

⑤④ COMMUNICATION OPTIQUE ENTRE MODULES D'UNE BATTERIE.

②② Date de dépôt : 19.02.20.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAFT SAS — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 20.08.21 Bulletin 21/33.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 11.02.22 Bulletin 22/06.

⑦② Inventeur(s) : OSWALD Dominique.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

⑦③ Titulaire(s) : SAFT SAS.

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Hirsch & Associés.



Description

Titre de l'invention : COMMUNICATION OPTIQUE ENTRE MODULES D'UNE BATTERIE

Domaine technique

[0001] Le domaine de la présente invention est celui des moyens de communication entre des modules d'une batterie.

Etat de la technique

[0002] Une batterie est composée de plusieurs modules, chaque module comprenant une pluralité d'éléments électrochimiques. Au sein d'un module, les éléments électrochimiques sont connectés entre eux en série et/ou en parallèle afin que le module délivre une tension et une quantité d'électricité prédéterminées.

[0003] La mise en série de plusieurs modules permet d'obtenir une batterie délivrant une tension pouvant être élevée. Il est par exemple possible de fabriquer une batterie délivrant une tension de 480 V en connectant en série dix modules délivrant chacun 48 V, chaque module étant obtenu par la mise en série de 14 éléments électrochimiques de type lithium-ion délivrant chacun une tension allant de 2 à 4 V. Une telle batterie est utilisée par exemple pour alimenter un système de traction électrique ou un système de stockage d'énergie mobile.

[0004] Afin de permettre un suivi de l'état des différents éléments des modules au cours du fonctionnement de la batterie, il est connu d'utiliser un dispositif qui mesure un ou plusieurs paramètres d'état des éléments. Le paramètre d'état peut être la température de l'élément ou la tension de l'élément. Un tel dispositif (abrévié SMU pour « safety management unit ») comporte une carte électronique qui réalise les mesures des paramètres d'état des éléments. De cette carte partent des connexions vers des capteurs de tension ou de température placés sur les éléments du module. Ce dispositif peut aussi comporter un moyen d'équilibrage qui effectue une égalisation des tensions des différents éléments du module.

[0005] Un contrôleur principal de la batterie (BMU pour « Battery Management Unit ») demande à chaque module, périodiquement ou à des instants prédéterminés, des informations sur l'état des éléments qui le composent. Par exemple, le contrôleur demande de recevoir des informations sur la température et la tension des éléments du module. Chaque module envoie alors au contrôleur principal des données de température et de tension concernant les éléments qui le constituent. Le contrôleur principal de batterie reçoit ces données, les compare à des valeurs limites et peut commander l'arrêt de la charge ou de la décharge de la batterie s'il détecte que l'un des modules contient un élément fonctionnant hors de sa plage nominale de fonc-

tionnement. Le contrôleur principal de batterie est alors capable d'isoler le module présentant l'élément défaillant en activant l'ouverture d'un relais. Un opérateur est alors averti de la présence d'un module présentant un élément défaillant. Les différentes fonctions du contrôleur de batterie sont donc de collecter les mesures des paramètres d'état des éléments de chaque module, de commander l'ouverture et la fermeture de relais pour interrompre ou établir le passage du courant dans un ou plusieurs modules présentant un ou plusieurs éléments défaillants et enfin d'avertir un utilisateur de l'isolement du ou de ces modules.

- [0006] Le suivi dans le temps du bon fonctionnement de la batterie requiert le transfert de données d'une part depuis les différents éléments d'un module vers le contrôleur principal de la batterie et d'autre part depuis le contrôleur principal de la batterie vers un ou plusieurs modules. De plus, les différents modules de la batterie doivent pouvoir échanger des données entre eux.
- [0007] L'échange de données entre modules ou entre un module et le contrôleur principal de la batterie peut s'effectuer par l'intermédiaire d'une liaison électrique. Cependant, cette technique requiert l'installation d'isolateurs électriques qui isolent les modules d'une part du châssis sur lequel ils sont placés et d'autre part du contrôleur principal, étant donné la tension très élevée à laquelle peut être soumis un module, comme expliqué ci-avant. Le contrôleur principal est isolé du potentiel de ce module. L'isolation peut se faire par un transformateur ou par un condensateur.
- [0008] La figure 1 représente une vue de dessus d'une batterie (B) conventionnelle comportant n modules ($M1$, $M2$ et Mn). Chaque module comporte sur sa face supérieure un dispositif ($SMU1$, $SMU2$, $SMUn$) qui mesure un ou plusieurs paramètres d'état des éléments du module. Ce dispositif comporte un faisceau de connexions électriques ($C1$, $C2$ et Cn) partant vers chacun des éléments du module. Les modules échangent des données entre eux et avec un contrôleur principal (BMU) au moyen d'une boucle de communication filaire. Chaque dispositif de mesure du ou des paramètres d'état des éléments du module comprend une première borne d'entrée ($E1$), une première borne de sortie ($S1$), une seconde borne d'entrée ($E2$) et une seconde borne de sortie ($S2$). Une borne d'entrée reçoit les données provenant d'un module voisin ou du contrôleur principal et les transmet par sa borne de sortie à un autre module voisin ou au contrôleur. Par exemple sur la figure 1, la première borne d'entrée ($E1$) du dispositif de mesure et de contrôle du module $M1$ reçoit les données du contrôleur principal et les transmet par sa première borne de sortie ($S1$) au module $M2$. La seconde borne d'entrée ($E2$) du dispositif de mesure et de contrôle du module $M1$ reçoit les données du dispositif de mesure et de contrôle du module $M2$ et les transmet par sa seconde borne de sortie ($S2$) au contrôleur principal. Une demande de données peut donc être envoyée par le contrôleur (BMU) vers chaque module de la batterie. Le

module concerné par la demande de données envoie les données au contrôleur principal. Les flèches allant du contrôleur principal vers le module Mn matérialisent un sens de circulation montant des données dans une boucle de communication filaire. Les flèches allant du module Mn vers le contrôleur principal matérialisent un sens de circulation descendant des données dans la boucle de communication filaire.

[0009] On peut noter sur la figure 1 que deux isolateurs I1 et I2 sont utilisés pour isoler le contrôleur principal BMU du module M1. Le module M1 est en effet celui qui est porté au plus haut potentiel dans la chaîne des connexions en série des modules. Il est requis d'isoler électriquement le contrôleur principal des modules de la batterie. Cette exigence d'isolateurs représente un coût non négligeable, en particulier lorsque la tension de batterie est élevée (par exemple 1000 V). De plus, la connectique filaire nécessite un coût matériel et d'installation qui augmente avec le nombre de modules.

[0010] Afin de s'affranchir de la nécessité de mettre en place des isolateurs, il est connu d'échanger des données entre modules ou entre un module et le contrôleur principal de la batterie en utilisant des ondes radios. Cependant cette solution présente les inconvénients suivants :

- Il est nécessaire d'adresser chaque module indépendamment de sa position et donc d'avoir une cartographie bien connue entre les modules, en particulier lorsque plusieurs batteries sont en parallèle.
- Il faut prévoir un découpage temporel ou fréquentiel des adressages, ce qui peut être difficile à réaliser pour des ensembles possédant plusieurs batteries de plusieurs modules et ce qui va réduire la bande passante. La bande passante dans un système de communication radio est en effet moins bonne que pour une communication filaire.
- la transmission des ondes radio peut être masquée par des ondes électromagnétiques. La batterie peut être perturbée par de forts appels de courants et des systèmes à découpage de forte puissance. Ceci peut être le cas si la batterie est placée à proximité d'un moteur de traction ou d'un onduleur. Il est donc difficile de qualifier de robuste un système de transmission par ondes radio.
- la présence d'une carrosserie métallique autour de la batterie peut créer une réflexion des ondes et des interférences.
- l'échange de données par ondes radio peut être piraté, en particulier si le protocole d'échange de données est un protocole connu de type Bluetooth.
- l'échange de données par ondes radio consomme de l'énergie électrique. Cette énergie électrique est généralement prélevée sur le pack batterie.

