



(51) Classification internationale des brevets :

H01M 10/633 (2014.01) H01M 10/6567 (2014.01)
H01M 10/48 (2006.01) H01M 50/204 (2021.01)
H01M 10/617 (2014.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/CA2022/051538

(22) Date de dépôt international :

19 octobre 2022 (19.10.2022)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

3139110 10 novembre 2021 (10.11.2021) CA

(71) Déposant : HYDRO-QUÉBEC [CA/CA] ; 75, boul. René-Lévesque O., Montréal, Québec H2Z 1A4 (CA).

(72) Inventeur : MONTAMBAULT, Serge ; 540, Rang des Trente, Saint-Marc-sur-Richelieu, Québec J0L 2E0 (CA).

(74) Mandataire : MORIN, Luc ; 1-3755 E, boul. Matte, Bros-sard, Québec J4Y 2P4 (CA).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: ULTRA HIGH-PERFORMANCE BATTERY MODULE WITH ACTIVE AND DYNAMIC MANAGEMENT OF OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE

(54) Titre : MODULE DE BATTERIE ULTRA PERFORMANT AVEC GESTION ACTIVE ET DYNAMIQUE DE PRESSION ET DE TEMPÉRATURE D'OPÉRATION

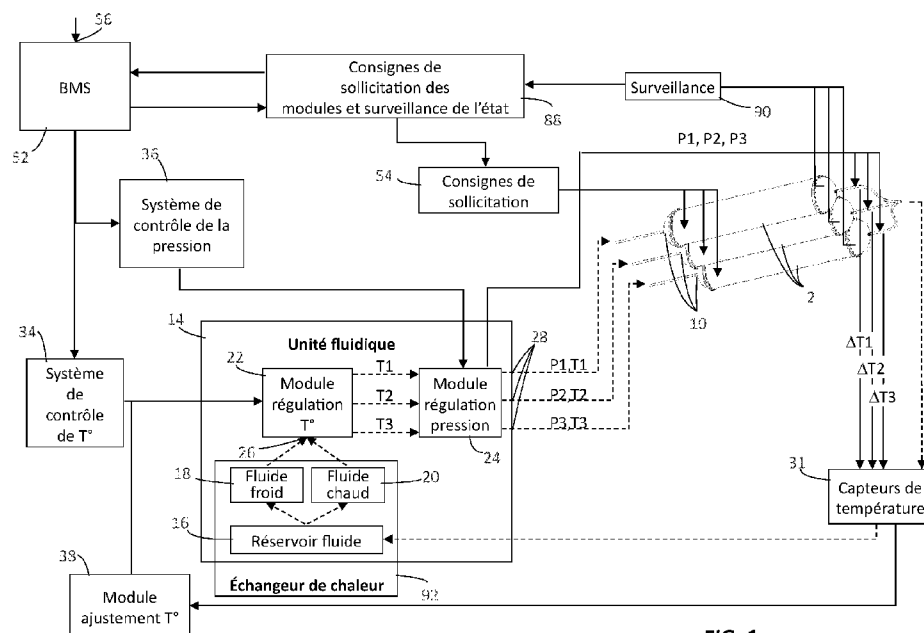


FIG. 1

(57) Abstract: The invention discloses a system and a method for managing the operating temperature and pressure of a battery. Battery cells are housed in cylindrical modules in which there circulates a heat-transfer fluid under pressure and temperature. A fluidic unit has a return reservoir at predefined hot and cold temperatures. The oil is transmitted to the modules at a temperature and a pressure that are obtained almost instantaneously by regulated mixing and flowrate of hot and cold oil. The mixing and the flowrate are controlled by controllers connected to a BMS which manages the oil pressure and temperature setpoints to be applied to the cells as a function of a power and energy demand received by the BMS and of pressure and temperature measurements taken by sensors in the system.



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17(ii))*

Publiée:

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(57) **Abrége :** Un système et une méthode de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie sont divulgués. Des cellules de la batterie sont logées dans des modules cylindriques dans lesquels un fluide caloporteur sous pression et température circule. Une unité fluidique a un réservoir de retour recevant l'huile sortant des modules, et des réservoirs refroidissant et chauffant contenant de l'huile pompée du réservoir de retour à des températures froide et chaude prédéfinies. L'huile est transmise aux modules à des température et pression obtenues quasi instantanément par mélange et débit régulés d'huile froide et chaude. Les mélange et débit sont contrôlés par des contrôleurs reliés à un BMS qui gère des consignes de température et pression d'huile à appliquer aux cellules en fonction d'une demande en énergie et en puissance reçue par le BMS et des mesures de température et pression prises par des capteurs dans le système.

MODULE DE BATTERIE ULTRA PERFORMANT AVEC GESTION ACTIVE ET DYNAMIQUE DE PRESSION ET DE TEMPÉRATURE D'OPÉRATION

DOMAINE DE L'INVENTION

5

L'invention porte sur un système et une méthode de gestion active et dynamique de pression et de température d'opération de cellules d'un ou plusieurs modules de batterie.

10 CONTEXTE

Les valeurs de pression et de température d'opération de cellules Li-Ion ne peuvent pas servir de références pour une exploitation optimale de cellules d'une batterie de nouvelle génération, incluant une batterie tout solide. Selon
15 les connaissances actuelles, une gestion précise, active et dynamique des valeurs de pression et de température d'opération de batteries est susceptible d'être critique pour:

- minimiser / éliminer l'apparition de porosités dynamiques ou "voids" lors de décharge rapide (phase de "stripping"), qui favorisent par la suite la formation
20 de dendrites lors d'une charge rapide;
- augmenter la vitesse de charge tout en limitant / éliminant le processus de formation et de propagation de dendrites lors du "plating";
- augmenter la durée de vie de la batterie (maintien de la capacité, minimisation de lithium "mort" ou inactif);
- 25 - limiter le taux d'augmentation de l'impédance des cellules de la batterie au fil des cycles;
- écrouir les zones / pointes de dendrites (augmentation de la diffusion / transport du lithium ou autre métal constituant l'anode);
- garantir un maintien de la qualité des contacts aux interfaces cathode-
30 électrolyte-anode des cellules;
- minimiser / éliminer un dommage fait aux cellules en cas de sollicitation extraordinaire;
- exploiter au maximum le potentiel des batteries nouvelles générations.

Connue dans l'art, la demande WO 2019/017994 (Hettrich) propose une gestion active et passive de pression d'une batterie et un module de batterie dans lequel un fluide maintient une pression isostatique sur au moins une
5 cellule électrochimique dans le module.

La demande US 2020/0259232 (Ge et al.) propose une batterie stable à haute performance sur demande, dans laquelle une cellule de batterie comporte un élément chauffant comme une résistance pour hausser la température de la
10 batterie et améliorer ses performances.

La demande US 2016/0380315 (Weicker et al.) propose des systèmes de batterie ayant des ensembles de cellules de batterie contrôlés de manière indépendante, basés sur des modules de batterie spécialisés et
15 complémentaires, par exemple un module spécialisé en puissance et un module spécialisé en énergie. La spécificité des modules peut être liée à l'utilisation de chimies différentes d'un module à l'autre.

La demande US 2014/0227568 (Hermann) propose des systèmes de batterie avec gestion thermique sélective incluant des modules de batterie travaillant en
20 collaboration de sorte qu'un module chauffe l'autre au besoin.

La demande US 2013/0330577 (Kristofek et al.) propose un contrôle dynamique de pression dans un ensemble de batterie par le biais d'un fluide qui
25 peut également servir à gérer la température. Le fluide n'est pas en contact direct avec les cellules de batterie mais plutôt contenu dans des pochettes qui sont en contact avec les cellules et permettent de les refroidir et d'appliquer une pression sur ces cellules.

30 La demande US 2021/0167414 (Torres Martinez) propose une batterie électrochimique pressurisée et un procédé de fabrication correspondant. Un système de gestion dynamique de la pression et de la température est réalisé

au moyen d'un fluide jouant les deux rôles, de manière similaire ce qui est proposé dans la demande US 2013/0330577.

La demande DE 102019211729 (Jahnke et al.) propose un module de batterie
5 de véhicule comportant un système de gestion dynamique de pression. Des mécanismes appliquant une pression sur des cellules d'une batterie peuvent être passifs ou actifs au moyen de ressorts, de piézoélectriques ou de petites pochettes remplies de fluide.

10 La demande DE 102018203050 (Hoffmann) propose un système de gestion dynamique de pression d'une batterie basé sur un fluide injecté dans des pochettes appliquées contre des cellules de la batterie.

Aucun des systèmes proposés dans l'art n'est capable de gérer activement et
15 dynamiquement des variations de pression et de température importantes au niveau de cellules d'une batterie avec un temps de réponse quasi instantané en fonction de conditions d'opération ou de sollicitation données, afin d'exploiter les caractéristiques de performance possible d'une telle batterie.

20 SOMMAIRE

Un objet de la présente invention est de proposer un système de gestion de pression et de température d'opération de cellules d'un ou plusieurs modules de batterie, qui permet d'exploiter les caractéristiques de performance possible
25 d'une telle batterie.

Selon un aspect de la présente invention, il est proposé un système de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie, le système comprenant:

30 au moins un module de batterie ayant une chambre logeant des cellules de la batterie, et au moins un circuit embarqué connecté aux cellules et configuré pour piloter leur opération et surveiller leur état de charge, la chambre

ayant des entrée et sortie fluidiques opposées pour recevoir et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les cellules;

une unité fluide ayant un réservoir de retour en communication avec la sortie fluide de chaque module de batterie, un réservoir refroidissant pour
5 contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour à une température froide prédéfinie, un réservoir chauffant pour contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour à une température chaude prédéfinie, et un dispositif de régulation de température et de pression ayant des entrées en communication avec les réservoirs refroidissant et chauffant et
10 au moins une sortie en communication avec l'entrée fluide de chaque module de batterie de manière à transmettre le fluide caloporteur à une température et une pression par mélange et débit contrôlés du fluide caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et chauffant;

des capteurs de température et de pression du fluide caloporteur
15 circulant entre l'unité fluide et l'au moins un module de batterie;

au moins un contrôleur ayant des entrées pour recevoir des signaux de consigne de température et de pression du fluide caloporteur dans l'au moins un module de batterie, des entrées pour recevoir des signaux de mesure de température et de pression produits par les capteurs de température et de
20 pression, et des sorties pour produire des signaux contrôlant le mélange et le débit du fluide caloporteur transmis par l'unité fluide selon les signaux de consigne et les signaux de mesure de température et de pression; et

un BMS connecté à l'au moins un contrôleur et à l'au moins un circuit embarqué, le BMS étant configuré pour produire les signaux de consigne de
25 température et de pression du fluide caloporteur et une consigne de sollicitation destinés à l'au moins un module de batterie en fonction d'une demande en énergie et en puissance reçue en entrée et l'état de charge fourni par l'au moins un circuit embarqué.

30 Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé une méthode de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie, la méthode comprenant les étapes de:

loger des cellules de la batterie dans une chambre définie par au moins un module de batterie, la chambre ayant des entrée et sortie fluidiques opposées pour recevoir et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les cellules;

- 5 surveiller un état de charge des cellules dans l'au moins un module de batterie;

recueillir le fluide caloporteur évacué par la sortie fluidique de chaque module de batterie dans un réservoir de retour;

- 10 refroidir et chauffer séparément des quantités du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour dans des réservoirs refroidissant et chauffant à des températures froide et chaude prédéfinies;

- 15 acheminer le fluide caloporteur à l'entrée fluidique de l'au moins un module de batterie à des température et pression régulées par mélange et débit contrôlés du fluide caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et chauffant;

prendre des mesures de température et de pression du fluide caloporteur acheminé vers et évacué par l'au moins un module de batterie;

- 20 contrôler le mélange et le débit du fluide caloporteur acheminé à l'au moins un module de batterie selon les mesures et des consignes de température et de pression; et

ajuster les consignes de température et de pression du fluide caloporteur et une consigne de sollicitation destinés à l'au moins un module de batterie en fonction d'une demande en énergie et en puissance et l'état de charge des cellules dans l'au moins un module de batterie.

