

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif d'estimation de deux états de charge d'une batterie, système, aéronef et procédé associés.

②② Date de dépôt : 25.04.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN ELECTRICAL & POWER 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 : 05.04.24 Bulletin 24/14.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : *CHEROUVRIER Guillaume, PERCHERON Guillaume et RENOTTE Alexis.*

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

⑦④ Mandataire(s) : *Casalonga.*



Description

Titre de l'invention : Dispositif d'estimation de deux états de charge d'une batterie, système, aéronef et procédé associés

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne l'estimation d'états de charge de batteries, et plus particulièrement les dispositifs d'estimation de deux états de charge d'une batterie.
- [0002] L'invention concerne en outre un système d'alimentation électrique pour aéronef comportant un tel dispositif, un aéronef comportant un tel système, et un procédé d'estimation redondante de deux états de charge d'une batterie.

Etat de la technique antérieure

- [0003] Généralement, les aéronefs sont propulsés par des turbomachines du type turbo-propulseur, turboréacteur ou turbine.
- [0004] Cependant, l'utilisation de turbomachines s'accompagne d'émissions de bruit importantes et d'une consommation élevée de combustible fossile, notamment de kérosène, engendrant des émissions polluantes également importantes.
- [0005] Afin de réduire les émissions de polluant et de bruit, la propulsion des aéronefs peut être électrique ou hybride, en remplaçant tout ou partie des turbomachines destinées à produire la poussée de l'aéronef par des moteurs électriques.
- [0006] Les moteurs électriques sont alimentés par des batteries de propulsion.
- [0007] Afin de garantir la sécurité en vol d'un aéronef équipé d'un système de propulsion électrique ou hybride, il est nécessaire de déterminer l'état de charge SOC de chaque batterie de propulsion, « SOC : State of Charge » en anglais, défini comme étant le rapport entre la charge stockée dans la batterie divisée par la charge maximale admissible par la batterie. L'état de charge permet d'avoir une image indirecte de l'énergie disponible dans la batterie de propulsion.
- [0008] La charge disponible dans la batterie est déterminée à partir d'estimateurs d'état de la batterie mettant en œuvre des algorithmes à partir de mesures telles que la mesure de la température au voisinage des cellules de la batterie, de la tension individuelle des cellules et du courant circulant dans la batterie.
- [0009] Chaque cellule est équipée d'un capteur de tension mesurant la tension à ses bornes.
- [0010] La batterie comporte des capteurs de température disposés au voisinage des cellules permettant d'estimer la température des cellules, et est équipée d'un capteur de courant mesurant un courant circulant à ses bornes.
- [0011] Afin de simplifier la réalisation de la batterie, le nombre de capteurs de température est généralement inférieur au nombre de cellules de la batterie.
- [0012] Comme l'état de charge (SOC) de la batterie est une donnée critique, il est nécessaire

de détecter une valeur erronée de SOC.

- [0013] Il est connu de déterminer deux estimations redondantes de SOC par deux estimateurs indépendants et de comparer entre elles les estimations de SOC délivrées par les deux estimateurs. Pour réaliser les deux estimateurs, il peut être nécessaire de redonder les capteurs et les estimateurs d'état de charge pour détecter une valeur erronée de SOC en comparant entre elles les estimations de SOC délivrées par les estimateurs.
- [0014] En outre, il est nécessaire d'implémenter des estimateurs de technologie dissimilaire pour s'affranchir des défaillances de modes communs.
- [0015] Cependant, l'implémentation dans un aéronef de capteurs redondant de technologie dissimilaire sur chaque cellule des batteries et l'intégration d'estimateurs de charge de technologie dissimilaire entraînent un dédoublement des capteurs de mesure de tension, de température et de courant, de cartes électroniques, des composants de calculs et des algorithmes des estimateurs, et des bus de communication reliant les moyens de mesure aux estimateurs, complexifiant la réalisation des harnais de communication reliant lesdits composants, et l'implantation des harnais, des capteurs de mesure dans la batterie et des estimateurs dans l'aéronef.
- [0016] Le document intitulé « State-of-the-art of battery state-of-charge determination » publié en décembre 2005 dans la revue « Measurement Science and Technology » divulgue un estimateur d'état de charge d'une batterie mettant en œuvre un filtre de Kalman.

Exposé de l'invention

- [0017] Le but de l'invention est de pallier tout ou partie de ces inconvénients.
- [0018] L'invention a pour objet un procédé d'estimation de deux états de charge d'une batterie comportant une pluralité de cellules reliées entre elles, le procédé comportant la détermination d'un premier état de charge de la batterie à partir de la tension aux bornes de chaque cellule et d'au moins une température au voisinage de chaque cellule, d'un courant circulant aux bornes de la pluralité de cellules, et de tables paramétriques prédéterminées, chaque table paramétrique reliant un état de charge d'une cellule à la tension aux bornes de ladite cellule, à la température au voisinage de ladite cellule, et au courant aux bornes de la pluralité de cellules.
- [0019] Le procédé comprend la détermination d'un deuxième état de charge de la batterie à partir d'au moins une grandeur aux bornes d'au moins un ensemble de cellules de la batterie, au moins une fraction de la pluralité de cellules formant l'ensemble de cellules comportant au moins deux cellules.
- [0020] Les deux estimations de l'état de charge de la batterie effectuées à partir de mesures effectuées sur chaque cellule, au voisinage de chaque cellule et sur un ensemble de

cellules, permettent d'obtenir deux estimations de l'état de charge par deux canaux de mesure différents sans redonder l'ensemble des capteurs et des chaînes d'acquisition et de traitement mis en œuvre par les deux canaux de mesure permettant de simplifier la réalisation de la batterie et des harnais reliant les capteurs à des moyens de détermination des états de charge.

- [0021] De préférence, la batterie comporte l'ensemble de cellules formant un pack, la détermination du deuxième état de charge comporte :
- [0022] - la détermination d'une première grandeur comportant la tension aux bornes de chaque pack et d'une deuxième grandeur comportant le courant aux bornes dudit pack,
- [0023] - la détermination de la température dudit pack, et
- [0024] - la détermination du deuxième état de charge de la batterie à partir la tension et du courant aux bornes de chaque pack, de la température de chaque pack, et d'une table paramétrique prédéterminée reliant un état de charge de chaque pack à la tension et au courant aux bornes de chaque pack, et à la température de chaque pack.
- [0025] Avantageusement, la batterie comporte au moins deux ensembles de cellules, chaque ensemble formant un module, la détermination du deuxième état de charge comporte :
- [0026] - la détermination pour chaque module d'une première grandeur comportant la tension aux bornes dudit module et d'une deuxième grandeur comportant le courant aux bornes dudit module,
- [0027] - la détermination de la température de chaque module, et
- [0028] - la détermination du deuxième état de charge de la batterie à partir la tension et du courant aux bornes de chaque module, de la température de chaque module, et d'au moins une table paramétrique prédéterminée reliant un état de charge de chaque module à la tension et au courant aux bornes dudit module, et à la température dudit module.
- [0029] De préférence, la batterie comporte l'ensemble de cellules formant un pack, chaque pack comportant une fraction de la pluralité de cellules, la détermination du deuxième état de charge comporte :
- [0030] - la détermination de la grandeur comportant le courant aux bornes de chaque pack,
- [0031] - la détermination de la quantité d'électricité instantanée transitant par les bornes de chaque pack à partir du courant aux bornes dudit pack, et
- [0032] - la détermination du deuxième état de charge à partir de la capacité de chaque pack et de la quantité d'électricité instantanée transitant par les bornes de chaque pack.
- [0033] Avantageusement, l'ensemble de cellules de la batterie comporte la pluralité de cellules de la batterie, la détermination du deuxième état de charge comporte :
- [0034] - la détermination d'une première grandeur comportant la tension aux bornes de la batterie et d'une deuxième grandeur comportant le courant de la batterie
- [0035] - la détermination de la température de la batterie, et