[0011] Il existe un besoin d'un système pour assurer l'échange de données d'une part entre les modules d'une batterie et d'autre part entre les modules de la batterie et le contrôleur principal. Ce système ne doit pas être filaire et ne doit pas être perturbé par des ondes électromagnétiques. Il doit également permettre de plus un échange de

données à haute fréquence (2 Mbit/s). De préférence, ce système doit comporter un mode veille caractérisé par une faible consommation d'électricité et doit pouvoir passer du mode veille à un mode de fonctionnement normal d'échanges de données.

[0012] La communication de données entre modules par voie optique est connue. On peut citer le document DE 102017204138 qui décrit un tel mode de communication. Dans ce document, un module donné communique des données directement à un contrôleur principal par voie optique. Des dispositifs de réflexion d'un signal optique, tels que des miroirs, sont disposés soit sur la paroi interne du couvercle du coffre de la batterie, soit sur l'enveloppe extérieure des modules. Par réflexion du signal optique sur ces miroirs, le signal optique envoyé par le module donné atteint le contrôleur principal. Les données ne sont pas transmises de proche en proche d'un module à un autre. De ce fait, les données reçues par le contrôleur principal ne concernent que le module ayant envoyé les données. Ce document ne prévoit pas de cumuler des informations concernant l'état de modules, autres que le module donné.

[0013] Le document WO 2012/124233 décrit un système de communication de données entre modules d'une batterie par voie optique. Ce système requiert l'emploi de fibres optiques. Celles-ci doivent être installées entre chaque module, ce qui rend le processus de montage d'une telle batterie complexe. On cherche donc à simplifier le système de communication entre les modules d'une batterie.

Résumé de l'invention

[0014] A cet effet l'invention propose une batterie comprenant :

- un contrôleur principal de la batterie,
- une pluralité de modules M_k , k allant de 1 à n , n étant le nombre de modules dans la batterie, chaque module étant muni d'un dispositif de mesure d'au moins un paramètre d'état du module et de contrôle du module, chaque dispositif commandant au moins un moyen d'émission d'un signal optique et au moins un moyen de réception d'un signal optique,

les modules étant agencés pour permettre la transmission en espace libre de données sous la forme d'un signal optique, la transmission des données s'effectuant de proche en proche, d'un module M_k à un module M_{k+1} , permettant la transmission de données depuis un module donné jusqu'au contrôleur principal de la batterie ou depuis le contrôleur principal de la batterie vers un module donné.

[0015] La géométrie de positionnement des dispositifs de mesure et de contrôle des modules crée une chaîne de communication permettant une liaison des modules au contrôleur principal de batterie.

[0016] Selon un mode de réalisation, chaque dispositif de mesure et de contrôle d'un module M_k commande :

- un premier moyen de réception RX du signal optique et un premier moyen d'émission TX du signal optique pour la transmission de données du module M_k vers le module M_{k+1} ,
- un second moyen de réception du signal optique et un second moyen d'émission du signal optique pour la transmission de données du module M_k vers le module M_{k-1} , le contrôleur principal de la batterie (BMU) commandant un premier moyen de réception (RX1) et un premier moyen d'émission (TX1) du signal optique pour une communication avec le module M1.

[0017] Dans ce mode de réalisation, le contrôleur principal de la batterie peut commander de plus un second moyen de réception (RX2) du signal optique et un second moyen d'émission (TX2) du signal optique disposés pour permettre une communication par signal optique avec le module M_n .

[0018] Selon un mode de réalisation, chaque dispositif de mesure et de contrôle d'un module M_k possède un seul moyen de réception (RX) du signal optique permettant de recevoir le signal optique du module M_{k-1} et un seul moyen d'émission (TX) du signal optique permettant d'émettre un signal optique vers le module M_{k+1} , et le contrôleur principal de la batterie possède un moyen d'émission du signal optique permettant d'émettre un signal optique vers le module M1 et un moyen de réception du signal optique permettant de recevoir un signal optique du module M_n .

[0019] Selon un mode de réalisation, le moyen d'émission (TX) du signal optique et le moyen de réception (RX) du signal optique sont moulés dans une enveloppe (C1, C2, C3) du module et affleurent à la surface de l'enveloppe du module.

[0020] Selon un mode de réalisation, le moyen d'émission (TX) du signal optique et le moyen de réception (RX) du signal optique sont disposés sur une carte électronique du dispositif de mesure et de contrôle du module et une enveloppe du module contient un premier guide d'onde (G1) qui conduit le signal optique depuis l'espace libre extérieur au module vers le moyen de réception (RX) du signal optique et un second guide d'onde (G1') qui conduit le signal optique depuis le moyen d'émission (TX) du signal optique vers l'espace libre extérieur au module.

[0021] Selon un mode de réalisation, une partie de l'enveloppe du module constitue un capot disposé sur la surface supérieure du module, le capot étant au moins en partie constitué d'un matériau permettant la transmission d'un signal optique.

[0022] La batterie peut comprendre un moyen (R1, R2) pour modifier la direction de propagation du signal optique entre deux modules.

[0023] Selon un mode de réalisation, chaque dispositif de mesure et de contrôle (SMU) possède un mode sommeil caractérisé par une première valeur de consommation de courant et qui sort de ce mode sommeil pour un mode de fonctionnement nominal caractérisé par une seconde valeur de consommation de courant lorsqu'un signal optique

est reçu par un moyen de réception (Rx) du signal optique, le ratio entre la seconde valeur de consommation de courant et la première valeur de consommation de courant étant supérieur ou égal à 10.

- [0024] Selon un mode de réalisation, le moyen d'émission du signal optique comprend une diode électroluminescente.
- [0025] Selon un mode de réalisation, le moyen de réception du signal optique comprend une photodiode associée à un comparateur à seuil de tension pour la détection de la présence ou non du signal optique.
- [0026] Selon un mode de réalisation, le moyen de réception du signal optique comprend un filtre passe-haut.
- [0027] Selon un mode de réalisation, les modules comprennent des éléments électro-chimiques de type lithium-ion.
- [0028] L'invention a également pour objet un système de traction électrique comprenant la batterie telle que décrite ci-avant.
- [0029] L'invention a également pour objet un centre de données alimenté en énergie par la batterie la batterie telle que décrite ci-avant.

Brève description des figures

- [0030] [fig.1] est une vue schématique de dessus d'une batterie (B) comprenant une pluralité de modules (M1, M2, Mn) et un contrôleur principal (BMU). L'échange de données entre modules ou entre un module et le contrôleur principal s'effectue par voie filaire selon un mode de communication conventionnel.
- [0031] [fig.2] est une vue schématique de dessus d'une batterie (B) selon l'invention comprenant une pluralité de modules (M1, M2, Mn) et un contrôleur principal (BMU) commandant un moyen d'émission (Tx) du signal optique à proximité du module (M1) et un moyen de réception (Rx) du signal optique à proximité du module Mn. Chaque dispositif de mesure et de contrôle d'un module (SMU1, SMU2, SMUn) comprend un seul moyen d'émission optique et un seul moyen de réception optique. L'échange de données se fait dans un seul sens.
- [0032] [fig.3] est une vue schématique de dessus d'une batterie (B) comprenant une pluralité de modules (M1, M2, Mn) et un contrôleur principal (BMU) commandant un moyen d'émission du signal optique (Tx) et un moyen de réception (Rx) du signal optique situés tous les deux à proximité du module (M1). L'échange de données entre modules ou entre un module de la batterie et le contrôleur principal s'effectue par voie optique selon l'invention dans un sens montant et dans un sens descendant.
- [0033] [fig.4] est une variante de configuration de la figure 3. Le contrôleur principal (BMU) présente deux cartes électroniques (CE1, CE2) commandant chacune un moyen de réception et un moyen d'émission. La carte CE1 est en communication

directe avec le module M1. La carte CE2 est en communication directe avec le module Mn.

[0034] [fig.5] est un schéma de l'association d'une photodiode et d'un comparateur.