25

- De manière non limitative, la présente invention propose un système de gestion de pression et de température d'opération de cellules d'un ou plusieurs modules de batterie, qui permettent à la fois ou séparément: d'atteindre une valeur précise de pression appliquée sur les cellules en fonction de conditions de sollicitation de la batterie; d'appliquer une pression uniforme sur les cellules de la batterie; d'appliquer des valeurs importantes de pression, allant par exemple jusqu'à 2 000 psi; de faire varier très rapidement une valeur de pression appliquée sur les cellules en fonction de changements de conditions de
- 30

sollicitation ou d'opération; de permettre une variation de volume des cellules en cycle de charge et de décharge; d'atteindre une valeur précise de température des cellules en fonction de conditions de sollicitation ou d'opération de la batterie; de varier très rapidement une valeur de température des cellules

5 en fonction de changements de conditions de sollicitation ou d'opération; d'appliquer des valeurs et des variations importantes de température, par exemple de 0 à 80°C; d'obtenir une température uniforme sur chacune des cellules, sur toute leur superficie; d'ajuster des stratégies de régulation de pression et de température en fonction d'un état de santé de la batterie et de

10 spécificités liées à une utilisation de la batterie au moyen d'algorithmes variés et/ou évolutifs; dans le cas d'une utilisation de la batterie dans un véhicule, de minimiser un transfert de vibrations du véhicule aux cellules de la batterie afin de préserver une intégrité des contacts électriques; de minimiser une consommation d'énergie dédiée à un refroidissement ou un réchauffement d'un

15 fluide caloporteur et à une application d'une pression importante; d'intégrer de façon rentable les différents ensembles du système dans une carrosserie d'un véhicule; et de neutraliser des réactions chimiques en cas de cellules défectueuses ou d'accident.

20 DESCRIPTION BRÈVE DES DESSINS

Une description détaillée des réalisations préférées de l'invention sera donnée ci-après en référence avec les dessins suivants:

25 Figure 1 est un diagramme schématique illustrant un système de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie selon une réalisation de l'invention.

Figure 2 est un diagramme schématique illustrant un arrangement de régulation

30 de pression et de température selon une réalisation de l'invention.

Figure 3 est un organigramme illustrant un processus de commande et de contrôle du système selon une réalisation de l'invention.

Figure 4 est un organigramme illustrant des paramètres de gestion de pression et de température et d'opération d'un module de batterie selon une réalisation de l'invention.

5

Figures 5A, 5B, 5C et 5D sont des graphiques illustrant des exemples de protocoles de gestion de pression et de température implémentés dans le système selon une réalisation de l'invention.

- 10 Figure 6 est un diagramme schématique explosé d'un module de batterie avec des cellules de type bouton selon une réalisation de l'invention.

Figures 7A et 7B sont des vues partielles en perspective d'une structure interne d'un module de batterie selon une réalisation de l'invention.

15

Figures 8A, 8B, 8C et 8D sont des diagrammes schématiques d'arrangements possibles de plusieurs modules de batterie selon une réalisation de l'invention.

- 20 Figures 9A et 9D sont des diagrammes schématiques explosés d'un module de batterie avec des cellules de type prismatique selon une réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES RÉALISATIONS PRÉFÉRÉES

- 25 Dans le cadre de cette divulgation, une batterie est formée de cellules qui sont composées de deux électrodes - un pôle positif (ou cathode) et un pôle négatif (ou anode) - séparés par un milieu faisant office de conducteur ionique, appelé électrolyte. Les cellules peuvent être de différentes architectures, formats et dimensions. Les anodes, cathodes et électrolytes peuvent être constitués de
- 30 différents matériaux. L'électrolyte peut être liquide, solide, hybride (polymère, céramique, liquide, etc.).

Tel qu'utilisé dans le cadre de cette divulgation, l'expression "quasi instantané" ou "instantané" signifie un laps de temps ou un temps de réponse d'environ 15 s ou moins, sauf si le contexte implique une interprétation différente.

5 En référence à la Figure 1, un système de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie selon un mode de réalisation de l'invention est illustré. Le système comprend au moins un module de batterie 2. Dans le cas illustré et pour la suite de la divulgation, pour fins de simplification
10 uniquement, il sera fait référence à un système comprenant trois modules de batterie 2. Il doit être compris que le nombre de modules de batterie dans le système peut être différent d'un seul ou de trois, par exemple deux ou plus de trois si voulu. L'invention présente une solution au problème d'exploiter de manière optimale une batterie en gérant des pressions et températures d'opération des cellules qu'elle comporte de manière active, dynamique, précise
15 et quasi instantanée par l'entremise d'un fluide caloporteur circulant dans le système selon des modes de contrôle qui seront décrits ci-après. Dans la Figure 1, les lignes en pointillées représentent des lignes de circulation du fluide caloporteur alors que les lignes pleines représentent des lignes de communication de signaux.

20

En référence à la Figure 6, chaque module de batterie 2 a une chambre 4 logeant des cellules 6 de la batterie, et au moins un circuit embarqué 8 connecté aux cellules 6 et configuré pour piloter leur opération et surveiller leur état de charge. Le ou les circuits embarqués 8 peuvent inclure des unités de
25 puissance, des dissipateurs d'énergie, des limiteurs de courants et un chargeur intelligent (non illustrés), permettant de générer les conditions pertinentes de pression, de température et de densité de courant pour obtenir les performances optimales des modules de batterie 2. La chambre 4 a des entrée et sortie fluidiques 10, 12 (illustrées e.g. à la Figure 2) opposées pour recevoir
30 et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les cellules 6. De préférence, le fluide caloporteur est un liquide, avantageusement une huile, et plus avantageusement une huile minérale permettant de neutraliser des réactions chimiques potentielles dans l'éventualité d'une cellule défectueuse ou

endommagée. Dans la suite de la divulgation, le terme "hydraulique" pourra être utilisé au lieu de "fluidique" en lien avec une huile servant de fluide caloporteur, sans limiter le fluide caloporteur à une huile et des dispositifs de régulation de pression et de température d'huile uniquement.

5

En référence à nouveau à la Figure 1, le système comporte une unité fluidique 14 ayant un réservoir de retour 16 en communication avec la sortie fluidique 12 (illustrée e.g. à la Figure 2) de chaque module de batterie 2, un réservoir refroidissant 18 pour contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour 16 à une température froide prédéfinie, un réservoir chauffant 20 pour contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour 16 à une température chaude prédéfinie, et un dispositif de régulation de température et de pression 22, 24 ayant des entrées 26 en communication avec les réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20 et au moins une sortie 28 en communication avec l'entrée fluidique 10 de chaque module de batterie 2 de manière à transmettre le fluide caloporteur à une température et une pression souhaitée par mélange et débit contrôlés du fluide caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20. Selon un mode de réalisation, la température chaude prédéfinie est de 100°C alors que la température froide prédéfinie est de -30°C, de sorte que le fluide caloporteur fourni aux modules de batterie 2 par l'unité fluidique 14 peut avoir une température variant quasi instantanément de -30°C à 100°C pour leur gestion dynamique. D'autres valeurs de température froide et chaude peuvent convenir selon les chimies des modules de batterie 2 utilisés et leurs plages de température d'opération, par exemple et de préférence d'au plus 0°C et 80°C.

10
15
20
25

En référence à la Figure 2, le système comprend des capteurs de température 31 (T_1 , T_2 , T_3) et de pression 33 (P_1 , P_2 , P_3) du fluide caloporteur circulant entre l'unité fluidique 14 et les modules de batterie 2. Selon un mode de réalisation de l'invention, le système comprend des contrôleurs 34, 36, 38 (ci-après aussi référés par contrôleurs #1, #2, #3) ayant des entrées 40, 42, 44 pour recevoir des signaux de consigne de température et de pression du fluide caloporteur dans les modules de batterie 2, des entrées 46, 48 pour recevoir des signaux

30

de mesure de température T_1 , T_2 , T_3 et de pression P_1 , P_2 , P_3 produits par les capteurs de température 31 et de pression 33, des sorties 50 pour produire des signaux contrôlant le mélange et le débit du fluide caloporteur transmis par l'unité fluidique 14 selon les signaux de consigne et les signaux de mesure de

5 température et de pression. Les fonctions des contrôleurs 34, 36, 38 peuvent être réalisées par un seul contrôleur si voulu. D'autres types de capteurs permettant de surveiller, mesurer, informer, asservir, ajuster, et évoluer peuvent être ajoutés dans le système, par exemple des capteurs de mesure de courant, de mesure de tension, d'analyse de gaz dissous dans l'huile ou autre fluide

10 caloporteur utilisé (non illustrés).

En référence à nouveau à la Figure 1, le système comprend un BMS 52 connecté aux contrôleurs 34, 36, 38 (illustrés e.g. à la Figure 2) et aux circuits embarqués 8 (illustré e.g. à la Figure 6) des modules de batterie 2. Le BMS 52

15 est configuré pour produire les signaux de consigne de température et de pression du fluide caloporteur et une ou des consignes de sollicitation 54 destinés aux modules de batterie 2 en fonction d'une demande en énergie et en puissance reçue en entrée 56 et l'état de charge fourni par les circuits embarqués 8.

20

Le BMS 52 peut être configuré pour stocker et exécuter des algorithmes de commande de paramètres d'opération des modules de batterie 2 en fonction de conditions de sollicitation, de l'état de charge et d'un état de santé des modules de batterie 2, et en fonction d'une température ambiante et d'une vocation

25 préétablie d'un module de batterie parmi les modules de batterie 2. Les conditions de sollicitation, l'état de charge et l'état de santé peuvent être transmis au BMS 52 via un contrôleur 88 de consignes de sollicitation des modules de batterie et des états de charge et de santé fournis par un module de surveillance 90 traitant les signaux produits par les circuits embarqués 8

30 (illustré e.g. à la Figure 6) des modules de batterie 2. La vocation préétablie d'un module de batterie 2 peut être programmée dans le BMS 52 de sorte que le BMS 52 génère les signaux de commande et de contrôle appropriés pour gérer dynamiquement et activement sa pression, sa température, sa sollicitation

et ses états selon sa vocation via le contrôleur 88 et le circuit 54 en communication avec les circuits embarqués 8 des modules de batterie 2, ainsi que via les contrôleurs de contrôle de pression 36 et de contrôle de température 34, 38. La vocation d'un module de batterie 2 peut, par exemple, 5 consister à le faire opérer d'une façon différente que celle pour laquelle ses cellules 6 ont été normalement conçues. Les paramètres d'opération incluent la pression et la température du fluide caloporteur circulant dans les modules de batterie 2, et peuvent inclure aussi une puissance admise par chaque module de batterie 2. Les conditions de sollicitations peuvent être, par exemple, une 10 charge rapide, un appel de puissance, par exemple une accélération, un tirage de charge, un freinage brusque dans le cas d'un véhicule électrique.

Le système peut être équipé d'un échangeur de chaleur 92 avec les réservoirs 16, 18, 20 de l'unité fluidique 14 et des dispositifs périphériques (non illustrés) 15 générant une énergie thermique, comme un dispositif de chauffage, un climatiseur, un moteur-frein, un chargeur intelligent, pour une minimisation de la consommation d'énergie pour réchauffer / refroidir le fluide caloporteur.

En référence à nouveau à la Figure 2, selon un mode de réalisation, l'unité 20 fluidique 14 est dotée d'une pompe 94 et d'un accumulateur 100 permettant d'ajuster et gérer dynamiquement la pression à appliquer aux modules de batterie 2 à une valeur souhaitée. La pompe 94 a une entrée 96 communiquant avec le réservoir de retour 16 et une sortie 98 pour transmettre une quantité du fluide caloporteur pompée du réservoir de retour 16. L'accumulateur 100 a une 25 entrée 102 communiquant avec la sortie 98 de la pompe 94 et une sortie 104 communiquant avec les réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20. L'accumulateur 100 produit un signal d'asservissement 106 contrôlant la pompe 94 selon une mesure de pression fournie par un capteur de pression 103 (P0) à la sortie 104 de l'accumulateur 100 de manière qu'une pression du fluide 30 caloporteur dans les réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20 soit légèrement plus élevée que la consigne de pression 44. Un clapet de surpression 108 est de préférence ajouté en parallèle à la pompe 94.