- [0036] - la détermination du deuxième état de charge à partir de la tension et le courant aux bornes de la batterie, de la température de la batterie, et d'un abaque prédéterminé reliant le deuxième état de charge à la tension et au courant aux bornes de la batterie, et à la température de la batterie.
- [0037] De préférence, le procédé comporte en outre une comparaison du premier état de charge et du deuxième état de charge, et dans lequel :
- [0038] - si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est inférieur à un seuil prédéterminé, le procédé comporte la délivrance d'un signal indicatif du premier état de charge,
- [0039] - si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est supérieur à un seuil prédéterminé, le procédé comporte la délivrance d'un signal d'alerte.
- [0040] La comparaison des deux états de charge déterminés par deux canaux de mesure différents permet de détecter et d'alerter de la défaillance de l'un des canaux de mesure.
- [0041] Il est également proposé un dispositif d'estimation de deux états de charge d'une batterie comportant une pluralité de cellules reliées entre elles, au moins une fraction de la pluralité de cellules formant au moins un ensemble de cellules comportant au moins deux cellules, le dispositif comportant :
- [0042] - des premiers moyens de détermination comprenant des tables paramétriques prédéterminées et configurés pour déterminer un premier état de charge de la batterie à partir de la tension aux bornes de chaque cellule et de la température au voisinage de chaque cellule, du courant circulant aux bornes de la pluralité de cellules, et des tables paramétriques, chaque table paramétrique reliant un état de charge d'une cellule à la tension aux bornes de ladite cellule, à la température de ladite cellule, et au courant aux bornes de la pluralité de cellules.
- [0043] Le dispositif comprend en outre :
- [0044] - des deuxièmes moyens de détermination configurés pour déterminer un deuxième état de charge de la batterie à partir d'au moins une grandeur mesurée aux bornes de l'ensemble de cellules.
- [0045] De préférence, le dispositif comporte en outre des moyens de comparaison du premier état de charge et du deuxième état de charge configurés pour :
- [0046] - délivrer un signal indicatif du premier état de charge si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est inférieur à un seuil prédéterminé ; et
- [0047] - délivrer un signal d'alerte si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est supérieur à un seuil prédéterminé.
- [0048] Il est également proposé un système d'alimentation électrique pour aéronef,

comportant une batterie comprenant une pluralité de cellules reliées entre elles, chaque cellule comportant un capteur de tension mesurant la tension aux bornes de ladite cellule, la batterie comportant en outre au moins un capteur de température mesurant la température au voisinage des cellules, et un capteur de courant mesurant un courant circulant aux bornes de la pluralité de cellule, le système comportant en outre des moyens de mesure pour déterminer une grandeur aux bornes de l'ensemble de cellules, et un dispositif tel que défini précédemment relié aux capteurs de tension, de température, de courant et aux moyens de mesure.

[0049] Il est également proposé un aéronef comprenant un système d'alimentation électrique tel que défini précédemment.

Breve description des dessins

[0050] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0051] [Fig.1] illustre schématiquement un aéronef selon l'invention ;

[0052] [Fig.2] illustre schématiquement un premier exemple d'un système d'alimentation électrique selon l'invention ;

[0053] [Fig.3] illustre schématiquement un deuxième exemple d'un système d'alimentation électrique selon l'invention ;

[0054] [Fig.4] illustre schématiquement un troisième exemple d'un système d'alimentation électrique selon l'invention ; et

[0055] [Fig.5] illustre schématiquement un quatrième exemple d'un système d'alimentation électrique selon l'invention.

[0056] Exposé détaillé d'au moins un mode de réalisation

[0057] On se réfère à la [Fig.1] qui illustre schématiquement un aéronef 1 comprenant un système 2 de propulsion.

[0058] Le système de propulsion 2 comprend deux machines électriques tournantes 3, 4 disposées chacune de part et d'autre d'un axe longitudinal de l'aéronef 1 et munies chacune d'une hélice pour propulser l'aéronef 1.

[0059] En variante, l'aéronef 1 peut comprendre plus de deux machines électriques tournantes 3, 4 disposées en nombre égal de part et d'autre de l'axe longitudinal de l'aéronef 1 ou une seule machine électrique disposée sur l'axe longitudinal de l'aéronef 1.

[0060] Selon encore une autre variante, l'aéronef 1 peut comprendre une seule machine électrique tournante.

[0061] Selon encore une autre variante, l'aéronef 1 est du type hybride et comprend au moins une machine électrique tournante et au moins un turbopropulseur ou un turbo-

réacteur comportant une turbomachine.