[0035] [fig.6] est une vue schématique en coupe de trois modules (M1, M2, M3). Le moyen d'émission (TX) du signal optique et le moyen de réception (RX) du signal optique sont situés dans un capot (C1, C2, C3) du module et deux ouvertures (O1, O1', O2, O2', O3, O3') aménagées dans le capot permettent l'entrée et la sortie du signal optique dans les modules.

[0036] [fig.7] est une vue schématique en coupe de trois modules (M1, M2, M3). Une partie de l'enveloppe du module constitue un capot (C1, C2, C3) disposé sur la surface supérieure du module. Le capot est au moins en partie constitué d'un matériau permettant la transmission d'un signal optique.

[0037] [fig.8] est une vue schématique en coupe de trois modules (M1, M2, M3). Une partie de l'enveloppe du module constitue un capot (C1, C2, C3) disposé sur la surface supérieure du module. Deux guides d'onde (G1, G1', G2, G2', G3, G3') par module permettent l'entrée et la sortie du signal optique.

[0038] [fig.9] est une vue schématique en coupe de deux groupes superposés de trois modules. Deux miroirs (R1, R2) permettent de modifier de 90° la direction de propagation du signal optique. Celui-ci se propage du groupe de modules de l'étage inférieur vers le groupe de modules de l'étage supérieur.

Description de modes de réalisation

[0039] La présente invention repose sur le principe d'un transfert de données entre deux modules ou entre un module et un contrôleur principal par voie optique en espace libre, sans utilisation de moyen de guidage du signal optique, tel qu'une fibre optique. L'opération d'assemblage de la batterie est donc simplifiée par rapport à un système de guidage du signal optique par fibre optique car elle ne nécessite pas d'étape de raccordement des différents modules de la batterie à des moyens de guidage du signal optique.

[0040] Les dispositifs de mesure et de contrôle des modules sont munis d'au moins un moyen d'émission d'un signal optique et d'au moins un moyen de réception d'un signal optique. Le moyen d'émission du signal optique d'un module Mk donné émet un signal optique en espace libre. Ce signal optique est reçu par le moyen de réception d'un module voisin Mk-1 ou Mk+1. Le moyen de réception du signal optique d'un module Mk reçoit le signal optique émis en espace libre par un module voisin Mk+1 ou Mk-1. L'ensemble formé par le moyen d'émission et le moyen de réception du signal optique d'un dispositif de mesure et de contrôle d'un module k donné Mk constitue un relais qui retransmet les données provenant d'un module voisin Mk-1 (respectivement Mk+1) vers un autre module voisin Mk+1 (respectivement Mk-1).

Ceci permet un transfert des données de proche en proche entre modules. Le contrôleur principal comprend également au moins un moyen d'émission d'un signal optique et au moins un moyen de réception d'un signal optique. Différents positionnements des modules et du contrôleur principal sont décrits ci-après.

[0041] Généralement, le moyen d'émission du signal optique d'un dispositif de mesure et de contrôle d'un module k (Mk) donné est placé face à un moyen de réception du signal optique d'un dispositif de mesure et de contrôle d'un autre module Mk-1 ou Mk+1 et le moyen de réception du signal optique du dispositif de mesure et de contrôle du module k (Mk) est placé face à un moyen d'émission du signal optique du dispositif de mesure et de contrôle d'un autre module Mk+1 ou Mk-1. Le placement d'un moyen d'émission du signal optique en face à face d'un moyen de réception du signal optique permet de diriger le signal optique sans avoir à recourir à un guide d'onde.

L'espacement entre deux modules peut être de 1 à 20 cm, de préférence de 5 à 15 cm.

[0042] La communication des données peut s'effectuer soit du contrôleur principal de la batterie vers un module donné, soit d'un module donné vers le contrôleur principal.

[0043] L'installation des modules dans la batterie est simplifiée car l'étape d'alignement des modules en mettant en face à face le moyen d'émission d'un module avec le moyen de réception d'un autre module est simple à réaliser. Après avoir réalisé cet alignement, on connecte entre eux les modules par leurs bornes de sortie de courant, généralement en série, afin d'augmenter la tension disponible de la batterie.

[0044] L'implémentation de la communication optique offre aussi l'opportunité de créer des modules directement connectables en puissance, avec des connecteurs de type mâchoire, à un bus bar. Ainsi, l'installation se fait par un simple glissement du module le long d'un rail, les connecteurs étant par exemple à l'arrière du module et venant se connecter à la puissance, la liaison optique pouvant s'établir dès que les différents modules sont les uns au-dessus des autres.

[0045] L'invention offre de plus les avantages suivants :

- Elle permet de réduire le risque d'électrisation. En effet, il n'existe plus de liaison électrique entre un module et le contrôleur principal de batterie. Dans l'art antérieur, le module qui était en communication avec le contrôleur de batterie pouvait être porté à un haut potentiel, par exemple supérieur à 400 V. Aussi, il était nécessaire d'installer un isolateur entre ce module et le contrôleur de batterie afin de prévenir les risques d'électrisation. Selon l'invention, il n'y a plus de liaison électrique entre le module et le contrôleur de batterie mais une liaison optique, ce qui réduit les risques d'électrisation.

- Elle permet de réduire le risque de perturbation par des champs électromagnétiques. En effet, une liaison optique n'est pas perturbée par des émissions électromagnétiques.

- En comparaison avec un mode de communication entre modules par ondes radio, la

directivité de la lumière permet de s'affranchir de la contrainte de gestion de l'adressage de chaque module.

- Elle permet une disposition monotone des modules dans un coffre de batterie, c'est-à-dire un alignement régulier des modules les uns à côté des autres.
- Elle permet d'utiliser directement des pattes de connexion d'entrée et de sortie du composant de type circuit intégré utilisé avec le dispositif de mesure et de contrôle sans avoir à créer une sur-couche de protocole de communication.

[0046] Trois modes de réalisation de l'invention sont décrits ci-après.

[0047] Selon un **premier** mode de réalisation représenté figure 2, le contrôleur principal (BMU) comprend un seul moyen d'émission (TX) du signal optique et un seul moyen de réception (RX) du signal optique. Le moyen d'émission du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen de réception du signal optique du module M1 et le moyen de réception (RX) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen d'émission du signal optique du module Mn. Le module M1 est celui qui reçoit directement des données du contrôleur principal. Le module Mn est celui qui transmet directement des données au contrôleur principal. Dans une telle configuration, la communication de données s'effectue dans un sens unique matérialisé par la flèche (F). Le moyen d'émission (TX) du signal optique du contrôleur principal se situe sur une première carte électronique qui communique directement avec le module M1. Le moyen de réception (RX) du signal optique du contrôleur principal se situe sur une seconde carte électronique qui communique directement avec le module Mn.

[0048] Selon un **second** mode de réalisation représenté figure 3, le moyen d'émission (TX) du signal optique du contrôleur principal (BMU) communique en espace libre avec un moyen de réception (RX) du signal optique du module M1 et le moyen de réception (RX) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen d'émission (TX) du signal optique du module M1. Le module M1 reçoit directement des données du contrôleur principal et transmet directement au contrôleur principal des données provenant du module M2. La communication de données s'effectue dans deux sens différents. Dans un sens dit « montant », le contrôleur principal émet des données qui sont reçues par le module M1. Ces données sont relayées par l'intermédiaire des modules M2, Mk, etc. jusque vers le module Mn. Le module Mn permet le retour des données vers le contrôleur principal. Dans un sens dit « descendant », les données du module Mn sont relayées par l'intermédiaire des modules Mn-1, Mn-2, ... , M1 jusque vers le contrôleur principal. Le signal optique reçu par le contrôleur principal peut ainsi contenir des données relatives au fonctionnement de l'ensemble des modules de la batterie.

[0049] Selon un **troisième** mode de réalisation schématisé figure 4, le contrôleur principal

(BMU) comprend :

- un premier moyen d'émission (TX1) du signal optique et un premier moyen de réception (RX1) du signal optique ;
- un second moyen d'émission (TX2) du signal optique et un second moyen de réception (RX2) du signal optique.

