de substituer par un moteur électrique tout ou partie d'un moteur thermique et la pollution afférente à sa combustion, elle ne permet pas de le remplacer selon les mêmes conditions d'utilisation.

[0003] Un premier inconvénient réside dans le rendement énergétique de la batterie qui varie sensiblement en fonction de la température et du nombre de cyclages effectués (charges et décharges déjà effectuées). Il a ainsi été constaté qu'en dehors d'une plage de températures optimale à la batterie, généralement comprise entre 25°C et 40°C, le rendement énergétique baisse fortement et comparativement beaucoup plus qu'avec un moteur thermique. Le dépassement de la plage de températures idéale peut notamment entraîner un emballement thermique pouvant mener à la chute importante du rendement énergétique voire l'endommagement irréversible au moins partiel des cellules d'accumulation d'énergie électrique.

[0004] Un deuxième inconvénient est que, plus le courant consommé de la batterie est élevé, plus la puissance déchargée par la batterie est importante (l'effet Joule augmentant selon le carré du courant de décharge) et plus l'utilisateur est incité à utiliser une borne de charge rapide (l'effet Joule augmentant selon le carré du courant de charge).

[0005] Il ressort que le refroidissement par convection forcée ou le refroidissement par échangeur thermique peuvent ne plus suffire pour limiter la température de la batterie. La régulation thermique de la batterie devient donc un enjeu majeur pour les véhicules automobiles destinés à respecter les normes de pollution toujours plus drastiques.

Résumé de l'invention

[0006] L'invention a notamment pour but de proposer un système de régulation thermique d'une batterie pour véhicule automobile permettant d'utiliser une batterie même de forte puissance qui soit plus sûr et plus fiable pour un fonctionnement optimisé et robuste de la batterie.

[0007] À cet effet, l'invention se rapporte à un système de régulation thermique d'une batterie pour véhicule automobile comportant un réseau fluide fermé dans lequel un flux de fluide caloporteur diélectrique en phase liquide est formé à l'aide d'au moins un élément de pompage, le réseau fluide comportant au moins un module de batterie comprenant des cellules d'accumulation d'énergie électrique destinées à être régulées thermiquement par remplissage au moins partiel du module de batterie par le fluide caloporteur diélectrique, **caractérisé en ce que** le système de régulation comporte une unité de contrôle configurée pour surveiller la qualité du fluide caloporteur diélectrique afin de garantir le bon fonctionnement de la batterie.

[0008] Avantageusement selon l'invention, le système de régulation est du type par immersion au moins partielle des cellules d'accumulation d'énergie électrique de la batterie par un fluide caloporteur diélectrique et, préférentiellement, par immersion totale. En effet, d'une part, l'immersion est plus efficace pour les échanges thermiques car la surface spécifique d'échange est plus grande et, d'autre part, l'évacuation en dehors de chaque module par circulation du fluide caloporteur diélectrique est rapide ce qui permet des grandes efficacité et réactivité de régulation propres à satisfaire aussi bien la charge (en borne de charge rapide) que la décharge (consommation électrique du véhicule automobile à forte charge) de grande puissance électrique de la batterie. De manière connexe, la régulation par immersion est également plus sûre contre la propagation du feu éventuel de la batterie dans le véhicule automobile. On comprend donc que le système de régulation thermique selon l'invention permet de maintenir les cellules d'accumulation d'énergie électrique à leur température optimale afin de garantir un fonctionnement optimisé (maintien au meilleur rendement énergétique) et robuste (charge et décharge optimales pour une durée de vie plus longue) de la batterie quelles que soient les conditions extérieures dans lesquelles évolue le véhicule automobile, c'est-à-dire même s'il fait très froid ou très chaud.

[0009] Avantageusement selon l'invention, le fluide caloporteur diélectrique entourant les cellules d'accumulation d'énergie électrique est surveillé en permanence afin d'éviter qu'une pollution ne soit amenée au module de batterie par la circulation du fluide caloporteur diélectrique sous forme liquide ce qui pourrait rendre moins efficace la régulation thermique ou entraîner des courts-circuits entre les cellules d'accumulation d'énergie électrique présentes dans le module. On comprend que le système de régulation thermique selon l'invention permet donc un fonctionnement plus sûr (maintien de la qualité de la régulation) et plus fiable (maintien dans les conditions de sécurité de fonctionnement de l'ensemble système de régulation - batterie permettant une durée de vie plus longue de l'ensemble). On peut en conclure que les phénomènes d'emballement thermique de la batterie seront évités grâce au système de régulation thermique selon l'invention ce qui limitera les situations dans

lesquelles un endommagement irréversible de cellules d'accumulation d'énergie électrique pourrait être occasionné.

[0010] L'invention peut également comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes, prises seules ou en combinaison.

[0011] Le système de régulation thermique peut comporter au moins un élément de détection d'au moins une valeur physique du fluide caloporteur diélectrique monté sur le réseau fluidique et relié électriquement à l'unité de contrôle afin de sélectivement piloter le fonctionnement du système de régulation thermique en fonction de la valeur physique du fluide caloporteur diélectrique mesurée par l'élément de détection. Cette configuration permet de déterminer en permanence la présence ou non de pollution dans le fluide caloporteur diélectrique par simple surveillance d'une de ses valeurs physiques sans avoir à intervenir sur le réseau fluidique, c'est-à-dire typiquement sans avoir à effectuer des prélèvements de fluide caloporteur diélectrique dans le réseau fluidique. Il est également possible selon l'invention d'immédiatement détecter si le liquide utilisé pour le remplissage du réseau fluidique n'est pas celui attendu. Préférentiellement, quand une pollution est déterminée, l'unité de traitement bloque la circulation du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau fluidique par l'arrêt d'au moins l'élément de pompage pour éviter au plus tôt l'entrée de toute pollution dans chaque module de batterie.

[0012] Préférentiellement, l'élément de détection est un capteur de conductivité électrique (ou un capteur de résistivité électrique) afin que l'unité de contrôle détermine sélectivement si un risque de dérégulation thermique (échange thermique moins efficace) et/ou un risque de court-circuit (connexion électrique possible par le fluide caloporteur diélectrique) est encouru dans le module de batterie par la présence du fluide caloporteur diélectrique. En effet, une pollution est généralement associée à une variation de conductivité électrique (la résistivité électrique étant l'inverse de la conductivité électrique) et cette valeur physique a des conséquences importantes pour les connexions électriques dans le module de batterie et, plus généralement, pour le fonctionnement de la batterie. À titre d'exemple nullement limitatif, l'élément de détection peut être un capteur à électrodes.

[0013] Le seuil de qualité de l'unité de contrôle, c'est-à-dire le seuil à partir duquel l'unité de contrôle considérera qu'une pollution n'est plus négligeable, peut par exemple être une conductivité électrique σ au plus égale à $1 \text{ nS} \cdot \text{m}^{-1}$ ou une résistivité électrique ρ au moins égale à $1 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$ à une température de 300 K. En effet, suivant la température du fluide caloporteur diélectrique, la conductivité électrique et, incidemment, la résistivité électrique, varient.

[0014] L'élément de détection peut être monté sur le réseau fluidique en dehors du module de batterie permettant à l'unité de contrôle d'arrêter la circulation du fluide caloporteur

diélectrique avant que ce dernier n'arrive à chaque module de batterie quand un seuil prédéterminé, tel que le seuil de qualité ci-dessus, est dépassé par la mesure de l'élément de détection. Typiquement, si une entrée de remplissage du réseau fluide en fluide caloporteur diélectrique est présente, l'élément de détection pourrait être installé en aval de cette entrée de remplissage pour maximiser la rapidité de détection d'une erreur de remplissage du fluide, c'est-à-dire notamment si le liquide introduit dans le réseau fluide n'est pas le fluide caloporteur diélectrique attendu et suffisamment en amont de chaque module de batterie pour que l'inertie du système de régulation thermique n'entraîne pas l'arrivée jusqu'à chaque module de batterie après l'arrêt piloté par l'unité de contrôle.

[0015] Le système de régulation thermique peut comporter un dispositif de chauffage du fluide caloporteur diélectrique présent dans le réseau fluide afin de réchauffer au moins une partie des cellules d'accumulation d'énergie électrique comprise dans le module de batterie et/ou un dispositif de refroidissement du fluide caloporteur diélectrique présent dans le réseau fluide afin de rafraîchir au moins une partie des cellules d'accumulation d'énergie électrique comprise dans le module de batterie. On comprend donc que le système de régulation thermique permet de s'adapter en continu aux conditions extérieures dans lesquelles évolue le véhicule automobile, c'est-à-dire aussi bien aux conditions froides (chauffage des cellules) qu'aux conditions chaudes (refroidissement des cellules). Il est également immédiat que l'unité de contrôle peut ainsi, dans un premier temps, réchauffer chaque module de batterie pour arriver à la température optimale de fonctionnement de la batterie telle que, par exemple, trente degrés Celsius et, dans un deuxième temps, réguler thermiquement (chauffer ou refroidir) chaque module de batterie pour maintenir la température optimale de fonctionnement de la batterie.

