

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Entretoise pour pack-batterie, destinée à séparer deux accumulateurs adjacents du pack et à permettre une circulation d'un fluide caloporteur avec contact direct avec les accumulateurs pour leur refroidissement optimal.

②② Date de dépôt : 11.06.19.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
ETABLISSEMENT PUBLIC — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 18.12.20 Bulletin 20/51.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 11.06.21 Bulletin 21/23.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : DE PAOLI Lionel et MARTIN Pascal.

⑦③ Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
ETABLISSEMENT PUBLIC.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET NONY.



Description

Titre de l'invention : Entretoise pour pack-batterie, destinée à séparer deux accumulateurs adjacents du pack et à permettre une circulation d'un fluide caloporteur avec contact direct avec les accumulateurs pour leur refroidissement optimal

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des accumulateurs électrochimiques, et plus particulièrement à des accumulateurs métal-ion.
- [0002] Plus particulièrement, l'invention a trait à une entretoise pour pack-batterie, dont la fonction est de séparer deux accumulateurs adjacents du pack.
- [0003] L'invention vise en premier lieu à optimiser le refroidissement des accumulateurs.
- [0004] Bien que décrite en référence à un accumulateur Lithium-ion, l'invention s'applique à tout accumulateur électrochimique métal-ion, c'est-à-dire également Sodium-ion, Magnésium-ion, Aluminium-ion...ou de manière plus générale à tout accumulateur électrochimique.
- [0005] Un pack-batterie selon l'invention peut être embarqué ou stationnaire. Par exemple, les domaines des transports électriques et hybrides et les systèmes de stockage connectés au réseau peuvent être envisagés dans le cadre de l'invention.

Technique antérieure

- [0006] Telle qu'illustrée schématiquement en figures 1 et 2, une batterie ou accumulateur lithium-ion comporte usuellement au moins une cellule électrochimique constituée d'un constituant d'électrolyte 1 entre une électrode positive ou cathode 2 et une électrode négative ou anode 3, un collecteur de courant 4 connecté à la cathode 2, un collecteur de courant 5 connecté à l'anode 3 et enfin, un emballage 6 agencé pour contenir la cellule électrochimique avec étanchéité tout en étant traversé par une partie des collecteurs de courant 4, 5.
- [0007] L'architecture des batteries lithium-ion conventionnelles comporte une anode, une cathode et un électrolyte. Plusieurs types de géométrie d'architecture conventionnelle sont connus :
- [0008] - une géométrie cylindrique telle que divulguée dans la demande de brevet US 2006/0121348,
- [0009] - une géométrie prismatique telle que divulguée dans les brevets US 7348098, US 7338733;
- [0010] - une géométrie en empilement telle que divulguée dans les demandes de brevet US 2008/060189, US 2008/0057392, et brevet US 7335448.

- [0011] Le constituant d'électrolyte 1 peut être de forme solide, liquide ou gel. Sous cette dernière forme, le constituant peut comprendre un séparateur en polymère, en céramique ou en composite microporeux imbibé d'électrolyte (s) organique (s) ou de type liquide ionique qui permet le déplacement de l'ion Lithium de la cathode à l'anode pour une charge et inversement pour une décharge, ce qui génère le courant. L'électrolyte est en général un mélange de solvants organiques, par exemple des carbonates dans lesquels est ajouté un sel de lithium typiquement LiPF₆.
- [0012] L'électrode positive ou cathode 2 est constituée de matériaux d'insertion du cation Lithium qui sont en général composite, comme LiFePO₄, LiCoO₂, LiNi_{0.33}Mn_{0.33}Co_{0.33}O₂.
- [0013] L'électrode négative ou anode 3 est très souvent constituée de carbone graphite ou en Li₄TiO₅O₁₂ (matériau titanate), éventuellement également à base de silicium ou de composite formé à base de silicium.
- [0014] Le collecteur de courant 4 connecté à l'électrode positive est en général en aluminium.
- [0015] Le collecteur de courant 5 connecté à l'électrode négative est en général en cuivre, en cuivre nickelé ou en aluminium.
- [0016] Une batterie ou accumulateur lithium-ion peut comporter bien évidemment une pluralité de cellules électrochimiques qui sont empilées les unes sur les autres.
- [0017] Traditionnellement, une batterie ou accumulateur Li-ion utilise un couple de matériaux à l'anode et à la cathode lui permettant de fonctionner à un niveau de tension élevé, typiquement égal à 3,6 Volt.
- [0018] Selon le type d'application visée, on cherche à réaliser soit un accumulateur lithium-ion fin et flexible soit un accumulateur rigide : l'emballage est alors soit souple soit rigide et constitue dans ce dernier cas en quelque sorte un boîtier.
- [0019] Les emballages souples sont usuellement fabriqués à partir d'un matériau composite multicouches, constitué d'un empilement de couches d'aluminium recouvertes par un ou plusieurs film(s) en polymère laminés par collage.
- [0020] Les emballages rigides sont quant à eux utilisés lorsque les applications visées sont contraignantes où l'on cherche une longue durée de vie, avec par exemple des pressions à supporter bien supérieures et un niveau d'étanchéité requis plus strict, typiquement inférieure à 10⁻⁸ mbar.l/s, ou dans des milieux à fortes contraintes comme le domaine aéronautique ou spatial.
- [0021] Aussi, à ce jour un emballage rigide utilisé est constitué d'un boîtier métallique, typiquement en acier inoxydable (inox 316L ou inox 304) ou en aluminium (Al 1050 ou Al 3003), ou encore en titane. En outre, l'aluminium est généralement préféré pour son coefficient de conductivité thermique élevé comme expliqué ci-après.
- [0022] La géométrie de la plupart des boîtiers rigides d'emballages d'accumulateurs Li-ion

est cylindrique, car la plupart des cellules électrochimiques des accumulateurs sont enroulées par bobinage selon une géométrie cylindrique autour d'un mandrin cylindrique. Des formes prismatiques de boîtiers ont également déjà été réalisées par bobinage autour d'un mandrin prismatique.

- [0023] La demande de brevet FR3004292 décrit l'utilisation de l'intérieur du mandrin en tant que lame d'air pour refroidir à cœur une cellule enroulée d'un accumulateur métal-ion.
- [0024] Un des types de boîtier rigide de forme cylindrique, usuellement fabriqué pour un accumulateur Li-ion de forte capacité, est illustré en figure 3.
- [0025] Un boîtier rigide de forme prismatique est également montré en figure 4.
- [0026] Le boîtier 6 comporte une enveloppe latérale cylindrique 7, un fond 8 à une extrémité, un couvercle 9 à l'autre extrémité, le fond 8 et le couvercle 9 étant assemblés à l'enveloppe 7. Le couvercle 9 supporte les pôles ou bornes de sortie du courant 4, 5. Une des bornes de sortie (pôles), par exemple la borne positive 4 est soudée sur le couvercle 9 tandis que l'autre borne de sortie, par exemple la borne négative 5, passe à travers le couvercle 9 avec interposition d'un joint non représenté qui isole électriquement la borne négative 5 du couvercle.
- [0027] Le type de boîtier rigide largement fabriqué consiste également en un godet embouti et un couvercle, soudés entre eux sur leur périphérie. En revanche, les collecteurs de courant comprennent une traversée avec une partie faisant saillie sur le dessus du boîtier et qui forme une borne aussi appelée pôle apparent de la batterie.
- [0028] Un pack batterie P est constitué d'un nombre variable d'accumulateurs pouvant atteindre plusieurs milliers qui sont reliés électriquement en série ou en parallèle entre eux et généralement par des barres de connexion, appelées usuellement, busbars.
- [0029] Un exemple de pack-batterie P est montré en figure 5. Ce pack est constitué de deux modules M1, M2 d'accumulateurs Li-ion A identiques et reliés entre eux en série, chaque module M1, M2 étant constitué de quatre rangées d'accumulateurs reliés en parallèle, chaque rangée étant constituée d'un nombre égal à six accumulateurs Li-ion.
- [0030] Comme représenté, la connexion mécanique et électrique entre deux accumulateurs Li-ion d'une même rangée est réalisée par vissage de busbars B1, avantageusement en cuivre, reliant chacune une borne positive 4 à une borne négative 5. La connexion entre deux rangées d'accumulateurs en parallèle au sein d'un même module M1 ou M2 est assurée par un busbar B2, également avantageusement en cuivre. La connexion entre les deux modules M1, M2 est assurée par un busbar B2, également avantageusement en cuivre.
- [0031] Dans le développement et la fabrication des batteries lithium-ion, pour chaque profil/nouvelle demande, quel que soit les acteurs du marché, cela nécessite des dimensionnements précis (architectures électriques série/parallèle, mécaniques,

thermiques...) pour concevoir de manière optimale un pack batterie performant et sécuritaire.

[0032] Un système électrochimique lithium, que ce soit à l'échelle cellule, module ou pack, produit des réactions exothermiques quel que soit le profil de cyclage donné. Ainsi, à l'échelle d'un accumulateur unitaire, en fonction des chimies considérées, le fonctionnement optimal des accumulateurs lithium ion est limité dans une certaine gamme de température.

[0033] Un accumulateur électrochimique doit fonctionner dans une plage de température définie, typiquement généralement inférieure à 70°C à sa surface extérieure de boîtier, sous peine de dégrader ses performances, voire même de le dégrader physiquement jusqu'à destruction. On peut citer pour exemple les accumulateurs lithium de chimie fer-phosphate qui ont une plage de fonctionnement comprise généralement entre -20 °C et

+60 °C. Au-delà de 60 °C, les matériaux peuvent subir des dégradations importantes réduisant les performances de la cellule. Au-delà d'une température dite d'emballement thermique pouvant être comprise entre 70°C et 110°C, il y a amorçage de réactions chimiques internes exothermiques. Lorsque l'accumulateur n'est plus capable d'évacuer suffisamment de chaleur, la température de la cellule augmente jusqu'à destruction, ce phénomène étant désigné usuellement sous l'appellation d'emballement thermique. Cet emballement peut être suivi d'une génération de gaz et d'explosion et/ou feu.

[0034] Egalement, le maintien d'une température inférieure à 70°C permet d'augmenter la durée de vie d'un accumulateur, car plus la température de fonctionnement d'un accumulateur est élevée, plus sa durée de vie sera diminuée.

[0035] En outre, certaines chimies d'accumulateurs requièrent une température de fonctionnement bien au-delà de la température ambiante et par conséquent, il s'avère nécessaire de réguler leur niveau de température par un préchauffage initial des accumulateurs, voire par un maintien en température permanent des accumulateurs.

[0036] Dans une batterie, ou pack-batterie à plusieurs accumulateurs Li-ion, la mise en série ou parallèle d'accumulateurs plus ou moins différents peut avoir des conséquences sur la performance résultante du pack.

[0037] Il est ainsi reconnu que dans un pack-batterie, par exemple de véhicule électrique, les dispersions de vieillissements peuvent être élevées en fonction par exemple de la position des accumulateurs, suite à des dissymétries de vieillissement entre les accumulateurs ou des différences d'utilisations (variations thermiques entre le cœur et les bords du pack, gradient de courant...).

