

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 105 592**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **20 00677**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 M 10/052 (2019.12), H 01 M 10/058**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 23.01.20.

③0 Priorité : 24.12.19 FR 1915529.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.06.21 Bulletin 21/25.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *I-TEN Société anonyme à conseil
d'administration* — FR.

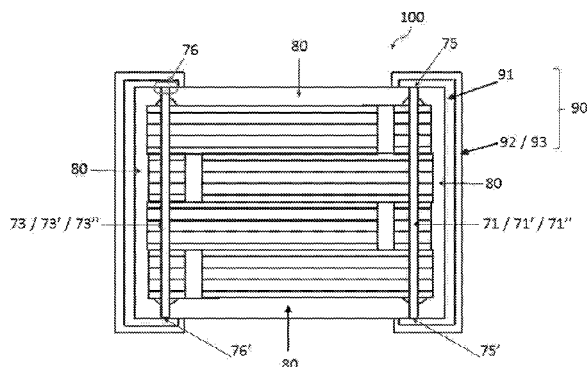
⑦2 Inventeur(s) : GABEN Fabien et CAYREFOURCQ
Ian.

⑦3 Titulaire(s) : *I-TEN Société anonyme à conseil d'admini-
stration.*

⑦4 Mandataire(s) : IXAS CONSEIL.

⑤4 **PROCEDE DE FABRICATION DE BATTERIES A IONS DE LITHIUM, NOTAMMENT A FORTE PUISSANCE, ET
BATTERIE OBTENUE PAR CE PROCEDE.**

⑤7 Architecture nouvelle de batterie à forte puissance
comprenant des moyens conducteurs anodique et catho-
dique singuliers qui lui confère une durée de vie améliorée.
Figure pour l'abrégié : Fig. 17.



FR 3 105 592 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCÉDE DE FABRICATION DE BATTERIES A IONS DE LITHIUM, NOTAMMENT A FORTE PUISSANCE, ET BATTERIE OBTENUE PAR CE PROCÉDE

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à la fabrication de batteries à ions de lithium. L'invention concerne un nouveau procédé de fabrication de batteries, et notamment de batteries à ions de lithium à forte puissance. Elle concerne également les batteries obtenues par ce procédé, qui présentent une architecture nouvelle qui leur confère une durée de vie améliorée.

Etat de la technique

[0002] Afin d'accroître le rendement de production des batteries rechargeables à forte densité d'énergie et forte densité de puissance, telles que des batteries entièrement solides ou des batteries imprégnées d'un électrolyte liquide, la fabrication simultanée de plusieurs batteries peut être réalisée à partir d'une superposition de feuilles alternées d'anode et de cathode préalablement revêtues d'une couche d'électrolyte.

[0003] WO 2016/001584 (I-TEN) décrit des feuilles comprenant un substrat conducteur recouvert successivement d'une couche d'électrode recouverte d'une couche d'électrolyte ; ces feuilles sont découpées, avant ou après dépôt, selon des motifs, notamment en forme de U. Ces feuilles sont empilées de manière alternée afin de constituer un empilement de plusieurs cellules élémentaires. Les motifs de découpe des anodes et cathodes sont placés en configuration « tête bêche » de manière à ce que l'empilement des couches de cathode et d'anode soit décalé latéralement. Après l'étape d'empilement, il est connu de ce document de déposer un système d'encapsulation en couche épaisse d'une dizaine de microns et conformal, typiquement une couche polymérique, sur l'empilement et dans les cavités disponibles présentes au sein de l'empilement. Ceci permet d'assurer d'une part, la rigidité de la structure au niveau des plans de coupe et d'autre part, la protection de la cellule de la batterie vis-à-vis de l'atmosphère. Une fois l'empilement réalisé et encapsulé dans une structure rigide, on le découpe suivant des plans de coupe pour obtenir des batteries unitaires, avec la mise à nu sur chacun des plans de coupe des connexions cathodique et anodique des batteries. Il se trouve que lors de ces coupes, le système d'encapsulation peut être arraché, ce qui entraîne une discontinuité de l'étanchéité de la batterie. Il est aussi connu d'ajouter des terminaisons (i.e. des contacts électriques) au niveau où ces connexions cathodique et anodique sont apparentes.

