

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Procédé de contrôle de batterie.

②② Date de dépôt : 13.05.22.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER
Société par actions simplifiée (SAS) —FR et SAFRAN
SA — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 17.11.23 Bulletin 23/46.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.06.25 Bulletin 25/25.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : GAYA Caroline et SIBILLI Thierry.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN ELECTRICAL & POWER
Société par actions simplifiée (SAS), SAFRAN SA.

⑦④ Mandataire(s) : Ernest Gutmann - Yves Plasseraud.



Description

Titre de l'invention : Procédé de contrôle de batterie

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un procédé de contrôle d'au moins une batterie électrique pour aéronef.

Etat de la technique antérieure

[0002] L'utilisation de batteries embarquées dans un aéronef permet l'alimentation en énergie électrique de systèmes secondaires tels que l'informatique de bord, l'éclairage et la ventilation de l'habitacle, etc. Ces fonctions sont très importantes pour la sécurité en vol et il est souhaitable que l'alimentation électrique soit maintenue même en cas de dysfonctionnement d'une partie des batteries.

[0003] De plus, le développement d'aéronefs à propulsion électrique met un accent sur la gestion desdites batteries, qui sont dans ce cas responsables de l'alimentation des systèmes propulsifs. Le maintien du bon fonctionnement de ces systèmes propulsifs est alors particulièrement critique.

[0004] Les systèmes de batteries embarqués sont généralement composés d'une pluralité de blocs batterie contenus dans des enceintes séparées de protection et d'isolation. Une telle batterie comprend plusieurs cellules électrochimiques, notamment des cellules Li-ion, montées électriquement en parallèle et permettant de stocker l'énergie électrique.

[0005] Ces cellules peuvent être l'objet d'un emballage thermique, au cours duquel la température interne de la cellule augmente fortement, ce qui entraîne des émissions de gaz chauffés et une fusion de certains constituants de la cellule entraînant sa destruction et l'éjection de débris. Cet emballage thermique présente un risque de propagation aux cellules voisines, puis à l'ensemble du bloc batterie, et peut même se propager dans certains cas aux batteries voisines.

[0006] Ce phénomène d'emballage peut être déclenché par trois types d'initiation : thermique (par exemple par suite d'une augmentation de température dans l'enceinte due à une cause externe), électrique (par exemple à cause d'une surcharge due à un mauvais fonctionnement du système électrique de l'aéronef), mécanique (par exemple suite à un impact ou une déformation de l'enceinte) ou encore suite à un défaut interne de la cellule Li-ion.

[0007] Une fois l'emballage de la première cellule initié, une production significative de chaleur et de gaz chaud est induite pouvant entraîner des phénomènes plus abrupts comme la combustion et l'explosion de la cellule initiée. Tout ceci entraîne la propagation de l'emballage thermique aux cellules voisines.

- [0008] L'emballlement thermique repose sur plusieurs mécanismes de dégradation au niveau de la cellule tels que la dégradation de l'interface à l'anode de la cellule, puis la dégradation de l'électrolyte aux électrodes et la fonte du séparateur induisant un nouveau court-circuit interne. D'autres mécanismes, par exemple le transfert d'oxygène (*oxygen crossover* en anglais) peuvent s'ajouter à ceux-ci, par exemple dans le cas des cellules lithium métal.
- [0009] Ces mécanismes induisent la forte production de chaleur, de liquides chauds et de gaz. Ces gaz peuvent être dégradés par combustion, ou entraîner des explosions en cas de combustion non contrôlée.
- [0010] Actuellement lors de l'emballlement thermique d'une batterie Li-ion des procédures de refroidissement de la batterie sont mise en place afin de limiter l'emballlement thermique. Ces méthodes tendent à ralentir la plupart du temps la propagation de l'emballlement thermique afin de réduire son intensité voir dans certains cas permettent de la stopper (notamment dans le cas où des cellules Li-ion à chimie peu réactive sont utilisées car leur température critique de déclenchement de l'emballlement thermique est élevée).
- [0011] Ces contremesures actives sont généralement mises en œuvre lors de la détection d'un début d'emballlement thermique, qui est détecté par des variations brutales de température ou de tension électrique dans la batterie.
- [0012] D'autres solutions sont utilisées pour permettre le contrôle et/ou la réduction de l'emballlement thermique comme la coupure de l'alimentation (pour limiter l'apport en énergie), l'utilisation de parois isolantes thermiques pour limiter la propagation de la chaleur ou encore de paroi antidébris afin de protéger les cellules des débris et jets de matière en fusion émis par une cellule Li-ion subissant un emballlement thermique.
- [0013] Cependant, l'emballlement thermique est un phénomène aléatoire, ce qui rend difficile sa maîtrise. En effet, lors des essais visant à déterminer les températures de déclenchement de l'emballlement thermique ou la vitesse de propagation en fonction des caractéristiques des batteries et des conditions externes, une très grande dispersion des valeurs est observée.
- [0014] Cette forte dispersion rend très difficile la conception de solutions de mitigation pour contenir l'emballlement thermique et limiter sa propagation.