[0038] Aussi, afin de limiter le vieillissement prématuré du pack, il est nécessaire d'optimiser la température de fonctionnement et la dispersion de température d'un ac-

cumulateur à l'autre. Un accumulateur (ou des accumulateurs) qui vieillit (vieillissent) plus vite que les autres peut (peuvent) avoir un impact direct sur les performances électriques du pack-batterie complet. Cela se traduit par la diminution de la capacité totale utilisable du pack batterie.

- [0039] A l'échelle du module et du pack, typiquement en dessous de 0°C par exemple, il peut être nécessaire d'avoir recours à un BMS, afin de limiter la puissance demandée au pack afin d'éviter une dégradation des accumulateurs particulièrement pour la charge de la batterie.
- [0040] On rappelle ici que le BMS (acronyme anglais de « *Battery Management System* ») est utilisé afin de protéger les éléments de facteurs augmentant leur dangerosité, tel des courants trop élevés, des potentiels non adaptés (trop élevés ou trop faibles), des températures limites et a donc notamment pour fonction d'arrêter les applications de courant dès l'atteinte de valeurs de tension seuil, i.e. une différence de potentiels entre les deux matériaux d'insertion actifs. Le BMS stoppe donc les applications de courant (charge, décharge) dès l'atteinte de tensions seuils.
- [0041] Au-delà d'une température supérieure, typiquement de l'ordre 70°C, il convient également d'être vigilant car des réactions électrochimiques peuvent conduire à la destruction des accumulateurs unitaires et provoquer une propagation d'un défaut interne à l'accumulateur, généralement un court-circuit interne, qui peut conduire à l'extrême à l'explosion du pack. Dans ce cas, il est également nécessaire d'avoir recours au BMS, afin de protéger les accumulateurs.
- [0042] La difficulté intervient pour assurer l'uniformité de la température au sein d'un pack-batterie.
- [0043] Par conséquent, ces considérations thermiques imposent généralement une régulation de la température des accumulateurs d'un pack batterie.
- [0044] Dans la littérature, les solutions divulguées pour tenter d'assurer une homogénéité de température au sein d'un pack-batterie peuvent être classées essentiellement en trois catégories.
- [0045] La première catégorie concerne l'utilisation de plaques froides.
- [0046] Le brevet US8609268 divulgue ainsi un système de plaque froide à l'intérieur duquel un fluide réfrigérant s'écoule, permettant de drainer la chaleur d'accumulateurs au contact de la plaque froide.
- [0047] La demande de brevet WO2011/013997 propose des ailettes de refroidissement agencées à l'intérieur d'un empilement de cellules planes pour drainer la chaleur des cellules vers un fluide circulant en bas de l'empilement.
- [0048] La deuxième catégorie concerne le refroidissement par matériau à changement de phase.
- [0049] La troisième catégorie concerne les solutions où on fait circuler un fluide caloporteur

(gazeux ou liquide) au sein d'un pack-batterie.

[0050] Le brevet US5320190 propose ainsi une circulation d'air pour refroidir un pack-batterie de véhicule, soit en utilisant directement l'air impactant le véhicule lors du roulage, soit en ayant recours à un ventilateur pour les phases en stationnement ou juste après le roulage.

[0051] Le brevet CN202259596U propose un pack-batterie qui intègre des distributeurs en air.

[0052] Dans la demande de brevet WO2012/165781, il est proposé un système de plaques de guidage d'air qui permet à priori de réduire l'écart de température entre des modules de batteries.

[0053] Un liquide de refroidissement peut être utilisé à la place de l'air. En effet, les notions de coût, d'encombrement et de masse supplémentaire peuvent être des facteurs prépondérants en fonction de l'application considérée.

[0054] Par exemple, un refroidissement par air est la solution la moins onéreuse puisque comme indiqué, elle consiste en une ventilation d'air forcée entre les accumulateurs. En revanche, les performances thermiques d'un refroidissement par air sont de faible qualité du fait du coefficient d'échange peu élevé et de la faible inertie thermique. Ainsi, dans ce type de refroidissement, le premier accumulateur va s'échauffer malgré tout au contact de l'air et la température d'air va augmenter. Au passage du deuxième accumulateur, l'air est plus chaud et l'accumulateur est plus chaud que le premier. Au final, on peut donc obtenir des accumulateurs dont la température est inhomogène.

[0055] Les solutions par refroidissement liquide sont donc nettement plus efficaces en termes d'échanges thermiques: elles consistent en un refroidissement direct par conduction thermique à l'aide d'un liquide diélectrique.

[0056] Par exemple, la demande de brevet WO2008/156737 et le brevet US2013196184 proposent un système de canaux qui épousent chacun une partie de la périphérie de plusieurs accumulateurs cylindriques parallèles les uns aux autres. Un liquide caloporteur s'écoule à l'intérieur de ces canaux pour drainer la chaleur.

[0057] Le brevet US8877366 concerne une solution de refroidissement par liquide s'écoulant dans des tubulures externes qui refroidissent par conduction thermique, des ailettes insérées entre des accumulateurs.

[0058] Le brevet FR3010834 divulgue un dispositif de régulation thermique d'un pack batterie, comprenant un échangeur de chaleur à tubes au contact des accumulateurs au fond du carter (enveloppe) du pack-batterie.

[0059] En sus des considérations thermiques évoquées, les accumulateurs doivent parfois être mis en compression mécanique, afin de maximiser leur durée de vie.

[0060] En effet, il est connu qu'une bonne maîtrise d'une force de compression appliquée aux cellules électrochimiques apporte un gain en durée de vie des cellules et du pack-

batterie afférent.

- [0061] Il est également connu qu'il existe une force de compression optimale pour les cellules permettant de maximiser leur durée de vie. Si la force de compression est réduite de 50% par rapport à la force de compression optimale, on constate généralement une hausse du vieillissement de l'ordre également de 50%.
- [0062] De fait, une compression appliquée sur la plus grande surface active d'une cellule électrochimique limite la délamination de ses couches internes (électrodes, séparateur, couches actives) et donc permet un gain significatif de performances en durée de vie et en fonctionnement nominal.
- [0063] Selon la forme des accumulateurs, la compression à appliquer revêt plus ou moins d'importance. Dans le cas d'accumulateur à géométrie prismatique avec un emballage souple ou rigide, il s'avère que la compression est primordiale.
- [0064] On a représenté de manière schématique en figures 6A et 6B, les forces de compression F telles qu'elles doivent être mises en œuvre sur les faces principales d'un emballage souple ou rigide 6 d'un accumulateur Li-ion A, afin de comprimer les différentes couches de la cellule électrochimique C.
- [0065] Usuellement, la compression est appliquée au moyen de tirants mécaniques qui sont agencés autour des différents accumulateurs empilés par groupe. Le couple de serrage appliqué aux tirants détermine la force de compression appliquée sur les cellules.
- [0066] Un inconvénient majeur des tirants mécaniques est qu'il est très difficile de maîtriser la force de compression au cours du fonctionnement des accumulateurs du pack-batterie, ainsi qu'au cours de leur vieillissement. En effet, lors de la charge et de la décharge des accumulateurs, et lors de leur vieillissement, ceux-ci ont tendance à subir des variations de volume par gonflement/dégonflement des cellules.
- [0067] Ce phénomène de gonflement des cellules s'accroît avec leur vieillissement, ce qui entraîne une forte hausse de la force de compression à appliquer. De fait, cela dégrade la durée de vie des cellules et induit un surdimensionnement mécanique et de matière active.
- [0068] Ainsi, de manière générale, usuellement, pour compenser cette dégradation prévisible, les fabricants conçoivent un pack-batterie surdimensionné pour assurer une performance déterminée en fin de vie. Par exemple, pour une performance en fin de vie d'un pack à 10Ah, typiquement au bout de 10ans, les concepteurs dimensionnent initialement un pack-batterie de 12Ah. Autrement dit, ils prévoient une marge de l'ordre de 20% pour compenser le vieillissement des cellules.
- [0069] Le brevet US6372377B1 divulgue un pack-batterie d'accumulateurs de type nickel-hydrure métallique Ni-MH, sous la forme d'un module d'accumulateurs empilés qui met en œuvre des barres métalliques positionnées le long des quatre côtés du module et sont soudées aux quatre coins du module où les barres se rencontrent, formant ainsi

une bande continue autour du module. Ce dispositif de serrage par barres métalliques soudées ne permet pas de gestion de la compression dans le temps. En outre, la compression appliquée est uni-axiale.

[0070] Le brevet US8054041B2 divulgue une solution mécanique alternative aux tirants mécaniques: la compression est assurée par le serrage de deux sangles disposées sur des plaques de compression de part et d'autre d'un empilement d'accumulateurs agencés côte à côte et séparés par des plaques d'entretoise à l'intérieur desquelles un fluide caloporteur circule. Ce dispositif de serrage par sangles et plaques de compression présente le même inconvénient majeur qu'un dispositif à tirants mécaniques. De plus, les plaques d'entretoise à canaux rectilignes, telles que montrées dans ce brevet ne permettent pas d'obtenir de bonnes performances thermiques. Leur réalisation nécessite d'ailleurs des procédés lourds à mettre en place et peu flexibles, avec peu de possibilité dans les matériaux qui peuvent être mis en œuvre.

[0071] Il existe ainsi un besoin d'améliorer les solutions de compression des accumulateurs à emballage souple ou rigide d'un pack-batterie, qui mettent en œuvre des entretoises, destinées chacune à séparer deux accumulateurs adjacents côte à côte et à permettre une circulation de fluide caloporteur en leur sein, notamment afin d'améliorer les performances thermiques de ces dernières, tout en garantissant une compression mécanique entre les accumulateurs et ce, avec une masse et un volume optimisés.

[0072] Le but de l'invention est de répondre au moins en partie à ce(s) besoin(s).

Exposé de l'invention

[0073] Pour ce faire, l'invention concerne, sous l'un de ses aspects, une entretoise pour pack-batterie, destinée à séparer deux accumulateurs électrochimiques adjacents du pack et à permettre une circulation de fluide caloporteur en son sein, l'entretoise étant constituée d'une pièce monolithique allongée selon une direction longitudinale et qui comprend en section transversale, un motif répétitif comprenant au moins une paire de parois centrales continues selon la direction longitudinale définissant un sens général d'écoulement du fluide caloporteur, reliées entre elles à l'un de leurs bords latéraux par un premier groupe de piliers raidisseurs distants les uns des autres et à l'autre de leurs bords latéraux par un deuxième groupe de piliers raidisseurs distants les uns des autres, les piliers du premier et du deuxième groupe étant destinés à former avec un des bords latéraux des parois centrales une surface d'appui contre une face principale de l'emballage d'un des deux accumulateurs, les zones entre deux piliers adjacents du même groupe ou entre un pilier agencé à proximité d'une extrémité longitudinale de l'entretoise étant débouchantes pour permettre au fluide caloporteur qui circule au sein de l'entretoise de venir en contact direct avec l'emballage de chacun des deux accumulateurs.