En référence à nouveau à la Figure 6, chaque module de batterie 2 peut être formé d'un élément tubulaire 58 et des éléments d'extrémité 60, 62 fermant l'élément tubulaire 58 pour définir la chambre 4 qui s'apparente à un réservoir. Une structure 64 de support et d'espacement des cellules 6 dans une direction

5 axiale de l'élément cylindrique 58 peut avantageusement assurer un espacement approprié des cellules 6 pour permettre leur variation de volume lors de cycles de charge-décharge et minimiser une transmission de vibrations mécaniques aux cellules 6 immergées dans le fluide caloporteur. Un arrangement distributeur 66 du fluide caloporteur est en communication avec

10 l'entrée fluidique 10 et a des ouvertures 68 (illustrées e.g. à la Figure 7B) alignées sur des espaces entre les cellules 6. Un arrangement 70 de connexions électriques connecte les cellules 6 et le ou les circuits embarqués 8 ensemble. L'élément tubulaire 58 peut être de forme cylindrique comme illustré dans la Figure 6, convenant particulièrement bien à des cellules 6 de type

15 bouton comme également illustré dans la Figure. Les éléments d'extrémités 60, 62 peuvent avantageusement être en forme de coupole faisant saillie à des bouts opposés de l'élément tubulaire 58 et définissant des espaces intérieurs logeant le ou les circuits embarqués 8. Dans le cas où il y a deux circuits embarqués 8 (un seul étant visible dans la Figure 6), les circuits embarqués 8

20 peuvent être respectivement logés dans les éléments d'extrémité 60, 62 et isolés du réservoir ou chambre 4 par des rondelles d'étanchéité 110, 112. L'élément tubulaire sous forme cylindrique peut également être utilisé avec des arrangements de cellules 6 de type prismatique comme illustré à la Figure 9B. La structure 64 de support et d'espacement des cellules 6, l'arrangement

25 distributeur 66 et l'arrangement 70 de connexions électriques (comme illustrés à la Figure 6) sont alors modifiés en conséquence, par exemple par des éléments appropriés (non illustrés) disposés entre des empilements successifs des cellules 6 et aux bouts opposés de l'élément tubulaire 58. L'élément tubulaire 58 peut avoir une forme parallélépipédique comme illustré à la Figure 9B

30 pouvant avantageusement convenir à des cellules 6 de type prismatique, ou une autre forme comme une forme oblongue si voulu. De même, d'autres formes qu'une coupole peuvent être utilisées pour les éléments d'extrémités 60, 62 si voulu. Les éléments d'extrémités 60, 62 et les bouts opposés de l'élément

tubulaire 58 peuvent avantageusement présenter des brides 59 d'assemblage par boulons (non illustrés) permettant de démonter le module de batterie 2 au besoin. D'autres genres de raccord et d'assemblage peuvent être utilisés si voulu.

5

En référence aux Figures 7A et 7B, selon un mode de réalisation, la structure 64 de support et d'espacement comprend des barres 72 allongées ayant des surfaces externes épousant sensiblement une surface interne de l'élément cylindrique 58 (illustré e.g. à la Figure 6), et des surfaces internes présentant des encoches 74 transversales réparties dans la direction axiale de l'élément cylindrique 58 et dans lesquelles s'engagent des rebords périphériques 76 des cellules 6. L'arrangement distributeur 66 peut comprendre des conduits 78 s'étendant dans les barres 72 et en communication avec l'entrée fluidique 10 (illustrée e.g. à la Figure 6), les ouvertures 68 de l'arrangement distributeur 66 étant ménagées dans les surfaces internes des barres 72 de manière que le fluide caloporteur applique une pression isostatique (uniforme) sur les cellules 6 immergées dans et directement en contact avec le fluide caloporteur. L'arrangement 70 de connexions électriques peut être formé de séries supérieure et inférieure de plaquettes 80, 82 connectées électriquement les unes aux autres et en contact avec des bornes des cellules 6. La série supérieure de plaquettes 80 peut s'étendre entre les barres 72. La configuration décrite ci-dessus d'un module de batterie 2 permet une circulation optimale du fluide caloporteur (variation rapide de la température, température uniforme des cellules).

25

En référence à nouveau à la Figure 2, le fluide caloporteur circule entre l'unité fluidique 14 et les modules de batterie 2 à travers un circuit de canalisation (illustré par les lignes noires épaisses) doté d'organes de régulation de débit du fluide caloporteur, contrôlés par les contrôleurs 34, 36, 38 de manière à ajuster une température et une pression du fluide caloporteur circulant dans le circuit de canalisation. Les organes de régulation de débit peuvent avantageusement être, pour chaque module de batterie 2, un distributeur D_1 , D_2 , D_3 du fluide

caloporteur acheminé au module de batterie 2, et un limiteur de pression proportionnel L_1 , L_2 , L_3 du fluide caloporteur évacué par le module de batterie 2.

Selon un mode de réalisation, le contrôleur 34 (#1) sert de contrôleur de gestion
 5 de température du fluide caloporteur dans le système en général en contrôlant des organes de régulation de débit formés par exemple par des distributeurs D_4 et D_5 sur des lignes fluidiques 30, 32 associées aux réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20 selon le signal de consigne de température reçu à l'entrée 40. Le contrôleur 34 peut avoir une entrée 84 pour recevoir et tenir compte d'un
 10 signal d'ajustement de température provenant d'un capteur de température 35 (T_0) indicatif de la température du fluide caloporteur transmis par l'unité fluidique 14. Le contrôleur 36 (#2) sert de contrôleur de gestion de pression du fluide caloporteur acheminé à et évacué par les modules de batterie 2 en contrôlant les distributeurs D_1 , D_2 , D_3 et les limiteurs de pression proportionnel L_1 , L_2 , L_3
 15 selon le signal de consigne de pression 44 et les signaux de mesure de pression (P_1 , P_2 , P_3) fournis par les capteurs 33. Le contrôleur 36 est ainsi chargé de réguler la pression du fluide caloporteur dans les modules de batterie 2. Le contrôleur 36 peut avoir une entrée 86 pour recevoir et tenir compte d'un signal provenant d'un capteur de pression 37 (P_0) indicatif de la pression
 20 d'ensemble du fluide caloporteur transmis par l'unité fluidique 14. Le contrôleur 38 (#3) sert de contrôleur de gestion de température du fluide caloporteur circulant spécifiquement dans les modules de batterie 2 en contrôlant les distributeurs D_1 , D_2 , D_3 acheminant le fluide caloporteur aux modules de batterie 2 selon le signal de consigne de température 42 au niveau des cellules
 25 6 des modules de batterie 2 et les signaux de mesure de température (T_1 , T_2 , T_3) fournis par les capteurs de température 31. Le contrôleur 38 fournit aussi la consigne de température au contrôleur 34 qui gère l'unité fluidique 14.

En référence aux Figures 8A, 8B, 8C et 8D, les modules de batterie 2 peuvent
 30 être organisés de manière à former un arrangement indépendant, complémentaire ou combiné selon que leurs entrées et sorties fluidiques 10, 12 sont jumelées ou séparées et selon une chimie de leurs cellules. Par exemple, chaque module de batterie 2 peut être opéré en pression et en température de

manière indépendante comme illustré à la Figure 8A. Les modules de batterie 2 peuvent être opérés à une pression commune mais à des températures différentes comme illustré à la Figure 8B. Certains modules de batterie 2 peuvent être opérés à une pression commune différente de la pression d'un

5 autre module de batterie 2, et à des températures différentes pour chaque module de batterie 2 comme illustré à la Figure 8C. Certains modules de batterie 2 peuvent être opérés à des pression et température communes différentes de la pression et la température d'opération d'un autre module de batterie 2, comme illustré à la Figure 8D. La conception des modules de

10 batterie 2 peut être choisie en fonction de certaines conditions d'opération, par exemple une recharge extrêmement rapide, une forte accélération ou une importante charge utile à tirer dans le cas d'un véhicule électrique (non illustré), un remisage, une température extérieure extrême, et en fonction d'une utilisation pour laquelle ils sont destinés, par exemple, auto, camion, autobus,

15 avion, train, bateau, stockage d'énergie. Autant de modules de batterie 2 que voulu peuvent être utilisés, en complémentarité ou non, avec des capacités et dimensions variables, jumelés ou non. Les valeurs de pression et de température des modules de batterie 2 peuvent être régulées en temps réel ou être fixes. Un des modules de batterie 2 peut être destiné à jouer un rôle

20 spécial (i.e. sa vocation), par exemple à opérer à pression fixe et notamment à une pression très élevée pour prendre en charge des conditions d'opération extrêmes comme une recharge extrêmement rapide ou être sollicité en priorité lors d'une forte accélération dans le cas d'un véhicule électrique, quitte à devoir remplacer le module de batterie 2 après un certain temps (e.g. prématurément).

25 Un tel module de batterie 2 peut être assimilé à un module de batterie sacrifice pour une performance accrue. Dans un mode de réalisation de l'invention, le système peut inclure des modules de batterie 2 dont la régulation de pression est réalisée uniquement par variation de la température du fluide caloporteur, notamment si une valeur de pression accrue est nécessaire pour des valeurs

30 de température accrues, en utilisant l'effet du coefficient de dilation thermique du fluide caloporteur.

En référence à nouveau à la Figure 1, en somme, selon un mode de réalisation de l'invention, le système inclut au moins un module de batterie 2 (ou plusieurs travaillant en collaboration) avec des conditions d'opération variables (rôle variable) ou fixes (rôle dédié), dont la gestion active et dynamique de la température d'opération et de la pression appliquée sur les cellules 6 (illustrées e.g. à la Figure 6) est réalisée via un liquide (ou un fluide) sous pression dans lequel sont immergées les cellules 6. Les différents systèmes mécaniques, hydrauliques, électriques et logiques décrits ci-dessus sont asservis par des processeurs (non illustrés, mais pouvant être intégrés dans le BMS 56 ou les contrôleurs 34, 36, 38) contrôlés par des algorithmes évolutifs et coordonnés via un logiciel maître implémenté dans le BMS 56. Le BMS 56 peut exécuter un algorithme de gestion de charge intelligente incluant une stratégie de gestion efficace et optimale des systèmes énergivores (régulation de pression et de température) pendant une charge rapide ou lors d'un freinage brusque. Les algorithmes évolutifs peuvent être basés sur une implémentation d'intelligence artificielle. La gestion active et dynamique de la température d'opération et de la pression appliquée sur les cellules 6 permet l'exploitation optimale des cellules d'une batterie. Le réservoir cylindrique formé par les éléments 58, 60, 62 (illustrés e.g. à la Figure 6) du module de batterie 2 permet d'appliquer une pression isostatique variable et de valeur importante (e.g. jusqu'à 2 000 psi) sur les cellules 6, tout en étant compact et facile à intégrer à un véhicule (non illustré).

Selon un mode de réalisation de l'invention, une méthode de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie consiste à loger des cellules 6 de la batterie dans une chambre 4 définie par au moins un module de batterie 2, la chambre 4 ayant des entrée et sortie fluidiques 10, 12 opposées pour recevoir et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les cellules 6. La méthode implique aussi de surveiller un état de charge des cellules 6 dans chaque module de batterie 2, de recueillir le fluide caloporteur évacué par la sortie fluidique 12 de chaque module de batterie 2 dans un réservoir de retour 16, de refroidir et chauffer séparément des quantités du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour 16 dans des réservoirs refroidissant et chauffant

18, 20 à des températures froide et chaude prédéfinies, et d'acheminer le fluide caloporteur à l'entrée fluidique 10 de chaque module de batterie 2 à des température et pression régulées par mélange et débit contrôlés du fluide caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et chauffant 18, 20. La

5 méthode implique de plus de prendre des mesures de température et de pression du fluide caloporteur acheminé vers et évacué par chaque module de batterie 2, de contrôler le mélange et le débit du fluide caloporteur acheminé à chaque module de batterie 2 selon les mesures et des consignes de température et de pression, et d'ajuster les consignes de température et de

10 pression du fluide caloporteur et une consigne de sollicitation destinés à chaque module de batterie 2 en fonction d'une demande en énergie et en puissance et l'état de charge des cellules 6 dans chaque module de batterie 2. Selon un mode de réalisation, le débit du fluide caloporteur acheminé à chaque module de batterie 2 est maintenu tant que les mesures de pression et de température

15 sont différentes des consignes de pression et de température. La méthode peut impliquer d'exécuter un processus évolutif de commande de paramètres d'opération de chaque module de batterie 2 en fonction de conditions de sollicitation, de l'état de charge et d'un état de santé de chaque module de batterie 2 et en fonction d'une température ambiante et d'une vocation

20 préétablie d'un module de batterie 2 parmi tous les modules de batterie 2 utilisés.

Dans la description qui suit, le fluide caloporteur sera considéré être de l'huile. Il doit être néanmoins compris qu'un autre fluide approprié à l'invention peut être

25 utilisé avec une plage de températures différente si voulu.