Présentation de l'invention

- [0015] L'invention vise à remédier à ces inconvénients, en permettant une mitigation des effets de l'emballlement thermique et en contrôlant la propagation dans la batterie.
- [0016] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de contrôle d'au moins une batterie électrique pour aéronef, chaque batterie comprenant une pluralité de cellules de

stockage d'énergie électrique disposées dans une enceinte, le procédé comprenant des étapes de :

- [0017] - détection d'un début d'emballlement thermique dans l'enceinte au moyen d'au moins un capteur disposé dans l'enceinte,
- [0018] - apport de chaleur dans l'enceinte de manière à augmenter une température dans l'enceinte, au moyen d'au moins un dispositif de chauffe.
- [0019] Un tel procédé permet de réduire la criticité de l'emballlement thermique par l'apport contrôlé de chaleur à la batterie. Ainsi, la maîtrise de l'emballlement thermique est simplifiée et ses conséquences sont moins graves.
- [0020] Le dispositif de chauffe est adapté pour apporter de la chaleur dans l'enceinte sur commande.
- [0021] Le dispositif de chauffe est par exemple adapté pour apporter un flux de chaleur vers l'enceinte, déterminé de manière à ce qu'une variation de température moyenne dans l'enceinte soit supérieure ou égale à 5°C par minute, pour la durée de l'étape d'apport de chaleur.
- [0022] Les cellules sont notamment des cellules de type électrochimique, par exemple des cellules lithium-ion.
- [0023] Le procédé est par exemple mis en œuvre par un module de contrôle électronique, comprenant un processeur et une mémoire et contrôlant chaque capteur.
- [0024] Chaque capteur peut être choisi parmi un capteur de température, un capteur de pression, un capteur de courant électrique, un capteur de tension électrique, un détecteur de flux gazeux et un détecteur de gaz.
- [0025] Un tel capteur permet de détecter le début de l'emballlement thermique dans la batterie de manière rapide et fiable.
- [0026] Le détecteur de gaz est par exemple un détecteur de CO, CO₂, H₂ et/ou HF.
- [0027] Chaque capteur est par exemple piloté par le module de contrôle.
- [0028] Le dispositif de chauffe peut comprendre un tuyau reliant l'enceinte à un conduit d'air chaud, ledit tuyau étant muni d'un organe d'obturation.
- [0029] Une telle caractéristique permet de balayer l'enceinte avec un flux d'air chaud de manière à apporter de la chaleur à la batterie et à purger des gaz émis par les cellules en cours d'emballlement.
- [0030] L'organe d'obturation est par exemple une électrovanne commandée par le module de contrôle.
- [0031] L'organe d'obturation peut comprendre un élément d'obturation fusible, propre à se rompre sous l'action d'une température et/ou d'une pression élevée dans l'enceinte.
- [0032] Une telle caractéristique permet un déclenchement de l'apport de chaleur de manière mécanique, sans nécessiter de commande électrique ou électronique.

- [0033] Le dispositif de chauffe peut comprendre au moins un caloduc reliant thermiquement l'enceinte et une source chaude.
- [0034] Une telle caractéristique permet un apport de chaleur sans nécessiter de flux de gaz dans l'enceinte et hors de l'enceinte.
- [0035] Les caloducs sont par exemple isolés de la source chaude par des moyens d'isolation pilotables par le module de contrôle.
- [0036] Le dispositif de chauffe peut comprendre au moins un élément d'apport de chaleur actif disposé dans l'enceinte.
- [0037] Une telle caractéristique permet d'apporter la chaleur directement dans l'enceinte sans recourir à un dispositif externe.
- [0038] L'élément d'apport de chaleur actif est par exemple une résistance chauffante ou un panneau chauffant, piloté par le module de contrôle.
- [0039] L'élément d'apport de chaleur actif peut comprendre une charge chimique propre à réagir de manière exothermique une fois initiée.
- [0040] Une telle caractéristique permet un maintien de l'apport de chaleur même en cas de dégradation du contenu de l'enceinte empêchant l'apport d'électricité.
- [0041] Un flux de chaleur vers l'enceinte peut être déterminé de manière à ce qu'une variation de température moyenne dans l'enceinte soit supérieure ou égale à 20°C par minute pour la durée de l'étape d'apport de chaleur.
- [0042] Une telle valeur de variation de température permet de réduire mieux la criticité de l'emballlement thermique en limitant l'énergie totale émise, le maximum de chaleur émis et/ou la température maximale atteinte dans l'enceinte durant l'emballlement thermique.
- [0043] L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé précédent, le dispositif comprenant :
- [0044] - au moins une batterie électrique pour aéronef, chaque batterie comprenant une pluralité de cellules de stockage d'énergie électrique disposées dans une enceinte,
- [0045] - au moins un capteur disposé dans l'enceinte,
- [0046] - un dispositif de chauffe propre à apporter de la chaleur dans l'enceinte sur commande, et
- [0047] - un module de contrôle configuré pour piloter le dispositif de chauffe et/ou chaque capteur.