[0050] Le premier moyen d'émission (TX1) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen de réception (RX) du signal optique du module M1 et le premier moyen de réception (RX1) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen d'émission (TX) du signal optique du module M1. Le module M1 est le module qui reçoit et transmet directement des données du ou vers le contrôleur principal. Le premier moyen d'émission (TX1) et le premier moyen de réception (RX1) du signal optique sont situés sur une première carte électronique BMU(CE1) du contrôleur principal et sont placés à proximité du module M1.

[0051] Le second moyen de réception (RX2) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen d'émission (TX) du signal optique du module Mn et le second moyen d'émission (TX2) du signal optique du contrôleur principal communique en espace libre avec un moyen de réception (RX) du signal optique du module Mn. Le second moyen de réception et le second moyen d'émission du signal optique sont situés sur une seconde carte électronique BMU(CE2) placée à proximité du module Mn. Le changement de sens de circulation des données s'effectue au niveau de cette seconde carte électronique. Ce mode de réalisation est intéressant en ce qu'il permet de ne pas interrompre la communication des données dans le cas où un moyen d'émission d'une des deux cartes électroniques serait défectueux. Supposons par exemple que le second moyen d'émission (TX2) de la seconde carte électronique BMU(CE2) placée à proximité du module Mn soit défaillant. Cette carte ne peut donc plus communiquer avec le module Mn. Dans ce cas, le premier moyen d'émission (TX1) de la première carte électronique BMU(CE1) placée à proximité du module M1 peut se substituer au moyen d'émission défaillant. On se retrouve alors dans un fonctionnement correspondant à la configuration de la figure 3.

[0052] Mode d'échanges de données entre le contrôleur principal et les modules :

[0053] L'échange de données entre le contrôleur principal et les modules s'effectue de la manière suivante. Le contrôleur principal envoie aux modules, à des instants prédéterminés ou périodiquement, une demande d'informations relatives à leur fonctionnement. Ces informations peuvent être la tension ou le courant ou la température des modules. Elles peuvent aussi être la tension ou le courant ou la température des éléments de ces modules. Chaque dispositif de mesure et de contrôle associé à un module donné envoie au contrôleur principal les informations requises. Le contrôleur

principal recueille ces informations, les analyse et les compare à des valeurs limites prédéterminées. Il agit en commandant l'ouverture et la fermeture de relais afin d'isoler un ou plusieurs modules ou au contraire de les reconnecter à l'application devant être alimentée en énergie. Le contrôleur principal a également pour fonction de communiquer à l'utilisateur ces informations et de le prévenir d'un éventuel dysfonctionnement de la batterie. Le fait que les informations soient relayées de proche en proche, d'un module à un module voisin, permet de cumuler les informations relatives à chacun des modules. Ainsi le signal optique reçu par le contrôleur cumule les informations relatives aux différents modules de la batterie. Un des avantages de la communication par voie optique est donc que le signal optique s'enrichit de données relatives à l'état des différents modules au fur et à mesure que le signal traverse successivement les différents modules de la batterie. Les modules peuvent également échanger des données entre eux sans nécessairement les communiquer au contrôleur principal.

[0054] Il va maintenant être décrit plusieurs modes de réalisation qui peuvent s'appliquer à l'un quelconque des trois modes de réalisation décrits ci-avant.

[0055] - Le moyen d'émission du signal optique peut être une diode électroluminescente (LED) émettant de préférence dans le visible ou dans l'infra-rouge. Le moyen de réception du signal optique peut être une photodiode. La photodiode peut être associée à un comparateur à seuil de tension pour la détection de la présence ou non du signal optique, comme représenté sur la figure 5. Le comparateur à seuil de tension présente sur sa sortie S un niveau bas « 0 » lorsque la tension délivrée par la photodiode est inférieure à une tension de seuil V_s prédéterminée. Il présente sur sa sortie un niveau haut « 1 » lorsque la tension délivrée par la photodiode est supérieure à la tension de seuil prédéterminée. Un jeu de résistances et de condensateur permet de réaliser un filtre électronique passe-haut. Ce filtre permet de ne garder que les hautes fréquences autour du MHz pour que toutes les sources lumineuses continues ne viennent pas perturber le signal. On peut aussi prévoir un filtre optique (photodiode filtrée pour n'obtenir que les infra-rouges) pour fiabiliser la transmission et éviter les perturbations de lumière visible par exemple.

[0056] Un comparateur à seuil de tension peut également être utilisé dans le dispositif de réception du signal optique d'une carte électronique du contrôleur de batterie. Un niveau haut en sortie du comparateur commande au contrôleur principal de passer du mode veille au mode d'échange de données. L'invention permet de réduire le coût de fabrication d'une batterie car une diode électroluminescente et une photodiode sont moins onéreux qu'un connecteur électrique. Ceci est le cas en particulier lorsque ce connecteur est utilisé dans des applications imposant de fortes contraintes vibratoires.

[0057] - Un circuit détecteur d'enveloppe, comprenant par exemple une diode, une ré-

sistance et un condensateur, disposé en sortie du comparateur permet de détecter qu'un signal est reçu et de créer un signal de réveil qui active le dispositif de mesure et de contrôle d'un module. Le dispositif de mesure et de contrôle du module pourra fonctionner en mode basse consommation en mode veille et passer en mode de fonctionnement normal lors de la réception par la photodiode d'un signal optique. A titre d'exemple, un dispositif de mesure et de contrôle du module consomme quelques dizaines de microampère en mode veille et autour d'une dizaine de milliampère en mode actif.

- [0058] - Au sein d'un module, le moyen d'émission et de réception du signal optique peuvent être logés dans un capot disposé sur la partie supérieure du module et réalisé en matière plastique. Le moyen d'émission et le moyen de réception peuvent être moulés ou surmoulés dans le capot en matière plastique. Deux ouvertures sont aménagées dans le capot pour permettre l'émission et la réception du signal optique. Pour un module donné M_k , une première ouverture laisse passer le signal optique produit par le moyen d'émission du module M_k . Elle est mise en face à face avec une ouverture d'un module voisin M_{k-1} ou M_{k+1} destinée à recevoir le signal optique émis par le module M_k . Une seconde ouverture est mise en face à face avec une ouverture d'un module voisin M_{k-1} ou M_{k+1} émettant le signal optique. Les variantes suivantes a)-c) existent pour ce mode de réalisation.
- [0059] a) Le moyen d'émission et le moyen de réception sont placés à proximité des ouvertures. De préférence, ils sont placés au niveau des ouvertures. La figure 6 est une vue schématique en coupe de trois modules (M_1 , M_2 , M_3) comprenant chacun dans leur partie supérieure un capot (C_1 , C_2 , C_3) logeant un moyen d'émission (TX) et un moyen de réception (RX) du signal optique. Le moyen d'émission et le moyen de réception du signal optique sont situés à proximité d'ouvertures (O_1 , O_1' , O_2 , O_2' , O_3 , O_3').
- [0060] b) Au lieu d'être disposés à proximité ou sur les ouvertures, le moyen d'émission et le moyen de réception du signal optique peuvent être situés en retrait de ces ouvertures. Le moyen d'émission et le moyen de réception du signal optique sont disposés sur une carte électronique du dispositif de mesure et de contrôle du module. La transmission du signal optique dans le capot s'effectue par une ou plusieurs réflexions du signal optique sur une ou plusieurs parois du capot. Le capot est dans ce cas au moins en partie constitué d'un matériau transparent à la longueur d'onde utilisée pour le signal optique. Ce matériau peut être du plexiglas. Une telle configuration est représentée à la figure 7. Ce mode de réalisation permet d'augmenter le gain de transmission en focalisant le signal optique. On peut noter que dans ce mode de réalisation, on rapproche les ouvertures en face à face des deux modules voisins.
- [0061] c) Le moyen d'émission et le moyen de réception du signal optique peuvent être

situés en retrait de ces ouvertures. Ils peuvent être disposés sur une carte électronique du dispositif de mesure et de contrôle du module. Le signal optique est transmis à travers le capot par l'intermédiaire d'un guide d'onde, tel qu'une fibre optique. Une telle configuration est représentée à la figure 8. Une première fibre optique (G1, G2, G3) connectée au moyen de réception (RX) du signal optique transmet le signal optique provenant de l'extérieur du module vers le moyen de réception. Une seconde fibre optique (G1', G2', G3') connectée au moyen d'émission du signal optique (TX) transmet le signal optique vers un module voisin. Les extrémités des deux guides d'onde débouchent sur deux ouvertures (O1, O1', O2, O2', O3, O3') du capot. Ce mode de réalisation permet de réaliser un module hermétique.