En référence à la Figure 3, selon un mode de réalisation, la valeur de la consigne de température de l'huile (mélange) 114 est basée sur la valeur de consigne de température d'opération (e.g. de -30°C à 100°C ou autre plage de

30 température préférée) des cellules 6 (illustrées e.g. à la Figure 6), tenant compte des pertes thermiques, de l'inertie thermique, du volume d'huile en jeu, d'un délai acceptable pour atteindre une nouvelle valeur de température d'opération et des considérations liées aux matériaux (e.g. transitions

thermiques admissibles). La stratégie pour atteindre rapidement la valeur de consigne de température de l'huile peut être basée sur des algorithmes développés en laboratoire sur le mélange (débits) chaud-froid nécessaire 116, 118, 120, 122. Une priorisation par le BMS 52 peut être faite sur

5 l'ordonnancement de la réalisation des consignes si des températures d'opération différentes sont exigées d'un module de batterie 2 à l'autre. Un dimensionnement des composants du système (réservoirs 16, 18, 20, pompe 94, accumulateur 100, module de batterie 2 illustrés e.g. à la Figure 2) est

10 préférablement optimisé afin de maximiser la vitesse pour faire varier la température des cellules 6. En ce qui concerne la régulation de pression, l'huile peut d'abord être amenée à la bonne température, et la consigne de pression 124 peut être réalisée simultanément pour tous les modules de batterie 2, même en cas de consignes différentes d'un module de batterie 2 à l'autre. Le

15 contrôleur #2 36 peut opérer les limiteurs de pression L_1 , L_2 , L_3 et les servovalves D_1 , D_2 , D_3 des modules de batterie 2 (illustrés e.g. à la Figure 2) pour réguler leur pression 126, 128. Une interaction des processus d'ajustement de température et de pression de l'huile peut impliquer de maintenir le débit d'huile tant que les deux consignes (température et pression) ne sont pas atteintes. L'atteinte de la consigne en pression peut tenir aussi

20 compte de l'effet de deux autres facteurs sur la valeur de pression, à savoir la température de l'huile et le volume variable des cellules (état de charge) 130. Un module de batterie 2 est considéré compatible aux exigences lorsque les consignes de température et de pression sont atteintes 132, sinon la température du module de batterie 2 est rectifiée à nouveau 116.

25

En référence à nouveau à la Figure 2, lorsque que le BMS 52 (illustré e.g. à la Figure 1) envoie des consignes de régulation de pression et de température d'opération pour ajuster adéquatement les conditions d'exploitation des cellules 6 (illustrées e.g. à la Figure 6) en fonction des conditions de sollicitation de ces

30 dernières, des consignes de valeurs limites de pression sont envoyées aux limiteurs de pression L_1 , L_2 , L_3 via le contrôleur #2 36 afin de bâtir les pressions d'opération visées P_1 , P_2 , P_3 dans les modules de batterie 2 (#1, #2 et #3). Si la nouvelle consigne de pression pour un module de batterie 2 donné est plus

élevée que la pression mesurée dans le module de batterie 2, le distributeur D_1 , D_2 , ou D_3 associé au module de batterie 2 (#1, #2 ou #3), via le contrôleur 36 (#2), autorise l'admission d'huile permettant d'atteindre cette nouvelle valeur de pression. La nouvelle valeur de pression est atteinte instantanément. La

5 pression P_A dans l'accumulateur 100 permet de bâtir une pression P_0 dans les réservoirs d'huile froide et chaude 18, 20. Lorsque le mélange d'huile est réalisé, une pression P_0' est bâtie en amont des distributeurs D_1 , D_2 , D_3 . Pour permettre de bâtir instantanément une pression désirée dans les modules de batterie 2, en tout temps $P_{Amin} > P_0 > P_0' > P_1, P_2, P_3$. Par exemple, si la

10 pression maximale des modules est fixée à 1 000 psi, la pression minimale acceptable dans l'accumulateur 100 pourra être de 1 500 psi. Lorsque la valeur de P_{Amin} passera sous le seuil de 1 500 psi, la pompe 94 démarrera et injectera de l'huile dans l'accumulateur 100 jusqu'au moment d'atteindre la valeur de P_{Amax} (2 500 psi par exemple). Lorsque qu'une consigne de température

15 d'opération T_1, T_2, T_3 de cellules 6 est envoyée par le BMS 52, le contrôleur 34 (#1) gère les distributeurs de ligne d'huile froide et chaude D_4, D_5 selon des algorithmes de gestion de débits de façon à générer un mélange d'huile à température T_0 . Pour augmenter la valeur de température d'opération des cellules 6, alors $T_0 > T_1, T_2, T_3$. À l'inverse, pour diminuer la valeur de

20 température d'opération des cellules, alors $T_0 < T_1, T_2, T_3$. La différence de valeurs entre la température du mélange d'huile T_0 et la température d'opération T_1, T_2, T_3 des cellules 6 dépend de la vitesse pour atteindre la nouvelle température d'opération, compte tenu de l'inertie thermique du système dans son ensemble et des limites de transition thermique permises par

25 les matériaux constituant les cellules 6. Même si la valeur de pression d'opération P_1, P_2, P_3 est atteinte pour un module de batterie 2 donné, le contrôleur 38 (#3) permet l'admission d'huile à T_0 via le distributeur D_1, D_2, D_3 associé au module de batterie 2 tant que la valeur de température d'opération visée T_1, T_2, T_3 du module de batterie 2 n'est pas atteinte.

30

En référence à la Figure 4, il est illustré un exemple de gestion haut-niveau que le système selon l'invention peut implémenter selon différents paramètres de gestion de pression et de température et d'opération d'un module de batterie 2.

Un événement 134 comme un appel de puissance, un freinage rapide ou une charge rapide est signalé au BMS 52 (illustré e.g. à la Figure 1). Comme illustré par le bloc 136, le BMS 52 effectue une analyse des paramètres système versus des exigences d'exploitation. À cet effet, le BMS 52 peut considérer

5 certaines conditions comme un état de charge (SOC), un état de santé (SOH), des pression et température des cellules 6 (illustrées e.g. à la Figure 6), leur historique de vie (calendrier) et un nombre de cycles vécus par les cellules 6 d'un module de batterie 2 comme illustré par le bloc 138. De même, le BMS 52 peut considérer différents paramètres comme une température ambiante, une

10 durée de charge prévue, une puissance de charge prévue, des dispositifs périphériques en fonction, une morphologie de terrain à parcourir, une habitude de conduite, une sélection de mode de conduite, une condition de trafic, des options de recharge sur un parcours, comme illustré par le bloc 140. Une vérification 142 est ensuite effectuée pour déterminer si un module de batterie 2

15 est compatible avec les exigences par rapport aux paramètres système. Si tel est le cas, des consignes de puissance sont transmises aux modules de batterie 2 compatibles, comme illustré par le bloc 144. Autrement, le BMS 52 transmet des consignes aux mécanismes de régulation comme illustré par le bloc 146. Une régulation en température 148, une régulation en pression 150 et

20 une gestion de densité de courant 152 sont réalisées, de sorte qu'un module de batterie 2 est éventuellement compatible 154. Une gestion de surplus de puissance 156 peut être réalisée pour un chauffage ou refroidissement de l'huile 158, pour exploiter un module de batterie 2 comme module sacrifice au détriment de ses paramètres d'opération nominaux 160, ou pour une dissipation

25 de puissance 162 si voulu.

En référence aux Figures 5A, 5B, 5C et 5D, des exemples de protocoles de gestion de pression et de température implémentés dans le système selon un mode de réalisation de l'invention sont illustrés sous formes graphiques. La

30 Figure 5A montre un protocole possible de régulation de pression des cellules 6 d'un module de batterie 2 (illustrés e.g. à la Figure 6) en fonction d'une vitesse de charge ou de décharge préconisée. La Figure 5B montre un protocole possible de régulation de pression des cellules 6 d'un module de batterie 2 en

fonction de son état de charge (SOC). La Figure 5C montre un protocole possible de régulation de température d'opération par rapport à une vitesse de charge ou de décharge préconisée. La Figure 5D montre un protocole possible de régulation de pression d'opération par rapport au nombre de cycles de charge et décharge vécu par un module de batterie 2.

En référence à nouveau à la Figure 1, certaines considérations relativement au système selon l'invention peuvent être pertinentes. En outre, la valeur de la pression d'huile dans un réservoir sous pression aura tendance à varier en fonction des facteurs suivants: la valeur de consigne de pression dictée à l'unité
fluidique 14 par le BMS 52, la variation de la température de l'huile, la variation du volume des cellules 6. L'algorithme de commande de la régulation de pression pourra inclure des intrants coordonnés liés à ces facteurs, sur la base d'un modèle intégrant une interaction des consignes de pression et de température, ainsi qu'un retour d'information sur l'état de charge des cellules 6, donc leur volume à un moment précis. Le BMS 52 peut coordonner et diriger une sollicitation des différents modules de batterie 2 en fonction d'une demande en énergie et en puissance. Une gestion de proximité de chacun des modules de batterie 2 peut être faite à bord de chaque module de batterie 2 par un BMS embarqué ou un BMS - module implémenté par les circuits embarqués 8. Une surveillance de l'huile, impliquant par exemple une surveillance d'éléments chimiques ou de gaz dissous, peut permettre d'identifier des symptômes de détérioration des composants constituant un module de batterie 2. Une huile minérale utilisée comme fluide caloporteur peut permettre de neutraliser des réactions chimiques potentielles dans l'éventualité d'une cellule 6 défectueuse ou endommagée. Une implémentation d'algorithmes évolutifs e.g. d'intelligence artificielle dans le BMS 52 peut représenter un aspect stratégique de l'exploitation du système selon l'invention. De tels algorithmes peuvent être responsables de la gestion des paramètres d'opération des modules de batterie 2 (courant, pression, température). Une programmation (e.g. en industrie) des algorithmes initiaux dans le BMS 52 peut être faite en fonction de l'utilisation des modules de batterie 2 (e.g. auto, autobus, camion, avion, bateau, stockage, etc.). Une modification de tels algorithmes peut se faire au fil du temps, selon

différents facteurs comme un type de conduite (e.g. accélération, freinage, tire de charge), une morphologie de terrain, des températures extérieures, des schémas de charge, des schémas d'utilisation (fréquence, durée). Des algorithmes évolutifs peuvent mener à une décision de sursolliciter un module de batterie 2 en cas de conditions d'utilisation extrêmes (e.g. module sacrifice). Ils peuvent aussi mener à un schéma de charge particulier (en fonction de la demande en électricité / tarif, de la diminution des performances des modules de batterie 2, d'une présence suspectée de zone d'initiation de dendrite), incluant une procédure de réparation des dommages dendritiques ("self-healing") en combinant stratégiquement des valeurs de température-pression-courant et des schémas de courant de charge connus pour leurs effets bénéfiques sur l'état de la batterie.

Bien que des réalisations de l'invention aient été illustrées dans les dessins ci-joints et décrites ci-dessus, il apparaîtra évident pour les personnes versées dans l'art que des modifications peuvent être apportées à ces réalisations sans s'écarter de l'invention.

REVENDICATIONS:

1. Système de gestion de pression et de température d'opération d'une batterie, le système comprenant:

- 5 au moins un module de batterie ayant une chambre logeant des cellules de la batterie, et au moins un circuit embarqué connecté aux cellules et configuré pour piloter leur opération et surveiller leur état de charge, la chambre ayant des entrée et sortie fluidiques opposées pour recevoir et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les cellules;
- 10 une unité fluidique ayant un réservoir de retour en communication avec la sortie fluidique de chaque module de batterie, un réservoir refroidissant pour contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour à une température froide prédéfinie, un réservoir chauffant pour contenir une quantité du fluide caloporteur pompé du réservoir de retour à une température chaude
- 15 prédéfinie, et un dispositif de régulation de température et de pression ayant des entrées en communication avec les réservoirs refroidissant et chauffant et au moins une sortie en communication avec l'entrée fluidique de chaque module de batterie de manière à transmettre le fluide caloporteur à une température et une pression par mélange et débit contrôlés du fluide
- 20 caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et chauffant;
 des capteurs de température et de pression du fluide caloporteur circulant entre l'unité fluidique et l'au moins un module de batterie;
 au moins un contrôleur ayant des entrées pour recevoir des signaux de consigne de température et de pression du fluide caloporteur dans l'au moins
- 25 un module de batterie, des entrées pour recevoir des signaux de mesure de température et de pression produits par les capteurs de température et de pression, et des sorties pour produire des signaux contrôlant le mélange et le débit du fluide caloporteur transmis par l'unité fluidique selon les signaux de consigne et les signaux de mesure de température et de pression; et
- 30 un BMS connecté à l'au moins un contrôleur et à l'au moins un circuit embarqué, le BMS étant configuré pour produire les signaux de consigne de température et de pression du fluide caloporteur et une consigne de sollicitation destinés à l'au moins un module de batterie en fonction d'une demande en

énergie et en puissance reçue en entrée et l'état de charge fourni par l'au moins un circuit embarqué.

2. Le système selon la revendication 1, dans lequel les cellules de l'au moins un
5 module de batterie sont immergées dans et directement en contact avec le fluide caloporteur qui applique une pression isostatique sur les cellules.

3. Le système selon la revendication 1, dans lequel le fluide caloporteur est une
huile.

10

4. Le système selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un module de batterie comprend:

un élément tubulaire et des éléments d'extrémité fermant l'élément tubulaire pour définir la chambre;

15

une structure de support et d'espacement des cellules dans une direction axiale de l'élément tubulaire;

un arrangement distributeur du fluide caloporteur en communication avec l'entrée fluide et ayant des ouvertures alignées sur des espaces entre les cellules; et

20

un arrangement de connexions électriques connectant les cellules et l'au moins un circuit embarqué ensemble.