- [0074] De préférence, les piliers du premier et/ou du deuxième groupe sont agencés en étant régulièrement espacés selon la direction longitudinale (X).
- [0075] Selon un mode de réalisation avantageux, le motif répétitif (M) comprend en section transversale deux paires de parois centrales avec une paroi centrale commune aux deux paires, les piliers du premier groupe reliant chacune des deux paires étant agencés sur le même bord latéral, les piliers du premier groupe reliant une des deux paires étant agencés, selon la direction longitudinale, en quinconce par rapport aux piliers du deuxième groupe reliant l'autre des deux paires. Un tel mode permet de réaliser des chemins de circulation alternés de fluide caloporteur, à l'intérieur d'un même motif (M), entre les piliers en quinconce les uns par rapport aux autres, à l'intérieur des zones débouchantes. Les perturbations de l'écoulement du fluide caloporteur ainsi créées optimisent les échanges thermiques avec les accumulateurs adjacents séparés par l'entretoise selon l'invention.
- [0076] Avantageusement, une zone entre deux piliers adjacents d'un même groupe est conformée en un trou oblong.
- [0077] Avantageusement, la section transversale d'un motif répétitif (M) a une forme générale de S, avec les parois centrales parallèles ou formant un angle entre elles.
- [0078] Avantageusement encore, l'entretoise est réalisée en un polymère diélectrique, notamment un polyamide renforcé de fibres de verre, de préférence réalisée par moulage par injection.
- [0079] Selon une première variante de réalisation avantageuse, l'entretoise comprend au moins à l'une de ses extrémités longitudinales, des piliers avec des moyens d'accrochage avec des moyens complémentaires d'accrochage d'une autre entretoise agencée en bout de l'entretoise, pour permettre un assemblage avec centrage de l'entretoise avec l'autre entretoise, l'assemblage assurant la continuité de circulation du fluide.
- [0080] Selon une deuxième variante de réalisation avantageuse, au moins une paroi longitudinale d'extrémité du dessus ou du dessous comprenant des moyens d'accrochage avec des moyens complémentaires d'accrochage d'une autre entretoise agencée respectivement sur le dessus ou le dessous de l'entretoise, pour permettre un assemblage avec centrage de l'entretoise avec l'autre entretoise
- [0081] Avantageusement, les moyens d'accrochage avec ceux complémentaires sont des tenons et/ou des mortaises constituant un assemblage à queue d'aronde.
- [0082] L'invention a également pour objet un pack-batterie comprenant :
- [0083] - une pluralité d'accumulateurs de géométrie prismatique comprenant chacun au moins une cellule électrochimique C formée d'une cathode, d'une anode et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode, et un emballage souple ou un boîtier agencé pour contenir avec étanchéité la cellule électrochimique ;

- [0084] - une pluralité d'entretoises telles que décrites précédemment, chaque entretoise étant agencée avec compression entre au moins deux accumulateurs adjacents du pack ;
- [0085] - un circuit de fluide, configuré pour faire circuler un fluide caloporteur dans chaque entretoise selon un sens général (F) d'écoulement défini par sa direction longitudinale (X).
- [0086] Selon une première variante de réalisation, la pluralité d'accumulateurs est agencée selon au moins deux rangées, avec des entretoises assemblées entre elles par des moyens d'accrochage comme décrits ci-dessus.
- [0087] Avantageusement, le dimensionnement des entretoises est prédéterminé de sorte que les interfaces d'assemblage entre deux entretoises ne soient pas agencées dans les espaces entre accumulateurs, transversalement à la direction longitudinale.
- [0088] Selon une deuxième variante de réalisation, la pluralité d'accumulateurs est agencée selon au moins deux étages, avec des entretoises assemblées entre elles par des moyens d'accrochage comme décrits ci-dessus.
- [0089] Ainsi, l'invention consiste en une entretoise monolithique dont la géométrie permet d'assurer un contact fluide direct avec les accumulateurs adjacents qu'elle sépare tout en assurant une répartition de la pression mécanique sur la surface principale de chaque accumulateur.
- [0090] Ainsi, les zones débouchantes entre piliers permettent un accès direct aux faces principales des accumulateurs au fluide caloporteur, les piliers créant des points de turbulence du fluide, ce qui permet par conséquent d'assurer une perturbation de l'écoulement du fluide et finalement d'optimiser les échanges thermiques avec les accumulateurs adjacents, et ce selon les deux directions, à savoir la direction longitudinale X et celle transversale Y.
- [0091] Les trous oblongs en quinconce permettent encore d'optimiser l'écoulement avec perturbations du fluide caloporteur car la circulation de ce dernier se fait selon des écoulements alternés d'un motif à l'autre entre les oblongs de l'entretoise.
- [0092] Dans le cadre de l'invention, le fluide caloporteur est avantageusement diélectrique et peut être un gaz ou un liquide.
- [0093] Au final, l'invention apporte de nombreux avantages parmi lesquels on peut citer:
- [0094] – une géométrie d'entretoise qui autorise une fabrication aisée par usinage, moulage par injection avec un choix de nombreux matériaux ;
- une géométrie qui permet l'utilisation de matière isolante électriquement et légère en tant que matériau constitutif de l'entretoise ;
- un gain en masse important par rapport aux entretoises existantes en aluminium. Typiquement, avec une entretoise selon l'invention en polymère diélectrique, le gain de masse peut être d'un facteur d'environ 2,5 ;
- un design d'entretoise facilement adaptable à la taille des accumulateurs

- (homothétie facile à mettre en œuvre) et au besoin hydraulique (section hydraulique et nombre des canaux en série hydraulique aisément modifiables).
- la mise en quinconce des trous oblongs assure la rigidité mécanique et l'homogénéité de pression mécanique sur les faces principales des accumulateurs en contact.
- [0095] Les emballages des accumulateurs peuvent être des emballages souples ou des boîtiers.
- [0096] Pour une application à un pack-batterie Li-ion, chaque accumulateur est un accumulateur Li-ion dans lequel :
- [0097] – le matériau d'électrode(s) négative(s) est choisi dans le groupe comportant le graphite, le lithium, l'oxyde de titanate $\text{Li}_4\text{TiO}_5\text{O}_{12}$;
 - le matériau d'électrode(s) positive(s) est choisi dans le groupe comportant LiFePO_4 , LiCoO_2 , $\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$.
- [0098] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée d'exemples de mise en œuvre de l'invention faite à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures suivantes.

Brève description des dessins

- [0099] [fig.1] est une vue schématique en perspective éclatée montrant les différents éléments d'un accumulateur lithium-ion.
- [0100] [fig.2] est une vue de face montrant un accumulateur lithium-ion avec son emballage souple selon l'état de l'art.
- [0101] [fig.3] est une vue en perspective d'un accumulateur lithium-ion selon l'état de l'art avec son emballage rigide constitué d'un boîtier de forme cylindrique.
- [0102] [fig.4] est une vue en perspective d'un accumulateur lithium-ion selon l'état de l'art avec son emballage rigide constitué d'un boîtier de forme prismatique.
- [0103] [fig.5] est une vue en perspective d'un assemblage au moyen de busbars d'accumulateurs lithium-ion selon l'état de l'art, formant un pack-batterie.
- [0104] [fig.6A] est une vue schématique illustrant les forces de compression qui doivent être appliquées sur les faces principales d'un accumulateur Li-ion de format prismatique.
- [0105] [fig.6B] est une autre vue schématique illustrant les forces de compression qui doivent être appliquées sur les faces principales d'un accumulateur Li-ion de format prismatique.
- [0106] [fig.7] est une vue en perspective d'une entretoise selon l'invention pour un pack-batterie.
- [0107] [fig.8] est une vue de côté montrant la mise en place d'une entretoise selon l'invention entre deux accumulateurs de géométrie prismatique d'un pack-batterie.
- [0108] [fig.9] est une vue de côté d'une entretoise selon la figure précédente, une fois mise

en place, qui est comprimée entre les deux accumulateurs.

[0109] [fig.9A] est une vue de détail de la figure 9.

[0110] [fig.10] est une vue en perspective montrant une pluralité d'entretoises selon l'invention, destinées à être assemblées entre elles et être mises en place, entre deux rangées d'accumulateurs, l'assemblage des entretoises entre elles permettant d'assurer une continuité de circulation de fluide caloporteur en leur sein.

[0111] [fig.11] est une vue en coupe longitudinale montrant une pluralité d'entretoises selon l'invention, assemblées entre elles et mises en place, entre deux rangées d'accumulateurs, l'assemblage des entretoises entre elles permettant d'assurer une continuité de circulation de fluide caloporteur en leur sein.

[0112] [fig.12] est une vue de dessus montrant une pluralité d'entretoises selon l'invention, assemblées entre elles et mises en place, entre deux rangées d'accumulateurs, l'assemblage des entretoises entre elles permettant d'assurer une continuité de circulation de fluide caloporteur en leur sein.

[0113] [fig.13] est une vue en perspective d'une entretoise selon l'invention, la figure montrant la circulation de fluide caloporteur en son sein selon des chemins alternés.

[0114] [fig.14] est une vue en perspective montrant en détail les tenons et les mortaises en bout de deux entretoises selon l'invention à assembler, constituant un assemblage à queue d'aronde pour lesdites entretoises, l'assemblage des entretoises entre elles permettant d'assurer une continuité de circulation de fluide caloporteur en leur sein.

[0115] [fig.15] est une vue de détail en bout des entretoises à assembler, montrant les tenons et les mortaises de la figure précédente.

[0116] [fig.16] est une vue de face d'une entretoise selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, avec un agencement en quinconce des piliers et des trous oblongs de l'entretoise.

[0117] [fig.17] est une vue de perspective, à plat, d'une entretoise selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, avec les axes de flexion représentés.

[0118] [fig.18] est une vue en perspective d'une pluralité d'entretoises selon l'invention à assembler entre elles en constituant une rangée destinée à séparer en étant compressée deux rangées d'accumulateurs et à assurer la continuité d'une circulation de fluide caloporteur.

[0119] [fig.19] est une vue en perspective d'une pluralité d'entretoises selon l'invention à assembler entre elles en constituant deux étages d'une rangée l'un sur l'autre, chaque rangée étant destinée à séparer en étant compressée deux rangées d'accumulateurs agencés sur deux étages l'un sur l'autre et à assurer la continuité d'une circulation de fluide caloporteur,

[0120] [fig.20] est une vue en perspective montrant en détail les tenons et mortaises pour assembler entre elles deux entretoises selon l'invention agencées sur deux étages.

[0121] [fig.21] est une vue en perspective montrant en détail, une variante des tenons et mortaises pour assembler entre elles deux entretoises selon l'invention agencées sur deux étages, l'orientation d'un tenon et de la mortaise complémentaire étant opposée au tenon et à la mortaise complémentaire qui sont adjacents.

Description détaillée

[0122] Les figures 1 à 6B sont relatives à des exemples différents d'accumulateur Li-ion, d'emballages souples et boîtiers d'accumulateurs ainsi qu'un pack-batterie selon l'état de l'art. Ces figures 1 à 6B ont déjà été commentées en préambule et ne le sont donc pas plus ci-après.

[0123] Par souci de clarté, les mêmes références désignant les mêmes éléments selon l'état de l'art et selon l'invention sont utilisées pour toutes les figures 1 à 21.