- [0062] On peut envisager de modifier la direction de propagation du signal optique dans l'air en intercalant un dispositif de réflexion du signal optique entre deux modules, par exemple un miroir ou une lame de plexiglas. Un exemple de ce mode de réalisation est illustré à la figure 9. Celle-ci montre en coupe deux groupes de trois modules superposés. Deux miroirs (R1, R2) permettent de modifier de 90° la direction de propagation du signal optique. Ainsi, le signal optique émis par le module gauche du groupe de modules de l'étage inférieur est transmis au module gauche du groupe de modules de l'étage supérieur. Ce mode de réalisation permet d'assembler des modules sur plusieurs étages tout en conservant la transmission en espace libre.

Revendications

[Revendication 1]

Batterie (B) comprenant :

- un contrôleur principal de la batterie (BMU),
- une pluralité de modules M_k , k allant de 1 à n , n étant le nombre de modules dans la batterie, chaque module étant muni d'un dispositif (SMU) de mesure d'au moins un paramètre d'état du module et de contrôle du module, chaque dispositif commandant au moins un moyen d'émission (TX) d'un signal optique et au moins un moyen de réception (RX) d'un signal optique,

les modules étant agencés pour permettre la transmission en espace libre de données sous la forme d'un signal optique, la transmission des données s'effectuant de proche en proche, d'un module M_k à un module M_{k+1} , permettant la transmission de données depuis un module donné jusqu'au contrôleur principal de la batterie ou depuis le contrôleur principal de la batterie vers un module donné.

[Revendication 2]

Batterie selon la revendication 1, dans laquelle chaque dispositif de mesure et de contrôle d'un module M_k commande :

- un premier moyen de réception (RX) du signal optique et un premier moyen d'émission (TX) du signal optique pour la transmission de données du module M_k vers le module M_{k+1} ,
- un second moyen de réception du signal optique et un second moyen d'émission du signal optique pour la transmission de données du module M_k vers le module M_{k-1} ,

le contrôleur principal de la batterie (BMU) commandant un premier moyen de réception (RX1) et un premier moyen d'émission (TX1) du signal optique pour une communication avec le module M_1 .

[Revendication 3]

Batterie selon la revendication 2, dans laquelle le contrôleur principal de la batterie commande de plus :

- un second moyen de réception (RX2) du signal optique et un second moyen d'émission (TX2) du signal optique disposés pour permettre une communication par signal optique avec le module M_n .

[Revendication 4]

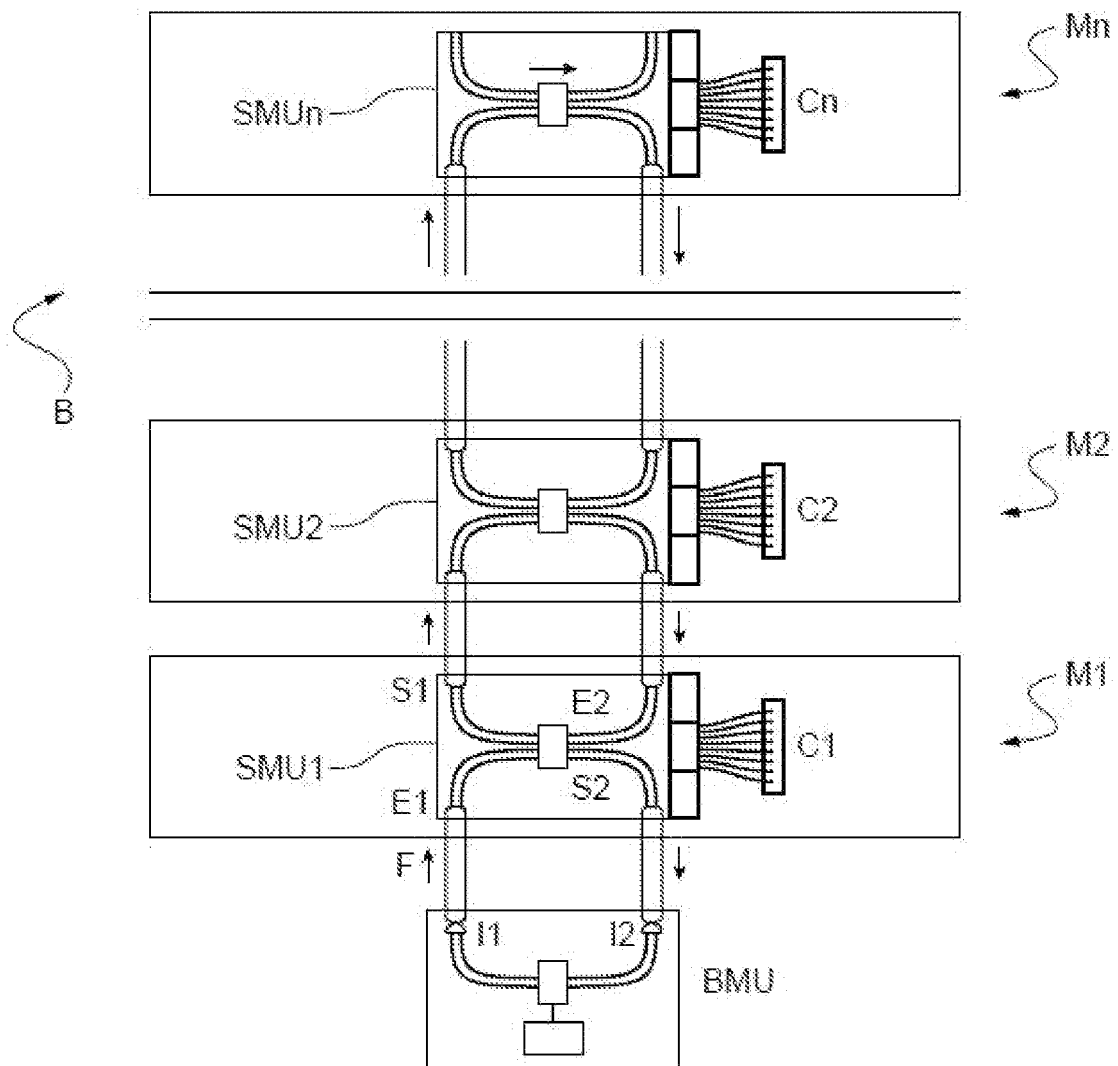
Batterie selon la revendication 1, dans laquelle chaque dispositif de mesure et de contrôle d'un module M_k possède un seul moyen de réception (RX) du signal optique permettant de recevoir le signal optique du module M_{k-1} et un seul moyen d'émission (TX) du signal optique permettant d'émettre un signal optique vers le module M_{k+1} , et le contrôleur principal de la batterie possède un moyen d'émission du

signal optique permettant d'émettre un signal optique vers le module M1 et un moyen de réception du signal optique permettant de recevoir un signal optique du module Mn.