- [0062] Le système de propulsion 2 comprend en outre deux dispositifs de conversion 5, 6 de puissance électrique identiques alimentant chacun l'une des machines électriques tournantes 3, 4, et un système d'alimentation 7 électrique alimentant les dispositifs de conversion 5, 6.
- [0063] Chaque dispositif de conversion 5, 6 comprend au moins un convertisseur de puissance alimentant une machine électriques tournantes 3, 4 différente.
- [0064] Le système d'alimentation 7 comprend une batterie 8 de propulsion alimentant les dispositifs de conversion 5, 6, un dispositif d'estimation 9 redondante de deux états de charge de la batterie 8 relié à la batterie 8, et un dispositif de distribution 10 d'énergie électrique relié à la batterie 8 et aux dispositifs de conversion 5, 6.
- [0065] La batterie 8 alimente les machines électriques tournantes 3, 4 fonctionnant en mode moteur par l'intermédiaire des dispositifs de conversion 5, 6 et du dispositif de distribution 10.
- [0066] En variante, les machines électriques tournantes 3, 4 fonctionnent en mode générateur et chargent la batterie 8 par l'intermédiaire des dispositifs de conversion 5, 6 et du dispositif de distribution 10.
- [0067] Le dispositif d'estimation 9 est incorporé dans la batterie 8.
- [0068] En variante, le dispositif d'estimation 9 est situé à l'extérieur de la batterie 8.
- [0069] En variante, le système d'alimentation 7 comprend au moins deux batteries de propulsion, chaque batterie étant reliée à un dispositif d'estimation 9.
- [0070] Le dispositif d'estimation 9 détermine deux états de charge de la batterie 8.
- [0071] Le dispositif d'estimation 9 est en outre relié à un bus 11 de données de l'aéronef 1.
- [0072] La [Fig.2] illustre schématiquement un premier exemple du système d'alimentation 7.
- [0073] La batterie 8 comprend une pluralité de cellules 12 stockant de l'énergie électrique.
- [0074] Les cellules 12 sont reliées entre elles pour former deux modules 13, 14.
- [0075] Les modules 13, 14 sont reliés entre eux pour former un pack 15 relié au dispositif de distribution 10.
- [0076] Les cellules 12 sont reliées entre elles en série ou en parallèle, et les modules 13, 14 sont reliés entre eux en série ou en parallèle.
- [0077] On suppose que les modules 13, 14 sont reliés en série.
- [0078] Chaque module 13, 14 comprend le même nombre de cellules 12 et au moins un capteur de température 17 mesurant la température au voisinage des cellules 12 de sorte que la température mesurée soit indicative de la température des cellules 12.
- [0079] Chaque module 13, 14 peut comprendre plusieurs capteurs de température 17 répartis entre les cellules 12 de sorte que le nombre de capteurs 17 est inférieur au nombre de cellules 12.

- [0080] Deux capteurs de température sont par exemple séparés par au moins deux cellules 12 tel que représenté sur la [Fig.2], chaque module 13, 14 comportant deux capteurs 17 de température.
- [0081] En variante, deux capteurs de température sont séparés par plus de deux cellules 12, par exemple par dix cellules.
- [0082] Lorsque chaque module 13, 14 comporte plusieurs capteurs 17, la température au voisinage d'une cellule 12 est par exemple égale à la moyenne des températures relevées par les capteurs 17 adjacents à ladite cellule 12 ou est par exemple égale à la température relevée par le capteur 17 adjacent le plus proche de ladite cellule 12 parmi l'ensemble des capteurs 17.
- [0083] On suppose dans ce qui suit que la température au voisinage d'une cellule 12 est égale à la température relevée par le capteur 17 adjacent le plus proche de ladite cellule 12 parmi l'ensemble des capteurs 17.
- [0084] Bien entendu, la batterie 8 peut comprendre plus d'un pack 15, et chaque pack 15 peut comprendre plus de deux modules 13, 14.
- [0085] Chaque cellule 12 comprend un capteur de tension 16 mesurant la tension à ses bornes.
- [0086] Un premier capteur de courant 18 mesure le courant circulant aux bornes de la batterie 8.
- [0087] Le dispositif d'estimation 9 comprend des premiers moyens de stockage 19, par exemple une mémoire non volatile, stockant des tables paramétriques TAB1, TAB2...TABn prédéterminées, n étant un entier égal au nombre de cellules 12.
- [0088] Chaque table paramétrique est associée à une cellule 12 différente et relie un état de charge d'une cellule 12 à la tension aux bornes de ladite cellule 12, à la température au voisinage de ladite cellule 12, et au courant aux bornes du pack 15.
- [0089] Les tables paramétriques sont déterminées par exemple à partir d'un circuit électrique équivalent de la cellule 12 permettant de calculer la fonction de transfert entre le courant et la tension de la cellule 12 pour un état de charge et une température donnés.
- [0090] Le circuit équivalent est par exemple du type résistif ou résistif et capacitif.
- [0091] Selon une variante, les cellules 12 sont identiques de sorte que les tables paramétriques sont identiques.
- [0092] En outre, les premiers moyens de détermination 20 déterminent un premier état de charge SOC1 de la batterie 8 à partir de la tension aux bornes de chaque cellule 12 mesurée par le capteur de tension 16 associé à ladite cellule 12, à partir de la température au voisinage de chaque cellule 12 mesurée par les capteurs de température 17 associé à ladite cellule 12, à partir du courant circulant aux bornes du pack 15 mesuré par le capteur de courant 18, et à partir des tables paramétriques TAB1, ...TABn prédéterminée.

- [0093] Les premiers moyens de détermination 20 déterminent un état de charge intermédiaire de chaque cellule 12 en identifiant la valeur de l'état de charge intermédiaire de ladite cellule 12 associée par la table paramétrique TABn de ladite cellule 12 aux valeurs de tension et de température au voisinage de ladite cellule 12, et à la valeur de courant mesuré.
- [0094] Les premiers moyens de détermination 20 sont réalisés par exemple à partir d'une première unité de traitement et comprennent les moyens de stockage 19.
- [0095] Les premiers moyens de détermination 20 déterminent l'état de charge intermédiaire pour chaque cellule 12 et déduit le premier état de charge SOC1 par exemple en moyennant l'ensemble des états de charge intermédiaire ou en retenant la plus grande valeur de l'état de charge intermédiaire, ou en retenant la plus petite valeur de l'état de charge intermédiaire.
- [0096] La plus grande valeur de l'état de charge intermédiaire est retenue par exemple lors de la charge de la batterie 8 pour définir l'instant d'arrêt de la charge. Lorsque la plus grande valeur de l'état de charge intermédiaire atteint une valeur de charge maximale, la charge de la batterie 8 est arrêtée afin d'empêcher la détérioration de la ou des cellules 12 ayant atteintes la valeur de charge maximale. La batterie 8 est considérée comme complètement chargée.
- [0097] La plus petite valeur de l'état de charge intermédiaire est retenue par exemple pour déterminer lorsque la batterie 8 est déchargée.
- [0098] Lorsque la plus petite valeur de l'état de charge intermédiaire atteint une valeur de décharge maximale, la charge de la batterie 8 considérée comme complètement déchargée.
- [0099] Les capteurs 16, 17, 18, premiers moyens de stockage 19, les premiers moyens de détermination 20 forment un premier canal de mesure.
- [0100] Le dispositif d'estimation 9 comprend en outre des moyens de mesure pour déterminer au moins une grandeur aux bornes d'au moins un ensemble de cellules, et des deuxièmes moyens de détermination 21 pour déterminer un deuxième état de charge SOC2 de la batterie 8 à partir de la grandeur mesurée par les moyens de mesure.
- [0101] L'ensemble de cellules comporte au moins une fraction de la pluralité de cellules 12, le nombre de cellule 12 incorporé dans l'ensemble de cellules pouvant s'étendre de deux cellules 12 à la pluralité des cellules 12 de la batterie 8.
- [0102] Les deuxièmes moyens de détermination 21 et les moyens de mesure forment un deuxième canal de mesure.
- [0103] Dans cet exemple, l'ensemble de cellules comporte la pluralité des cellules 12 formant le pack 15 de la batterie 8, et les moyens de mesure comportent un deuxième capteur de température 22 mesurant la température du pack 15, un deuxième capteur de courant 23 mesurant le courant circulant aux bornes du pack 15, et un deuxième

capteur de tension 24 mesurant la tension aux bornes du pack 15.