[0016] L'invention se rapporte également à un véhicule automobile **caractérisé en ce qu'il** comprend un système de régulation thermique tel que présenté plus haut. Avantageusement selon l'invention, toutes les caractéristiques et effets techniques du système de régulation thermique permettent de garantir un fonctionnement optimal des échanges d'énergie électrique entre la batterie et les organes du véhicule automobile comme, par exemple, pendant le roulage du véhicule automobile ou pendant un rechargement en énergie électrique pendant un stationnement du véhicule automobile.

Brève description des figures

[0017] 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 :

- [0018] [Fig.1] est une vue schématique de dessus d'un véhicule dans lequel un système de régulation thermique selon l'invention est monté ;
- [0019] [Fig.2] est une vue schématique en perspective du système de régulation thermique selon l'invention ;
- [0020] [Fig.3] est une vue partielle agrandie de la [Fig.2] centrée sur la batterie ;
- [0021] [Fig.4] est une vue schématique des connexions électrique et fluidique du système de régulation thermique selon l'invention.

Description détaillée

- [0022] 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 par rapport au sens de circulation du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau fluidique du système de régulation thermique.
- [0023] Dans la présente description, pour clarifier l'explication de l'invention des éléments de détection de température (T01, T02, etc.), de présence (C02), de flux (F03), de qualité (Q04), de pression (P01) ou de niveau (L04) sont déclarés arbitrairement comme un premier élément de détection, un deuxième élément de détection, etc. Il s'agit d'une simple nomenclature pour différencier et dénommer des différents éléments du système 1 de régulation thermique. Cette nomenclature n'implique pas une priorité d'un élément de détection 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 élément de détection pourrait être utilisé sans qu'un premier élément de détection et/ou un deuxième élément de détection soit nécessaire pour la mise en œuvre de l'invention.
- [0024] L'invention s'applique à tout type de système 1 de régulation thermique par immersion de batterie, notamment ceux destinés à équiper un véhicule 4 automobile de type tourisme, SUV (« Sport Utility Vehicles »), deux roues (notamment motos), avions, véhicules industriels choisis parmi camionnettes, « Poids - lourds » - c'est-à-dire métro, bus, engins de transport routier (camions, tracteurs, remorques), véhicules hors-la-route tels qu'engins agricoles ou de génie civil -, ou autres véhicules de transport ou de manutention.
- [0025] Le véhicule 4 automobile peut être du type électrique, c'est-à-dire à au moins un moteur électrique alimenté par au moins une batterie, du type hybride, c'est-à-dire à au moins un moteur à explosion alimenté par au moins un carburant (essence, gaz de pétrole liquéfié, diesel, gaz naturel pour véhicule, bio-carburant comme par exemple de l'éthanol obtenu à base de matière végétale, etc.) et assisté par au moins un moteur

électrique alimenté par au moins une batterie et/ou le réseau de bord du véhicule 4 automobile, du type pile à combustible, c'est-à-dire à au moins un moteur électrique alimenté par au moins une batterie et/ou par une pile à combustible alimentée par du dihydrogène et du dioxygène, ou encore du type hybride rechargeable, c'est-à-dire à au moins un moteur à explosion alimenté par au moins un carburant (essence, gaz de pétrole liquéfié, diesel, gaz naturel pour véhicule, bio-carburant comme par exemple de l'éthanol obtenu à base de matière végétale, etc.) et au moins un moteur électrique alimenté par au moins une batterie et/ou le réseau de bord du véhicule 4 automobile. Bien entendu, l'invention ne se limite aux exemples ci-dessus de véhicules 4 automobiles mais s'applique à tout type de véhicule 4 automobile comportant au moins une batterie sans sortir du cadre de l'invention.

[0026] Par « système 1 de régulation thermique », on entend tous les types de systèmes 1 permettant de gérer le flux, la température et la pression d'un fluide caloporteur diélectrique destiné, par déplacement dudit fluide caloporteur diélectrique autour d'une partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique d'une batterie 3 (échange par immersion dans le fluide caloporteur diélectrique), à échanger thermiquement avec ladite partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique afin de contrôler sa température, c'est-à-dire typiquement réchauffer et/ou refroidir, suivant un pilotage prédéterminé, ladite partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique immergée dans le fluide caloporteur diélectrique.

[0027] Par « fluide caloporteur diélectrique », on entend un fluide destiné à rester sous forme liquide dans le réseau fluidique 6 du système 1 de régulation thermique afin d'échanger par contact le froid et/ou la chaleur d'au moins une partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique d'une batterie 3. Typiquement, le fluide caloporteur diélectrique peut circuler autour de tout ou partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique par remplissage au moins partiel d'un module 7 de batterie 3. Comme expliqué ci-dessus, le fluide caloporteur diélectrique est monophasique, c'est-à-dire qu'il ne changera pas de phase (restera liquide) dans la plage de températures considérée en fonctionnement normal comme, par exemple, entre -40°C et 60°C. Selon l'invention, le fluide caloporteur est diélectrique, c'est-à-dire présente préférentiellement une résistivité électrique ρ au moins égale à $1 \cdot 10^9$ ohms mètres ($1 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$) à une température de 300 kelvins (300 K) ou, inversement, une conductivité électrique σ au plus égale à $1 \cdot 10^{-9}$ siemens par mètre ($1 \text{ nS} \cdot \text{m}^{-1}$) à une température de 300 kelvins (300 K), afin de ne pas perturber les connexions électriques entre notamment les cellules 9 présentes dans un même module 7 de batterie 3. Ce type de fluide caloporteur diélectrique peut être semblable à ceux utilisés pour les transformateurs électriques. Il ne sera donc pas davantage décrit dans la

présente description car connu en soi. À titre d'exemple nullement limitatif, le fluide caloporteur diélectrique peut par exemple être un produit du type Novec® 7500 vendu par la société 3M®, du type F18 ou F20 vendus par la société Total® ou du type DF7 ou DFK vendus par la société MiVolt®.

- [0028] Par « cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique », on entend tous les types d'accumulateurs électrochimiques capables de stocker de l'énergie électrique et, de manière réversible, de restituer l'énergie électrique stockée.
- [0029] Par « module 7 de batterie 3 », on entend un boîtier regroupant au moins deux cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique connectées électriquement en série ou en parallèle. Dans le cadre de l'invention, il est prévu une circulation de fluide caloporteur diélectrique dans au moins un module 7 de batterie 3 afin de réguler thermiquement au moins une partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique reçue dans le module 7 de batterie 3.
- [0030] Par « batterie 3 », on entend l'ensemble des modules 7 connectés électriquement en série ou en parallèle et, incidemment, l'ensemble des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique comprises dans les modules 7.
- [0031] Par « groupe motopropulseur 2 », on entend l'ensemble comportant le (ou les) moteur(s) destiné(s) à entraîner directement ou indirectement des roues du véhicule 4 automobile ainsi que les accessoires de chaque moteur tels que, par exemple, l'alternateur, le système de refroidissement, la boîte de vitesses ou le système de lubrification.
- [0032] Dans l'exemple illustré à la [Fig.1], un système 1 de régulation thermique d'une batterie 3 est monté dans un véhicule 4 automobile. Dans cet exemple, un élément 5 de connexion électrique est prévu sur la carrosserie du véhicule 4 automobile pour permettre le rechargement de la batterie 3. Comme cela sera expliqué ci-dessus, le système 1 de régulation thermique et/ou la batterie 3 peut être relié fluidiquement et/ou électriquement au groupe motopropulseur 2. Avantageusement selon l'invention, toutes les caractéristiques et effets techniques du système 1 de régulation thermique permettent de garantir un fonctionnement optimal des échanges d'énergie électrique entre la batterie 3 et les organes du véhicule 4 automobile comme, par exemple, pendant le roulage du véhicule automobile ou pendant un rechargement en énergie électrique pendant un stationnement du véhicule automobile.
- [0033] Le système 1 de régulation thermique est, avantageusement selon l'invention, du type à immersion des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique, c'est-à-dire que chaque module 7 de batterie 3 comporte un boîtier 8 enfermant des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique dans du fluide caloporteur diélectrique. Préférentiellement, les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique de chaque module 7 de batterie 3 sont totalement immergées dans du fluide caloporteur diélectrique.