5. Le système selon la revendication 4, dans lequel les éléments d'extrémité sont en forme de coupes faisant saillie à des bouts opposés de l'élément
25 tubulaire et définissant des espaces intérieurs logeant l'au moins un circuit embarqué.

6. Le système selon la revendication 4, dans lequel:

la structure de support et d'espacement comprend des barres allongées
30 ayant des surfaces externes épousant substantiellement une surface interne de l'élément cylindrique, et des surfaces internes présentant des encoches transversales réparties dans la direction axiale de l'élément cylindrique et dans lesquelles s'engagent des rebords périphériques des cellules;

l'arrangement distributeur comprend des conduits s'étendant dans les barres et en communication avec l'entrée fluidique, les ouvertures de l'arrangement distributeur étant ménagées dans les surfaces internes des barres de manière que le fluide caloporteur exerce une pression isostatique sur
5 les cellules; et

l'arrangement de connexions électriques comprend des séries supérieure et inférieure de plaquettes connectées électriquement les unes aux autres et en contact avec des bornes des cellules, la série supérieure de plaquettes s'étendant entre les barres, l'au moins un circuit embarqué
10 comprenant deux circuits embarqués logés dans les éléments d'extrémité.

7. Le système selon la revendication 1, dans lequel le fluide caloporteur circule entre l'unité fluidique et l'au moins un module de batterie à travers un circuit de canalisation doté d'organes de régulation de débit du fluide caloporteur,
15 contrôlés par l'au moins un contrôleur de manière à ajuster une température et une pression du fluide caloporteur circulant dans le circuit de canalisation.

8. Le système selon la revendication 7, dans lequel les organes de régulation de débit comprennent, pour chaque module de batterie, un distributeur du fluide caloporteur acheminé au module de batterie, et un limiteur de pression
20 proportionnel du fluide caloporteur évacué par le module de batterie.

9. Le système selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un contrôleur comprend:

25 un premier contrôleur de gestion de température du fluide caloporteur, contrôlant des organes de régulation de débit sur des lignes fluidiques associées aux réservoirs refroidissant et chauffant selon le signal de consigne de température;

un deuxième contrôleur de gestion de pression du fluide caloporteur
30 circulant dans l'au moins un module de batterie, contrôlant des organes de régulation de débit du fluide caloporteur acheminé à et évacué par l'au moins un module de batterie selon le signal de consigne de pression et le signal de mesure de pression; et

un troisième contrôleur de gestion de température du fluide caloporteur circulant dans l'au moins un module de batterie, contrôlant l'organe de régulation de débit du fluide caloporteur acheminé à l'au moins un module de batterie selon le signal de consigne de température et le signal de mesure de
5 température.

10. Le système selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un module de batterie comprend plusieurs modules de batterie formant un arrangement indépendant, complémentaire ou combiné selon que leurs entrées et sorties
10 fluidiques sont jumelées ou séparées et selon une chimie de leurs cellules.

11. Le système selon la revendication 1, dans lequel le BMS est configuré pour stocker et exécuter un algorithme évolutif de commande de paramètres d'opération de l'au moins un module de batterie en fonction de conditions de
15 sollicitation, de l'état de charge et d'un état de santé de l'au moins un module de batterie et en fonction d'une température ambiante et d'une vocation préétablie d'un module de batterie parmi l'au moins un module de batterie.

12. Le système selon la revendication 11, dans lequel:
20 les paramètres d'opération comprennent la pression et la température du fluide caloporteur circulant dans l'au moins un module de batterie et une puissance admise par l'au moins un module de batterie; et
les conditions de sollicitations comprennent une charge rapide et un appel de puissance.

25 13. Le système selon la revendication 1, comprenant de plus un échangeur de chaleur avec les réservoirs de l'unité fluidique et des dispositifs périphériques générant une énergie thermique.

30 14. Le système selon la revendication 1, dans lequel la température chaude prédéfinie est de 80°C à 100°C et la température froide prédéfinie est de -30°C à 0°C.

15. Le système selon la revendication 1, dans lequel l'unité fluide comprend:
une pompe ayant une entrée communiquant avec le réservoir de retour
et une sortie pour transmettre une quantité du fluide caloporteur pompée du
réservoir de retour; et

- 5 un accumulateur ayant une entrée communiquant avec la sortie de la
pompe et une sortie communiquant avec les réservoirs refroidissant et
chauffant, l'accumulateur produisant un signal d'asservissement contrôlant la
pompe selon une mesure de pression fournie par un capteur de pression à la
sortie de l'accumulateur de manière qu'une pression du fluide caloporteur dans
10 les réservoirs refroidissant et chauffant soit légèrement plus élevée que la
consigne de pression.

16. Une méthode de gestion de pression et de température d'opération d'une
batterie, la méthode comprenant les étapes de:

- 15 loger des cellules de la batterie dans une chambre définie par au moins
un module de batterie, la chambre ayant des entrée et sortie fluidiques
opposées pour recevoir et évacuer un fluide caloporteur appliqué à toutes les
cellules;
surveiller un état de charge des cellules dans l'au moins un module de
20 batterie;
recueillir le fluide caloporteur évacué par la sortie fluide de chaque
module de batterie dans un réservoir de retour;
refroidir et chauffer séparément des quantités du fluide caloporteur
pompé du réservoir de retour dans des réservoirs refroidissant et chauffant à
25 des températures froide et chaude prédéfinies;
acheminer le fluide caloporteur à l'entrée fluide de l'au moins un
module de batterie à des température et pression régulées par mélange et débit
contrôlés du fluide caloporteur provenant des réservoirs refroidissant et
chauffant;
30 prendre des mesures de température et de pression du fluide caloporteur
acheminé vers et évacué par l'au moins un module de batterie;

contrôler le mélange et le débit du fluide caloporteur acheminé à l'au moins un module de batterie selon les mesures et des consignes de température et de pression; et

- ajuster les consignes de température et de pression du fluide caloporteur
- 5 et une consigne de sollicitation destinés à l'au moins un module de batterie en fonction d'une demande en énergie et en puissance et l'état de charge des cellules dans l'au moins un module de batterie.

17. La méthode selon la revendication 16, dans laquelle le débit du fluide caloporteur acheminé à l'au moins un module de batterie est maintenu tant que
- 10 les mesures de pression et de température sont différentes des consignes de pression et de température.

18. La méthode selon la revendication 16, comprenant de plus l'étape
- 15 d'exécuter un processus évolutif de commande de paramètres d'opération de l'au moins un module de batterie en fonction de conditions de sollicitation, de l'état de charge et d'un état de santé de l'au moins un module de batterie et en fonction d'une température ambiante et d'une vocation préétablie d'un module de batterie parmi l'au moins un module de batterie.

20

19. La méthode selon la revendication 16, dans lequel les cellules de l'au moins un module de batterie sont immergées dans et directement en contact avec le fluide caloporteur qui applique une pression isostatique sur les cellules.