- [0104] Les deuxièmes moyens de détermination 21 comprennent des deuxièmes moyens de stockage 25 comportant par exemple une mémoire non volatile et stockant une table paramétrique TP1 prédéterminée reliant un état de charge du pack 15 à la tension mesurée par le deuxième capteur de tension 24, au courant mesuré par le deuxième capteur de courant 23 chaque pack, et à la température mesurée par le deuxième capteur de température 22.
- [0105] Comme la batterie 8 comprend un seul pack 15, le deuxième état de charge SOC2 de la batterie 8 est égale à l'état de charge du pack 15.
- [0106] La table paramétrique TP1 est par exemple déterminée à partir d'un circuit électrique équivalent du pack 15 permettant de calculer la fonction de transfert entre le courant et la tension du pack 15 pour un état de charge et une température donnés.
- [0107] Le circuit équivalent est par exemple du type résistif ou résistif et capacitif.
- [0108] Les deuxièmes moyens de détermination 21 comprennent en outre des moyens de mise en œuvre 26 des deuxièmes moyens de stockage 25.
- [0109] Les moyens de mise en œuvre 26 déterminent la valeur du deuxième état de charge SOC2 de la batterie 8 en identifiant la valeur de l'état de charge associée par la table paramétrique TP1 aux valeurs de tension et de température mesurées par les deuxièmes capteurs 22, 24 et à la valeur du courant mesuré par le deuxième capteur de courant 23.
- [0110] Les moyens de mise en œuvre 26 comportent par exemple une deuxième unité de traitement.
- [0111] Si la batterie 8 comprend plusieurs packs, chaque pack comprend un deuxième capteur de température, un deuxième capteur de courant si les packs sont reliés en parallèle afin de mesurer le courant circulant dans ledit pack, et un deuxième capteur de tension, les deuxièmes moyens de détermination 21 déterminant un état de charge intermédiaire pour chaque pack et additionnant les états de charge intermédiaire des packs pour déterminer le deuxième état de charge SOC2 de la batterie 8.
- [0112] Les premiers et deuxièmes moyens d'estimation, les capteurs de tension 16 et le deuxième capteur de tension 24, le capteur de courant 18 et le deuxième capteur de courant 23, et les capteurs de température 17 et le deuxième capteur de température 22 sont de technologie dissimilaire pour s'affranchir des défaillances de modes communs.
- [0113] Le dispositif d'estimation 9 comprend en outre des moyens de comparaison 27 du premier état de charge SOC1 et du deuxième état SOC2 délivrant un signal indicatif du premier état de charge SOC1 si l'écart en valeur absolue entre premier état de charge SOC1 et du deuxième état de charge SOC2 est inférieur à un seuil prédéterminé.
- [0114] Le seuil prédéterminé est déterminé de sorte que l'écart entre les valeurs du premier état de charge SOC1 et du deuxième état de charge SOC2 soit dans une plage d'incertitude acceptable déterminée à partir de l'incertitude de mesure des capteurs, de

la dispersion des cellules 12, de la température, et de la précision de la chaîne d'acquisition et de traitement des signaux.

- [0115] Le signal indicatif est transmis par les moyens de comparaison 27 au bus 11 de sorte que la valeur du premier état de charge SOC1 est utilisée par d'autres organes de l'aéronef 1, par exemple par un afficheur situé dans le poste de pilotage de l'aéronef 1 pour indiquer visuellement aux pilotes l'état de charge de la batterie 8.
- [0116] Les moyens de comparaison 27 comprennent par exemple une troisième unité de traitement.
- [0117] Si l'écart en valeur absolue entre premier état de charge et du deuxième état de charge est supérieur à un seuil prédéterminé, l'un des moyens de détermination 20, 21 est considéré comme étant défaillant. Les moyens de comparaison 27 délivrent sur le bus 11 un signal d'alerte.
- [0118] Les mesures prises suite à la réception du signal d'alerte sont par exemple conditionnées par l'architecture de l'aéronef 1 et la stratégie de sureté de fonctionnement adoptée.
- [0119] La [Fig.3] illustre schématiquement un deuxième exemple du système d'alimentation 7.
- [0120] On retrouve la batterie 8 comprenant le pack 15, et le dispositif d'estimation 9 comportant les premiers moyens d'estimation 20, les premiers moyens de stockage 19, et les moyens de comparaison 27.
- [0121] Cet exemple diffère de l'exemple précédent illustré à la [Fig.2] en ce que la batterie 8 comporte deux ensembles de cellules, chaque ensemble de cellules étant formé par un module 13, 14 différent, et les moyens de mesure comportent, pour chaque ensemble de cellule formé par un module 13, 14, un troisième capteur de température 28, 29 mesurant la température dudit module 13, 14, un troisième capteur de tension 30, 31 mesurant la tension aux bornes de chaque ensemble de cellules, et un troisième capteur de courant 30 mesurant le courant circulant aux bornes de chaque ensemble de cellules.
- [0122] Comme les modules 13, 14 sont relié en série, le courant circulant aux bornes des modules 13, 14 est identique, un seul troisième capteur 32 mesure le courant aux bornes du deuxième module 14.
- [0123] En outre, les deuxièmes moyens de détermination 21 diffèrent des deuxièmes moyens de détermination 21 illustrés à la [Fig.2] en ce que les deuxièmes moyens de stockage 25 stockent pour chaque module 13, 14, une table paramétrique TP2, TP3 prédéterminée reliant un état de charge de chaque module 13, 14, à la tension et au courant mesurés aux bornes dudit module 13, 14, et à la température dudit module 13, 14.
- [0124] Chaque table paramétrique TP2, TP3 est déterminée par exemple à partir d'un circuit électrique équivalent de chaque module 13, 14 permettant de calculer la fonction de

transfert entre le courant et la tension de chaque module 13, 14 pour un état de charge et une température donnés.