- [0034] En effet, d'une part, l'immersion est plus efficace pour les échanges thermiques car la surface spécifique d'échange est plus grande et, d'autre part, l'évacuation en dehors de chaque module 7 de batterie 3 par circulation du fluide caloporteur diélectrique est rapide ce qui permet des grandes efficacité et réactivité de régulation propres à satisfaire aussi bien la charge (en borne de charge rapide) que la décharge (consommation électrique du véhicule 4 automobile à forte charge) de grande puissance électrique de la batterie. En outre, l'échange thermique est très efficace car il se fait directement par convection du fluide caloporteur sur l'enveloppe de chaque cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique. De manière connexe, la régulation par immersion est également plus sûre contre la propagation du feu éventuel de la batterie 3 dans le véhicule 4 automobile. On comprend donc que le système 1 de régulation thermique selon l'invention permet de maintenir les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique à leur température optimale afin de garantir un fonctionnement optimisé (maintien au meilleur rendement énergétique) et robuste (charge et décharge optimales pour une durée de vie plus longue) de la batterie 3 quelles que soient les conditions extérieures dans lesquelles évolue le véhicule 4 automobile, c'est-à-dire même s'il fait très froid ou très chaud.
- [0035] Le système 1 de régulation thermique comporte ainsi un réseau 6 fluïdique fermé dans lequel un flux de fluide caloporteur diélectrique en phase liquide est formé à l'aide d'au moins un élément PUMP01 de pompage. Dans l'exemple illustré aux figures 2 à 4, le réseau 6 fluïdique comprend donc notamment tous les modules 7 de la batterie 3 (trois à la [Fig.3]) afin que les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique puissent être régulées thermiquement par la circulation de fluide caloporteur diélectrique dans chaque boîtier 8. Le réseau 6 fluïdique comporte ainsi une structure de canalisations sur laquelle un ensemble d'instrumentations est monté permettant à l'unité 11 de contrôle du système 1 de régulation thermique de gérer la circulation du fluide caloporteur diélectrique.
- [0036] Le réseau 6 fluïdique comporte préférentiellement plusieurs modules 7 de batterie 3 montés en parallèle ce qui présente plusieurs avantages. Il est tout d'abord plus simple de réguler plusieurs modules 7 de batterie 3 en parallèle qu'un unique volume comportant le même nombre de cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique. Il est également plus simple d'implanter dans le véhicule 4 automobile plusieurs modules 7 de batterie 3 en parallèle qu'un unique volume comportant le même nombre de cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique. Enfin, il est plus simple de pouvoir changer un module 7 comportant des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique défaillantes plutôt que de changer la batterie 3 entière pour seulement une faible partie de cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique défaillantes.

- [0037] L'élément PUMP01 de pompage permet de monter le fluide caloporteur diélectrique en pression et ainsi de le faire circuler à travers le réseau 6 fluide. L'élément PUMP01 de pompage doit donc assurer un débit donné et vaincre les pertes de charges présentes dans le réseau 6 fluide. Comme cela sera plus précisément expliqué ci-dessus, il est directement piloté par l'unité 11 de contrôle (parfois appelé en anglais « battery thermal management system » ou « BTMS ») en fonction des mesures de l'ensemble d'instrumentations du réseau 6 fluide.
- [0038] Dans l'exemple illustré aux figures 2 à 4, on peut voir que de part et d'autre de l'élément PUMP01 de pompage sont présents des éléments FILT01, FILT02 de filtration. Les éléments FILT01, FILT02 de filtration ont pour rôle de protéger les organes du système 1 de régulation thermique des contaminations extérieures. L'élément FILT01 de filtration permet de protéger l'élément PUMP01 de pompage des particules issues du remplissage du réseau 6 fluide en fluide caloporteur diélectrique ou générées par les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique (en cas d'emballement thermique par exemple). L'élément FILT02 de filtration assure une protection des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique en bloquant par exemple les particules pouvant être générées par l'élément PUMP01 de pompage lors de sa phase de rodage.
- [0039] Les vannes BV01, BV03 préférentiellement pilotables permettent de réaliser la purge du réseau 6 fluide, en vue du remplacement du fluide caloporteur diélectrique ou du changement d'un organe du système 1 de régulation thermique. Pour ce faire, la vanne BV03 doit d'abord être ouverte afin de réaliser la mise à l'air du réseau 6 fluide. Il faut ensuite ouvrir la vanne BV01 pour laisser s'écouler le fluide caloporteur diélectrique hors du réseau 6 fluide. Préférentiellement, comme illustré dans l'exemple de la [Fig.2], la vanne BV03 est située au-dessus, c'est-à-dire à une altitude supérieure par rapport au niveau du sol, que la plupart du réseau 6 fluide et, à l'inverse, la vanne BV01 est située au-dessous, c'est-à-dire à une altitude inférieure par rapport au niveau du sol, que la plupart du réseau 6 fluide, ce qui permet de faciliter l'évacuation du fluide caloporteur diélectrique par l'aide de la gravité. Le réseau 6 fluide peut ensuite être rempli de nouveau via la vanne BV03 (en ayant refermé au préalable la vanne BV01). On s'aperçoit que la vanne BV03 communique avec le réseau 6 fluide via le vase d'expansion VES04 ce qui permet de simplifier le remplissage et le régler facilement le volume de fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide.
- [0040] En outre, la vanne BV04 permet de réaliser la purge du système en cas de mauvais remplissage. En effet, comme cela sera mieux expliqué ci-après, lorsqu'il y a une erreur de remplissage de fluide, le fluide est contenu entre les vannes proportionnelles

pilotables VA03 et VA04. La vanne BV04 permet donc de pouvoir vider cette portion du réseau 6 fluide du fluide inséré par erreur.

- [0041] Le vase d'expansion VES03 est situé en aval de la vanne VA03, pour que cette dernière puisse être fonctionnelle. La première fonctionnalité du vase d'expansion VES03 est de compenser les dilatations thermiques du fluide caloporteur diélectrique, ou tout autre variation de volume pouvant se produire dans le réseau 6 fluide. Le fluide caloporteur diélectrique étant considéré comme incompressible, cela permet de protéger le réseau 6 fluide contre les pressions et dépressions du fluide caloporteur diélectrique pouvant endommager les organes ou altérer leur fonctionnalité. En cas de variation de volume du fluide caloporteur diélectrique, un gaz inerte situé dans le vase d'expansion VES03 va se dilater ou se comprimer pour suivre les variations du fluide caloporteur diélectrique. Ce gaz va donc monter ou descendre en pression. Cela signifie également qu'en cas de réduction du volume du fluide dans le circuit, le vase d'expansion VES03 va également agir comme une réserve de fluide caloporteur diélectrique pour alimenter le réseau 6 fluide et atténuer cette réduction de volume.
- [0042] Le vase d'expansion VES03 participe également au refroidissement du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide. Le réseau 6 fluide passant par le vase d'expansion VES03, l'inertie thermique du fluide caloporteur diélectrique froid situé dans le vase d'expansion VES03 permet d'absorber une partie des calories du fluide caloporteur diélectrique chaud provenant des modules 7 de batterie 3. Ce refroidissement naturel permet ainsi de réduire la consommation énergétique du dispositif EXCH05 de refroidissement nécessaire à la bonne régulation de la température du fluide caloporteur diélectrique.
- [0043] En outre, le vase d'expansion VES03 comporte un élément L03 de détection de niveau situé à l'intérieur. Il permet à l'unité 11 de contrôle d'être averti lorsque le niveau de fluide caloporteur diélectrique dans le vase d'expansion VES03 est trop bas, ce qui pourrait notamment signifier une fuite par exemple. Il peut s'agir d'un capteur tout ou rien n'envoyant un signal que lorsque le niveau devient critique, ou d'un capteur renvoyant le niveau de liquide en temps réel à l'aide par exemple d'un flotteur déplacé par le niveau de fluide caloporteur diélectrique dans le vase d'expansion VES03.
- [0044] Le clapet de surpression OPR03 est une vanne s'ouvrant à une pression élevée. Il permet de protéger le système des augmentations de pression trop grandes pour être compensées par le vase d'expansion VES03, notamment les surpressions induites par un relâchement de gaz d'une cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique en cas d'emballement thermique. Cela permet ainsi d'éviter que le système explose sous cette augmentation de pression. Le clapet de surpression OPR03 va donc s'ouvrir sous l'effet d'une trop grande pression, libérer le gaz dans l'atmosphère afin de