Brève description des figures

- [0048] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique d'une batterie et d'un système de contrôle configuré pour mettre en œuvre un procédé selon l'invention,
- [0049] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue schématique de la mise en œuvre du procédé selon l'invention sur la batterie de la [Fig.1],

[0050] [Fig.3] la [Fig.3] est une représentation graphique d'une énergie totale libérée et d'une chaleur maximale atteinte dans une batterie, en fonction d'une vitesse de chauffe, au cours de la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention,

[0051] [Fig.4] la [Fig.4] est une représentation graphique d'une température maximale atteinte dans une batterie, en fonction d'une vitesse de chauffe, au cours de la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention,

[0052] [Fig.5] la [Fig.5] est une vue schématique d'une batterie et d'un système de contrôle pour la mise en œuvre d'un procédé selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

[0053] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue schématique d'une batterie et d'un système de contrôle pour la mise en œuvre d'un procédé selon un troisième mode de réalisation de l'invention,

[0054] [Fig.7] la [Fig.7] est une vue schématique de la mise en œuvre du procédé selon le troisième mode de réalisation de l'invention sur la batterie de la [Fig.6],

[0055] [Fig.8] la [Fig.8] est une vue schématique d'une batterie et d'un système de contrôle pour la mise en œuvre d'un procédé selon un quatrième mode de réalisation de l'invention,

Description détaillée de l'invention

[0056] Un premier mode de réalisation d'un procédé de contrôle selon l'invention est décrit en référence aux figures 1 et 2.

[0057] La [Fig.1] représente une batterie 1 comprenant une pluralité de cellules 2 de type lithium-ion (Li-ion) disposées dans une enceinte 3. Cette batterie 1 est par exemple installée sur un aéronef pour l'alimentation en énergie électrique de fonctions propulsives et/ou de support.

[0058] Une première ouverture 4 est ménagée dans l'enceinte 3 et raccordée à un conduit 5 de passage d'air chaud par un tuyau 6 muni d'une première vanne 7, de manière à permettre l'entrée d'air chaud dans l'enceinte 3 en ouvrant ladite première vanne 7. Le tuyau 6 et la vanne 7 constituent ainsi un dispositif de chauffe pilotable de l'enceinte 3.

[0059] Le conduit 5 est par exemple un conduit d'air chaud du système avionique, présent de manière habituelle sur un aéronef.

[0060] Une seconde ouverture 8 munie d'une seconde vanne 9 s'ouvre dans l'enceinte 3 et débouche à l'extérieur de l'enceinte 3, de manière à purger les gaz contenus dans l'enceinte 3 et à permettre la circulation d'air chaud à travers l'enceinte 3 lorsque la première vanne 7 est également ouverte.

[0061] Un module de contrôle 10 est connecté à la première vanne 7 et à la seconde vanne 9, qui sont par exemple des électrovannes, de manière à contrôler leur ouverture et fermeture automatiquement.

- [0062] Le module de contrôle 10 est également connecté à au moins un capteur 11 configuré pour mesurer au moins un paramètre caractéristique de l'emballement thermique de la batterie 1.
- [0063] Dans l'exemple représenté, le module de contrôle 10 est connecté à un capteur 11 de température et un capteur 11 de pression disposés dans l'enceinte 3.
- [0064] Ces capteurs 11 sont aptes à détecter un début d'emballement thermique de la batterie 11, l'emballement thermique entraînant une élévation de la température dans l'enceinte 3 et une émission de gaz augmentant la pression dans l'enceinte 3.
- [0065] D'autres types de capteurs permettent de détecter l'emballement thermique en mesurant des paramètres caractéristiques.
- [0066] Par exemple, des capteurs de type détecteur de gaz, configurés pour détecter des taux importants de CO, CO₂, H₂ et/ou HF dans l'enceinte 3 permettent de détecter l'émission de gaz caractéristique de l'emballement thermique.
- [0067] Alternativement, un capteur 11 de tension mesurant les variations de la tension aux bornes de la batterie 1, ou un capteur 11 de courant mesurant le courant électrique délivré, peuvent permettre de détecter le début de l'emballement thermique.
- [0068] Encore alternativement, des capteurs 11 de mesure de tension ou de température directement au niveau des cellules 2 ou des lignes de cellules 2 peuvent permettre de détecter le début de l'emballement thermique.
- [0069] L'augmentation du nombre de capteurs 11 et de paramètres mesurés associés permet une détection plus fine et plus rapide de l'emballement thermique, et permet de réduire le nombre de cas de détection erronés.
- [0070] Le module de contrôle 10 est configuré pour suivre l'évolution des paramètres caractéristiques mesurés par les capteurs 11, détecter le début de l'emballement thermique de la batterie 11 à partir de cette évolution, et déclencher un apport de chaleur dans l'enceinte 3 lorsque le début de l'emballement thermique est détecté.
- [0071] Cet apport de chaleur est représenté sur la [Fig.2]. Une cellule défaillante 2a subit un début d'emballement thermique et rejette de la chaleur et des gaz chauffés dans l'enceinte 3. La montée de température et la surpression associées sont détectées par les capteurs 11 de température et de pression et le module de contrôle détermine la présence d'un début d'emballement thermique dans l'enceinte.
- [0072] Le module de contrôle 10 commande alors l'ouverture de la première vanne 7 et de la seconde vanne 9, ce qui permet l'entrée dans l'enceinte 3 d'air chaud issu du conduit 5, et la sortie par la seconde ouverture 8 de cet air chaud après qu'il a circulé dans l'enceinte, ainsi que la purge des gaz chauffés émis par la cellule défaillante 11.
- [0073] L'introduction d'un flux d'air chaud dans l'enceinte 3 permet, en plus de purger une partie des gaz, d'apporter de la chaleur de manière régulière aux cellules 2 de

la batterie 1. Un tel apport de chaleur régulier et maîtrisé permet une maîtrise du phénomène d'emballement thermique en retirant les effets aléatoires.