- [0125] Le circuit équivalent est par exemple du type résistif ou résistif et capacitif.
- [0126] Les moyens de mise en œuvre 26 déterminent l'état de charge de chaque module 13, 14 en identifiant la valeur de l'état de charge de chaque module 13, 14 associée par la table paramétrique TP2, TP3 aux valeurs de tension et de température mesurées par les troisièmes capteurs 28, 30 et 29, 32, et à la valeur de courant mesuré par le troisième capteur de courant 32.
- [0127] Les moyens de mise en œuvre 26 déterminent la valeur du deuxième état de charge SOC2 en additionnant les états de charge des modules 13, 14.
- [0128] Les premiers et deuxièmes moyens d'estimation 20, 21, les capteurs de tension 16 et les troisièmes capteurs de tension 30, 31, le capteur de courant 18 et le troisième capteur de courant 32, et les capteurs de température 17 et les troisièmes capteurs de température 28, 29 sont de technologie dissimilaire pour s'affranchir des défaillances de modes communs.
- [0129] La [Fig.4] illustre schématiquement un troisième exemple du système d'alimentation 7.
- [0130] On retrouve la batterie 8 comprenant le pack 15 et le dispositif d'estimation 9 comportant les premiers moyens d'estimation 20, les premiers moyens de stockage 19, et les moyens de comparaison 27.
- [0131] Cet exemple diffère de l'exemple précédent illustré à la [Fig.2] en ce que les moyens de mesure comportent un quatrième capteur de courant 33 mesurant le courant aux bornes du pack 15 formant l'ensemble de cellules.
- [0132] En outre, les deuxièmes moyens de détermination 21 diffèrent des deuxièmes moyens de détermination 21 illustrés à la [Fig.2] en ce que les deuxièmes moyens de stockage 25 stockent la valeur de la capacité totale C_o du pack 15, et les moyens de mise en œuvre 26 déterminent la valeur du deuxième état de charge SOC2 en déterminant la quantité d'électricité instantanée transitant par les bornes du pack 15 à partir des mesures du quatrième capteur de courant 33 en additionnel ou retranchant ladite quantité d'électricité de la capacité totale C_o selon que le pack 15 délivre ou reçoit de l'énergie électrique. Les moyens de mise en œuvre comportent par exemple un capteur de courant de type shunt ou effet hall.
- [0133] Les premiers et deuxièmes moyens d'estimation 20, 21, le capteur de courant 18 et le quatrième capteur de courant 33 sont de technologie dissimilaire pour s'affranchir des défaillances de modes communs.
- [0134] La [Fig.5] illustre schématiquement un quatrième exemple du système d'alimentation 7.
- [0135] On retrouve la batterie 8 comprenant le pack 15 et le dispositif d'estimation 9

comportant les premiers moyens d'estimation 20, les premiers moyens de stockage 19, et les moyens de comparaison 27.

[0136] Cet exemple diffère de l'exemple précédent illustré à la [Fig.2] en ce que les moyens de mesure comportent un cinquième capteur de courant 34 mesurant le courant aux bornes de la batterie 8, un cinquième capteur de tension 35 mesurant la tension aux bornes de la batterie 8, et un cinquième capteur de température 36 mesurant la température de la batterie 8.

[0137] L'ensemble des cellules 12 de la batterie 8 forme l'ensemble de cellules.

[0138] En outre, les deuxièmes moyens de détermination 21 diffèrent des deuxièmes moyens de détermination 21 illustrés à la [Fig.2] en ce que les deuxièmes moyens de stockage 25 stockent un abaque ABQ prédéterminé reliant le deuxième état de charge SCO2 à la tension et au courant circulant aux bornes de la batterie 8 mesurés par les cinquièmes capteurs 34, 35, et à la température mesurée par le cinquième capteur de température 36.

[0139] Les moyens de mise en œuvre 26 déterminent le deuxième état de charge SCO2 en identifiant la valeur du deuxième état de charge SCO2 associée par l'abaque ABQ aux valeurs de tension et de température mesurées par les cinquièmes capteurs 36, 35 et à la valeur du courant mesuré par le cinquième capteur de courant 34.

[0140] Les premiers et deuxièmes moyens d'estimation 20, 21, les capteurs de tension 16 et le cinquième capteur de tension 35, le capteur de courant 18 et le cinquième capteur de courant 34, et les capteurs de température 17 et le cinquième capteur de température 36 sont de technologie dissimilaire pour s'affranchir des défaillances de modes communs.

[0141] Le dispositif d'estimation 9 comportant deux canaux de mesure différents permet d'obtenir deux estimations de l'état de charge sans redonder l'ensemble des capteurs mis en œuvre par les deux canaux de mesure permettant de simplifier la réalisation de la batterie et des harnais reliant les capteurs aux moyens de détermination des états de charge des canaux de mesure.

[0142] Ces simplifications permettent de réduire l'encombrement et la masse du système 7.

[0143] En outre, l'implantation dans le premier canal de capteurs 16, 17, 18 et de premiers moyens de détermination 20 et dans le deuxième canal de mesure de capteurs 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 de technologie dissimilaire de celle du premier canal de mesure, et de deuxièmes moyens de détermination 21 dans le deuxième canal de mesure de technologie dissimilaire de celle du premier canal de mesure permet d'améliorer la sûreté de fonctionnement du système 7.

[0144] Les estimations de l'état de charge SOC1, SOC2 de la batterie 8 et la comparaison des états de charge entre eux permettent de détecter et d'alerter de la défaillance de l'un des moyens de détermination 20, 21 de l'état de charge de la batterie 8.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'estimation de deux états de charge (SOC1, SOC2) d'une batterie (8) comportant une pluralité de cellules (12) reliées entre elles, le procédé comportant la détermination d'un premier état de charge (SOC1) de la batterie à partir de la tension aux bornes de chaque cellule et d'au moins une température au voisinage de chaque cellule, d'un courant circulant aux bornes de la pluralité de cellules, et de tables paramétriques (TAB1, TAB2, TABn) prédéterminées, chaque table paramétrique reliant un état de charge d'une cellule à la tension aux bornes de ladite cellule, à la température au voisinage de ladite cellule, et au courant aux bornes de la pluralité de cellules, caractérisé en ce que le procédé comprend la détermination d'un deuxième état de charge (SOC2) de la batterie à partir d'au moins une grandeur mesurée aux bornes d'au moins un ensemble de cellules (13, 14, 15) de la batterie, au moins une fraction de la pluralité de cellules formant l'ensemble de cellules comportant au moins deux cellules.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, la batterie comportant l'ensemble de cellules formant un pack (15), la détermination du deuxième état de charge comporte :
- la détermination d'une première grandeur comportant la tension aux bornes de chaque pack et d'une deuxième grandeur comportant le courant aux bornes dudit pack,
 - la détermination de la température dudit pack, et
 - la détermination du deuxième état de charge (SCO2) de la batterie (8) à partir la tension et du courant aux bornes de chaque pack, de la température de chaque pack, et d'une table paramétrique (TP1) prédéterminée reliant un état de charge de chaque pack à la tension et au courant aux bornes de chaque pack, et à la température de chaque pack.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1, la batterie comportant au moins deux ensembles de cellules, chaque ensemble formant un module (13, 14), la détermination du deuxième état de charge comporte :
- la détermination pour chaque module (13, 14) d'une première grandeur comportant la tension aux bornes dudit module et d'une deuxième grandeur comportant le courant aux bornes

dudit module,

- la détermination de la température de chaque module (13 ; 14),
et
- la détermination du deuxième état de charge de la batterie à partir la tension et du courant aux bornes de chaque module, de la température de chaque module, et d'au moins une table paramétrique (TP2, TP3) prédéterminée reliant un état de charge de chaque module à la tension et au courant aux bornes dudit module, et à la température dudit module.