[0124] Dans l'ensemble de la présente demande, les termes « inférieur », « supérieur », « bas », « haut », « dessous » et « dessus » sont à comprendre par référence par rapport à des entretoises selon l'invention et des boîtiers d'accumulateurs Li-ion positionnés à la verticale.

[0125] On a représenté en figures 7, un exemple d'entretoise E selon l'invention destinée à séparer en étant comprimée deux accumulateurs adjacents A1, A2 d'un pack-batterie P d'accumulateurs Li-ion, A1, A2,...,A8.

[0126] Dans les exemples illustrés, les accumulateurs A1-A8 illustrés sont à boîtiers de format prismatique.

[0127] Les accumulateurs A1-A8 peuvent être reliés électriquement en série et/ou en parallèles par groupe.

[0128] Le pack-batterie intègre un circuit de fluide, non représenté, qui va permettre de refroidir/réchauffer la pluralité d'accumulateurs A1-A8 par la circulation d'un fluide diélectrique au sein des entretoises E selon l'invention séparant les accumulateurs.

[0129] Ainsi, une entretoise E selon l'invention est conformée pour permettre une circulation de fluide caloporteur en son sein.

[0130] Plus précisément, l'entretoise E est constituée d'une pièce monolithique 1 allongée selon une direction longitudinale X et qui comprend en section transversale selon la direction Y, un motif répétitif M.

[0131] La section transversale totale est définie en fonction du débit souhaité au regard des pertes de charges ainsi que de l'effort de compression que l'on souhaite appliquer sur les faces latérales des accumulateurs du pack-batterie et donc d'une entretoise E selon l'invention.

[0132] Le motif répétitif M comprend en section transversale deux paires de parois centrales continues 10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3 selon la direction longitudinale X avec une paroi centrale 10.2 commune aux deux paires.

- [0133] La section transversale présente une forme générale de S, avec les parois centrales 10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3 formant un angle entre elles.
- [0134] Les parois centrales 10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3 définissent un sens général (F) d'écoulement du fluide caloporteur au sein de l'entretoise.
- [0135] Les parois centrales 10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3 sont reliées entre elles à l'un de leurs bords latéraux par un premier groupe de piliers raidisseurs 11.1 ; 11.2 distants les uns des autres et à l'autre de leurs bords latéraux par un deuxième groupe de piliers raidisseurs 12.1 ; 12.2 distants les uns des autres.
- [0136] Dans les exemples illustrés, les piliers du premier groupe reliant chacune des deux paires sont agencés sur le même bord latéral, les piliers du premier groupe 11.1 ; 11.2 reliant une des deux paires étant agencés, selon la direction longitudinale, en quinconce par rapport aux piliers du deuxième groupe 12.1 ; 12.2 reliant l'autre des deux paires.
- [0137] Chaque zone entre deux piliers adjacents 11.1, 11.2 ; 12.1, 12.2 d'un même groupe est conformée en un trou oblong 13. Également, les zones en bout d'entretoise, c'est-à-dire entre un pilier d'extrémité et une extrémité longitudinale de l'entretoise, sont débouchantes et forment une partie d'un trou oblong.
- [0138] Les piliers du premier 11.1, 11.2 et du deuxième 12.1, 12.2 groupe, forment avec un des bords latéraux des parois centrales 10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3 une surface d'appui 14, 15 contre une face principale du boîtier d'un des deux accumulateurs A1, A2.
- [0139] Ainsi, comme illustrés aux figures 8 à 9A, une entretoise E selon l'invention est mise en place entre deux accumulateurs puis, est comprimée par l'intermédiaire d'un dispositif externe non représenté qui applique un effort de compression C sur les surfaces d'appui 14, 15, en appui plan direct contre les faces latérales des boîtiers rigides des accumulateurs A1, A2.
- [0140] Les dimensions d'une entretoise E selon l'invention sont liées à la géométrie des accumulateurs adjacents qu'elle sépare, c'est-à-dire aux dimensions des faces latérales de ces derniers. La hauteur de l'entretoise H est sensiblement égale à celle d'un boîtier d'accumulateur.
- [0141] La longueur de chaque entretoise selon l'invention peut être aisément définie en fonction de l'agencement d'un pack-batterie.
- [0142] Ainsi, comme illustré aux figures 10 à 12, où les accumulateurs A1 à A8 sont agencées en deux rangées parallèles, les longueurs des entretoises E1 à E8 qui les séparent, sont dimensionnées individuellement pour permettre le recouvrement de tous les espaces transversaux, entre accumulateurs d'une même rangée.
- [0143] Ces dimensions assurent une bonne liaison mécanique des entretoises entre elles, avec en particulier l'absence de cisaillement possible et une continuité de planéité des faces latérales des accumulateurs tout du long de chaque rangée. Autrement dit, une compression homogène peut être assurée sur toutes les surfaces latérales des accu-

mulateurs A1 à A8.

- [0144] Comme détaillé par la suite, des assemblages à queue d'aronde réalisés en bout des entretoises E1 à E8 permettent d'assurer la continuité des agencements en quinconce.
- [0145] La figure 13 montre les chemins de circulation alternés F1, F2 d'un fluide caloporteur entre les trous oblongs 13 au sein d'une entretoise E selon l'invention. Les perturbations de l'écoulement du fluide créées optimisent ainsi les échanges thermiques avec les accumulateurs adjacents.
- [0146] De fait, la géométrie de chaque entretoise permet de réaliser cette pièce monolithique 1 avec des procédés standard, type usinage ou bien industriel comme le moulage par injection. Par exemple, elle intègre des dépouilles pour assurer le démoulage.
- [0147] Cette solution permet d'utiliser une seule géométrie d'entretoise pour réaliser les fonctions de compression et de circulation fluidique entre deux accumulateurs adjacents d'un pack-batterie. Cela permet de diminuer drastiquement les coûts de fabrication, les dimensions étant en outre optimisées pour assurer un coût et une fabrication par injection.
- [0148] De préférence, une entretoise E est réalisée en un polymère diélectrique, notamment un polyamide renforcé de fibres de verre, de préférence réalisée par moulage par injection.
- [0149] A titre d'exemple indicatif, il peut s'agir du polyamide 6.6 chargé à 30% de fibre de verre. Avec ce matériau, une entretoise E selon l'invention est plus légère d'un facteur de 2,5 comparativement à une entretoise qui serait réalisée en aluminium avec la même géométrie.
- [0150] Pour réaliser l'assemblage entre entretoises E1, E2, au sein d'une même rangée et ainsi garantir la continuité mécanique et de circulation fluidique entre deux rangées d'accumulateurs, les extrémités des entretoises E1, E2, sont chacune réalisées avec des dépouilles 16, 17, comme montré en figures 14 et 15.
- [0151] Ces dépouilles 16, 17 permettent d'avoir une épaisseur de matière plus importante dans le plan médian de l'entretoise, ce qui augmente la résistance à la compression de celle-ci.
- [0152] Chaque dépouille constitue soit un tenon 16, soit une mortaise 17 complémentaire qui constituent un assemblage à queue d'aronde.
- [0153] Ainsi, les assemblages à queue d'aronde 16, 17 à chaque extrémité des entretoises E1, E2 assure un positionnement et une continuité mécanique entre ces entretoises.
- [0154] La mise en quinconce des trous oblongs 13 et leur longueur permettent d'atteindre la souplesse désirée pour une entretoise pour une épaisseur d'entretoise donnée. A titre d'exemple, on peut envisager des oblongs de 24mm x 3,5 mm pour une entretoise d'épaisseur de 4,5 mm.
- [0155] L'agencement en quinconce avec les oblongs 13 centrés par rapport aux autres

oblongs comme bien visible en figure 16, assure une bonne tenue mécanique en compression de l'entretoise.

- [0156] La géométrie en quinconce verticale et horizontale des trous oblongs assure également une structure mécanique robuste en flexion et permet donc de répartir de manière homogène les appuis mécaniques sur les faces externes 14, 15 de l'entretoise. Cela est bien mis en exergue en figure 17 par les axes de flexion en diagonale, symbolisés en pointillés noirs.
- [0157] De plus, une telle géométrie d'entretoise E permet de compenser des défauts de planéité des boîtiers d'accumulateurs adjacents, et le cas échéant les défauts de fabrication.
- [0158] Comme déjà mentionné, les longueurs des entretoises peuvent être différentes et prévues pour assurer le recouvrement des espaces transversaux entre accumulateurs, c'est-à-dire en bout de ceux-ci. Par exemple, comme montré en figure 18, un choix de fabrication et d'intégration peut consister à avoir des entretoises E1, E8 agencées en extrémité de rangée, qui sont de mi-longueur comparativement à celles centrales E2 à E7.
- [0159] Dans un mode avantageux de réalisation, montrée aux figures 19 et 20, les entretoises E1 à E17 peuvent chacune être munie d'un système d'assemblage sur leur dessus et/ou leur dessous pour s'assembler verticalement, et donc permettre un positionnement en étages d'accumulateurs au sein d'un même pack avec une circulation de fluide caloporteur homogène d'un étage à l'autre.
- [0160] Ce système d'assemblage peut être, à l'instar de celui réalisé en bout d'entretoises, un assemblage par queue d'aronde avec des tenons 18 et mortaises 19 complémentaires réalisées sur le dessus et/ou dessous des entretoises E3, E4 d'un étage à assembler avec celles de l'étage supérieur ou inférieur E12, E13.
- [0161] La figure 21 montre une variante avantageuse de réalisation d'un tel assemblage à queue d'aronde : la forme de la mortaise 19.1 est orientée à l'opposé de celle de la mortaise 19.2 adjacente. Cela permet d'assurer un auto-centrage des entretoises entre elles.
- [0162] L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits ; on peut notamment combiner entre elles des caractéristiques des exemples illustrés au sein de variantes non illustrées.
- [0163] D'autres variantes et améliorations peuvent être envisagées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.
- [0164] Si dans l'ensemble des exemples illustrés, les emballages des accumulateurs conformes à l'invention sont des emballages rigides (boîtiers), l'invention s'applique bien entendu à tous les accumulateurs à emballage souple.