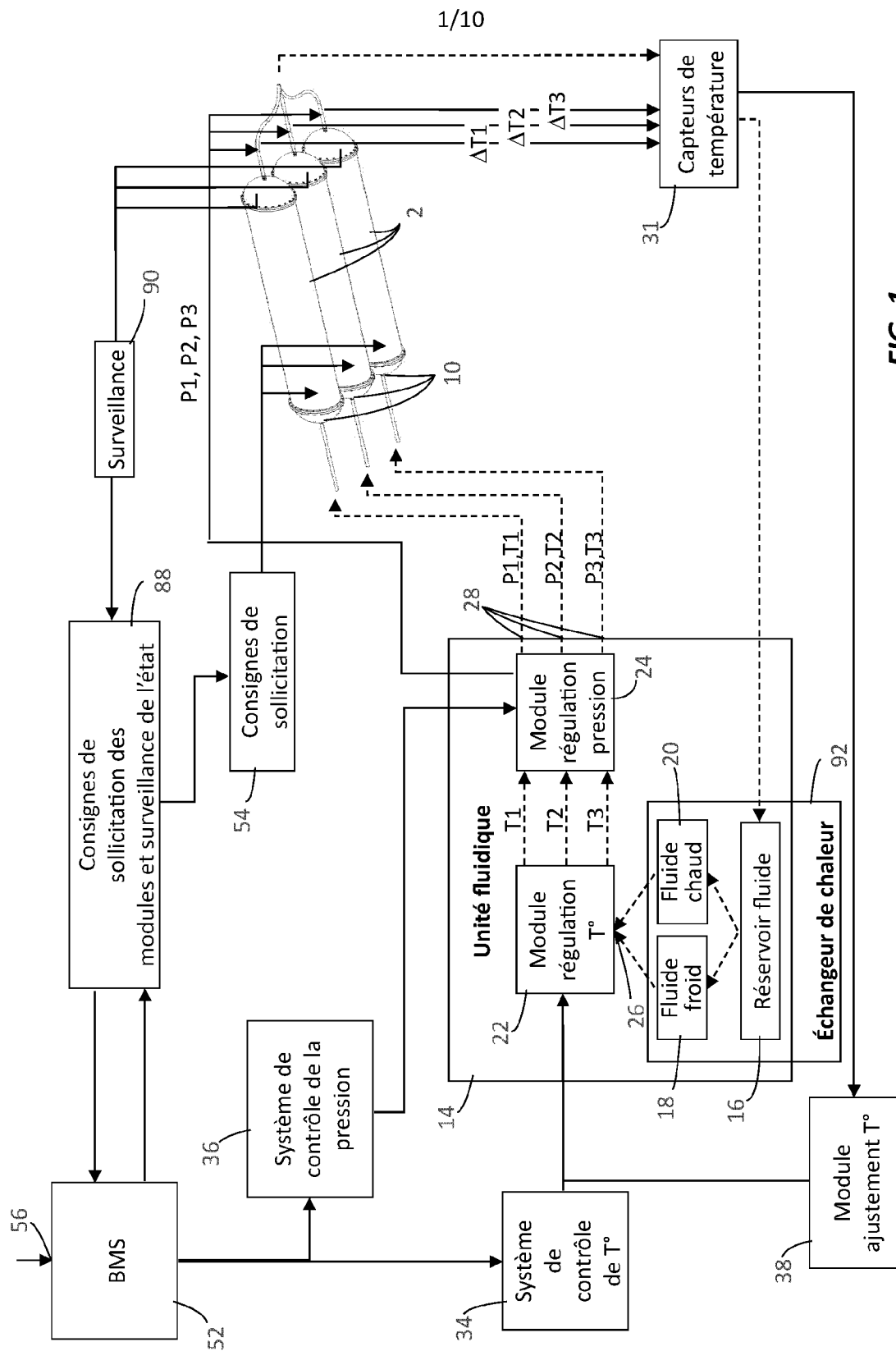


FIG. 1

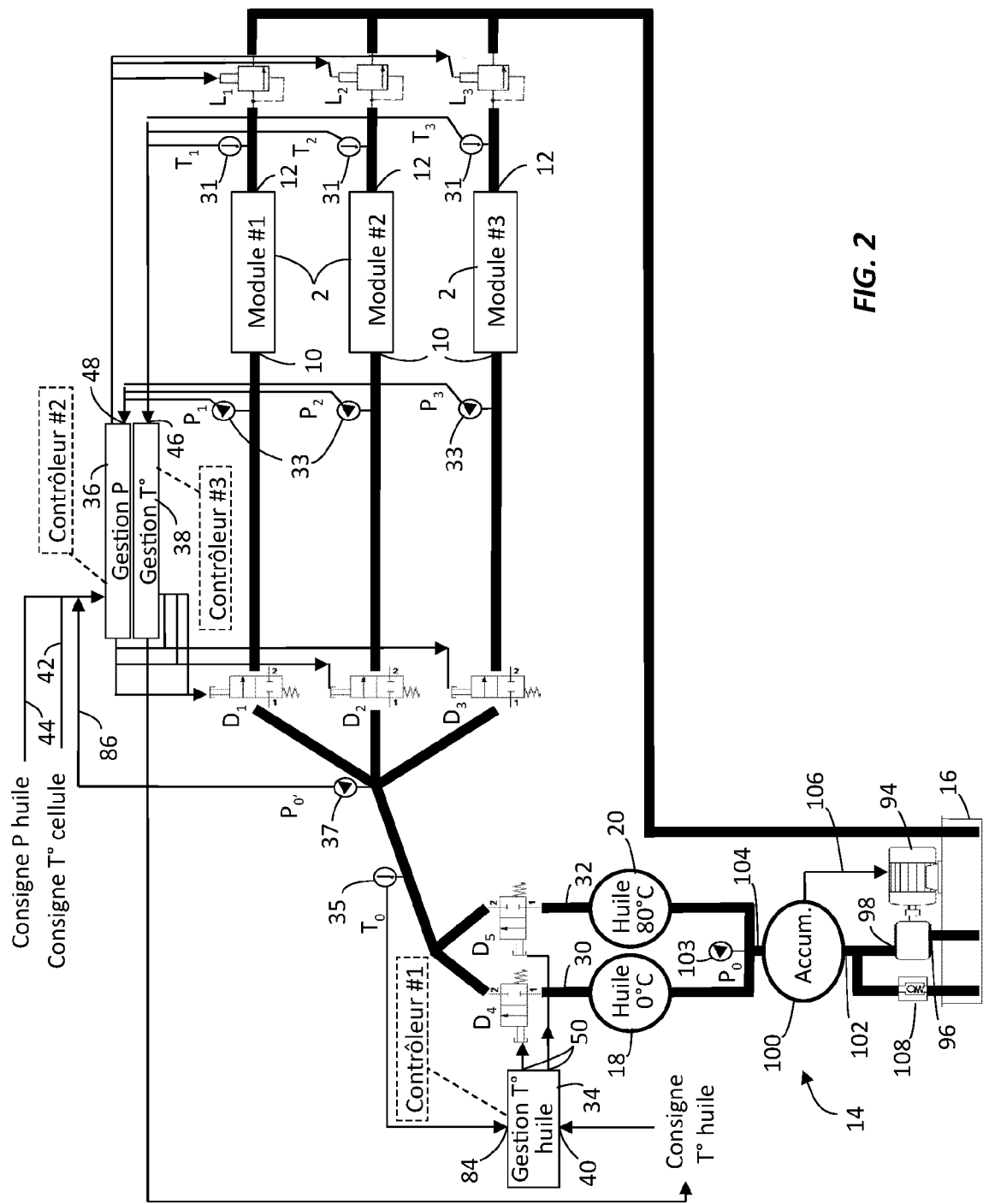
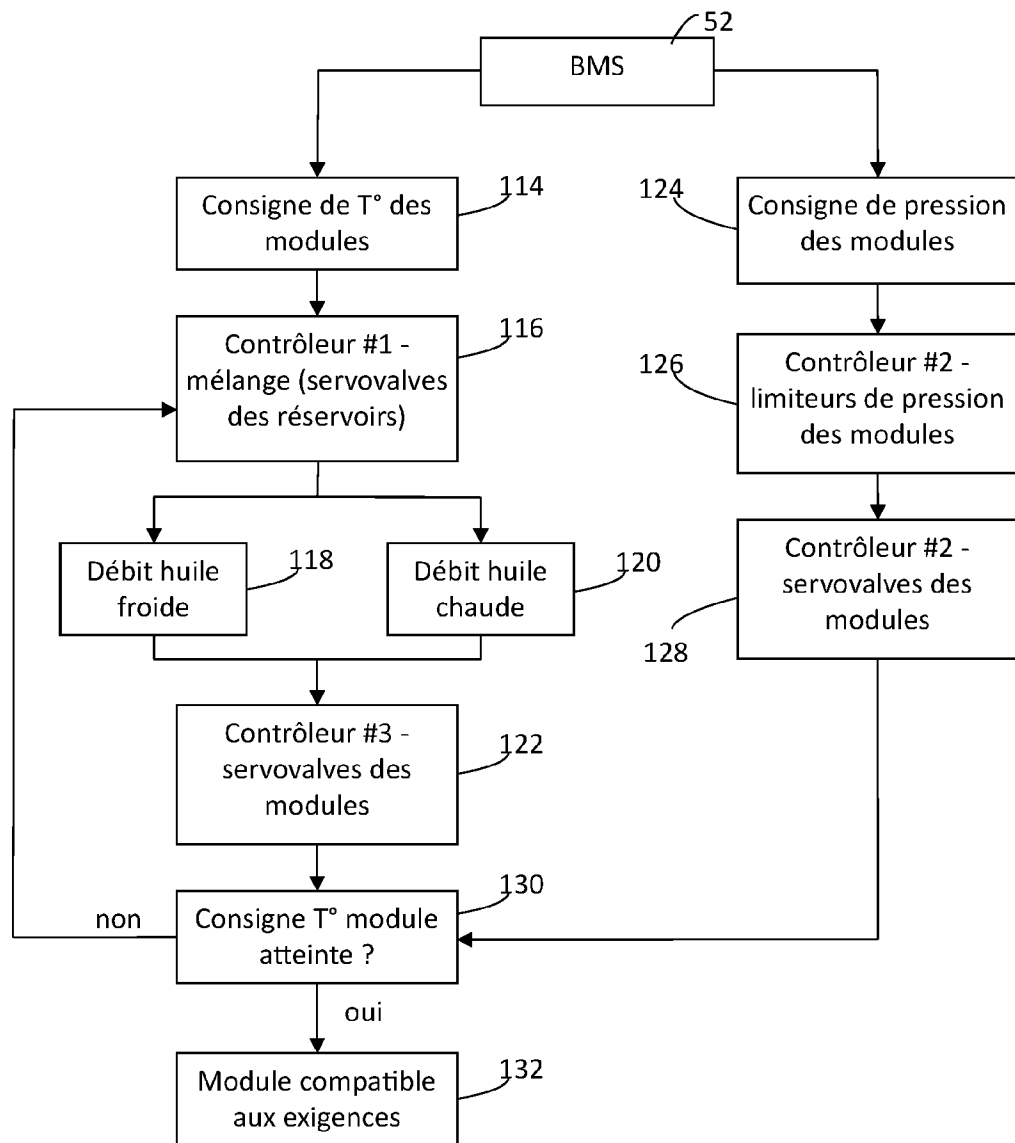