- [0074] En effet, dans les cas d'emballement non-maîtrisés, des durées de propagations très variées peuvent être obtenues avec une même batterie et donc la batterie pourrait dans certains cas voir des hautes températures soutenues sur un temps très long, ce qui rend alors difficile le confinement de l'emballement.
- [0075] A l'inverse, une initiation rapide et contrôlée de l'emballement thermique permet de réduire l'apparition de phénomènes critiques, tels que les explosions ou les très hautes températures.
- [0076] De plus, une augmentation rapide de la température lors de l'emballement contrôlé réduit encore la réactivité de l'emballement, de manière contrintuitive même pour l'homme de métier.
- [0077] Ces effets sont mis en évidence par les résultats expérimentaux représentés sur les figures 3 et 4.
- [0078] La [Fig.3] est une représentation graphique d'une énergie totale E émise par une cellule Li-ion au cours de la totalité de l'emballement thermique (courbe en trait plein à points ronds, en kilojoules) et d'un maximum de dégagement de chaleur HR (courbe en pointillés à points carrés, en kilowatts) pendant cet emballement thermique, en fonction d'une vitesse d'augmentation de la température dT/dt (en °C par minute) dans la batterie.
- [0079] La vitesse d'augmentation de la température dT/dt est une variation de la température moyenne dans la batterie, directement proportionnelle au flux de chaleur apporté à la batterie au cours de l'emballement thermique.
- [0080] On constate une tendance claire à la réduction à la fois de l'énergie totale E et du pic de chaleur émise HR lorsque la vitesse d'augmentation de température dT/dt est élevée. L'emballement thermique est donc mieux maîtrisé et présente une criticité moins aigue avec un apport de chaleur externe important.
- [0081] La [Fig.4] est une représentation graphique de la température maximale T_{max} (en °C) mesurée dans la batterie au cours de l'emballement thermique, en fonction de la vitesse d'augmentation de température dT/dt précédemment définie.
- [0082] On observe une réduction des températures maximales atteintes au cours de l'emballement thermique avec une augmentation rapide de la température moyenne de la batterie, avec des températures maximales maintenues en dessous de 600°C pour une initiation très rapide de l'emballement.
- [0083] Ces évolutions montrent que des apports importants de chaleur externe, entraînant des rampes de température moyenne supérieures ou égales à 20°C/min, limitent fortement la criticité de l'emballement thermique et en facilitent la maîtrise.

- [0084] Un mécanisme proposé pour ce phénomène est que l'apport d'un échauffement significatif permet d'outrepasser les étapes de dégradations de l'interphase électrolytique solide (ou SEI, pour *Solid Electrolyte Interphase* en anglais) et de décomposition de l'électrolyte pour déclencher directement la phase de fonte du séparateur entre électrodes. Un pic de température est ainsi plus vite atteint limitant l'énergie apportée au reste du système sur toutes les étapes exothermiques précédentes et donc réduisant la quantité globale d'énergie à contenir et le temps de protection à assurer.
- [0085] La réduction des températures maximales atteintes permet de réduire l'encombrement et la masse des protections thermiques de l'enceinte, qui seront moins longtemps exposées à des températures extrêmes.
- [0086] Un deuxième mode de réalisation du procédé de contrôle selon l'invention est décrit en référence à la [Fig.5], avec une méthode différente d'apport d'énergie thermique externe.
- [0087] Dans ce deuxième mode de réalisation, la première vanne 7 contrôlée par le module de contrôle 10 est remplacée par un élément d'obturation fusible 12 obturant le tuyau 6. L'élément d'obturation fusible 12 est par exemple une membrane réalisée à partir d'un matériau présentant une température de fusion prédéterminée pour que l'élément d'obturation fusible 12 ne fonde pas à la température de l'air chaud dans le tuyau 6, mais fonde quand il est exposé à des gaz chauffés émis lors de l'emballement thermique d'une des cellules 2.
- [0088] La fonte de l'élément d'obturation fusible 12 permet l'entrée d'air chaud depuis le conduit 5 à travers le tuyau 6, comme dans le mode de réalisation précédent.
- [0089] Un tel élément d'obturation fusible 12 permet de déclencher la mitigation même en cas de défaillance du module de contrôle 10 ou des capteurs 11.
- [0090] La seconde vanne 9 peut également être remplacée par un élément d'obturation fusible similaire.
- [0091] Un troisième mode de réalisation du procédé selon l'invention est représenté sur les figures 6 et 7, mettant en œuvre un autre moyen d'apport de chaleur externe.
- [0092] Dans ce troisième mode de réalisation, l'ouverture 4, le tuyau 6 et la vanne 7 ne sont pas présents.
- [0093] A la place, une source chaude 13 située à proximité de l'enceinte 3 est reliée à ladite enceinte 3 par une pluralité de caloducs 14. La source chaude 13 est une partie chaude de l'aéronef, par exemple un système avionique ou une source électronique de puissance.
- [0094] Les caloducs 14 sont réalisés en matériau conducteur thermique, par exemple métallique, et s'étendent à travers les parois de la source chaude 13 et celles de

l'enceinte 3, de manière à conduire la chaleur de la source chaude vers l'intérieur de l'enceinte 3.