Revendications

- [Revendication 1] Entretoise (1) pour pack-batterie (P), destinée à séparer deux accumulateurs électrochimiques (A1, A2, ...) adjacents du pack et à permettre une circulation de fluide caloporteur en son sein, l'entretoise étant constituée d'une pièce monolithique allongée selon une direction longitudinale (X) et qui comprend en section transversale, un motif répétitif (M) comprenant au moins une paire de parois centrales (10.1, 10.2 ; 10.2, 10.3) continues selon la direction longitudinale définissant un sens général (F) d'écoulement du fluide caloporteur, reliées entre elles à l'un de leurs bords latéraux par un premier groupe de piliers raidisseurs (11.1 ; 11.2) distants les uns des autres et à l'autre de leurs bords latéraux par un deuxième groupe de piliers raidisseurs (12.1 ; 12.2) distants les uns des autres, les piliers (11.1, 11.2, 12.1, 12.2) du premier et du deuxième groupe étant destinés à former avec un des bords latéraux des parois centrales une surface d'appui contre une face principale de l'emballage d'un des deux accumulateurs, les zones entre deux piliers adjacents du même groupe (13) ou entre un pilier agencé à proximité d'une extrémité longitudinale de l'entretoise étant débouchantes pour permettre au fluide caloporteur qui circule au sein de l'entretoise de venir en contact direct avec l'emballage de chacun des deux accumulateurs.
- [Revendication 2] Entretoise selon la revendication 1, les piliers du premier et/ou du deuxième groupe étant agencés en étant régulièrement espacés selon la direction longitudinale (X).
- [Revendication 3] Entretoise selon la revendication 1 ou 2, le motif répétitif (M) comprenant en section transversale deux paires de parois centrales avec une paroi centrale commune aux deux paires, les piliers du premier groupe reliant chacune des deux paires étant agencés sur le même bord latéral, les piliers du premier groupe reliant une des deux paires étant agencés, selon la direction longitudinale, en quinconce par rapport aux piliers du deuxième groupe reliant l'autre des deux paires.
- [Revendication 4] Entretoise selon l'une des revendications précédentes, une zone entre deux piliers adjacents d'un même groupe étant conformée en un trou oblong.
- [Revendication 5] Entretoise selon l'une des revendications précédentes, la section transversale d'un motif répétitif (M) ayant une forme générale de S, avec les parois centrales parallèles ou formant un angle entre elles.

- [Revendication 6] Entretoise selon l'une des revendications précédentes, réalisée en un polymère diélectrique, notamment un polyamide renforcé de fibres de verre, de préférence réalisée par moulage par injection.
- [Revendication 7] Entretoise selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins à l'une de ses extrémités longitudinales, des piliers avec des moyens d'accrochage avec des moyens complémentaires d'accrochage d'une autre entretoise agencée en bout de l'entretoise, pour permettre un assemblage avec centrage de l'entretoise avec l'autre entretoise, l'assemblage assurant la continuité de circulation du fluide.
- [Revendication 8] Entretoise selon l'une des revendications précédentes, au moins une paroi longitudinale d'extrémité du dessus ou du dessous comprenant des moyens d'accrochage avec des moyens complémentaires d'accrochage d'une autre entretoise agencée respectivement sur le dessus ou le dessous de l'entretoise, pour permettre un assemblage avec centrage de l'entretoise avec l'autre entretoise
- [Revendication 9] Entretoise selon la revendication 7 ou 8, les moyens d'accrochage avec ceux complémentaires étant des tenons et/ou des mortaises constituant un assemblage à queue d'aronde.
- [Revendication 10] Pack-batterie comprenant :
- une pluralité d'accumulateurs de géométrie prismatique (A1, A2...A8) comprenant chacun au moins une cellule électrochimique C formée d'une cathode (2), d'une anode (3) et d'un électrolyte intercalé entre la cathode et l'anode, et un emballage (6) souple ou un boîtier agencé pour contenir avec étanchéité la cellule électrochimique;
 - une pluralité d'entretoises (1) selon l'une des revendications précédentes, chaque entretoise étant agencée avec compression entre au moins deux accumulateurs adjacents du pack ;
 - un circuit de fluide, configuré pour faire circuler un fluide caloporteur dans chaque entretoise selon un sens général (F) d'écoulement défini par sa direction longitudinale (X).
- [Revendication 11] Pack-batterie selon la revendication 10, dans lequel la pluralité d'accumulateurs est agencée selon au moins deux rangées, avec des entretoises assemblées entre elles par des moyens d'accrochage selon la revendication 7 à 9.
- [Revendication 12] Pack-batterie selon la revendication 11, le dimensionnement des entretoises étant prédéterminé de sorte que les interfaces d'assemblage

entre deux entretoises ne soient pas agencées dans les espaces entre accumulateurs, transversalement à la direction longitudinale.

[Revendication 13] Pack-batterie selon l'une des revendications 10 à 12, la pluralité d'accumulateurs est agencée selon au moins deux étages, avec des entretoises assemblées entre elles par des moyens d'accrochage selon la revendication 8 ou 9.

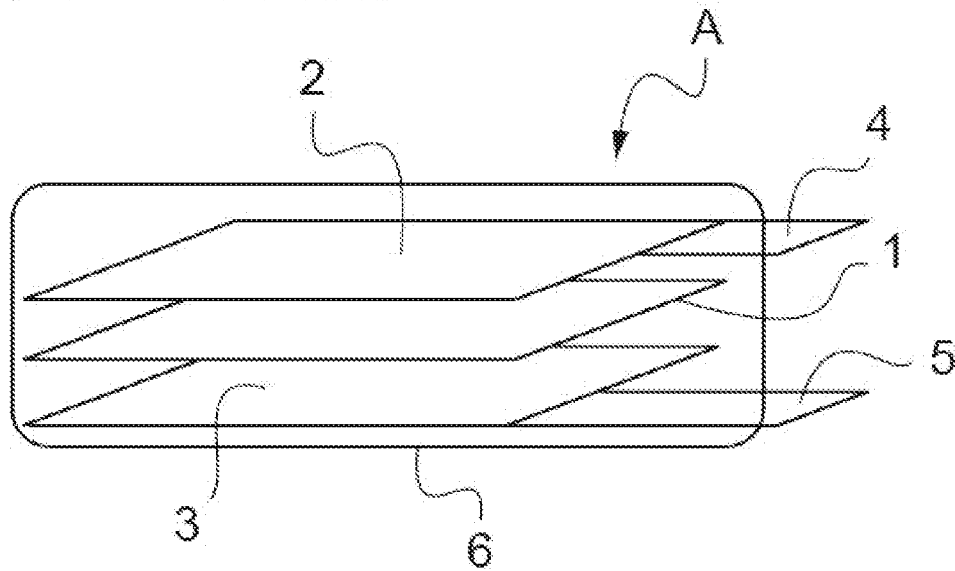
[Revendication 14] Pack-batterie selon l'une des revendications 10 à 13, chaque accumulateur étant un accumulateur Li-ion dans lequel :

- le matériau d'électrode(s) négative(s) est choisi dans le groupe comportant le graphite, le lithium, l'oxyde de titanate $\text{Li}_4\text{TiO}_5\text{O}_{12}$;
- le matériau d'électrode(s) positive(s) est choisi dans le groupe comportant LiFePO_4 , LiCoO_2 , $\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$.

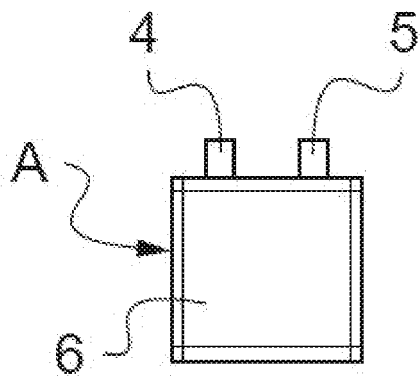
[Fig. 1]

Fig.1

(ETAT DE L'ART)



[Fig. 2]



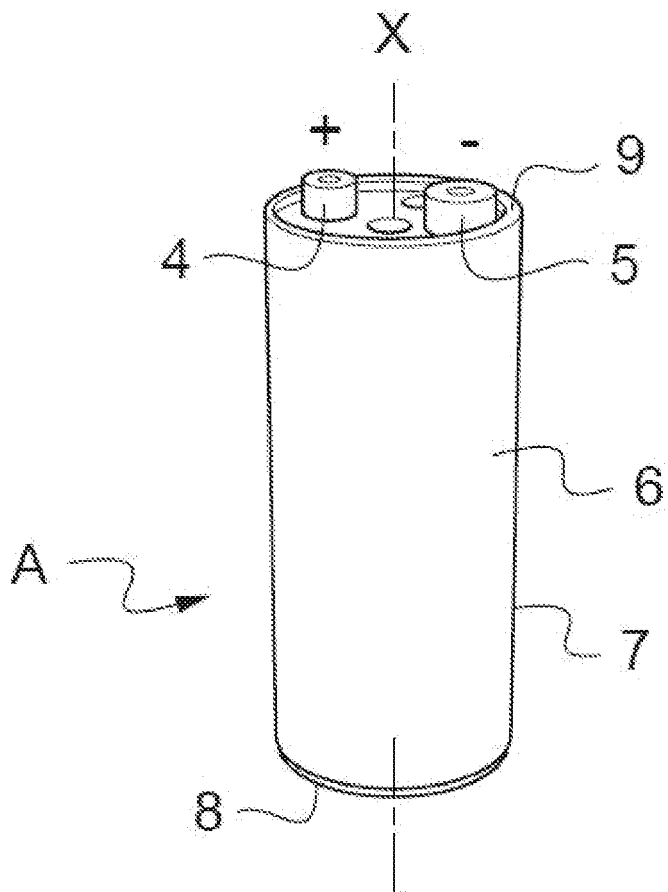
(ETAT DE L'ART)

Fig.2

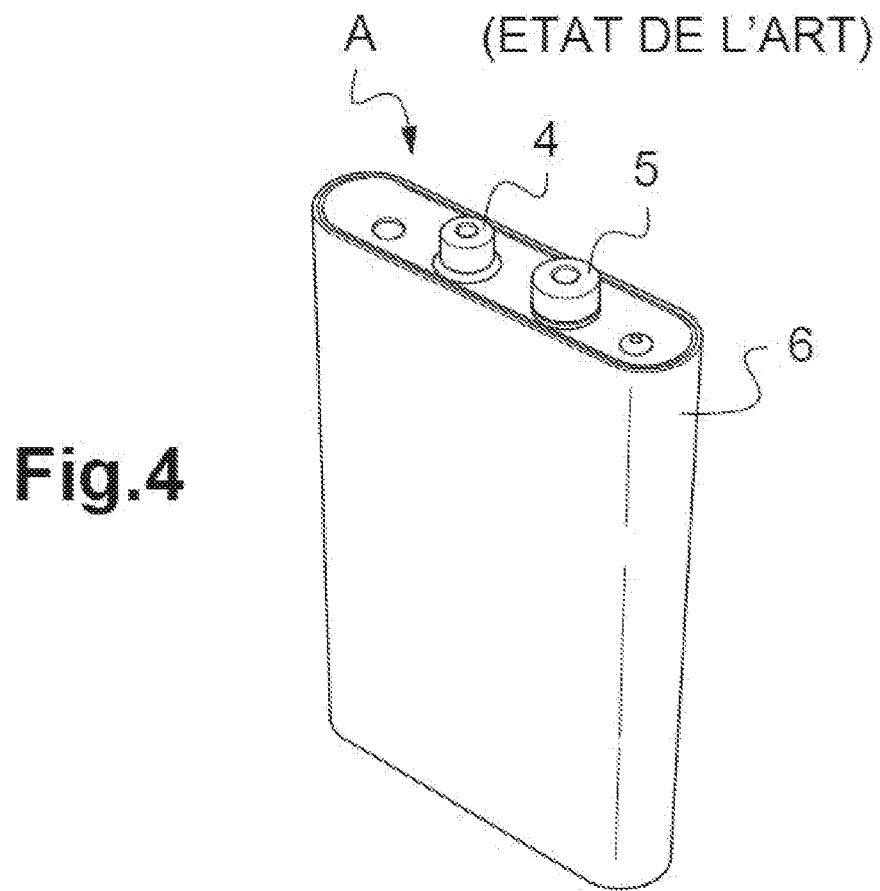
[Fig. 3]