[Revendication 4]

Procédé selon la revendication 1, la batterie comportant l'ensemble de cellules formant un pack (15), chaque pack comportant une fraction de la pluralité de cellules, la détermination du deuxième état de charge comporte :

- la détermination de la grandeur comportant le courant aux bornes de chaque pack,
- la détermination de la quantité d'électricité instantanée transitant par les bornes de chaque pack à partir du courant aux bornes dudit pack, et
- la détermination du deuxième état de charge à partir de la capacité de chaque pack (C_o) et de la quantité d'électricité instantanée transitant par les bornes de chaque pack.

[Revendication 5]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble de cellules de la batterie (8) comporte la pluralité de cellules (12) de la batterie, la détermination du deuxième état de charge comporte :

- la détermination d'une première grandeur comportant la tension aux bornes de la batterie et d'une deuxième grandeur comportant le courant de la batterie
- la détermination de la température de la batterie, et
- la détermination du deuxième état de charge à partir de la tension et le courant aux bornes de la batterie, de la température de la batterie, et d'un abaque (ABQ) prédéterminé reliant le deuxième état de charge à la tension et au courant aux bornes de la batterie, et à la température de la batterie.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre une comparaison du premier état de charge (SOC1) et du deuxième état de charge (SOC2), et dans lequel :

- si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est inférieur à un seuil prédéterminé, le procédé comporte la délivrance d'un signal indicatif du premier état de charge,
- si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est supérieur à un seuil prédéterminé, le procédé comporte la délivrance d'un signal d'alerte.

[Revendication 7] Dispositif (9) d'estimation de deux états de charge (SOC1, SCO2) d'une batterie (8) comportant une pluralité de cellules (12) reliées entre elles, au moins une fraction de la pluralité de cellules formant au moins un ensemble de cellules (13, 14, 15) comportant au moins deux cellules, le dispositif comportant :

- des premiers moyens de détermination (20) comprenant des tables paramétriques (TAB1, TBA2, TABn) prédéterminées et étant configurés pour déterminer un premier état de charge (SOC1) de la batterie à partir de la tension aux bornes de chaque cellule (12) et de la température au voisinage de chaque cellule, du courant circulant aux bornes de la pluralité de cellules, et des tables paramétriques, chaque table paramétrique reliant un état de charge d'une cellule à la tension aux bornes de ladite cellule, à la température de ladite cellule, et au courant aux bornes de la pluralité de cellules,

caractérisé en ce que le dispositif comprend en outre

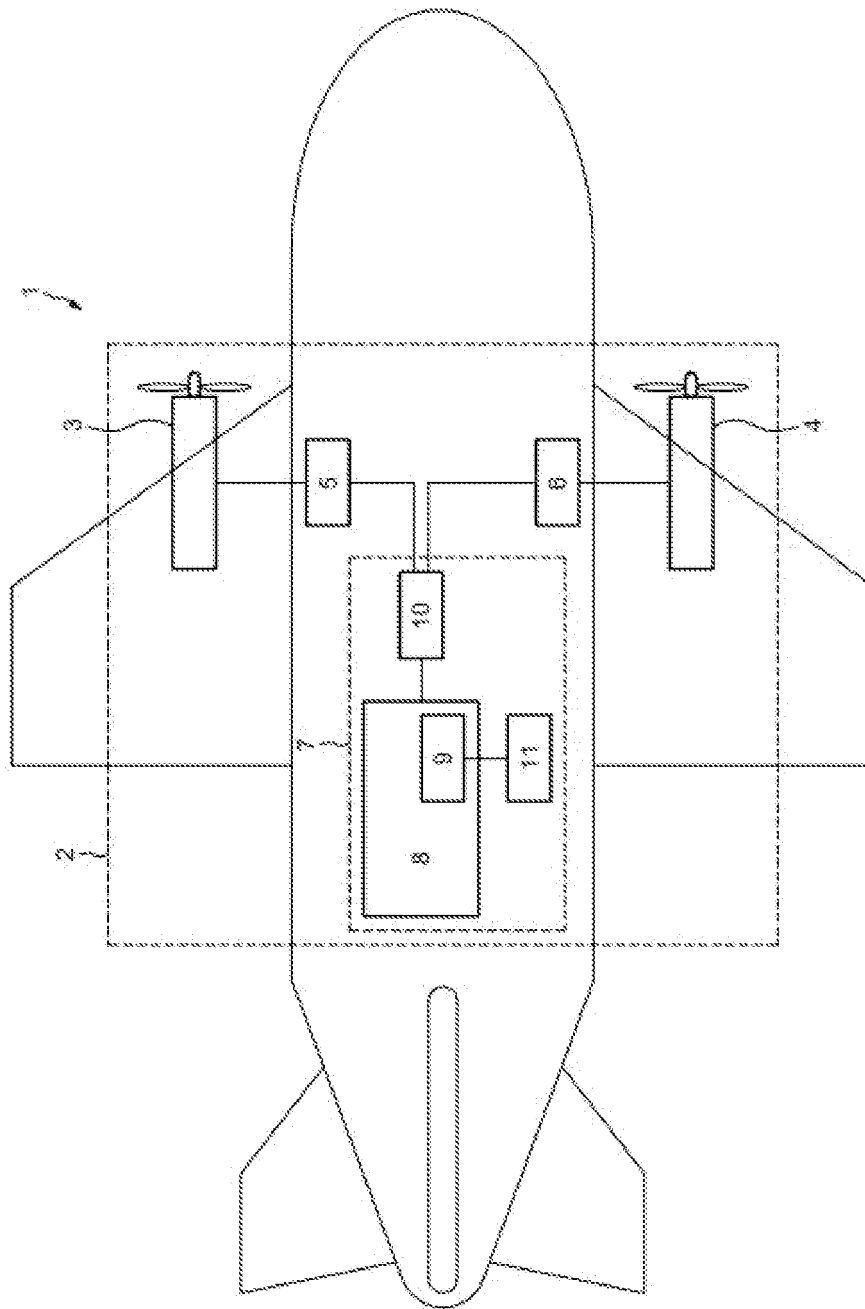
- des deuxièmes moyens de détermination (21) configurés pour déterminer un deuxième état de charge (SCO2) de la batterie à partir d'au moins une grandeur mesurée aux bornes de l'ensemble de cellules.