FIG. 2

3/10

**FIG. 3**

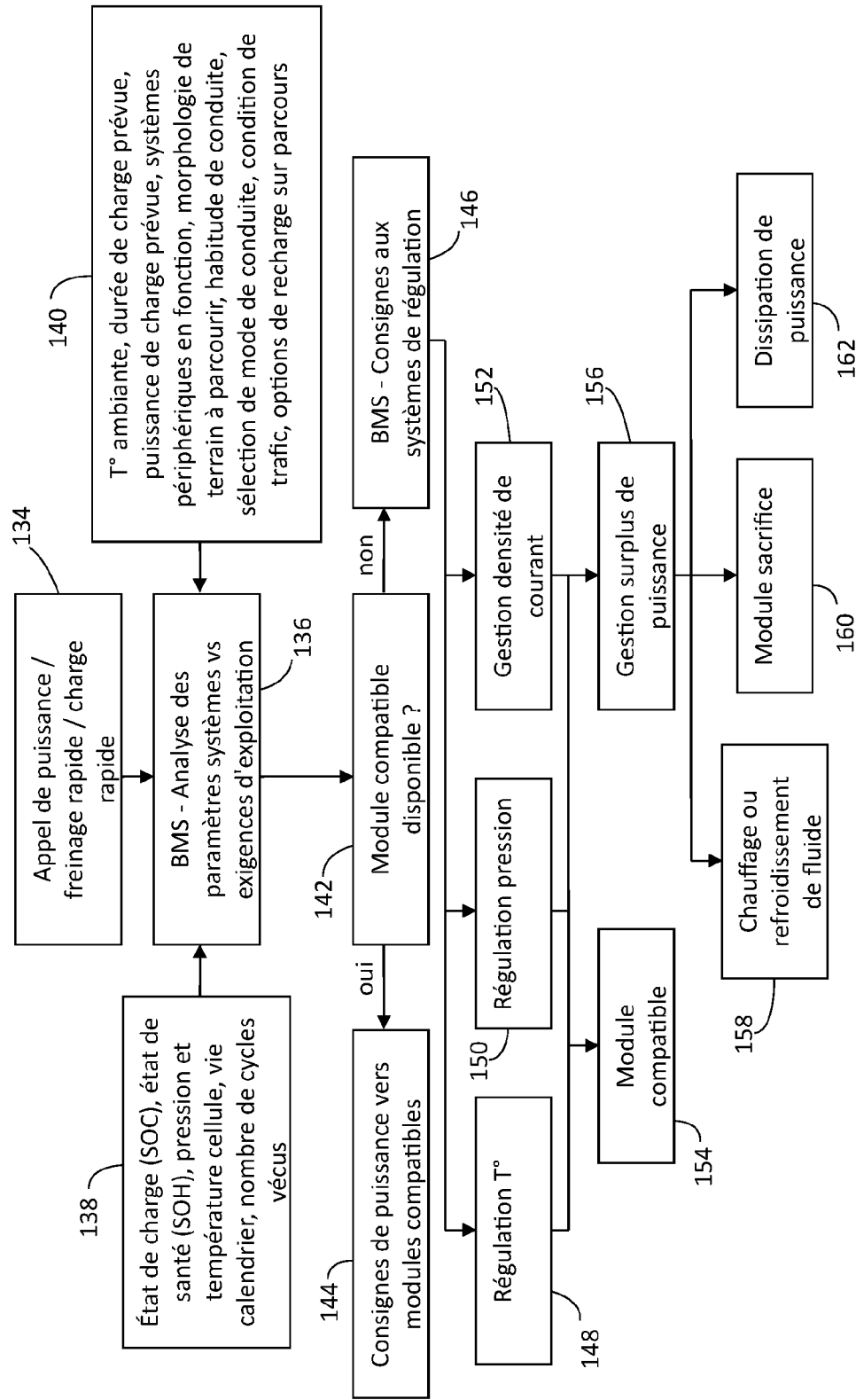


FIG. 4

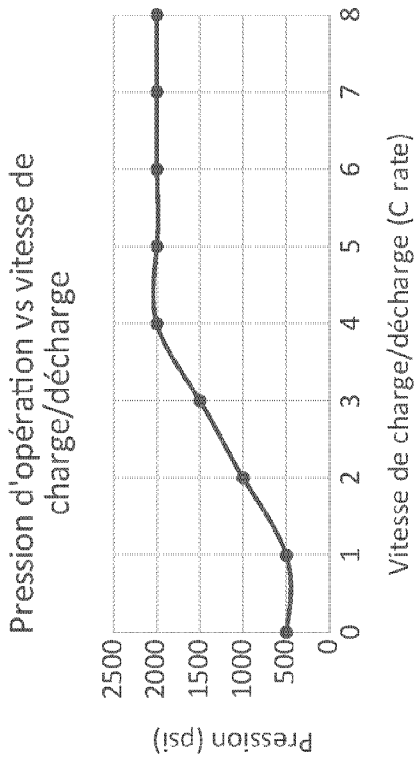


FIG. 5A

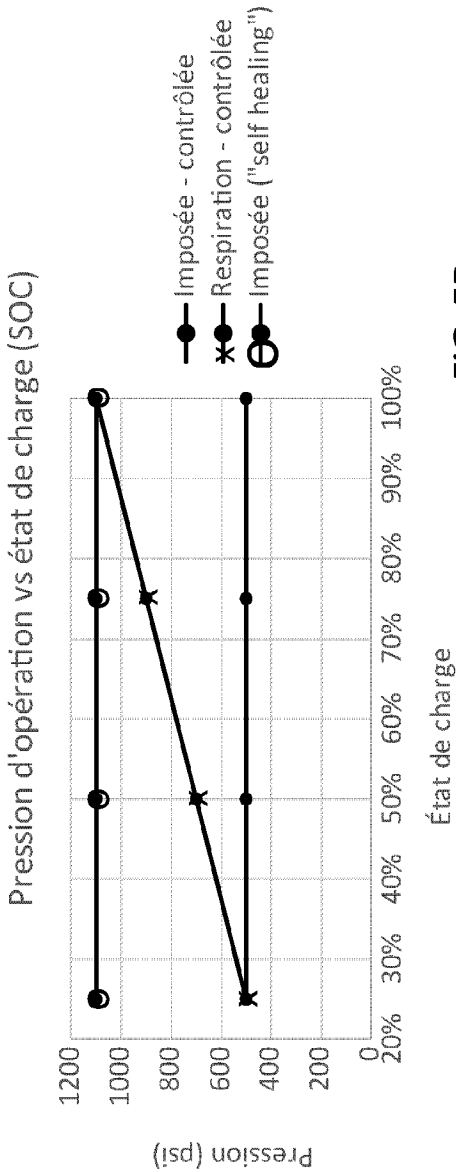
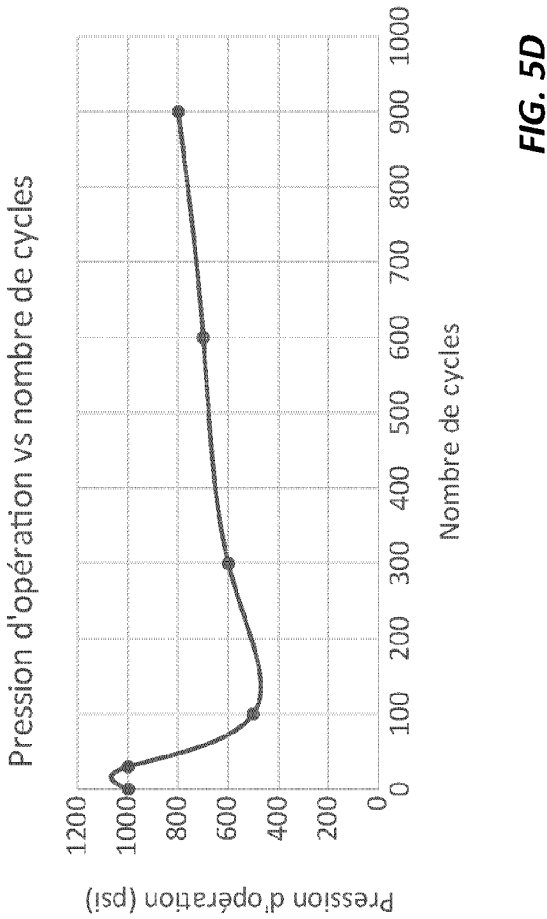
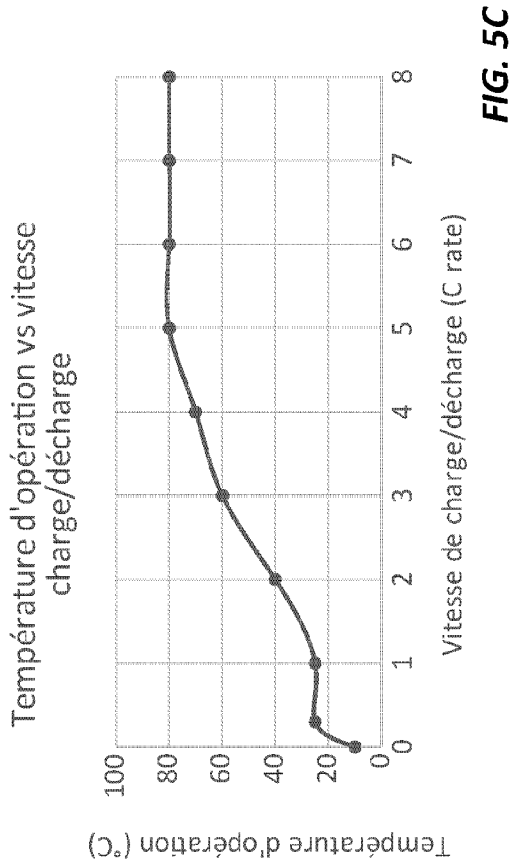
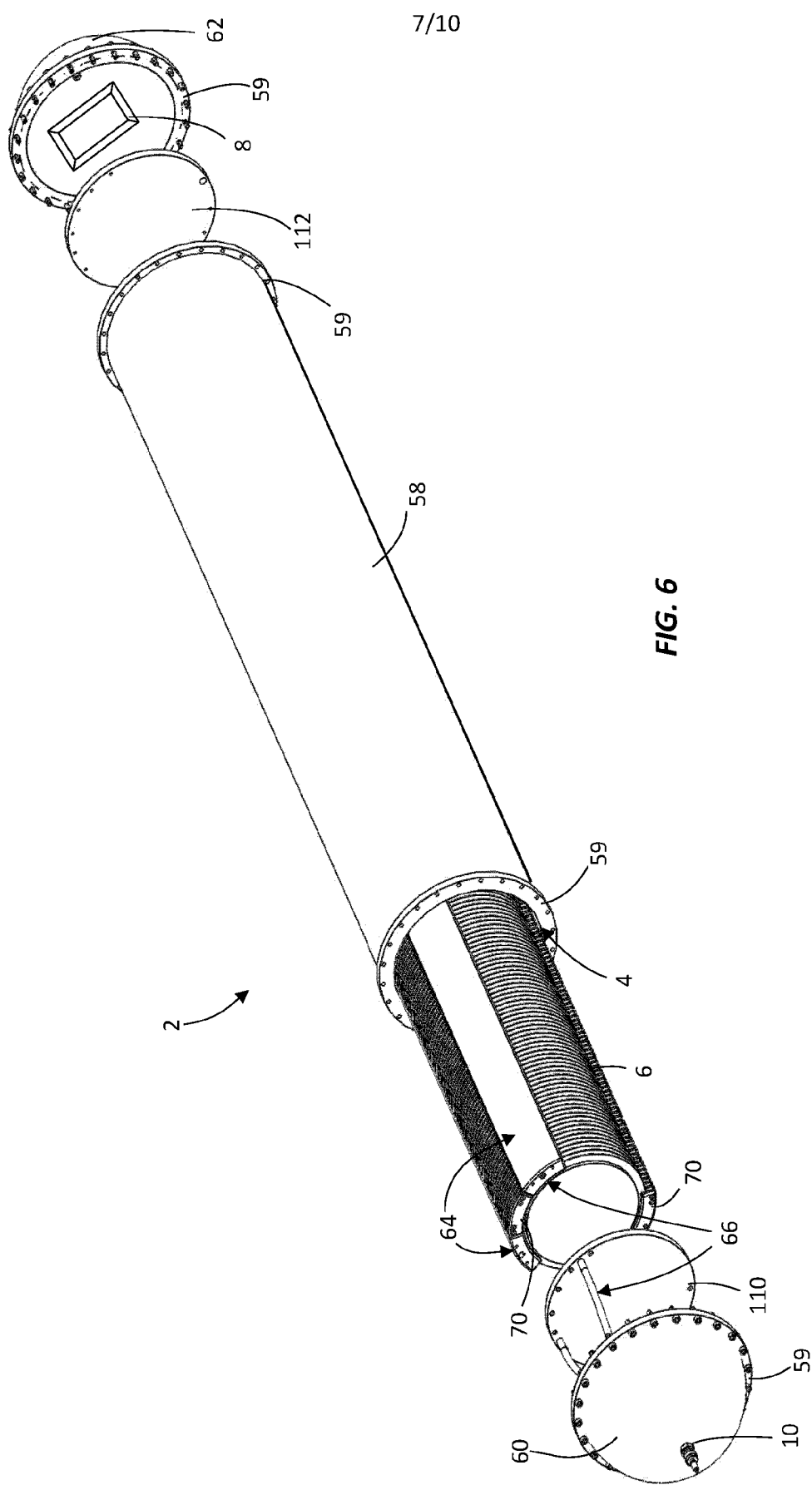