Fig.3

(ETAT DE L'ART)



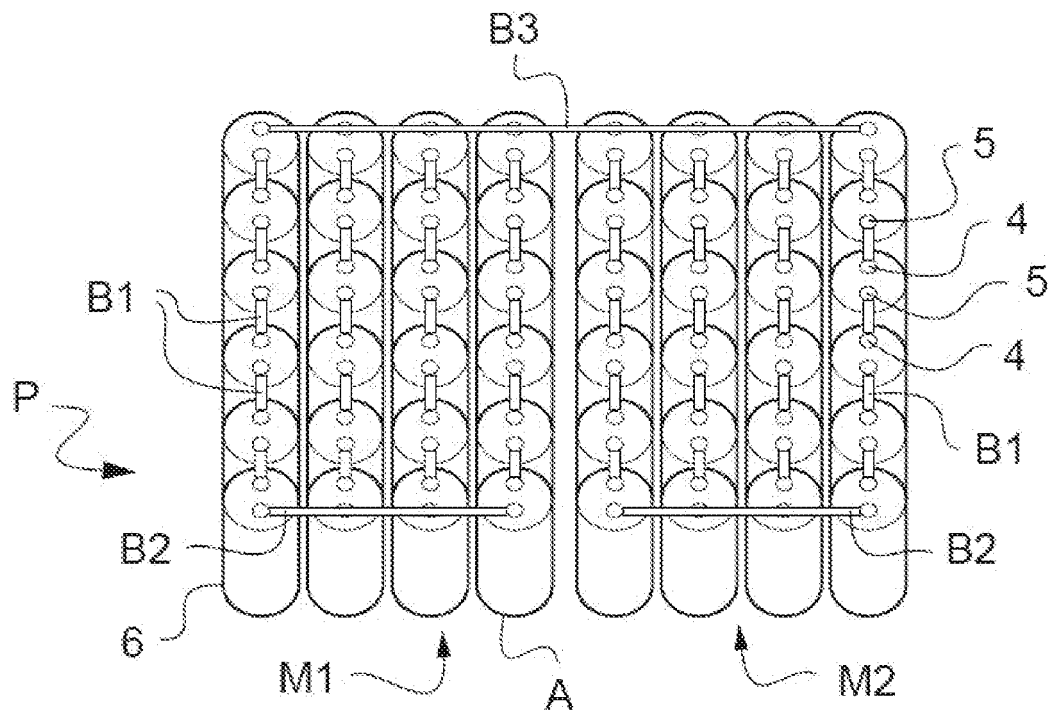
[Fig. 4]



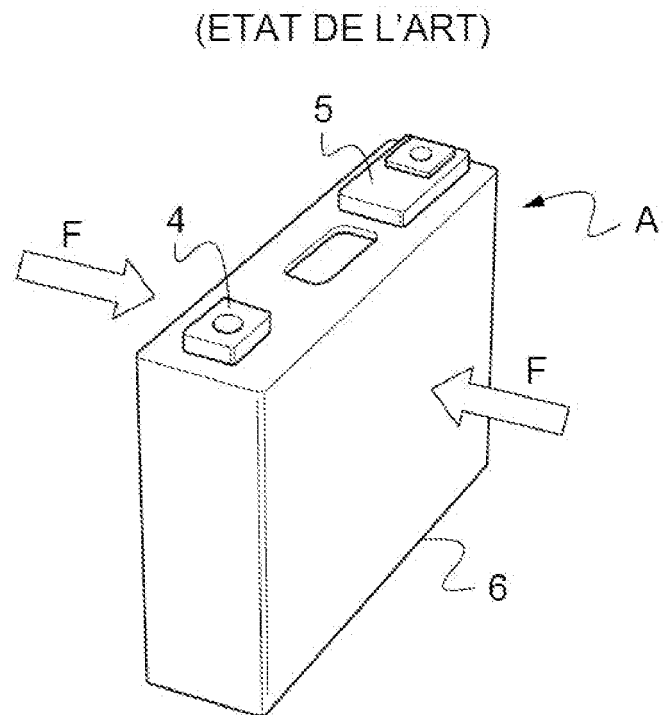
[Fig. 5]

Fig.5

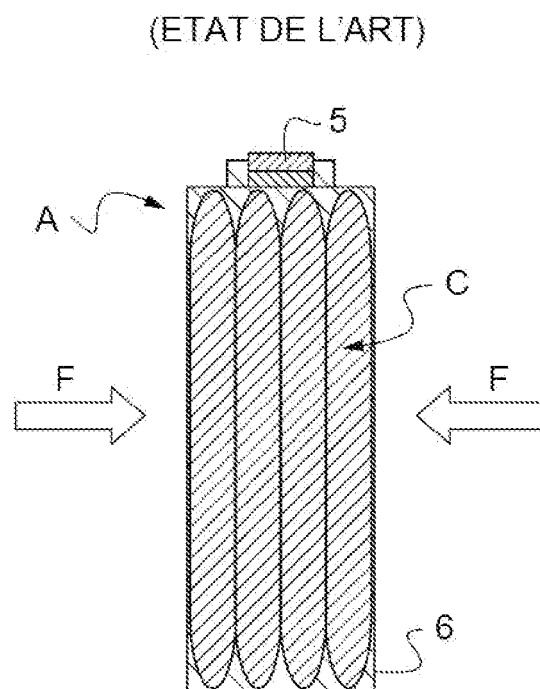
(ETAT DE L'ART)



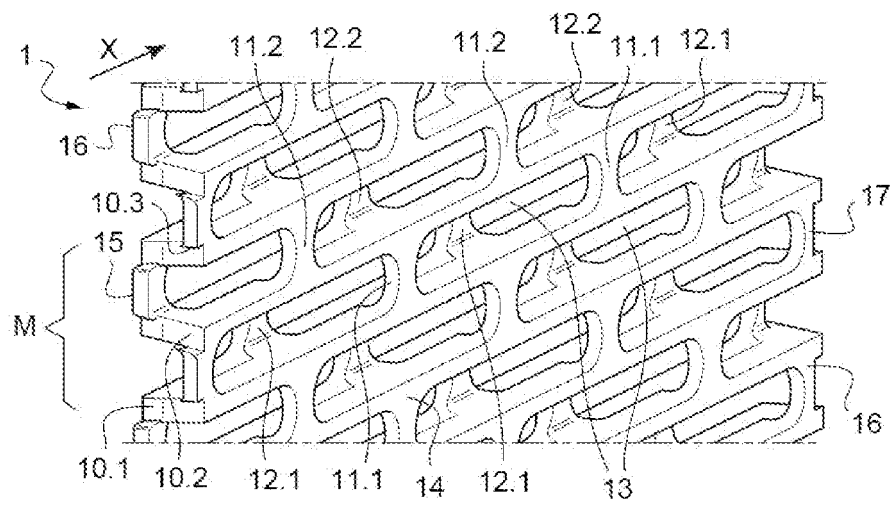
[Fig. 6A]

Fig.6A

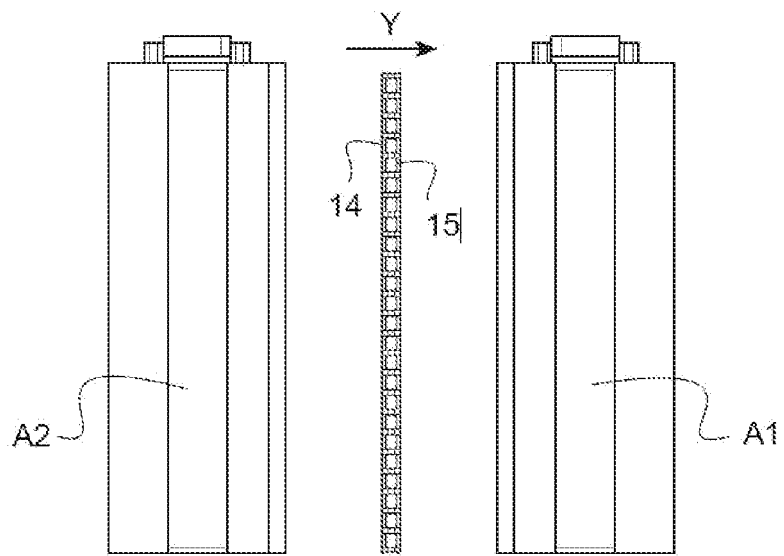
[Fig. 6B]

Fig.6B

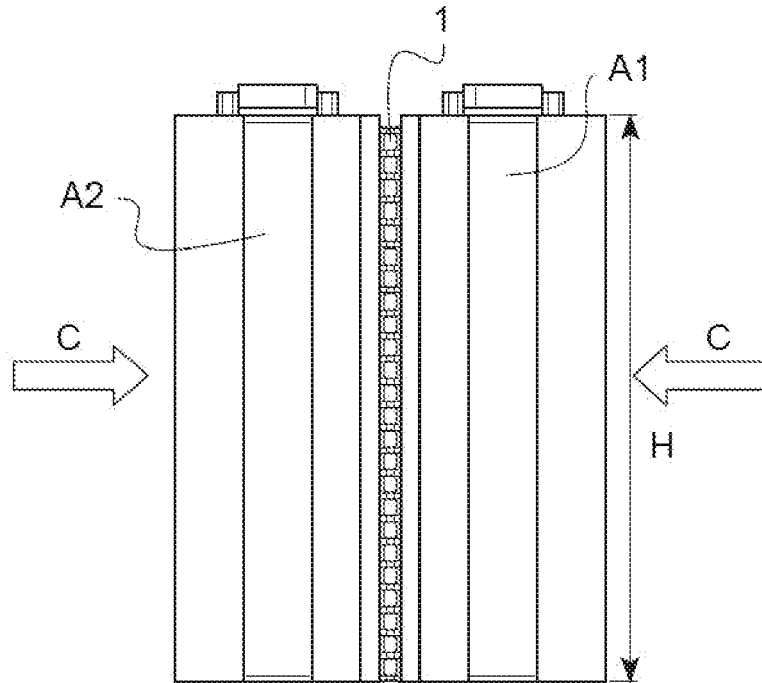
[Fig. 7]

Fig.7

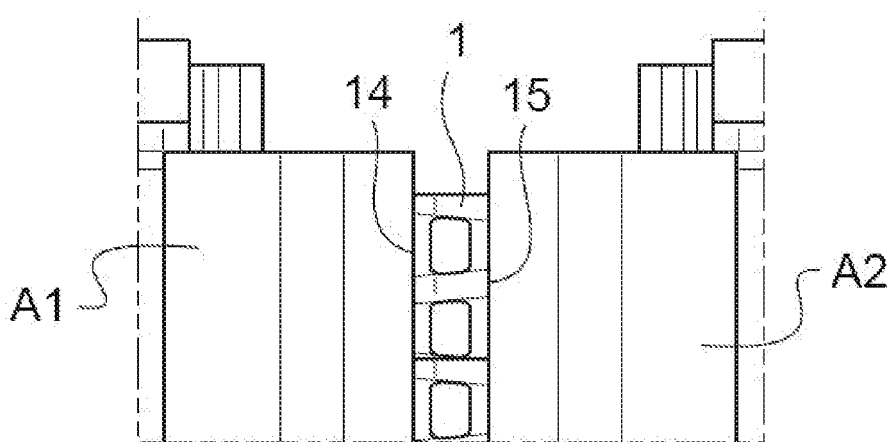
[Fig. 8]