[0004] Cet état de la technique est expliqué ici en plus grand détail en référence à la figure

12 qui illustre une structure de batterie à ions de lithium décrite dans WO 2016/001584. La batterie **200** comprend plusieurs anodes **230** et plusieurs cathodes **210**, qui sont disposées les unes au-dessous des autres de façon alternée. Chaque anode et chaque cathode comprend une couche d'un matériau actif respectif d'anode ou de cathode, appelée couche d'anode, respectivement couche de cathode. Par ailleurs, une couche d'un matériau d'électrolyte, non représentée sur la figure 12, est intercalée entre l'anode et la cathode, de sorte que ce matériau d'électrolyte sépare deux couches actives en regard. L'épaisseur des différentes couches qui les constituent ne dépasse normalement pas les 15 μm , et est souvent comprise entre 2 μm et 8 μm . La batterie présente, sur un premier bord latéral **201**, des connexions anodiques **230'** situées les unes au-dessous des autres. Par ailleurs, sur le bord latéral opposé **202**, il est prévu des connexions cathodiques **210'** situées les unes au-dessous des autres. L'empilement des anodes **230** et des cathodes **210** est décalé latéralement. Les connexions cathodiques **210'** sont situées en saillie, par rapport à la face libre **230''** de l'anode. De manière analogue, sur le bord opposé **201**, la face libre **210''** de la cathode est située en retrait par rapport à la face libre de l'anode sur laquelle sont déposées ultérieurement des connexions anodiques **230'**.

[0005] Cette solution connue présente cependant certains inconvénients. En effet, en fonction du positionnement des électrodes, notamment de la proximité des bords des électrodes pour les batteries multicouches et de la propreté des découpes, un courant de fuite peut apparaître sur les extrémités, typiquement sous la forme d'un court-circuit rampant. Il diminue la performance de la batterie, et ce, malgré l'utilisation d'un système d'encapsulation autour de la batterie et aux abords des connexions cathodiques et anodiques. Par ailleurs, on constate parfois un dépôt insatisfaisant du système d'encapsulation sur la batterie, notamment sur les bords de la batterie au niveau des espaces créés par les décalages latéraux des électrodes sur les bords de batterie.

[0006] Par ailleurs, étant donné que les terminaisons, respectivement d'anode et de cathode, sont situées en retrait des couches adjacentes, respectivement de cathode et d'anode, il est nécessaire de pratiquer une découpe de larges dimensions. Une telle découpe doit alors être remplie au moyen d'un matériau isolant. Étant donné ses dimensions importantes, cette découpe conduit à une perte substantielle de matières utiles, pour la réalisation de la batterie proprement dite. Par ailleurs, elle impose de déposer de fortes épaisseurs d'isolant, dans les cavités disponibles présentes au sein de l'empilement. Un isolant épais risque de fragiliser l'ensemble du système d'encapsulation de la batterie, car lors de la découpe, le système d'encapsulation déposé en couche épaisse a tendance à se délaminer. L'architecture selon l'état de la technique présente donc à la fois des inconvénients techniques et économiques.