diminuer la pression interne du réseau 6 fluide, et se refermer lorsque la pression attendra de nouveau un niveau acceptable. Le gaz doit être expulsé suffisamment loin des utilisateurs pour ne pas les mettre en danger. Le seuil de pression permettant le déclenchement du clapet de surpression OPR03 est préférentiellement dépendant de la pression de fonctionnement du réseau 6 fluide, c'est-à-dire ne doit pas se déclencher à une pression trop proche de la pression de fonctionnement. Le seuil de pression peut être, par exemple, compris entre 3,0 bars et 3,5 bars si la pression de fonctionnement du réseau 6 fluide est de 2 bars, c'est-à-dire par exemple égale à 3,0 bars, 3,1 bars, 3,2 bars, 3,3 bars, 3,4 bars ou 3,5 bars. Le seuil de pression permettant la fermeture du clapet de surpression OPR03 peut être, par exemple, compris entre 2,5 bars et 3,0 bars, c'est-à-dire par exemple égale à 2,5 bars, 2,6 bars, 2,7 bars, 2,8 bars, 2,9 bars ou 3,0 bars. Préférentiellement, la différence entre les valeurs des seuils de pression entre l'ouverture et la fermeture du clapet de surpression OPR03 peut être, par exemple, comprise entre 0,5 bar et 1 bar, c'est-à-dire par exemple égale à 0,5 bar, 0,6 bar, 0,7 bar, 0,8 bar, 0,9 bar ou 1,0 bar. Bien entendu, ces valeurs peuvent varier suivant la pression de fonctionnement du réseau 6 fluide.

- [0045] La vanne VA03, préférentiellement du type proportionnel pilotable, est placée entre les modules 7 de batterie 3 et le vase d'expansion VES03. Elle est également placée, de manière préférée, en amont la vanne BV03. La vanne VA03 est pilotée par l'unité 11 de contrôle en fonction du mode sélectionné du système 1 de régulation thermique comme cela sera expliqué ci-après. La vanne VA03 permet un contournement partiel du vase d'expansion VES03. Ce contournement doit être partiel afin de ne pas perdre la fonctionnalité du vase d'expansion VES03, à savoir compenser les dilatations thermiques du fluide caloporteur diélectrique (cela permet de protéger le système 1 de régulation thermique contre les pressions et dépressions du fluide caloporteur diélectrique pouvant endommager ses organes ou altérer leur fonctionnalité). Le contournement partiel est destiné à limiter, en mode chauffage, la quantité de fluide caloporteur diélectrique « chaud » passant par le vase d'expansion VES03 afin de limiter le refroidissement du fluide caloporteur diélectrique par échange thermique avec le fluide présent dans le vase d'expansion VES03. La proportion de contournement, en mode chauffage, de la vanne VA03 peut être, par exemple, compris entre 10 % et 80 % vers le vase d'expansion VES03, c'est-à-dire par exemple égale à 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, ou 80 %, et le reste vers la vanne VA04. De manière préférée, la proportion de contournement est gérée par l'unité 11 de contrôle en fonction de l'écart de température entre le fluide à l'intérieur du vase d'expansion VES03 (à l'aide d'un capteur de température monté dans le vase d'expansion VES03) et la température mesurée par le troisième élément T03 de détection de température en amont du vase d'expansion VES03. Plus précisément,

plus l'écart de température est élevé, plus préférentiellement la proportion vers le vase d'expansion VES03 diminue.

- [0046] La position normale de la vanne VA03 est normalement totalement ouverte vers le vase d'expansion VES03. Ainsi, en cas d'arrêt du système 1 de régulation thermique, le fluide caloporteur diélectrique est automatiquement dirigé vers le vase d'expansion VES03, ce qui permet de bénéficier de l'inertie thermique fournie par le vase pour refroidir le fluide caloporteur diélectrique. Cela permet de sécuriser le système en cas d'emballement thermique d'une cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique en étant certain de ne pas apporter de fluide caloporteur diélectrique chaud aux cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique, ce qui augmenterait le phénomène d'emballement thermique.
- [0047] La vanne VA04, préférentiellement du type proportionnel pilotable, est située, de manière préférée, entre le vase d'expansion VES03 et les dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06. Plus précisément, la vanne VA04 permet de sélectivement diriger le fluide caloporteur diélectrique vers l'un ou l'autre des dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06. Dans l'exemple illustré aux figures 2 et 4, les dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 sont montés en parallèle à partir de la vanne VA04. Il s'agit d'une vanne de type tout ou rien pouvant également être fermée. On comprend donc que le fluide caloporteur diélectrique peut être intégralement dirigé vers l'un ou l'autre des dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 ou ne pas pouvoir passer la vanne VA04. La position de la vanne VA04 dépend de la stratégie adoptée par l'unité 11 de contrôle (mode chauffe, mode circulation libre, mode refroidissement) comme cela sera expliqué ci-dessous. La position normale de la vanne VA04 est totalement ouverte vers le dispositif EXCH05 de refroidissement. Ainsi, en cas d'arrêt du système 1 de régulation thermique, le fluide caloporteur diélectrique est automatiquement intégralement dirigé vers le dispositif EXCH05 de refroidissement. Cela permet de sécuriser le système 1 de régulation thermique en cas d'emballement thermique d'une cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique en étant certain de ne pas apporter de fluide caloporteur diélectrique chaud aux cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique, ce qui accentuerait le phénomène d'emballement thermique.
- [0048] Dans l'exemple illustré aux figures 2 et 4, les parties de réseau 6 fluide en parallèle comportant les dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 à partir de la vanne VA04 se rejoignent par un clapet navette SV01 en amont de l'élément PUMP01 de pompage. Ce dernier est préférentiellement une vanne mécanique s'ouvrant sous la pression du fluide. Cette vanne a pour but, lorsque l'un des modes circulation libre ou chauffage est activé, d'éviter que l'élément PUMP01 de pompage n'aspire du fluide caloporteur diélectrique situé dans le circuit

de refroidissement, ce qui aurait pour effet de ne changer la température du fluide caloporteur diélectrique selon la valeur souhaitée.

- [0049] Le dispositif EXCH05 de refroidissement est préférentiellement constitué d'un élément de refroidissement et d'un échangeur thermique avec le fluide caloporteur diélectrique afin de sélectivement refroidir le fluide caloporteur diélectrique jusqu'à une température de consigne pilotée par l'unité 11 de contrôle avant son arrivée au clapet navette SV01. L'élément de refroidissement peut être avantageusement le circuit froid d'un système de refroidissement du groupe motopropulseur 2 du véhicule 4 automobile ou un refroidisseur dédié (parfois connu sous le nom anglais « chiller »).
- [0050] Le dispositif HEAT06 de chauffage est situé en parallèle du dispositif EXCH05 de refroidissement. Il comporte préférentiellement un élément de chauffage et d'un échangeur thermique avec le fluide caloporteur diélectrique afin de sélectivement chauffer le fluide caloporteur diélectrique jusqu'à une température de consigne pilotée par l'unité 11 de contrôle avant son arrivée au clapet navette SV01. L'élément de chauffage peut être avantageusement le circuit chaud d'un système de refroidissement du groupe motopropulseur 2 du véhicule 4 automobile ou un chauffeur dédié (parfois connu sous le nom anglais « heater »). L'élément de chauffage n'est activé préférentiellement qu'en mode chauffe, il est éteint lorsque les autres modes sont sélectionnés.
- [0051] Les modules 7 de batterie 3 constituent le cœur du système 1 de régulation thermique et forment une partie du réseau 6 fluide. Ils contiennent les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique qui doivent être régulées thermiquement. Préférentiellement, plusieurs modules 7 de batterie 3 sont connectés fluidiquement au reste du réseau 6 fluide par des connections hydrauliques à une rampe 10 d'entrée commune et à une rampe 12 de sortie commune. Dans l'exemple illustré aux figures 2 à 4, les modules 7 de batterie 3 (trois aux figures 2 et 3) sont placés en parallèle dans le réseau 6 fluide afin de permettre un approvisionnement équitable et homogène en fluide caloporteur diélectrique pour chacun des modules 7 de batterie 3, garantissant ainsi une régulation thermique homogène des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique. Cette disposition en parallèle permet également la réduction des pertes de charge dans le réseau 6 fluide. Afin d'homogénéiser les pertes de charge dans chacune des connexions des modules 7 de batterie 3 (et donc afin d'avoir des débits similaires dans chaque module), la section de connexion fluide entre la rampe 10 d'entrée commune et son module 7 de batterie 3 associé est de taille différente suivant sa distance par rapport à son raccordement au réseau 6 fluide afin d'obtenir un débit de fluide caloporteur diélectrique équivalent entre les modules 7 de batterie 3. Typiquement, dans le cas d'un raccordement 10a latéral de la rampe 10 d'entrée commune, la section de chaque connexion augmentera au fur et à mesure de

l'éloignement de la connexion du raccordement 10a latéral. Il est également possible de prévoir un autre type de raccordement. À titre d'exemple nullement limitatif, un raccordement 10b frontal (mais également au-dessus ou en dessous) est également possible. La section des connexions sera de manière similaire adaptée afin d'obtenir un débit de fluide caloporteur diélectrique équivalent entre les modules 7 de batterie 3.