Fig.8

[Fig. 9]

Fig.9

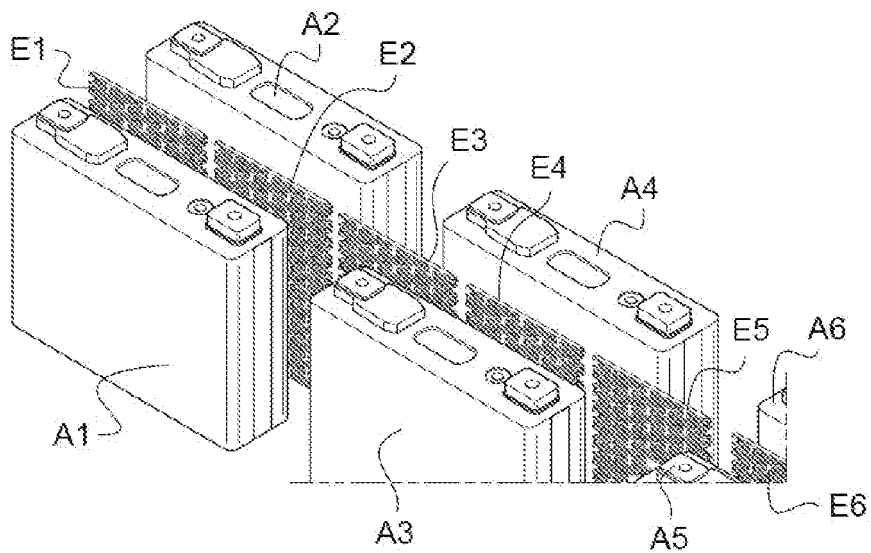
[Fig. 9A]

Fig.9a

[Fig. 10]

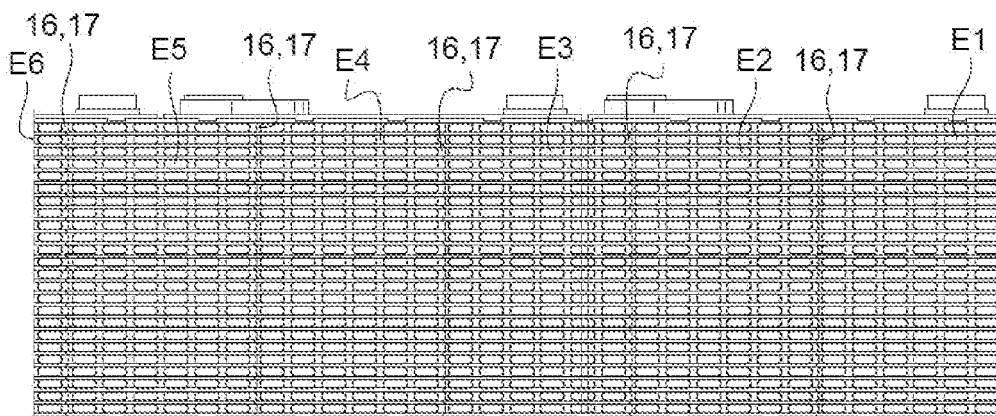
6/11

Fig.10



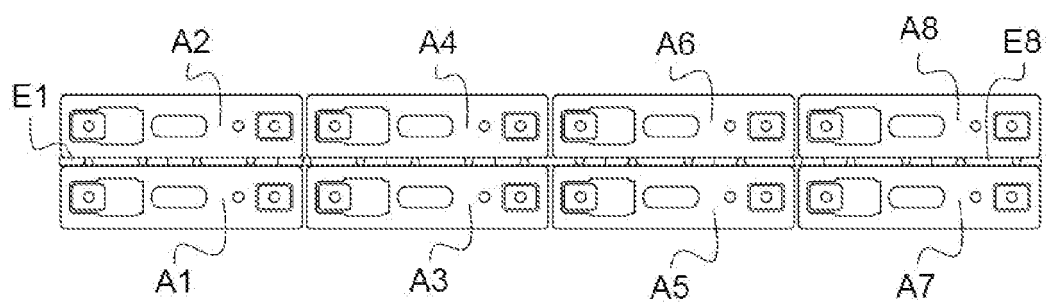
[Fig. 11]

Fig.11

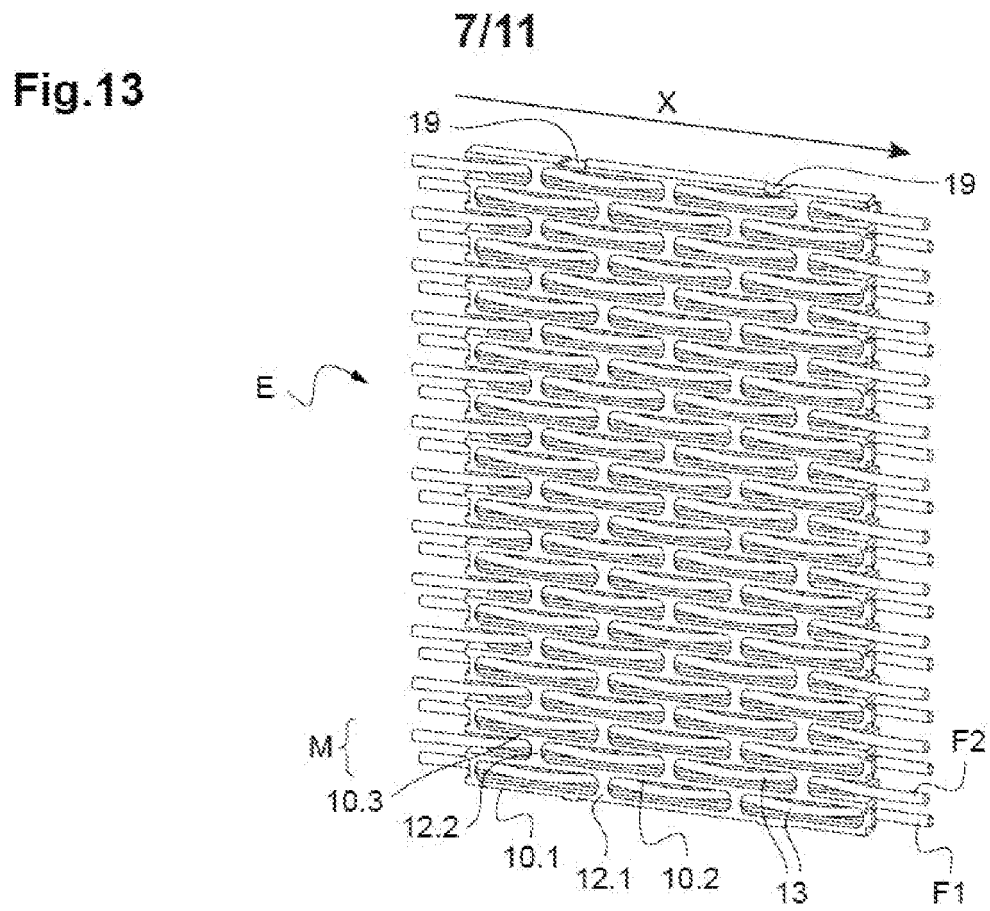


[Fig. 12]

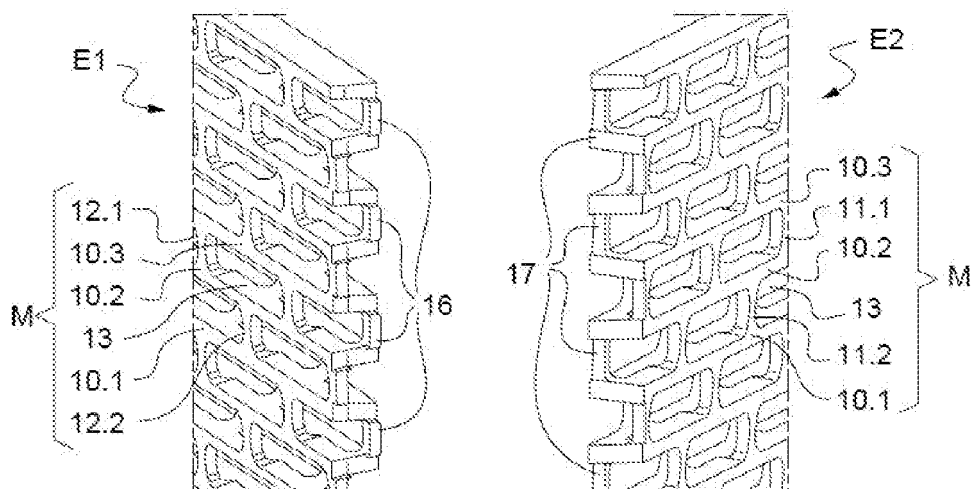
Fig.12



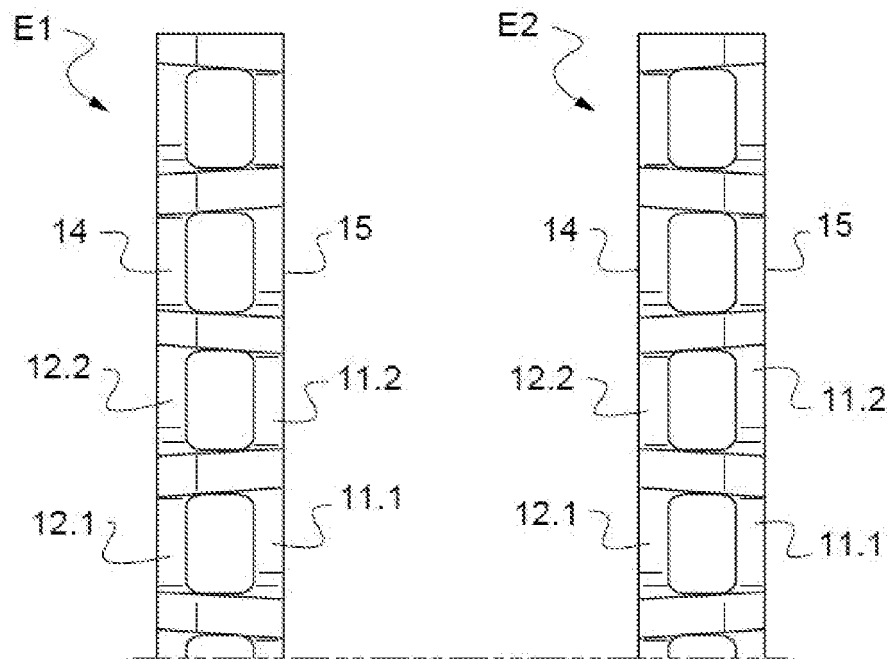
[Fig. 13]