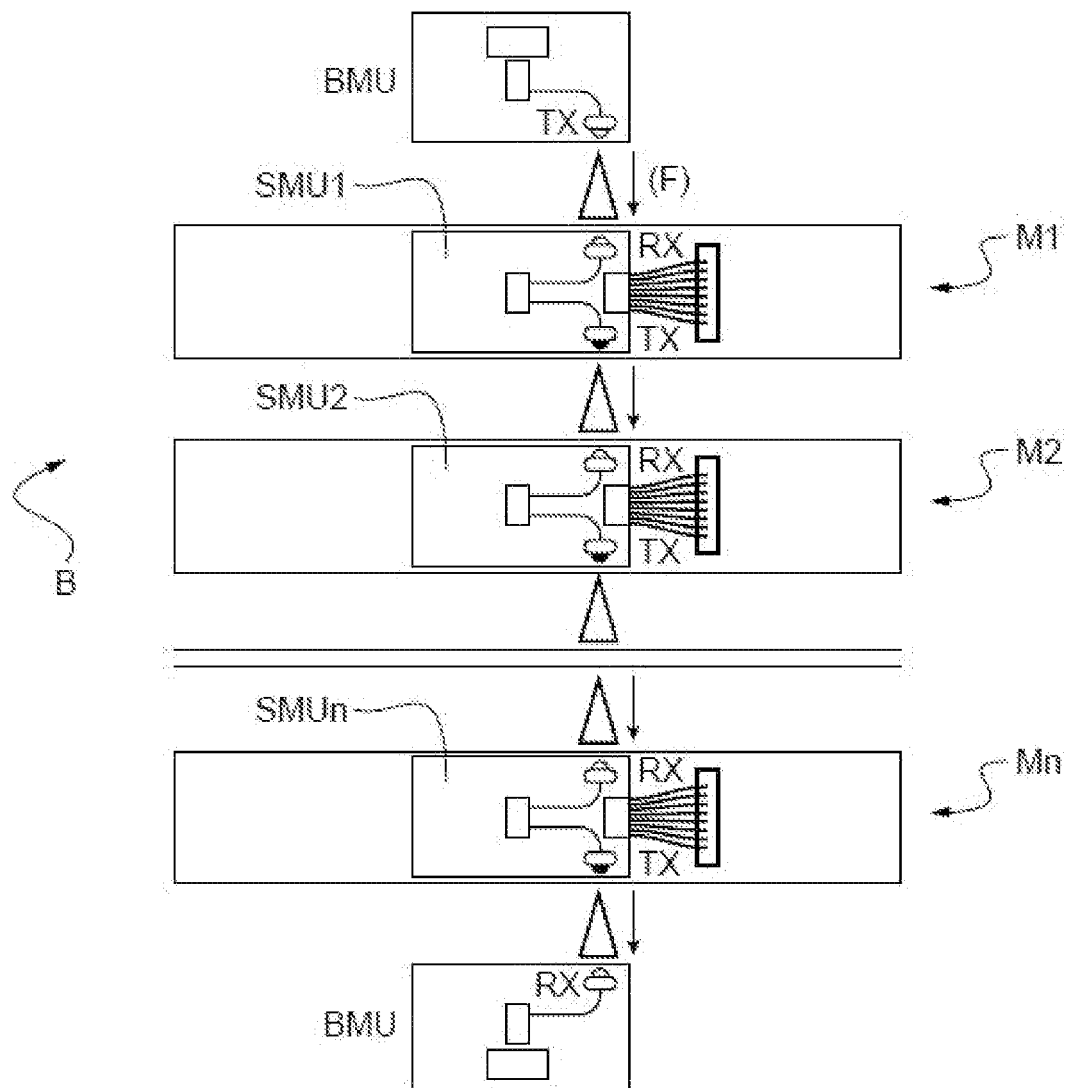
- [Revendication 5] Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le moyen d'émission (TX) du signal optique et le moyen de réception (RX) du signal optique sont moulés dans une enveloppe (C1, C2, C3) du module et affleurent à la surface de l'enveloppe du module.
- [Revendication 6] Batterie selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle le moyen d'émission (TX) du signal optique et le moyen de réception (RX) du signal optique sont disposés sur une carte électronique du dispositif de mesure et de contrôle du module et une enveloppe du module contient un premier guide d'onde (G1) qui conduit le signal optique depuis l'espace libre extérieur au module vers le moyen de réception (RX) du signal optique et un second guide d'onde (G1') qui conduit le signal optique depuis le moyen d'émission (TX) du signal optique vers l'espace libre extérieur au module.
- [Revendication 7] Batterie selon l'une des revendications 5 et 6, dans laquelle une partie de l'enveloppe du module constitue un capot disposé sur la surface supérieure du module, le capot étant au moins en partie constitué d'un matériau permettant la transmission d'un signal optique.
- [Revendication 8] Batterie selon l'une des revendications précédentes, comprenant un moyen (R1, R2) pour modifier la direction de propagation du signal optique entre deux modules.
- [Revendication 9] Batterie selon l'une des revendications précédentes, où chaque dispositif de mesure et de contrôle (SMU) possède un mode sommeil caractérisé par une première valeur de consommation de courant et qui sort de ce mode sommeil pour un mode de fonctionnement nominal caractérisé par une seconde valeur de consommation de courant lorsqu'un signal optique est reçu par un moyen de réception (Rx) du signal optique, le ratio entre la seconde valeur de consommation de courant et la première valeur de consommation de courant étant supérieur ou égal à 10.
- [Revendication 10] Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le moyen d'émission du signal optique comprend une diode électroluminescente.
- [Revendication 11] Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le moyen de réception du signal optique comprend une photodiode associée à un comparateur à seuil de tension pour la détection de la présence ou non du signal optique.

- [Revendication 12] Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le moyen de réception du signal optique comprend un filtre passe-haut.
- [Revendication 13] Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les modules comprennent des éléments électrochimiques de type lithium-ion.
- [Revendication 14] Système de traction électrique comprenant la batterie selon l'une des revendications précédentes.
- [Revendication 15] Centre de données alimenté en énergie par la batterie selon l'une des revendications 1 à 13.

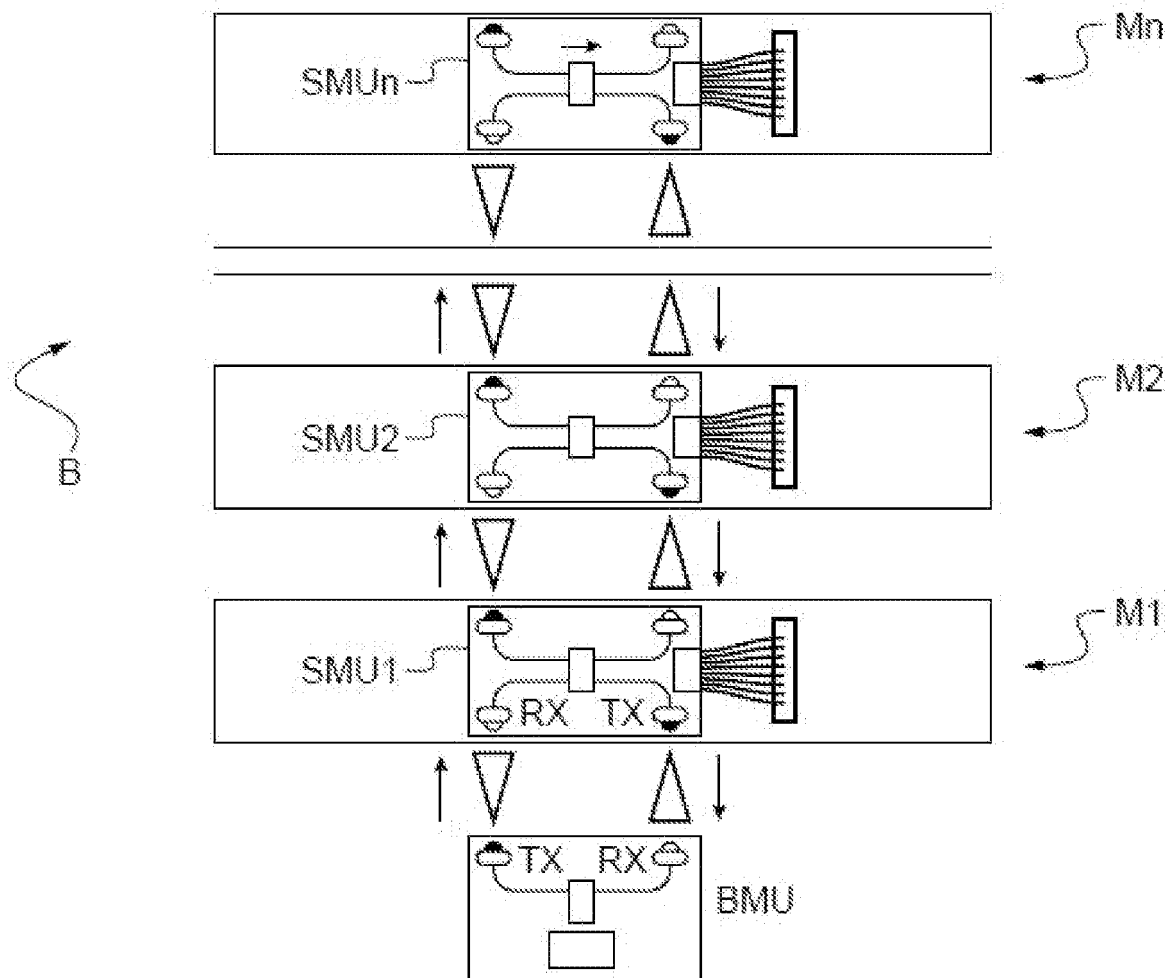
[Fig. 1]