[Revendication 8] Dispositif selon la revendication 7, comportant en outre des moyens de comparaison (27) du premier état de charge (SOC1) et du deuxième état de charge (SOC2) configurés pour :

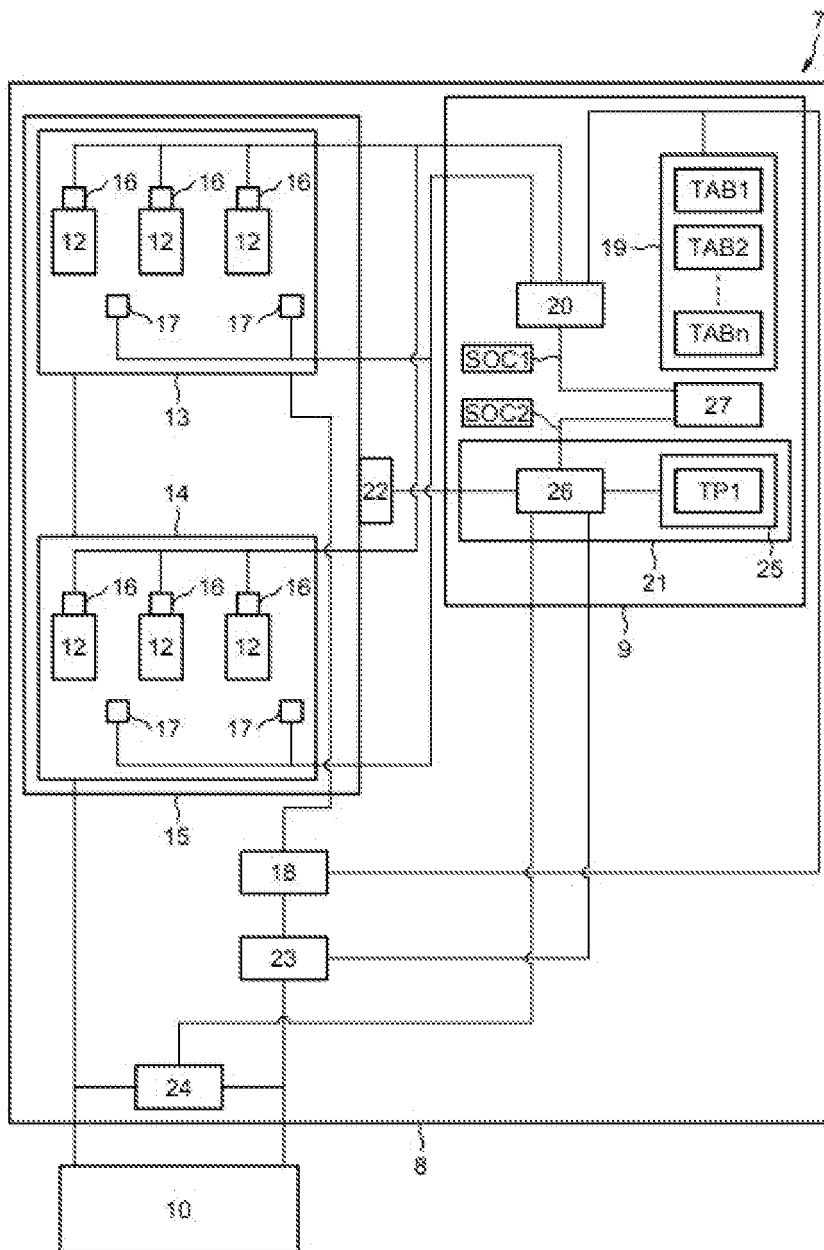
- délivrer un signal indicatif du premier état de charge si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est inférieur à un seuil prédéterminé ; et
- délivrer un signal d'alerte si l'écart en valeur absolu entre premier état de charge et du deuxième état de charge est supérieur à un seuil prédéterminé.

- [Revendication 9] Système d'alimentation électrique (7) pour aéronef, comportant une batterie (8) comprenant une pluralité de cellules (12) reliées entre elles, chaque cellule comportant un capteur de tension (16) mesurant la tension aux bornes de ladite cellule, la batterie comportant en outre au moins un capteur de température (17) mesurant la température au voisinage des cellules, et un capteur de courant (18) mesurant un courant circulant aux bornes de la pluralité de cellules, le système comportant en outre des moyens de mesure (22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35) pour déterminer une grandeur aux bornes de l'ensemble de cellules, et un dispositif (9) selon l'une des revendications 7 et 8 relié aux capteurs de tension, de température, de courant et aux moyens de mesure.
- [Revendication 10] Aéronef (1) comportant un système d'alimentation (7) selon la revendication 9.

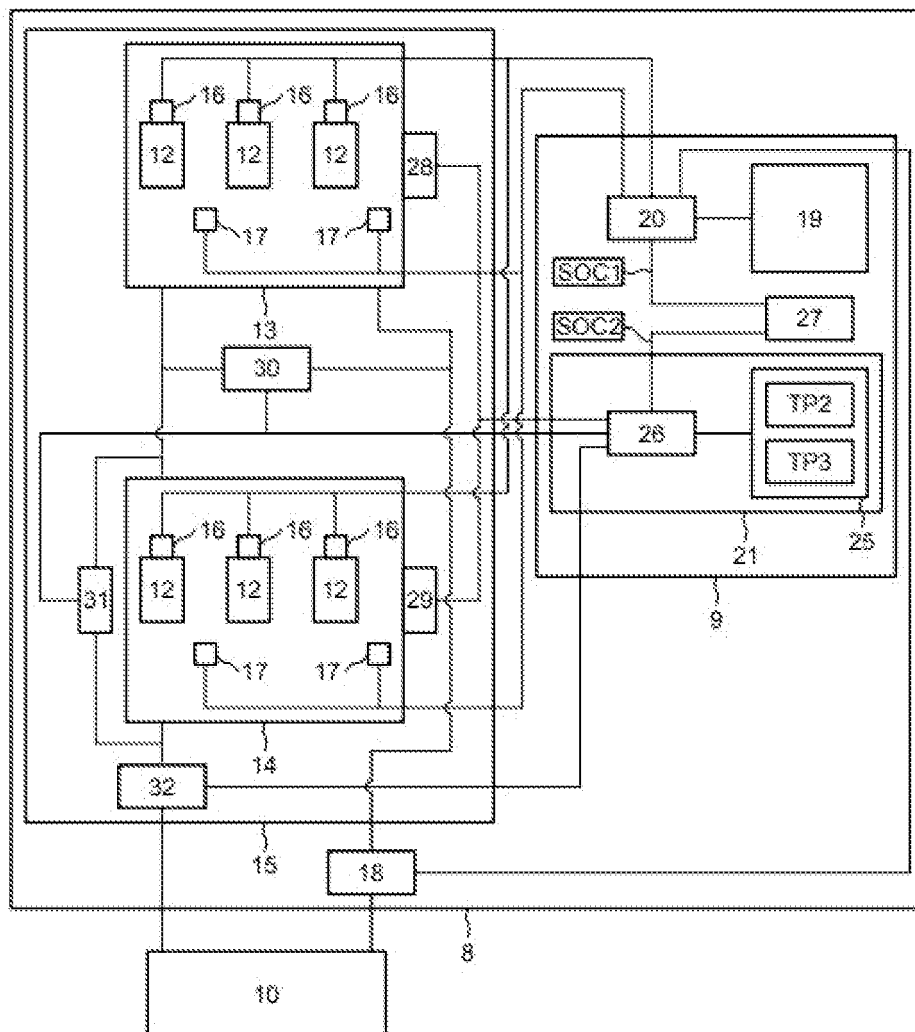
[Fig. 1]