[0052] Les rampes 10, 12 permettent également de positionner et de maintenir en position les modules 7 de batterie 3 afin que les efforts ne transitent pas par les connexions fluidiques. Les modules 7 de batterie 3 permettent également la connexion électrique des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique au reste du véhicule 4 automobile afin de garantir son approvisionnement en énergie électrique. Ces connexions électriques sont faites par des connecteurs étanches. Les modules 7 de batterie 3 comportent chacun un boîtier 8 formé d'une base 8b en creux inférieur (recevant les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique) fermée par un couvercle 8a supérieur de manière étanche afin d'offrir une protection des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique contre les incidents mécaniques (crash, chocs mécaniques, etc.) ainsi qu'une protection en cas d'incendie (limite la progression des flammes extérieures à chaque module 7 de batterie 3 pour que ces dernières n'atteignent pas les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique).

[0053] Dans l'exemple illustré aux figures 2 et 4, l'ensemble d'instrumentations du réseau 6 fluide comporte des éléments de détection de température T01, T02, T03, T04, de pollution C02, de flux F03, de qualité Q04 et de pression P01 (en plus de l'élément de détection de niveau L04 du vase d'expansion VES03) permettant à l'unité 11 de contrôle du système 1 de régulation thermique de gérer la circulation du fluide caloporteur diélectrique. L'unité 11 de contrôle comporte ainsi un module 11a de traitement, c'est-à-dire une intelligence programmable, en fonction des mesures reçues par le module 11b de réception de l'ensemble d'instrumentations du réseau 6 fluide afin de gérer le système 1 de régulation thermique en fonction des mesures de l'ensemble d'instrumentations du réseau 6 fluide. Bien entendu, l'ensemble d'instrumentations pourrait comporter davantage ou moins d'éléments de détection suivant les applications et/ou la complexité souhaitée du système 1 de régulation thermique

[0054] L'élément P01 de détection de pression permet de mesurer la pression du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide en sortie de l'élément PUMP01 de pompage. Afin de s'affranchir des éventuelles pertes de charge pouvant fausser la mesure de pression, il est préférentiellement situé au plus près en aval de l'élément PUMP01 de pompage. La valeur mesurée par l'élément P01 de détection de pression est transmise à l'unité 11 de contrôle qui l'analyse et permet de gérer une éventuelle correction du pilotage de l'élément PUMP01 de pompage (vitesse de rotation, débit,

etc.) et/ou de diagnostiquer des problèmes dans le réseau 6 fluide (fuites ou obstructions (bouchage au moins partiel) du réseau 6 fluide).

- [0055] Chaque module 7 de batterie 3 comporte préférentiellement au moins un élément C02 de détection de pollution au plus près des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique afin de détecter la détérioration d'au moins une de ses cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique. Plus précisément, chaque élément C02 de détection de pollution est destiné à détecter si au moins un gaz s'échappe des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique lorsqu'au moins l'une d'elles est soumise un emballement thermique. En effet, il est généralement prévu une soupape d'échappement, formée souvent par une partie frangible destinée à se briser à partir d'une pression interne prédéterminée, pour laisser communiquer la surpression à l'extérieur de la cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique. Une fois la soupape d'échappement ouverte, la cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique n'est donc plus fonctionnelle. Chaque élément C02 de détection de pollution peut donc être un capteur de composition, de pression, de transparence ou de conductivité pour déterminer si un gaz s'est échappé d'au moins une des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique du module 7 de batterie afin de diagnostiquer un emballement thermique. Ainsi, lorsque la présence de tels gaz de pollution est détectée dans un module 7 de batterie 3, l'unité 11 de contrôle peut imposer l'arrêt du système 1 de régulation thermique et envoyer une alerte identifiant chaque module 7 fautif avant qu'une cellule 9 d'accumulation d'énergie électrique ne prenne feu. Le module 7 fautif étant identifié, il peut ensuite être remplacé sans impacter les autres modules 7.
- [0056] L'élément F03 de détection de flux est monté préférentiellement à l'extrémité de la rampe 12 de sortie commune au plus près en amont de la vanne VA03. En le plaçant après les modules 7 de batterie 3, il est possible de connaître le débit global passant par l'ensemble des modules 7 de batterie 3, même en cas de fuite entre l'élément F03 de détection de flux et l'élément PUMP01 de pompage. L'élément F03 de détection de flux peut consister en un débitmètre. L'élément F03 de détection de flux permet, à l'unité 11 de contrôle, de gérer une éventuelle correction du pilotage de l'élément PUMP01 de pompage (vitesse de rotation, débit, etc.) afin de fournir aux cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique le débit nécessaire pour les refroidir et/ou d'estimer la puissance possible de régulation thermique.
- [0057] Dans l'exemple illustré aux figures 2 à 4, plusieurs éléments T01, T02, T03, T04 de détection de température sont prévus pour surveiller la température du fluide caloporteur diélectrique à plusieurs endroits prédéterminés du réseau 6 fluide. Chaque élément T01, T02, T03, T04 de détection de température peut comporter au moins un capteur de température par exemple du type thermocouple ou d'un autre type.

- [0058] Un premier élément T01 de détection de température peut être destiné à mesurer la température du fluide en amont des modules 7 de batterie 3 et en aval de l'élément PUMP01 de pompage. Afin d'avoir une valeur la plus précise possible de la température du fluide caloporteur diélectrique entrant dans les modules 7 de batterie 3, le premier élément T01 de détection de température doit être situé au plus près e, amont de l'entrée des modules 7 de batterie 3. Il est également préférentiellement situé en aval de l'élément PUMP01 de pompage afin de pouvoir tenir compte du possible échauffement du fluide caloporteur diélectrique par l'élément PUMP01 de pompage. Le premier élément T01 de détection de température permet, à l'unité 11 de contrôle, de gérer les dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 et/ou de diagnostiquer un défaut de fonctionnement des dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 (avec un autre élément T03, T04 de détection de température comme expliqué ci-dessous) et/ou de diagnostiquer la présence de flammes extérieures au système 1 de régulation thermique.
- [0059] Chaque module 7 de batterie 3 comporte préférentiellement au moins un deuxième élément T02 de détection de température (trois à la [Fig.3]) au plus près des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique. Chaque deuxième élément T02 de détection de température permet, à l'unité 11 de contrôle, de gérer le mode de fonctionnement du système 1 de régulation thermique (mode chauffage, mode circulation libre ou mode refroidissement) et/ou de diagnostiquer la présence de flammes extérieures au système 1 de régulation thermique.
- [0060] Un troisième élément T03 de détection de température peut être situé au plus proche de la sortie des modules 7 de batterie 3 afin que la mesure soit la plus représentative possible de la température du fluide caloporteur diélectrique en sortie des modules 7 de batterie 3. Le troisième élément T03 de détection de température permet, à l'unité 11 de contrôle, de diagnostiquer un mauvais échange thermique entre les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique et le fluide caloporteur diélectrique (variation de température non attendue) et/ou de diagnostiquer un défaut de fonctionnement des dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 et/ou de diagnostiquer la présence de flammes extérieures au système 1 de régulation thermique.
- [0061] Un quatrième élément T04 de détection de température peut être situé entre le vase d'expansion VES03 et la vanne VA04. Le quatrième élément T04 de détection de température permet, à l'unité 11 de contrôle, de diagnostiquer un défaut de fonctionnement des dispositifs de refroidissement EXCH05 et de chauffage HEAT06 et/ou de diagnostiquer la présence de flammes extérieures au système 1 de régulation thermique.