- [0095] Chaque caloduc 14 comprend une première extrémité 15 d'étendant à l'intérieur des parois de la source chaude 13, isolée de la chaleur par une paroi secondaire 16. La paroi secondaire 16 entoure les premières extrémités 15 de manière à les isoler thermiquement de la source chaude 13, comme représenté sur la [Fig.6].
- [0096] Cette paroi secondaire 16 peut s'ouvrir sous commande du système de contrôle 10, par exemple au moyen d'une vanne, d'un clapet ou d'un panneau coulissant.
- [0097] Dans le procédé selon le troisième mode de réalisation, la détection du début de l'emballlement thermique par le système de contrôle 10 au moyen du capteur 11 entraîne l'émission d'une commande d'ouverture de la paroi secondaire 16 par ledit système de commande 10, comme représenté sur la [Fig.7].
- [0098] La première extrémité 15 de chaque caloduc 14 est alors exposée à la chaleur de la source chaude 13. Cette chaleur est convoyée à travers les caloducs 14 jusqu'à l'intérieur de l'enceinte 3, constituant l'apport de chaleur externe à la batterie 1.
- [0099] Un quatrième mode de réalisation est représenté sur la [Fig.8].
- [0100] Dans ce mode de réalisation, un élément d'apport de chaleur actif 19 est disposé à l'intérieur de l'enceinte 3, et est commandé par le système de contrôle 10.
- [0101] L'élément d'apport de chaleur actif 19 est par exemple une résistance chauffante ou un pad chauffant, installé dans l'enceinte en vue de mettre en œuvre le procédé selon l'invention ou bien faisant partie d'un système de contrôle de température dans l'enceinte 3 préexistant.
- [0102] Un tel système de contrôle de température de l'enceinte 3 est parfois installé dans les enceintes de batteries disposées dans un environnement froid de l'aéronef, car de telles batteries présentent un fonctionnement optimal au-dessus d'une température minimale.
- [0103] Dans le procédé selon l'invention, l'élément d'apport de chaleur actif 19 est déclenché par le système de contrôle 10 en réponse à la détection d'un début d'emballlement thermique dans l'enceinte 3, comme précédemment décrit, de manière à permettre un apport de chaleur externe réduisant la criticité de l'emballlement thermique.
- [0104] Plusieurs éléments d'apport de chaleur actif 19 peuvent être disposés dans l'enceinte 3 si nécessaire, afin d'augmenter l'apport de chaleur dans l'enceinte 3 et/ou de le rendre plus régulier.
- [0105] Selon une variante du quatrième mode de réalisation, l'élément d'apport de chaleur actif 19 est un élément consommable, par exemple une charge chimique propre à subir une réaction chimique exothermique sur commande du module de contrôle 10. Une telle charge chimique permet de maintenir l'apport de chaleur pendant toute la durée de l'emballlement thermique, même en cas d'endommagement du contenu de

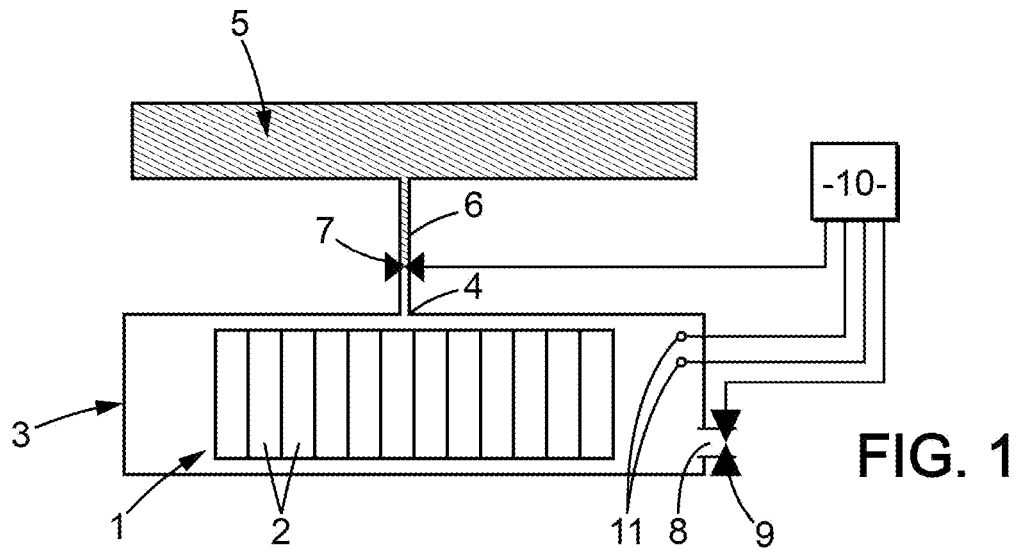
l'enceinte par l'emballement, puisqu'aucun apport d'électricité n'est nécessaire une fois la réaction chimique initiée.

- [0106] Chacune des méthodes d'apport de chaleur et les dispositifs de chauffe associés sont utilisables indépendamment les uns des autres et de manière combinée, en fonction des conditions opérationnelles, de manière déterminée par l'homme du métier.