FIG. 5B





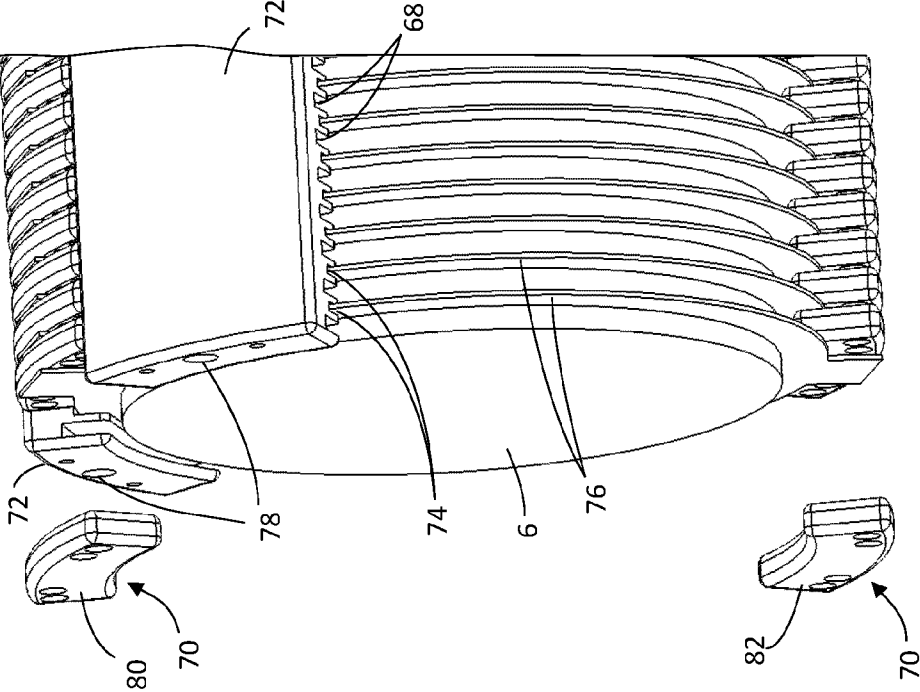


FIG. 7B

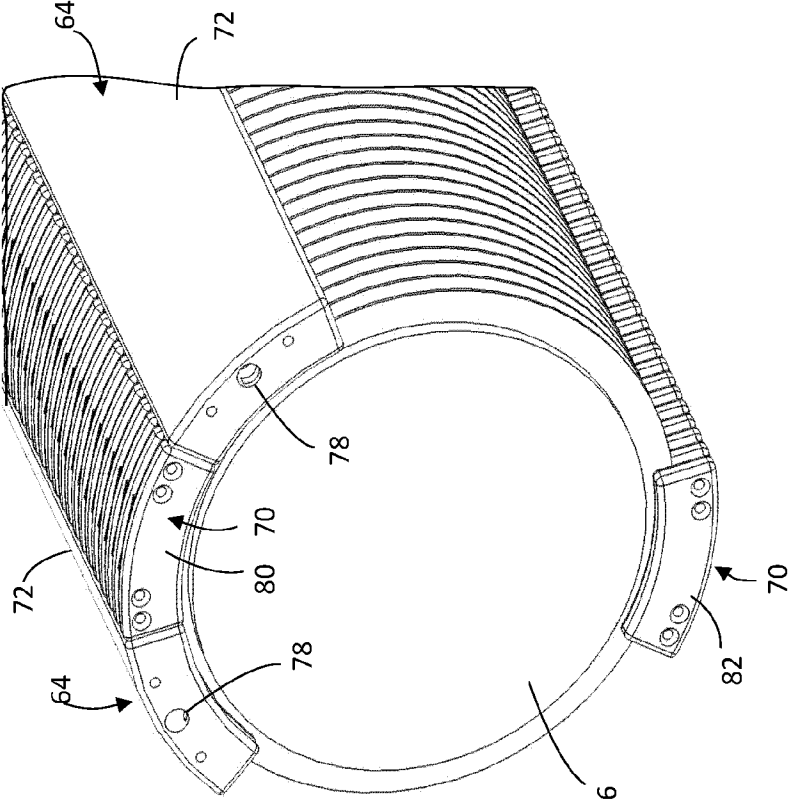


FIG. 7A

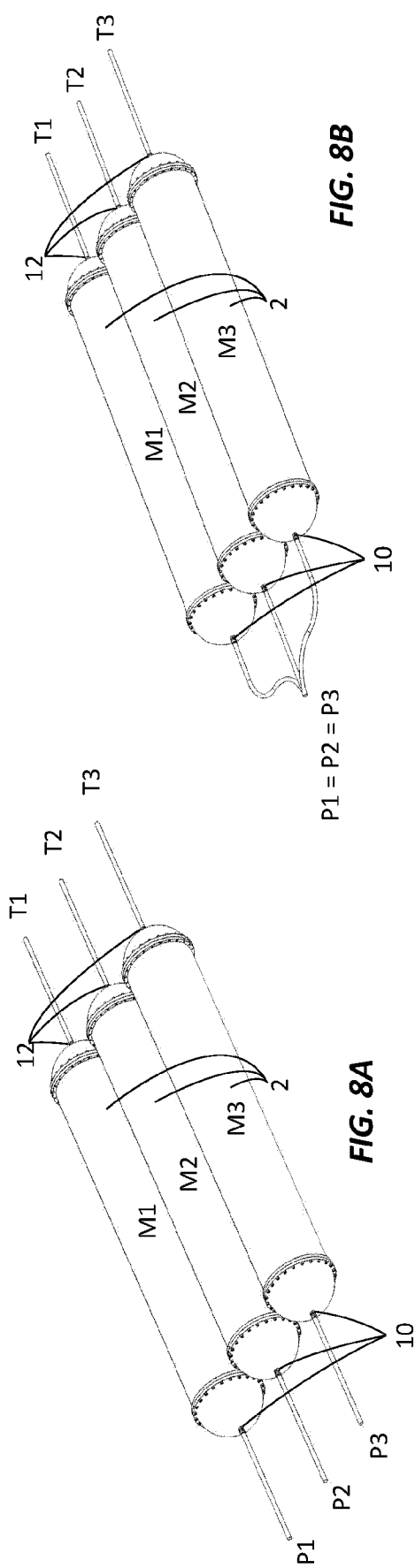


FIG. 8B

FIG. 8A

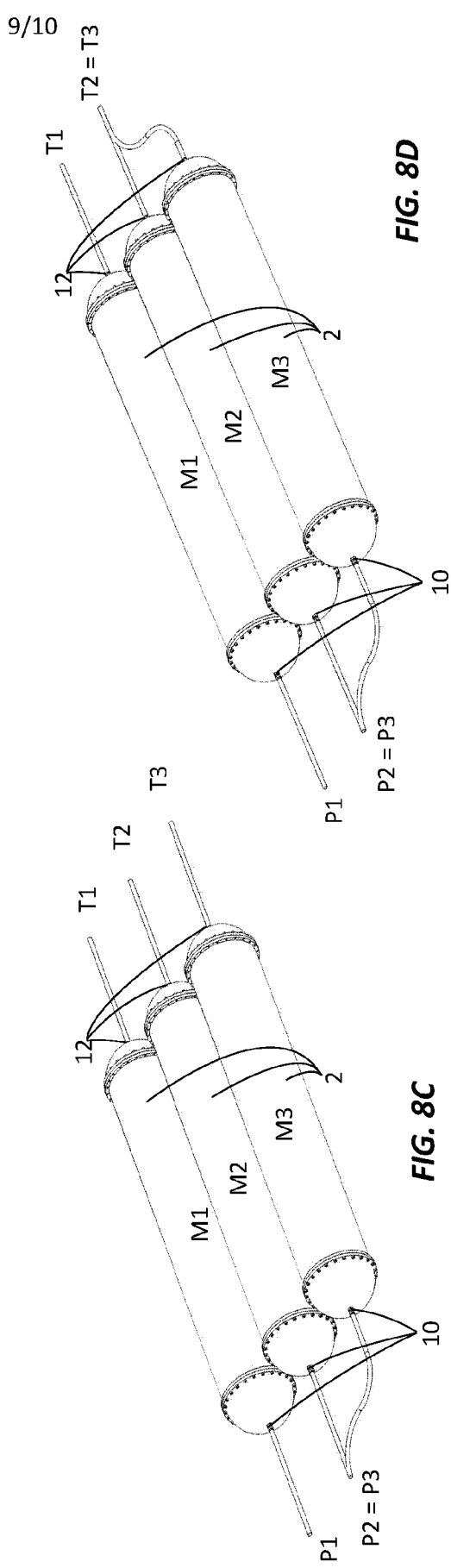
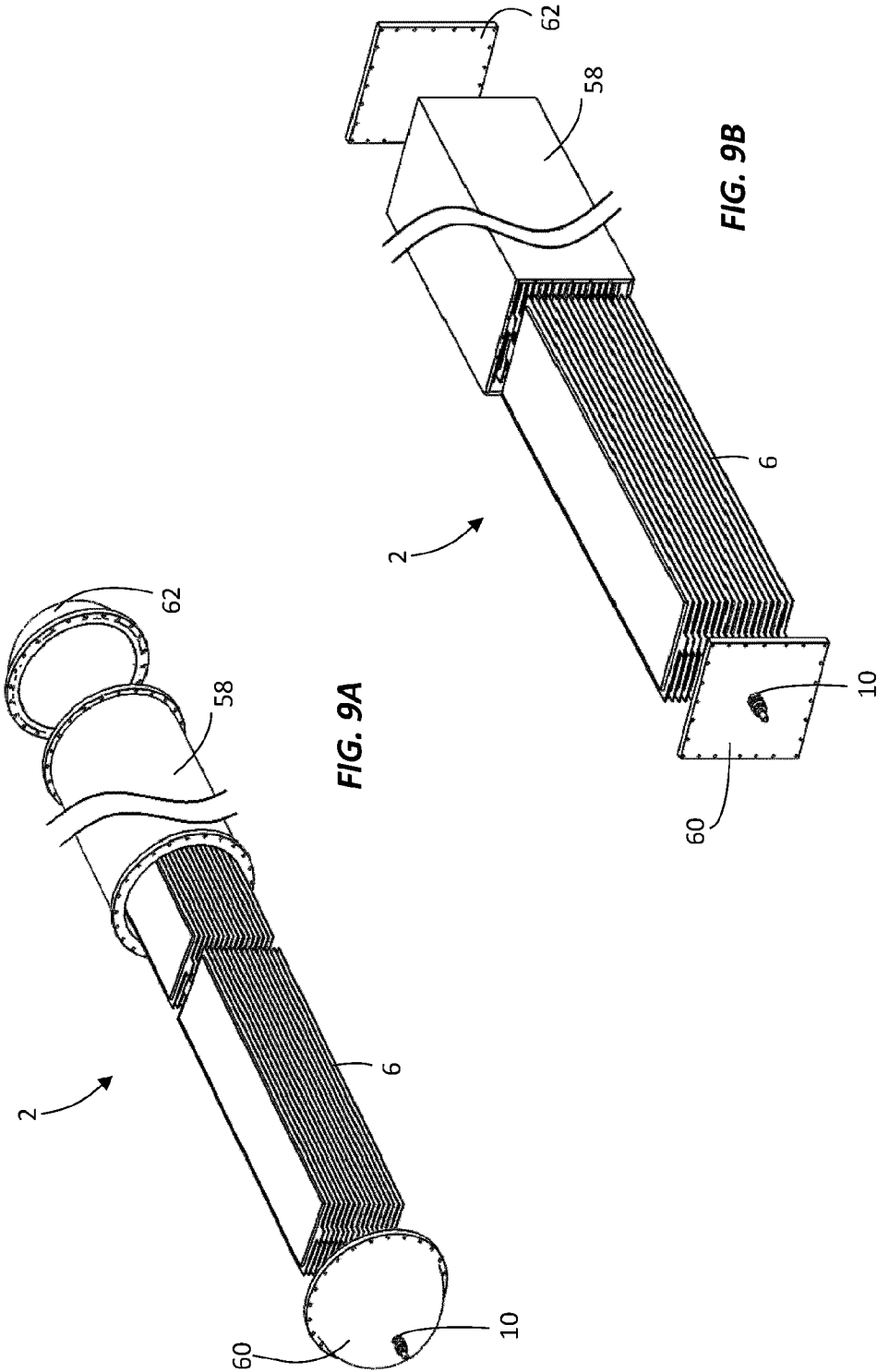


FIG. 8D

FIG. 8C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2022/051538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

CIB: **H01M 10/633** (2014.01), **H01M 10/48** (2006.01), **H01M 10/617** (2014.01), **H01M 10/6567** (2014.01),
H01M 50/204 (2021.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

CIB/CCB : H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

QUESTEL-ORBIT (FAMPAT); SciFinder; Base de données des brevets canadiens; GOOGLE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Trimbake, Amol & Singh, Chandra & Krishnan, Shankar. (2021). Mineral Oil Immersion Cooling of Lithium-Ion Batteries: An Experimental Investigation. Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage. 19. 1-12. 10.1115/1.4052094.	
A	FR3085547 A1; ALBERGUCCI ET COLL.; 06 March 2020 (06.03.2020) The whole document	
A	CN112886093 A; FAN ET COLL.; 01 June 2021 (01.06.2021) Automatic translation	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 2022

Date of mailing of the international search report

24 January 2023

Office de la propriété intellectuelle du Canada
Place du Portage I, C114 - 1er étage, Boîte PCT
50, rue Victoria
Gatineau, Québec K1A 0C9

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2022/051538

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP3499634 A1; AYAD; 19 June 2019 (19.06.2019) The whole document	
A	EP3654442 A1; SCHUMACHER ET COLL.; 20 May 2020 (20.05.2020) The whole document	
A	US20200298663 A1; ALLGAEUER ET COLL.; 24 September 2020 (24.09.2020) The whole document	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CA2022/051538

FR3085547A1	06 March 2020 (06-03-2020)	FR3085542A1	06 March 2020 (06-03-2020)
		FR3085556A1	06 March 2020 (06-03-2020)
		WO2020049249A1	12 March 2020 (12-03-2020)
CN112886093A	01 June 2021 (01-06-2021)	None	
EP3499634A1	19 June 2019 (19-06-2019)	None	
EP3654442A1	20 May 2020 (20-05-2020)	CN113016100A	22 June 2021 (22-06-2021)
		JP2022513026A	07 Feb 2022 (07-02-2022)
		TW202034574A	16 Sept 2020 (16-09-2020)
		US2022013823A1	13 Jan 2022 (13-01-2022)
		WO2020100071A1	22 May 2020 (22-05-2020)
US2020298663A1	24 Sept 2020 (24-09-2020)	US11318813B2	03 May 2022 (03-05-2022)
		CN111716987A	29 Sept 2020 (29-09-2020)
		DE102019107191A1	24 Sept 2020 (24-09-2020)
		EP3711983A1	23 Sept 2020 (23-09-2020)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/CA2022/051538

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB: H01M 10/633 (2014.01), H01M 10/48 (2006.01), H01M 10/617 (2014.01), H01M 10/6567 (2014.01), H01M 50/204 (2021.01) CCB: H01M 10/633 (2020.01), H01M 10/486 (2021.01), H01M 10/617 (2020.01), H01M 10/6567 (2020.01), H01M 50/204 (2021.01) Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB/CCB : H01M Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) QUESTEL-ORBIT (FAMPAT); SciFinder; Base de données des brevets canadiens; GOOGLE				
C. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	n° des revendications visées		
A	Trimbake, Amol & Singh, Chandra & Krishnan, Shankar. (2021). Mineral Oil Immersion Cooling of Lithium-Ion Batteries: An Experimental Investigation. Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage. 19. 1-12. 10.1115/1.4052094.			
A	FR3085547 A1; ALBERGUCCI ET COLL.; 6 mars 2020 (06-03-2020) Document entier			
A	CN112886093 A; FAN ET COLL.; 1 juin 2021 (01-06-2021) Traduction automatique			
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents. ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe.				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> * Catégories spéciales de documents cités : "A" document définissant l'état général de la technique, n'étant pas considéré comme particulièrement pertinent "D" document cité par le déposant dans la demande internationale "E" demande ou brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais après la date de priorité revendiquée </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour permettre de comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets </td> </tr> </table>			* Catégories spéciales de documents cités : "A" document définissant l'état général de la technique, n'étant pas considéré comme particulièrement pertinent "D" document cité par le déposant dans la demande internationale "E" demande ou brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais après la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour permettre de comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
* Catégories spéciales de documents cités : "A" document définissant l'état général de la technique, n'étant pas considéré comme particulièrement pertinent "D" document cité par le déposant dans la demande internationale "E" demande ou brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais après la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour permettre de comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche a été effectivement achevée 09 décembre 2022 (09-12-2022)	Date d'expédition du rapport de recherche 24 janvier 2023 (24-01-2023)			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale/CA Office de la propriété intellectuelle du Canada Place du Portage I, C114 - 1er étage, Boîte PCT 50, rue Victoria Gatineau, Québec K1A 0C9 n° de télécopieur : 001-819-953-6742	Fonctionnaire autorisé David Chamberlain (819) 639-8437			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/CA2022/051538

C (suite). DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	n° des revendications visées
A	EP3499634 A1; AYAD; 19 juin 2019 (19-06-2019) Document entier	
A	EP3654442 A1; SCHUMACHER ET COLL.; 20 mai 2020 (20-05-2020) Document entier	
A	US20200298663 A1; ALLGAEUER ET COLL.; 24 septembre 2020 (24-09-2020) Document entier	

Demande internationale n°
PCT/CA2022/051538

Document de brevet cité dans le rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet	Date de publication
FR3085547A1	06 mars 2020 (06-03-2020)	FR3085542A1 FR3085556A1 WO2020049249A1	06 mars 2020 (06-03-2020) 06 mars 2020 (06-03-2020) 12 mars 2020 (12-03-2020)
CN112886093A	01 juin 2021 (01-06-2021)	None	
EP3499634A1	19 juin 2019 (19-06-2019)	None	
EP3654442A1	20 mai 2020 (20-05-2020)	CN113016100A JP2022513026A TW202034574A US2022013823A1 WO2020100071A1	22 juin 2021 (22-06-2021) 07 février 2022 (07-02-2022) 16 septembre 2020 (16-09-2020) 13 janvier 2022 (13-01-2022) 22 mai 2020 (22-05-2020)
US2020298663A1	24 septembre 2020 (24-09-2020)	US11318813B2 CN111716987A DE102019107191A1 EP3711983A1	03 mai 2022 (03-05-2022) 29 septembre 2020 (29-09-2020) 24 septembre 2020 (24-09-2020) 23 septembre 2020 (23-09-2020)