- [0062] Le réseau 6 fluide est donc surveillé en permanence afin d'éviter un dysfonctionnement des organes du système 1 de régulation tel qu'une perturbation pour la circulation du fluide caloporteur diélectrique, un déficit de chauffage et/ou de refroidissement ou un entraînement insuffisant du flux de fluide caloporteur diélectrique ce qui pourrait rendre moins efficace la régulation thermique des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique présentes dans le module 7 de batterie 3. On comprend que le système 1 de régulation permet donc un fonctionnement plus sûr (maintien de la qualité de la régulation) et plus fiable (maintien dans les conditions de sécurité de fonctionnement de l'ensemble système 1 de régulation - batterie 3 permettant une durée de vie plus longue de l'ensemble). On peut en conclure que les phénomènes d'emballement thermique de la batterie 3 seront évités grâce au système 1 de régulation thermique ce qui limitera les situations dans lesquelles un endommagement irréversible de cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique pourrait être occasionné.
- [0063] Le système 1 de régulation thermique peut comporter au moins un deuxième élément T02 de détection de la température à l'intérieur du module 7 de batterie 3 relié électriquement à l'unité 11 de contrôle afin de sélectivement piloter le mode de fonctionnement du système 1 de régulation thermique en fonction de la valeur mesurée par le deuxième élément de détection T02 de température et d'une température cible prédéterminée du module 7 de batterie 3. Chaque température mesurée dans chaque module 7 de batterie 3 est préférentiellement surveillée en permanence et dès que l'une des températures dérive au-delà de seuils prédéterminés au-dessus ou en-dessous de la température cible prédéterminée, l'unité 11 de contrôle active respectivement le mode refroidissement et le mode chauffage. Si chacune des mesures de température reste dans l'intervalle des seuils prédéterminés au-dessus ou en-dessous de la température cible prédéterminée, l'unité 11 de contrôle active le mode circulation libre qui se contente d'entraîner le fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide sans le réchauffer ni le refroidir. Bien entendu, la température cible prédéterminée et les seuils prédéterminés peuvent être différents pour chaque module 7 de batterie 3 suivant sa configuration et/ou sa localisation dans le véhicule 4 automobile. À titre d'exemple nullement limitatif, la température cible prédéterminée peut être comprise entre 15 °C et 30 °C, c'est-à-dire par exemple égale à 15 °C, 20 °C, 25 °C ou 30 °C, et les seuils prédéterminés compris entre 10 % et 30 %, c'est-à-dire par exemple égale à 10 %, 15 %, 20 %, 25 % ou 30 %, de la température cible prédéterminée e.
- [0064] En outre, l'unité 11 de contrôle est préférentiellement configurée pour basculer la vanne VA04 vers le dispositif HEAT06 de chauffage en activant ce dernier quand la valeur mesurée par le deuxième élément T02 de détection de température est inférieure à la température cible prédéterminée du module 7 de batterie 3 afin de, en mode

chauffage, réchauffer au moins une partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique comprises dans le module 7 de batterie 3 jusqu'à la température cible prédéterminée du module 7 de batterie 3. Ici encore, suivant les seuils prédéterminés au-dessus ou en-dessous de la température cible prédéterminée (qui ne sont pas forcément égaux), l'unité 11 de contrôle active ou désactive le mode chauffage.

[0065] À l'inverse, l'unité 11 de contrôle est préférentiellement configurée pour basculer la vanne VA04 vers le dispositif EXCH05 de refroidissement en activant ce dernier quand la valeur mesurée par le deuxième élément T02 de détection de température est supérieure à la température cible prédéterminée du module 7 de batterie 3 afin de, en mode refroidissement, rafraîchir au moins une partie des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique comprises dans le module 7 de batterie 3 jusqu'à la température cible prédéterminée du module 7 de batterie 3. Ici encore, suivant les seuils prédéterminés au-dessus ou en-dessous de la température cible prédéterminée (qui ne sont pas forcément égaux, ni forcément identiques à ceux du mode chauffage), l'unité 11 de contrôle active ou désactive le mode refroidissement.

[0066] On comprend également que le système 1 de régulation thermique permet de s'adapter en continu aux conditions extérieures dans lesquelles évolue le véhicule 4 automobile, c'est-à-dire aussi bien aux conditions froides (chauffage des cellules) qu'aux conditions chaudes (refroidissement des cellules). Il est également immédiat que l'unité de contrôle peut ainsi, dans un premier temps, réchauffer chaque module de batterie pour arriver à la température optimale de fonctionnement de la batterie telle que, par exemple, trente degrés Celsius et, dans un deuxième temps, réguler thermiquement (chauffer ou refroidir) chaque module 7 de batterie 3 pour maintenir la température optimale de fonctionnement de la batterie 3.

[0067] De plus, l'unité 11 de contrôle pilote sélectivement, en mode chauffage, l'intensité d'activation du dispositif HEAT06 de chauffage en fonction de la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de température. On comprend donc que l'intensité de chauffage apporté au fluide caloporteur diélectrique n'est pas réglée à partir du même élément T01 de détection de température que celui T02 utilisé pour choisir le mode de fonctionnement du système 1 de régulation thermique. Cela permet de piloter l'intensité du dispositif HEAT06 de chauffage à partir d'une mesure de température en amont du module 7 de batterie 3.

[0068] À l'inverse, en mode refroidissement, l'unité 11 de contrôle pilote sélectivement l'intensité d'activation du dispositif EXCH05 de refroidissement en fonction de la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de la température (qui peut être le même que celui utilisé pour le mode chauffage). On comprend donc ici également que l'intensité de refroidissement apporté au fluide caloporteur diélectrique n'est pas réglée à partir du même élément T01 de détection de température que

celui T02 utilisé pour choisir le mode de fonctionnement du système de régulation thermique. Cela permet de piloter l'intensité du dispositif EXCH05 de refroidissement à partir d'une mesure de température en amont du module 7 de batterie 3.

- [0069] Ainsi, d'une part, cela permet à l'unité 11 de contrôle de régler précisément la température en amont du module 7 de batterie 3, c'est-à-dire avant interaction avec les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique, et, d'autre part, la batterie 3 étant prévue préférentiellement pour comporter plusieurs modules 7, cela permet de donner une température homogène d'entrée du fluide caloporteur diélectrique dans chaque module 7.
- [0070] Enfin, en mode chauffage, l'unité 11 de contrôle peut diagnostiquer une défaillance du dispositif HEAT06 de chauffage si la valeur mesurée par le quatrième élément T04 de détection de température n'est pas inférieure à la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de température (si la relation $T04 \geq T01$ est vérifiée). Par une instrumentation simple, l'unité 11 de contrôle du système 1 de régulation thermique est immédiatement capable de détecter si, de manière effective, le fluide caloporteur diélectrique a réellement été chauffé par le dispositif HEAT06 de chauffage. Il est également immédiat que, si la valeur mesurée par le troisième élément T03 de détection de température n'est pas inférieure à la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de température (si la relation $T03 \geq T01$ est vérifiée), c'est-à-dire qu'une baisse de température entre l'amont et l'aval du module 7 de batterie 3 n'est pas observée, que les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique n'ont pas été réchauffées.
- [0071] À l'inverse, en mode refroidissement, l'unité 11 de contrôle peut diagnostiquer une défaillance du dispositif EXCH05 de refroidissement si la valeur mesurée par l'élément T04 de détection de la température n'est pas supérieure à la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de la température (si la relation $T04 \leq T01$ est vérifiée). Par une instrumentation simple, l'unité 11 de contrôle du système 1 de régulation thermique est immédiatement capable de détecter si, de manière effective, le fluide caloporteur diélectrique a réellement été refroidi par le dispositif EXCH05 de refroidissement. Il est également immédiat que, si la valeur mesurée par le troisième élément T03 de détection de température n'est pas supérieure à la valeur mesurée par le premier élément T01 de détection de température (si la relation $T03 \leq T01$ est vérifiée), c'est-à-dire qu'une hausse de température entre l'amont et l'aval du module 7 de batterie 3 n'est pas observée, que les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique n'ont pas été refroidies.
- [0072] L'unité 11 de contrôle est préférentiellement configurée pour diagnostiquer une obstruction d'un module 7 de batterie 3 quand les variations de valeurs des deuxièmes éléments T02 de détection de température à l'intérieur de chaque module 7 de batterie

3 sont différentes. En effet, les modules 7 de batterie 3 étant en parallèle et alimentés par le même fluide caloporteur diélectrique à la même température, une variation de la température d'un module 7 de batterie 3 au-delà d'un seuil prédéterminé au-dessus de la température moyenne des autres modules 7 de batterie 3, peut entraîner la conclusion qu'un défaut de circulation est présent dans le module 7 de batterie 3 où la variation de température change de manière plus marquée que dans les autres. On comprend ainsi que le diagnostic de l'unité 11 de contrôle permettra de rapidement faire vérifier d'éventuelles cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique défaillantes et où des obstructions en connaissant déjà le module 7 de batterie 3 à vérifier.