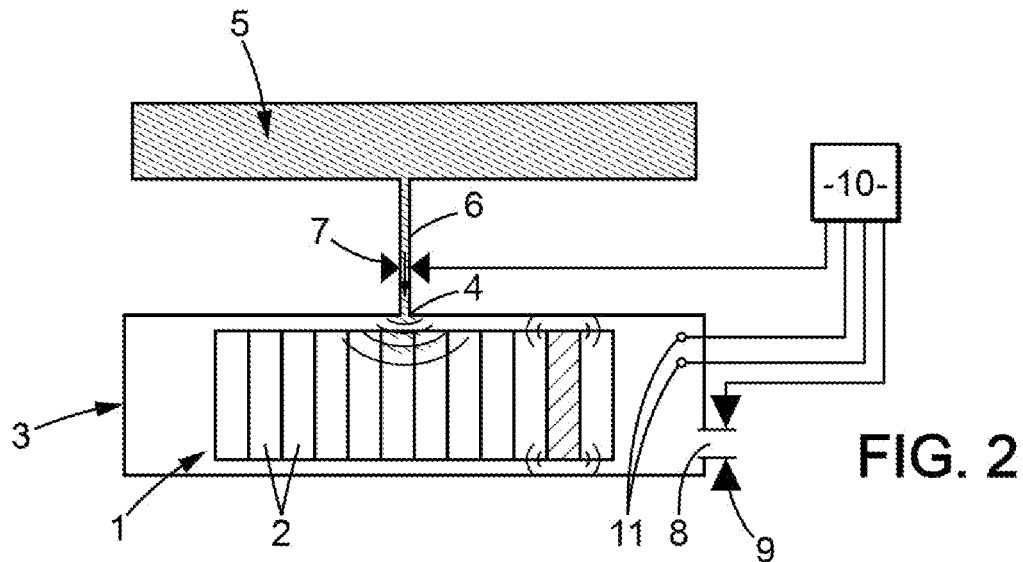
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de contrôle d'au moins une batterie (1) électrique pour aéronef, chaque batterie (1) comprenant une pluralité de cellules (2) de stockage d'énergie électrique disposées dans une enceinte (3), le procédé comprenant des étapes de :
- détection d'un début d'emballlement thermique dans l'enceinte (3) au moyen d'au moins un capteur (11) disposé dans l'enceinte (3),
 - apport de chaleur dans l'enceinte (3) de manière à augmenter une température dans l'enceinte (3), au moyen d'au moins un dispositif de chauffe (6, 7, 14, 19).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel chaque capteur (11) est choisi parmi un capteur de température, un capteur de pression, un capteur de courant électrique, un capteur de tension électrique, un détecteur de flux gazeux et un détecteur de gaz.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de chauffe (6, 7) comprend un tuyau (6) reliant l'enceinte à un conduit d'air chaud, ledit tuyau (6) étant muni d'un organe d'obturation (7).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'organe d'obturation (7) comprend un élément d'obturation fusible (12), propre à se rompre sous l'action d'une température et/ou d'une pression élevée dans l'enceinte.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une de revendications précédentes, dans lequel le dispositif de chauffe comprend au moins un caloduc (15) reliant thermiquement l'enceinte (3) et une source chaude (13).
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de chauffe (19) comprend au moins un élément d'apport de chaleur actif (19) disposé dans l'enceinte (3).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel l'élément d'apport de chaleur actif (19) comprend une charge chimique propre à réagir de manière exothermique une fois initiée.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un flux de chaleur vers l'enceinte (3) est déterminé de manière à ce qu'une variation de température moyenne dans l'enceinte (3) soit supérieure ou égale à 20°C par minute, pour la durée de l'étape d'apport de chaleur.

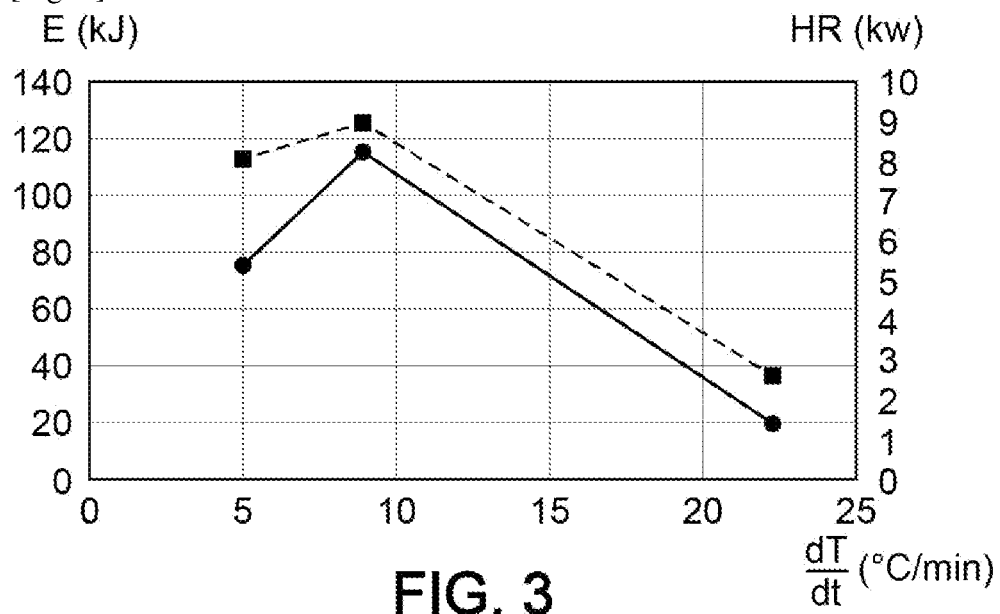
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