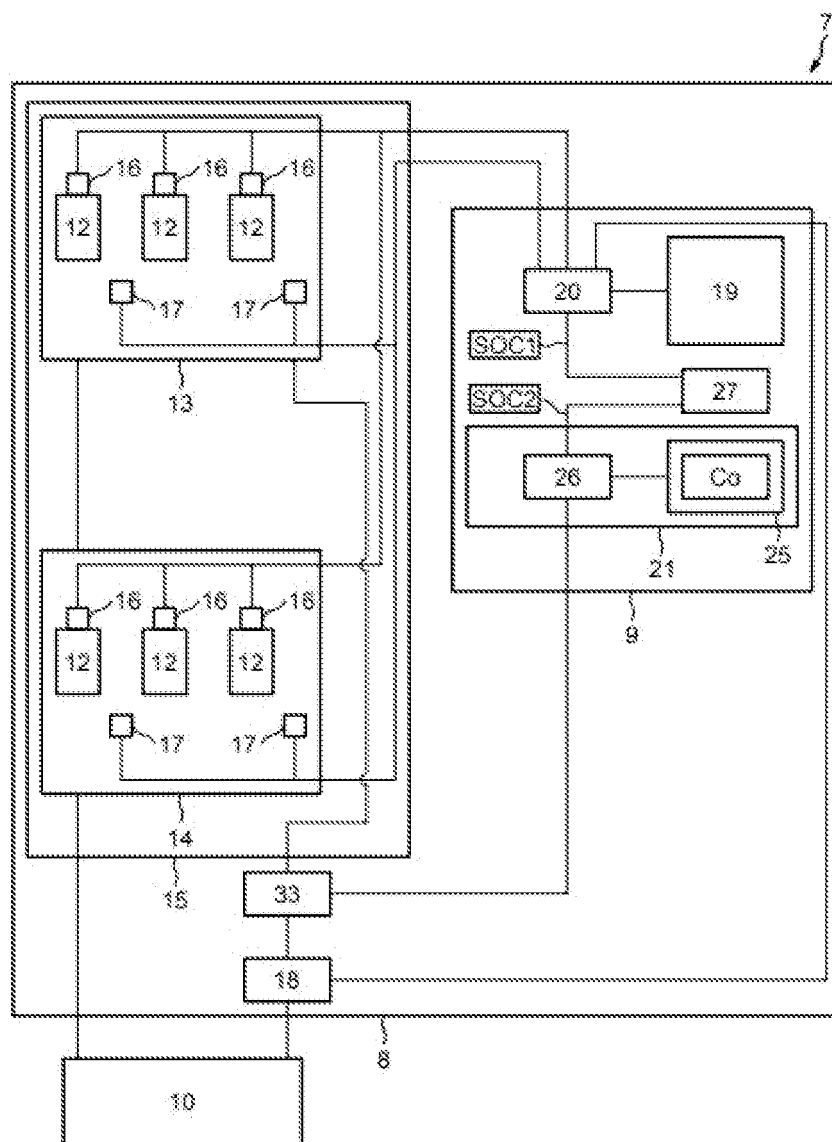
[Fig. 2]



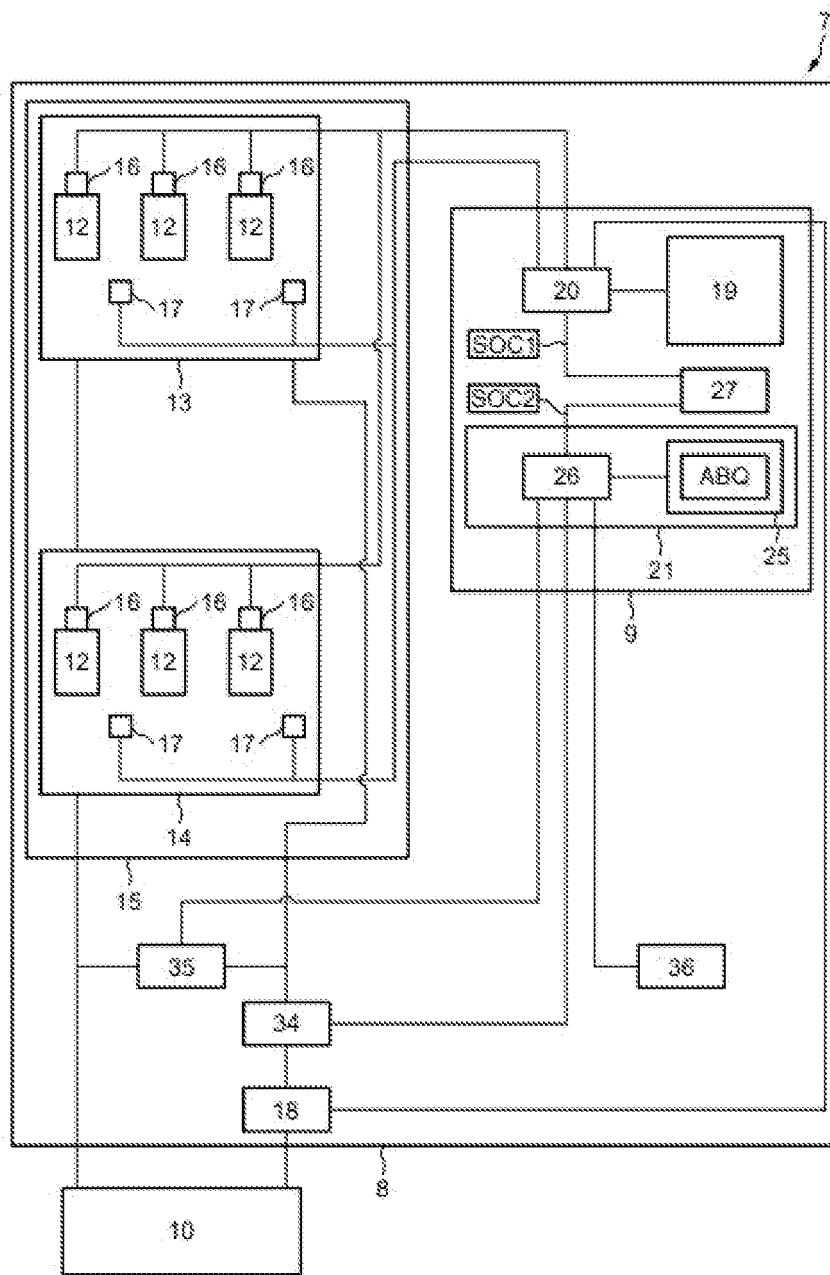
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



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**

US 2015/198671 A1 (NORTMAN PETER FREDRICK
[US] ET AL) 16 juillet 2015 (2015-07-16)

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

US 2022/024438 A1 (VUYLSTEKE GABRIELLE
[US] ET AL) 27 janvier 2022 (2022-01-27)

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

NEANT