[0073] L'unité 11 de contrôle est préférentiellement configurée pour faire varier le débit de l'élément PUMP01 de pompage en fonction de la puissance électrique de charge ou de décharge de la batterie 3 afin d'adapter le flux de circulation du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide en fonction du fonctionnement de la batterie 3. On comprend donc que plus la puissance de charge ou de décharge de la batterie 3 est élevée, plus le débit de l'élément PUMP1 de pompage est élevé ainsi, le volume par unité de temps de fluide caloporteur diélectrique passant dans chaque module 7 de batterie 3 est plus élevé pour augmenter la capacité de régulation thermique du système 1. Selon un exemple, la variation de débit de l'élément PUMP01 de pompage pourrait être proportionnelle à la puissance de charge ou de décharge de la batterie 3.

[0074] L'unité 11 de contrôle peut piloter sélectivement l'élément PUMP01 de pompage en fonction de la valeur mesurée par l'élément F03 de détection de flux. En effet, il peut être intéressant de mesurer le débit effectif après les pertes de charges subies dans chaque module 7 de batterie 3 pour, éventuellement, corriger le pilotage de l'élément PUMP01 de pompage pour obtenir la puissance de régulation thermique réellement souhaitée dépendante du volume par unité de temps de fluide caloporteur diélectrique passant dans chaque module 7 de batterie 3.

[0075] L'unité 11 de contrôle peut diagnostiquer, en comparant la valeur mesurée par l'élément P01 de détection de pression par rapport à la pression estimée à partir des conditions de fonctionnement de l'élément PUMP01 de pompage, une fuite ou au contraire une obstruction du réseau fluide. Ici encore, si le réseau 6 fluide n'a aucun défaut, ce diagnostic ne serait pas nécessaire. Toutefois, s'agissant d'un système 1 de régulation thermique embarqué dans un véhicule 4 automobile, il peut être intéressant de mesurer la pression effective entre l'élément PUMP01 de pompage et chaque module 7 de batterie 3 pour déterminer si la pression est plus élevée qu'un seuil prédéterminé que celle théorique du fonctionnement actuel de l'élément PUMP01 de pompage, que la circulation du fluide caloporteur diélectrique est entravée dans le réseau 6 fluide ou, au contraire, pour déterminer si la pression est plus basse qu'un seuil prédéterminé que celle théorique du fonctionnement actuel de l'élément

PUMP01 de pompage, qu'une partie du fluide caloporteur diélectrique s'échappe du réseau 6 fluide. On comprend ainsi que le diagnostic de l'unité 11 de contrôle permettra de rapidement faire vérifier le réseau 6 fluide avant que des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique deviennent défaillantes à cause d'une mauvaise régulation thermique.

[0076] Avantageusement selon l'invention, l'unité 11 de contrôle du système de régulation est également configurée pour surveiller de la qualité du fluide caloporteur diélectrique afin de garantir le bon fonctionnement de la batterie 3. Ainsi, le fluide caloporteur diélectrique entourant les cellules d'accumulation d'énergie électrique est surveillé en permanence afin d'éviter qu'une pollution ne soit amenée au module 7 de batterie 3 par la circulation du fluide caloporteur diélectrique ce qui pourrait rendre moins efficace la régulation thermique ou entraîner des courts-circuits entre les cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique présentes dans le module 7 de batterie 3. On comprend que le système 1 de régulation thermique selon l'invention permet donc un fonctionnement plus sûr (maintien de la qualité de la régulation) et plus fiable (maintien dans les conditions de sécurité de fonctionnement de l'ensemble système 1 de régulation - batterie permettant une durée de vie plus longue de l'ensemble). On peut en conclure que les phénomènes d'emballement thermique de la batterie 3 seront évités grâce au système 1 de régulation thermique selon l'invention ce qui limitera les situations dans lesquelles un endommagement irréversible de cellules d'accumulation d'énergie électrique pourrait être occasionné.

[0077] Le système 1 de régulation thermique peut comporter au moins un élément Q04 de détection d'au moins une valeur physique du fluide caloporteur diélectrique monté sur le réseau 6 fluide et relié électriquement à l'unité 11 de contrôle. Ainsi, il peut capter à la fois les pollutions induites par un mauvais remplissage mais également une pollution dans le système 1 de régulation thermique lui-même (par exemple provenant des cellules 9 d'accumulation d'énergie électrique). Si l'élément Q04 de détection de qualité était situé uniquement sur le circuit de remplissage, la pollution interne ne serait pas détectable. L'unité 11 de contrôle peut ainsi sélectivement piloter le fonctionnement du système 1 de régulation thermique en fonction de la valeur physique du fluide caloporteur diélectrique mesurée par l'élément Q04 de détection. Cette configuration permet de déterminer en permanence la présence ou non de pollution dans le fluide caloporteur diélectrique par simple surveillance d'une de ses valeurs physiques sans avoir à intervenir sur le réseau 6 fluide, c'est-à-dire typiquement sans avoir à effectuer des prélèvements de fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide. Il est également possible selon l'invention d'immédiatement détecter si le liquide utilisé pour le remplissage du réseau 6 fluide n'est pas celui attendu. Préférentiellement, quand une pollution est déterminée, l'unité

11 de traitement bloque la circulation du fluide caloporteur diélectrique dans le réseau 6 fluide par l'arrêt d'au moins l'élément PUMP014 de pompage pour éviter au plus tôt l'entrée de toute pollution dans chaque module 7 de batterie 3.

[0078] Préférentiellement, l'élément Q04 de détection est un capteur de conductivité électrique (ou, inversement, un capteur de résistivité électrique) afin que l'unité 11 de contrôle détermine sélectivement si un risque de dérégulation thermique (échange thermique moins efficace) et/ou un risque de court-circuit (connexion électrique possible par le fluide caloporteur diélectrique) est encouru dans le module 7 de batterie 3 par la présence du fluide caloporteur diélectrique. En effet, une pollution est généralement associée à une variation de conductivité électrique (la résistivité électrique étant l'inverse de la conductivité électrique) et cette valeur physique a des conséquences importantes pour les connexions électriques dans le module 7 de batterie 3 et, plus généralement, pour le fonctionnement de la batterie 3. À titre d'exemple nullement limitatif, l'élément Q04 de détection peut être un capteur à électrodes.

[0079] Le seuil de qualité de l'unité 11 de contrôle, c'est-à-dire le seuil à partir duquel l'unité 11 de contrôle considérera qu'une pollution n'est plus négligeable, peut par exemple être une conductivité électrique σ au plus égale à $1 \text{ nS} \cdot \text{m}^{-1}$ ou une résistivité électrique ρ au moins égale à $1 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$ à une température de 300 K. En effet, suivant la température du fluide caloporteur diélectrique, la conductivité électrique et, incidemment, la résistivité électrique, varient.

[0080] L'élément Q04 de détection est préférentiellement monté sur le réseau 6 fluide en dehors du module 7 de batterie 3 permettant à l'unité 11 de contrôle d'arrêter la circulation du fluide caloporteur diélectrique avant que ce dernier n'arrive à chaque module 7 de batterie 3 quand un seuil prédéterminé, tel que le seuil de qualité ci-dessus, est dépassé par la mesure de l'élément Q04 de détection. Typiquement, si une entrée de remplissage du réseau 6 fluide en fluide caloporteur diélectrique telle que la vanne BV03 est présente, l'élément Q04 de détection est préférentiellement installé en aval de cette entrée de remplissage pour maximiser la rapidité de détection d'une erreur de remplissage du fluide, c'est-à-dire notamment si le liquide introduit dans le réseau 6 fluide n'est pas le fluide caloporteur diélectrique attendu et suffisamment en amont de chaque module 7 de batterie 3 pour que l'inertie du système 1 de régulation thermique n'entraîne pas l'arrivée jusqu'à chaque module 7 de batterie 3 après l'arrêt piloté par l'unité 11 de contrôle.

[0081] Enfin, en cas de détection d'une mauvaise qualité de fluide par l'élément Q04 de détection de qualité, l'unité 11 de contrôle arrête les organes principaux du système 1 de régulation thermique (élément PUMP01 de pompage, dispositif EXCH05 de refroidissement, dispositif HEAT06 de chauffage, etc.). De plus, l'unité 11 de contrôle peut fermer complètement la vanne VA03 ou empêcher le fluide caloporteur

diélectrique de mauvaise qualité d'atteindre les modules 7 de batterie 3 (ouverture uniquement entre l'amont et l'aval du vase d'expansion VES03). En outre, l'unité 11 de contrôle peut fermer complètement la vanne VA04, soit rediriger le fluide dans le circuit de refroidissement. En l'absence de pression, ce dernier sera bloqué par le clapet navette SV01. Le but est aussi d'empêcher le fluide de mauvaise qualité d'atteindre les modules 7 de batterie 3.