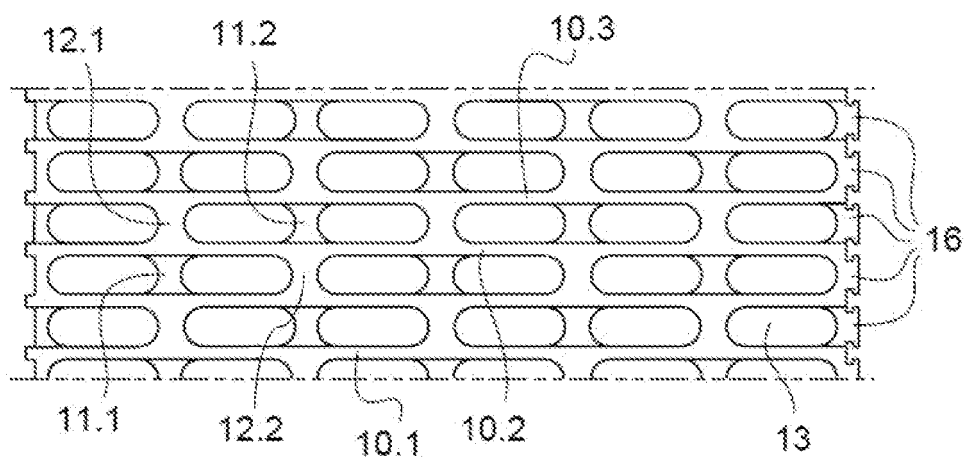
[Fig. 14]

Fig.14

[Fig. 15]

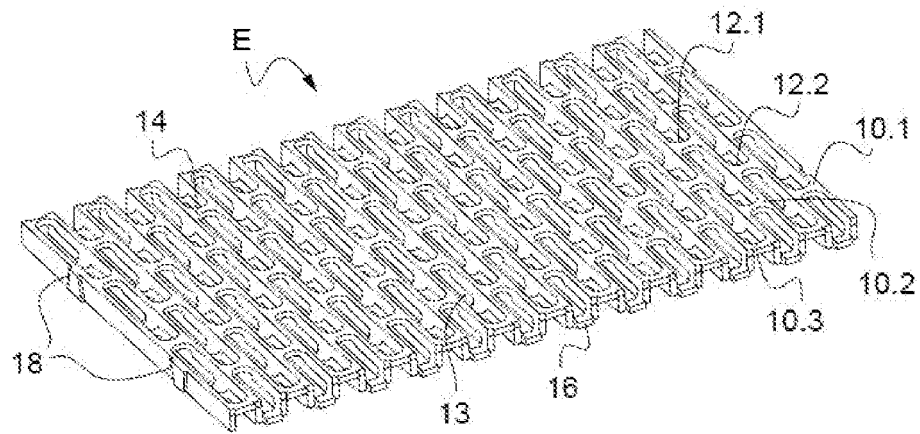
Fig.15

[Fig. 16]

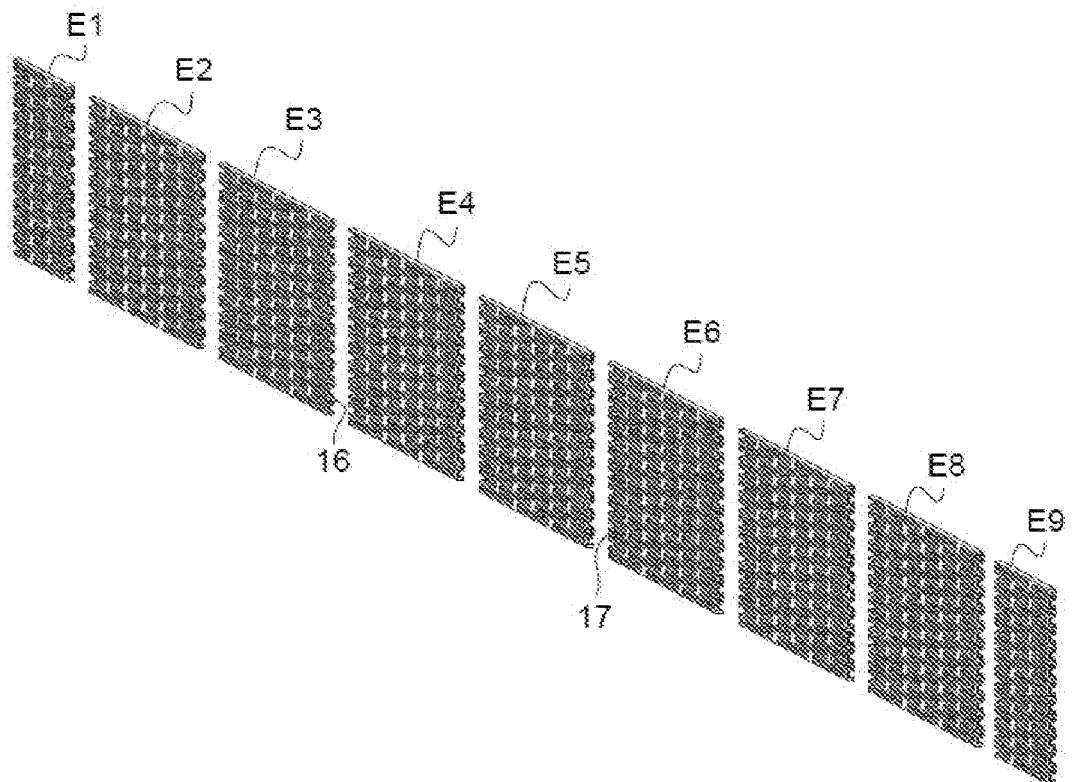
Fig.16

[Fig. 17]

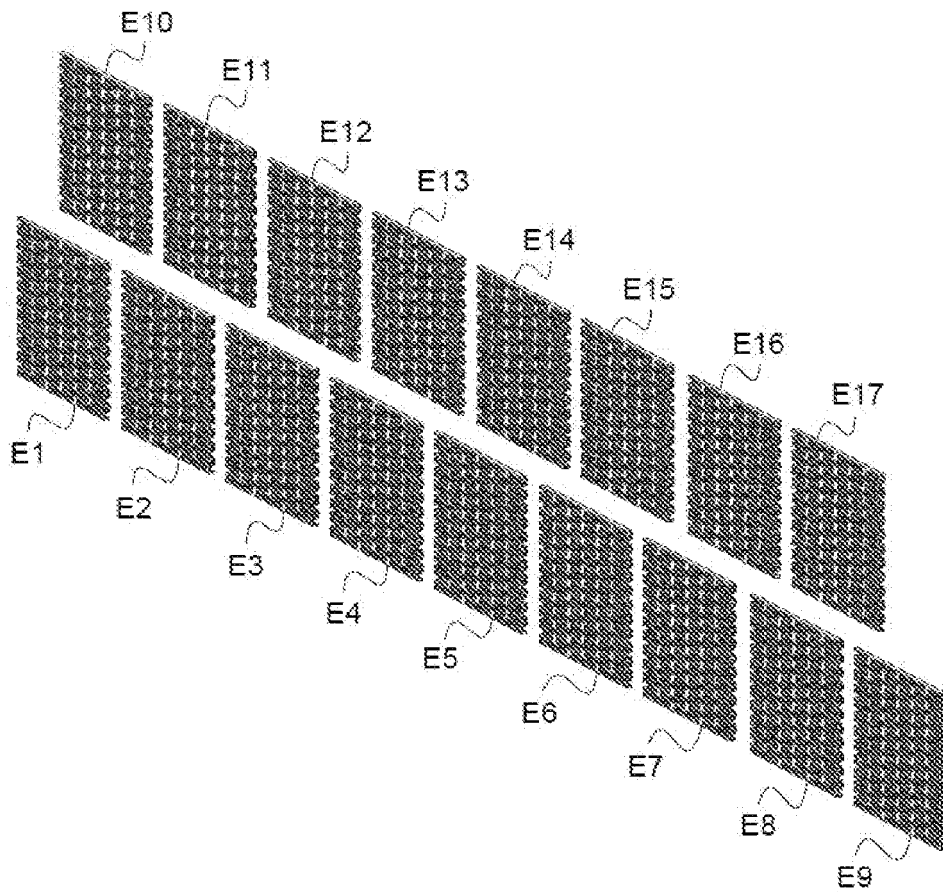
9/11

Fig.17

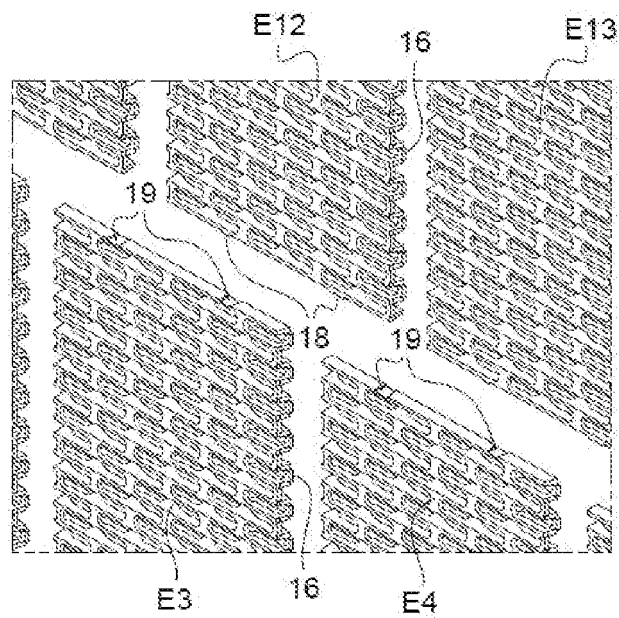
[Fig. 18]

Fig.18

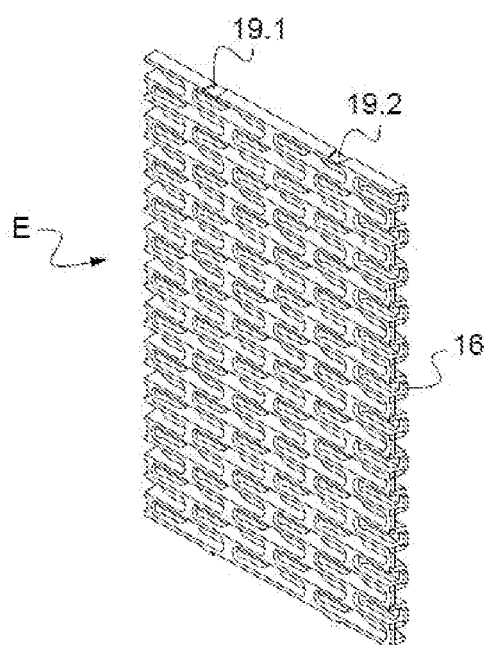
[Fig. 19]

Fig.19

[Fig. 20]

Fig.20

[Fig. 21]

**Fig.21**

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

US 2012/064379 A1 (OGURI KOSUKE [JP] ET AL) 15 mars 2012 (2012-03-15)

WO 2011/094863 A1 (DANA CANADA CORP [CA]; PALANCHON HERVE [DE] ET AL.) 11 août 2011 (2011-08-11)

WO 2012/081853 A2 (SK INNOVATION CO LTD [KR]; PARK SUNG CHUL [KR]) 21 juin 2012 (2012-06-21)

US 2018/175466 A1 (SEO JEONG HUN [KR] ET AL) 21 juin 2018 (2018-06-21)

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

NEANT