Tmax(°C)

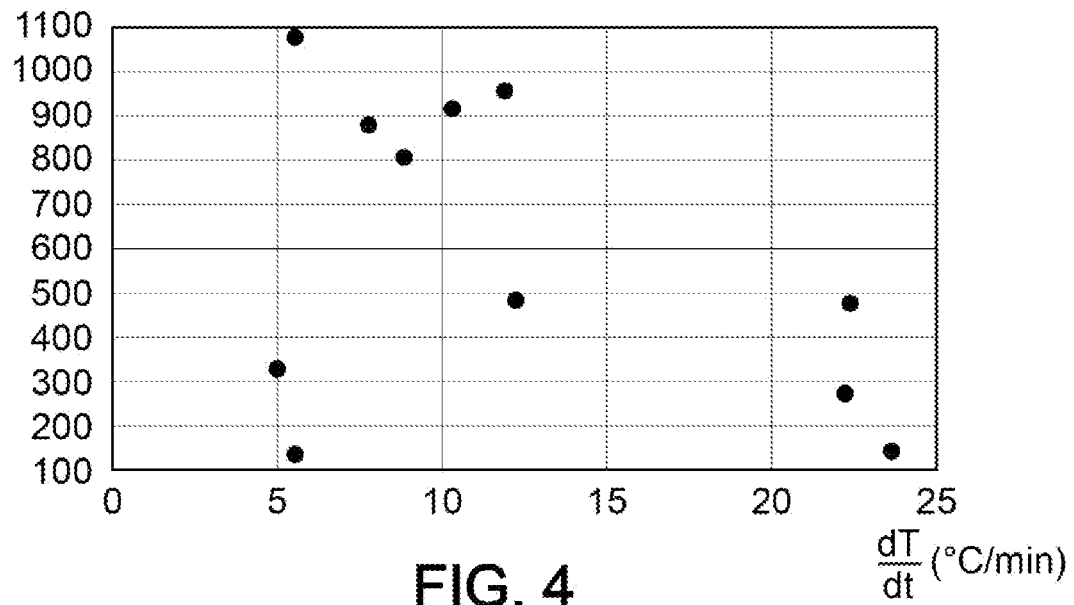


FIG. 4

[Fig. 5]

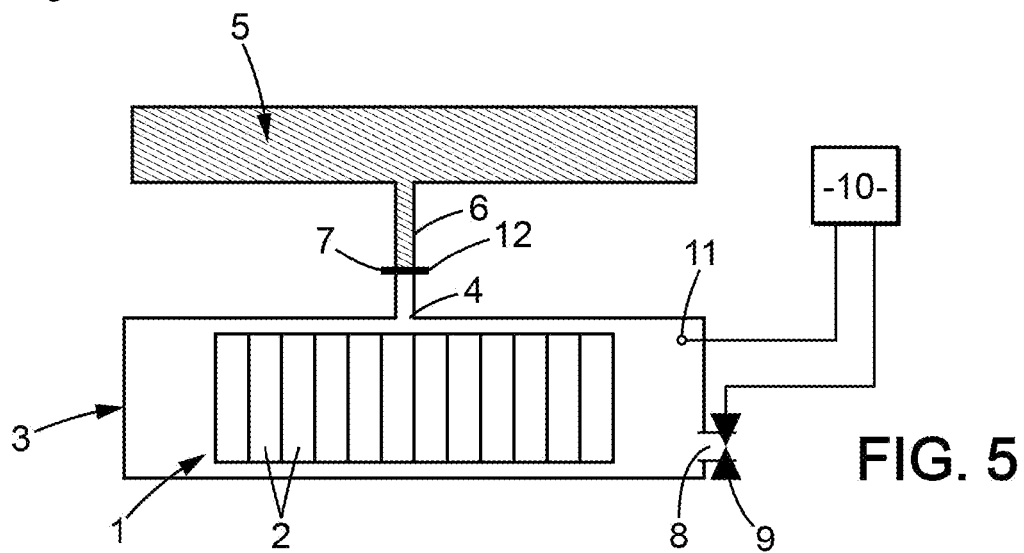


FIG. 5

[Fig. 6]