[0082] 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 qu'un autre type d'élément Q04 de détection sans sortir du cadre de l'invention.

[0083] **Liste de références**

- [0084] 1 - système de régulation thermique
- [0085] 2 - groupe motopropulseur
- [0086] 3 - batterie
- [0087] 4 - véhicule automobile
- [0088] 5 - élément de connexion électrique
- [0089] 6 - réseau fluidique
- [0090] 7 - module de batterie
- [0091] 8 - boîtier du module de batterie
- [0092] 8a - couvercle supérieur du boîtier
- [0093] 8b - base en creux inférieure du boîtier
- [0094] 9 - cellules d'accumulation d'énergie électrique
- [0095] 10 - rampe commune d'entrée
- [0096] 10a- entrée latérale
- [0097] 10b - entrée centrale
- [0098] 11 - unité de contrôle
- [0099] 11a - module de traitement
- [0100] 11b - module de réception
- [0101] 12 - rampe commune de sortie
- [0102] T01 - élément de détection de la température
- [0103] T02 - élément de détection de la température d'un module
- [0104] T03 - élément de détection de la température
- [0105] T04 - élément de détection de la température
- [0106] C02 - élément de détection de pollution d'un module
- [0107] F03 - élément de détection de débit du fluide caloporteur diélectrique
- [0108] Q04 - élément de détection d'une valeur physique du fluide caloporteur diélectrique
- [0109] P01 - élément de détection de pression

[0110]	L04 - élément de détection de niveau dans le vase d'expansion
[0111]	BV01 - vanne pilotable
[0112]	BV03 - vanne pilotable
[0113]	BV04 - vanne pilotable
[0114]	VA03 - vanne proportionnelle pilotable
[0115]	VA04 - vanne proportionnelle pilotable
[0116]	SV01 - clapet navette
[0117]	VES04 - vase d'expansion
[0118]	OPR03 - clapet de surpression
[0119]	FILT01 - élément de filtration
[0120]	FILT02 - élément de filtration
[0121]	PUMP01 - élément de pompage
[0122]	EXCH05 - dispositif de refroidissement
[0123]	HEAT06 - dispositif de chauffage

Revendications

[Revendication 1]

Système (1) de régulation thermique d'une batterie (3) pour véhicule (4) automobile comportant un réseau (6) fluide fermé dans lequel un flux de fluide caloporteur diélectrique monophasique en phase liquide est formé à l'aide d'au moins un élément (PUMP01) de pompage, le réseau (6) fluide comportant au moins un module (7) de batterie (3) comprenant des cellules (9) d'accumulation d'énergie électrique destinées à être régulées thermiquement par immersion dans le fluide caloporteur diélectrique à l'aide du remplissage au moins partiel du module (7) de batterie (3) par le fluide caloporteur diélectrique, **caractérisé en ce que** le système (1) de régulation comporte une unité (11) de contrôle configurée pour surveiller la qualité du fluide caloporteur diélectrique afin de garantir le bon fonctionnement de la batterie (3) et au moins un élément (Q04) de détection d'au moins une valeur physique du fluide caloporteur diélectrique monté sur le réseau (6) fluide et relié électriquement à l'unité (11) de contrôle afin de sélectivement piloter le fonctionnement du système (1) de régulation thermique en fonction de la valeur physique du fluide caloporteur diélectrique mesurée par l'élément (Q04) de détection et **en ce que** l'élément (Q04) de détection est monté sur le réseau (6) fluide en dehors du module (7) de batterie (3) permettant à l'unité (11) de contrôle d'arrêter la circulation du fluide caloporteur diélectrique avant que ce dernier n'arrive au module (7) de batterie (3) quand un seuil prédéterminé est dépassé par la mesure de l'élément (Q04) de détection.

[Revendication 2]

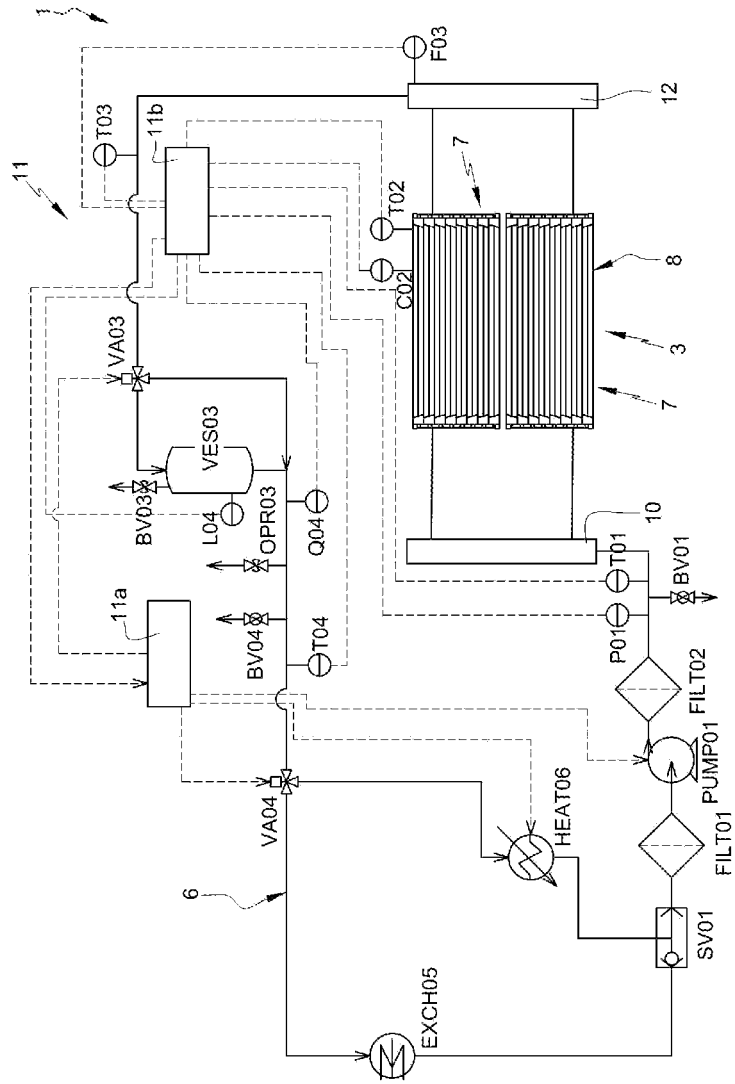
Système (1) de régulation thermique selon la revendication précédente, dans lequel l'élément (Q04) de détection est un capteur de conductivité électrique ou un capteur de résistivité électrique afin que l'unité (11) de contrôle détermine sélectivement si un risque de dérégulation thermique et/ou un risque de court-circuit est encouru dans le module (7) de batterie (3) par contact avec le fluide caloporteur diélectrique.

[Revendication 3]

Système (1) de régulation thermique selon la revendication précédente, dans lequel le seuil de qualité de l'unité (11) de contrôle est une conductivité électrique (σ) au plus égale à $1 \text{ nS} \cdot \text{m}^{-1}$ à une température de 300 K.

- [Revendication 4] Système (1) de régulation thermique selon la revendication 3, dans lequel le seuil de qualité de l'unité (11) de contrôle est une résistivité électrique (ρ) au moins égale à $1 \text{ G}\Omega \cdot \text{m}$ à une température de 300 K.
- [Revendication 5] Système (1) de régulation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un dispositif (HEAT06) de chauffage du fluide caloporteur diélectrique présent dans le réseau (6) fluidique afin de réchauffer au moins une partie des cellules (9) d'accumulation d'énergie électrique comprise dans le module (7) de batterie (3).
- [Revendication 6] Système (1) de régulation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un dispositif (EXCH05) de refroidissement du fluide caloporteur diélectrique présent dans le réseau (6) fluidique afin de rafraîchir au moins une partie des cellules (9) d'accumulation d'énergie électrique comprise dans le module (7) de batterie (3).
- [Revendication 7] Véhicule (4) automobile **caractérisé en ce qu'il** comprend un système (1) de régulation thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

WO 2021/073782 A1 (KAUTEX TEXTRON GMBH & CO KG [DE])
22 avril 2021 (2021-04-22)

US 2010/136389 A1 (TAKAGI MASARU [JP])
3 juin 2010 (2010-06-03)

US 2011/262793 A1 (REIS ANTONIO [US] ET AL)
27 octobre 2011 (2011-10-27)

CN 214 625 171 U (SUZHOU BLACKSHIELDS ENV CO LTD)
5 novembre 2021 (2021-11-05)

WO 2021/134445 A1 (GUANGZHOU GOALAND ENERGY CONSERVATION TECH CO LTD [CN])
8 juillet 2021 (2021-07-08)

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

NEANT