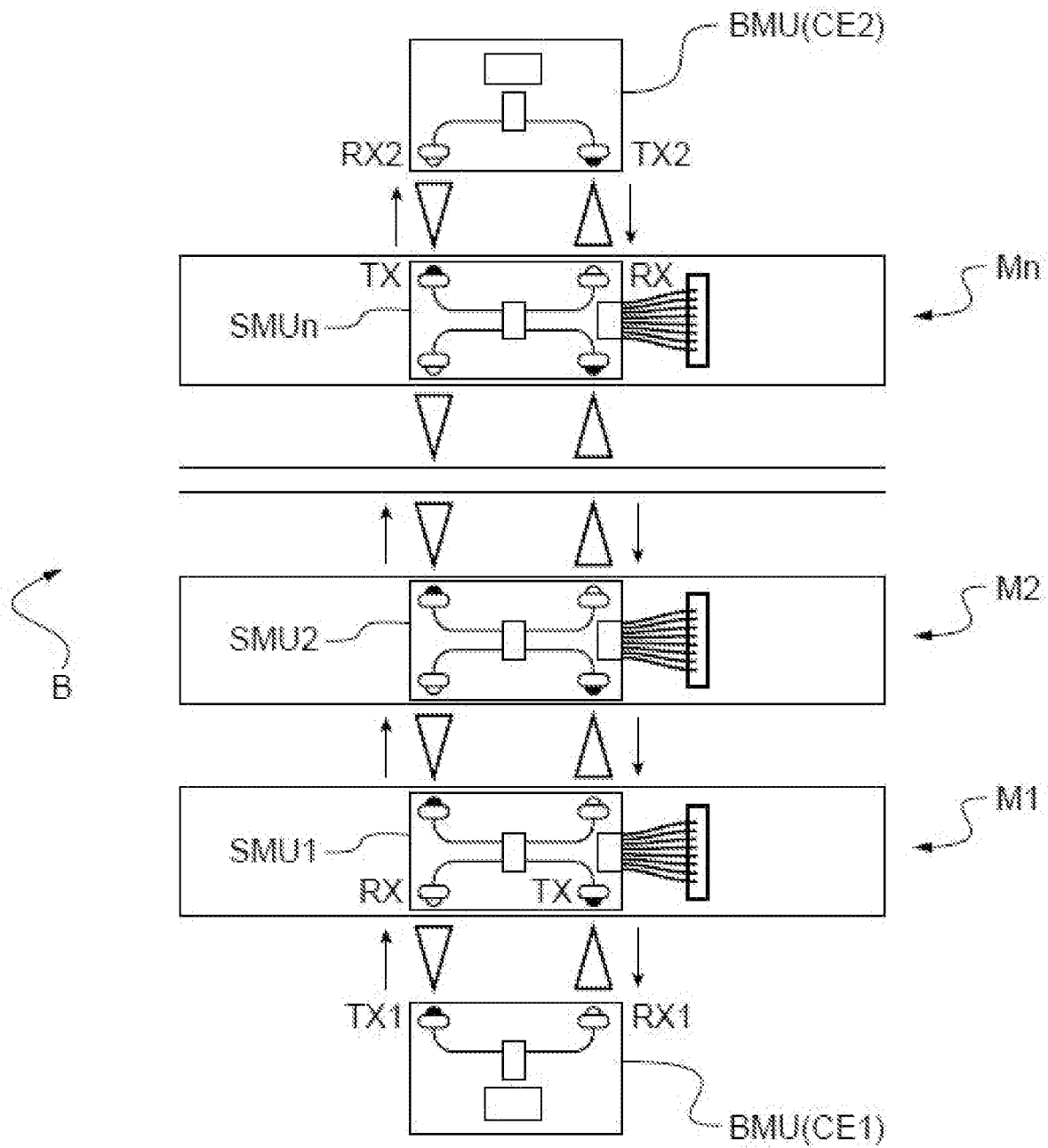
[Fig. 2]



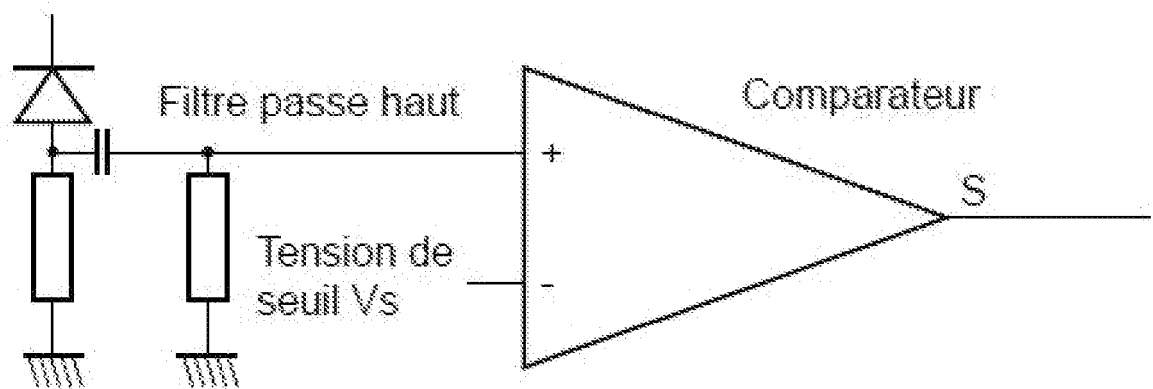
[Fig. 3]



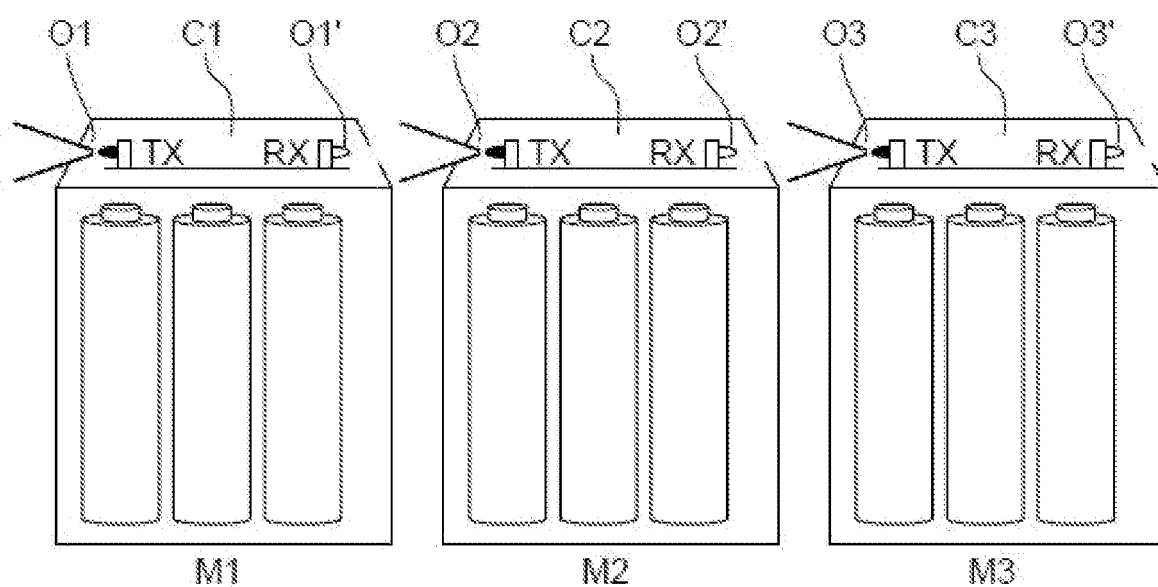
[Fig. 4]