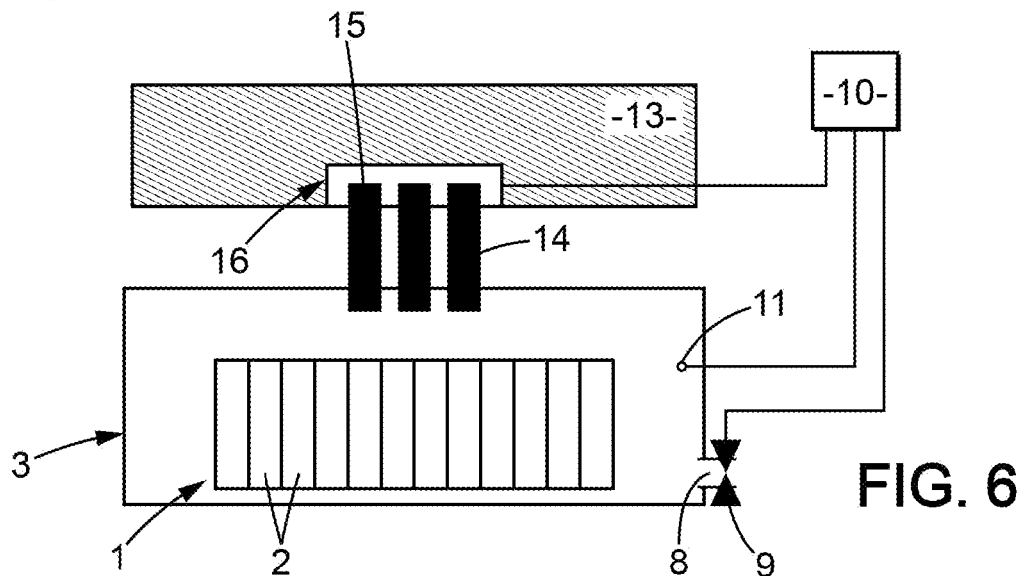
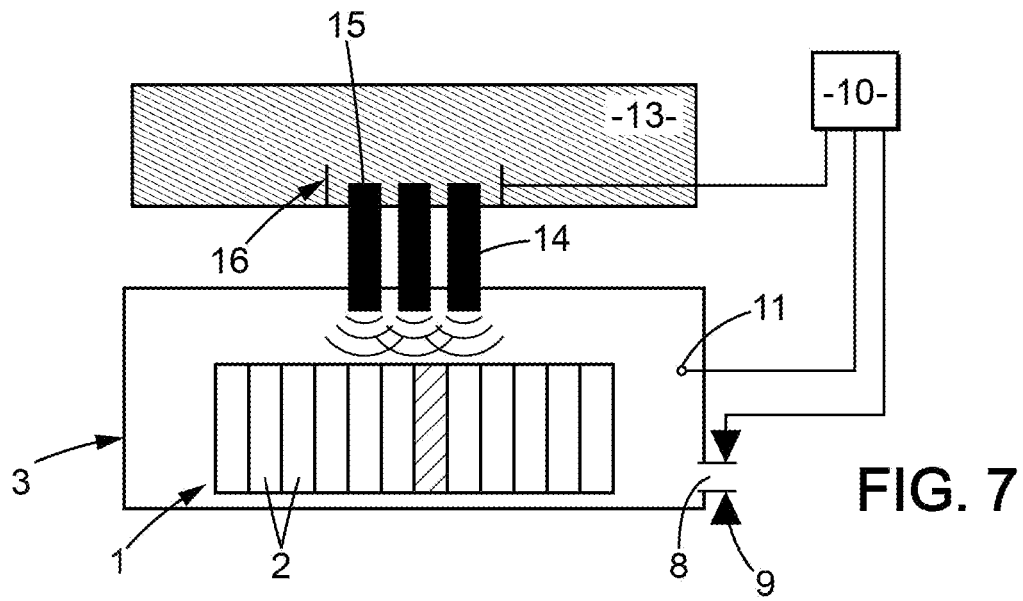
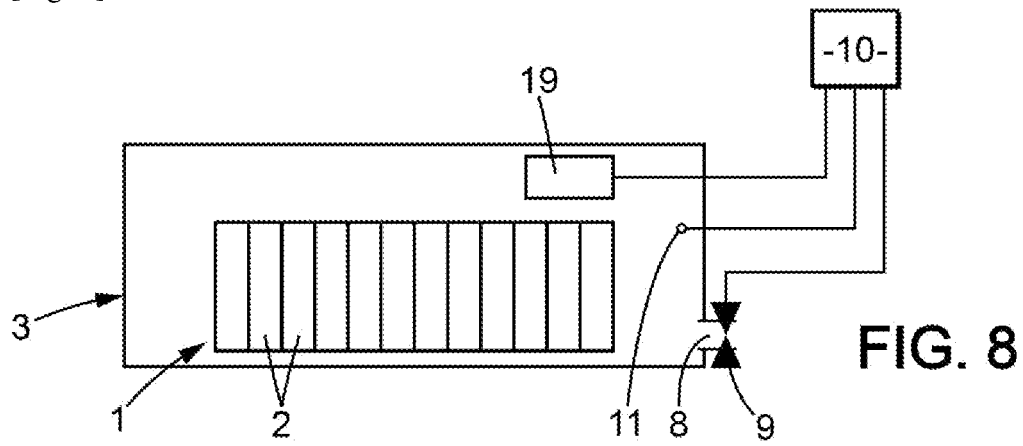


FIG. 6

[Fig. 7]



[Fig. 8]



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

US 2022/069372 A1 (KANG HYUNCHANG [KR])
3 mars 2022 (2022-03-03)

WO 2019/174653 A2 (GUANGDONG HYNN TECH CO LTD [CN]) 19 septembre 2019 (2019-09-19)

US 2020/036068 A1 (RECOSKIE STEVEN [CA] ET AL) 30 janvier 2020 (2020-01-30)

CN 113 067 048 A (CHERY NEW ENERGY AUTOMOBILES CO LTD)
2 juillet 2021 (2021-07-02)

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

NEANT