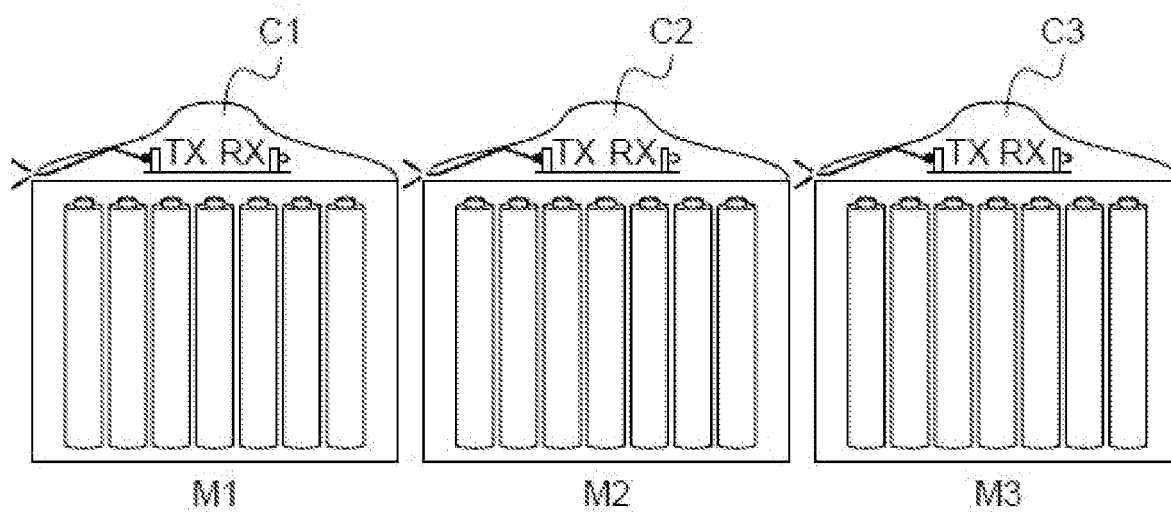
[Fig. 5]



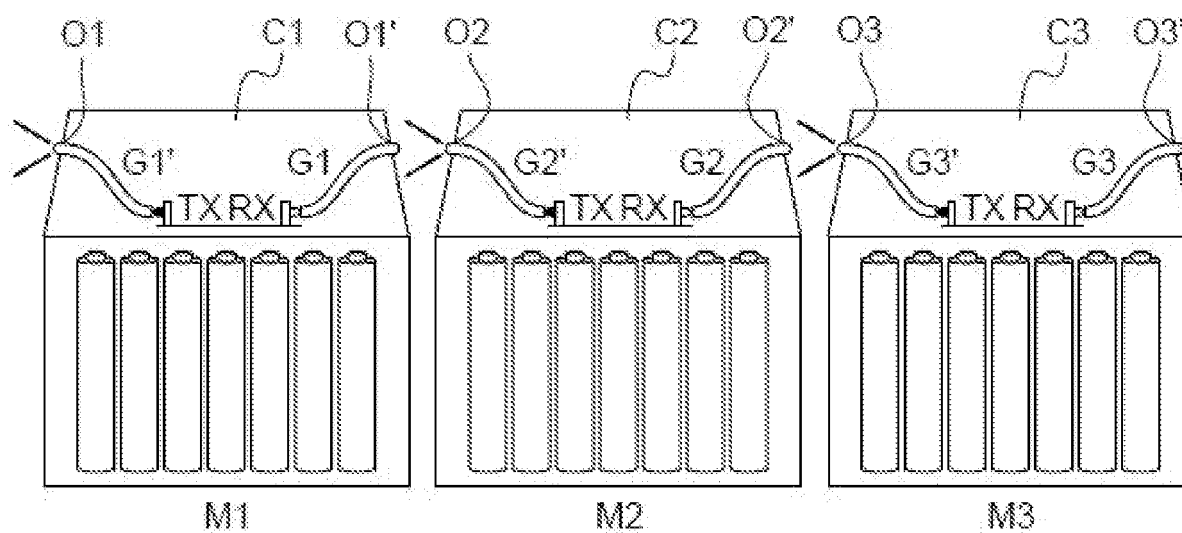
[Fig. 6]



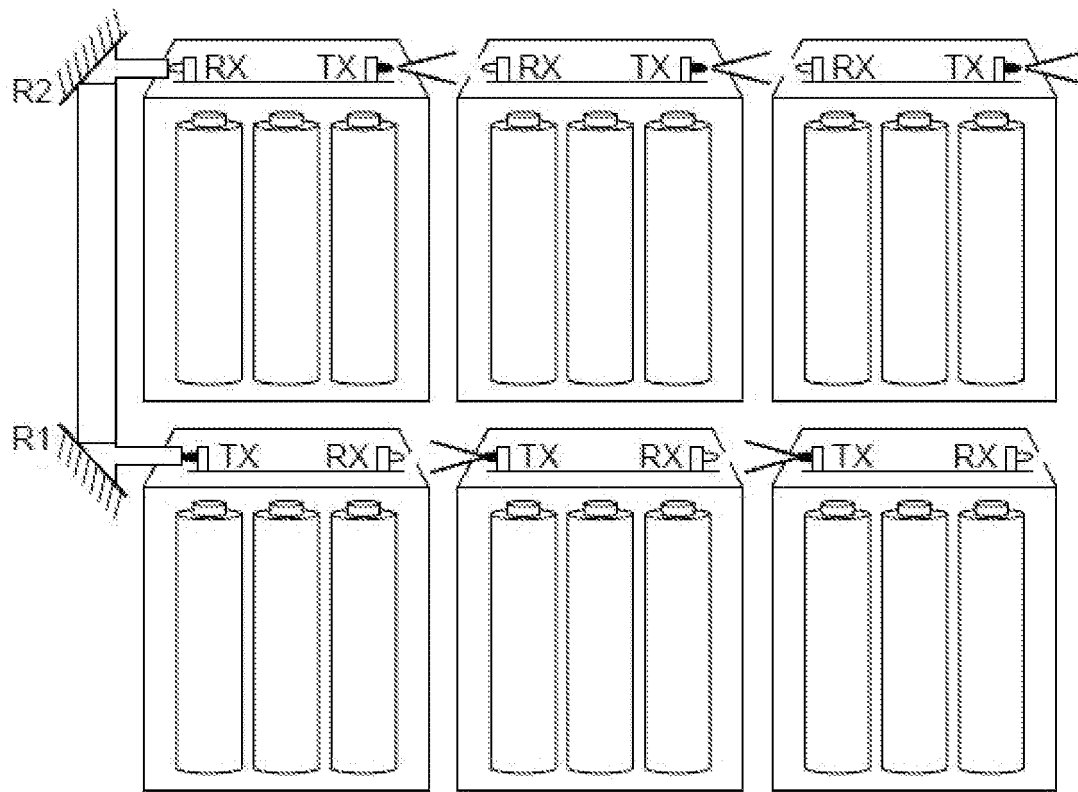
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



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 2019/229376 A1 (PETRAKIVSKYI OLEG [UA]
ET AL) 25 juillet 2019 (2019-07-25)

WO 2019/122064 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])
27 juin 2019 (2019-06-27)

EP 2 858 210 A2 (LG CHEMICAL LTD [KR])
8 avril 2015 (2015-04-08)

WO 2018/035609 A1 (CORVUS ENERGY INC [CA])
1 mars 2018 (2018-03-01)

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

NEANT

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

NEANT