- [0007] Et enfin, pour de nombreuses applications, il est important de réduire la résistance des batteries, qui engendre une perte de puissance. Pour les batteries de très forte puissance selon l'état de la technique, la résistance des éléments de connexion contribue de manière significative à la résistance de la batterie : une architecture de batterie qui a pour effet d'augmenter la résistance des éléments de connexion ne serait pas acceptable, même si elle pouvait apporter une solution à certains autres problèmes énoncés ci-dessus. A ce titre, la connexion entre les éléments de connexion et les surfaces conductrices de la batterie destinées à entrer en contact avec lesdits éléments de connexion présente une résistance de contact, qui doit être minimisée. Cette connexion peut se faire de manière simple par collage. Pour illustrer cela à l'aide de la figure 12 précitée, une feuille métallique peut être collée sur les tranches des anodes **230'** et des cathodes **210'**, après encapsulation de la batterie et découpe latérale qui met à nu ces tranches. Une bonne connexion présente une faible résistance électrique, qui ne doit pas se dégrader au cours de la durée de vie de la batterie.
- [0008] Or, les colles conductrices qui sont souvent utilisées pour coller des feuilles métalliques au niveau des terminaisons présentent généralement une importante résistance de contact, surtout les colles contenant du graphite. On sait en revanche que d'excellentes propriétés de conduction électriques sont obtenues avec des encres contenant des nanoparticules métalliques ou des nanoparticules de carbure ou de nitrures. Cependant, cette faible résistance n'est obtenue que dans le cas où ces encres subissent un traitement thermique à une température suffisante pour conduire au frittage des nanoparticules conductrices. En règle générale, une température d'environ 400 °C conduit à un frittage qui reste incomplet, mais une telle température est bien trop élevée pour des batteries contenant un électrolyte liquide.
- [0009] Par ailleurs, la densité des encres frittées n'est pas suffisamment élevée pour que ces encres soient être imperméables à la vapeur d'eau (cette perméabilité est exprimée par le taux de transmission de la vapeur d'eau (appelé Water Vapor Transmission Rate, abrégé WVTR en anglais, et appelé ci-après coefficient WVTR) ; tel est le cas par exemple de l'encre Métalon®-Nano Copper de la société Novacentrix®. Il existe donc un réel besoin d'améliorer la qualité du contact électrique entre les surfaces conductrices de batterie et les éléments de connexion, à la fois pour diminuer la résistance de contact et pour améliorer la durabilité de ce contact électrique.
- [0010] La présente invention vise à remédier au moins en partie à certains inconvénients de l'art antérieur évoqués ci-dessus.
- [0011] Elle vise en particulier à accroître le rendement de production des batteries rechargeables à forte densité d'énergie et forte densité de puissance et à réaliser des encapsulations plus performantes à moindre coût.
- [0012] Elle vise en particulier à proposer un procédé qui diminue le risque de court-circuit,

et qui permet de fabriquer une batterie présentant une faible autodécharge.

- [0013] Elle vise en particulier à proposer un procédé, qui permet de fabriquer de manière simple, fiable et rapide une batterie présentant une durée de vie très élevée.
- [0014] Elle vise également à proposer un tel procédé, qui utilise une étape de découpe de meilleure qualité que dans l'art antérieur.
- [0015] Elle vise également à proposer un tel procédé, qui permet d'améliorer les phases d'encapsulation et l'encapsulation elle-même, intervenant lors de la réalisation de la batterie finale.
- [0016] Elle vise également à proposer un procédé de fabrication des batteries qui engendre moins de perte de matières.
- [0017] En tout état de cause, la solution apportée à ces problèmes ne doit pas augmenter la résistance de la batterie, et doit, si possible, la réduire.

Objets de l'invention

- [0018] Au moins un des objectifs ci-dessus est atteint par l'intermédiaire d'au moins l'un des objets selon l'invention tel que présenté ci-après. La présente invention propose comme premier objet une batterie **100** comprenant au moins une anode **3** et au moins une cathode **1**, disposée l'une au-dessus de l'autre de manière alternée, ladite batterie **100** comprenant des bords latéraux **101, 102** comprenant au moins une zone de connexion anodique et au moins une zone de connexion cathodique, latéralement opposée à la zone de connexion anodique, et des bords longitudinaux **103, 104**, dans laquelle l'anode **3** comprend :
- [0019] – un substrat collecteur de courant,
– au moins une couche d'anode, et
– éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,
- et la cathode 1 comprend :**
- [0020] – un substrat collecteur de courant,
– au moins une couche de cathode, et
– éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,
- [0021] de sorte que la batterie comprend successivement au moins une couche d'anode, au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte, et au moins une couche de cathode,
- [0022] de sorte que :
- [0023] – chaque anode et chaque cathode comprend un corps principal **111, 131** respectif, séparé d'un corps secondaire **112, 132** respectif, par un espace libre **113, 133** de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et de substrat collecteur

- de courant, ledit espace libre reliant les bords longitudinaux **103, 104** opposés de la batterie,
- chaque anode et chaque cathode comprend, en vue de dessus, au moins un premier trou débouchant **51, 53** réalisé dans le corps principal et un second trou débouchant **52, 54** réalisé dans le corps secondaire,
- [0024] étant entendu que chaque premier trou débouchant **51** réalisé dans le corps principal de la cathode, s'étend dans le prolongement de chaque second trou débouchant **54** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous **51, 54**, s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un premier passage débouchant **61** qui traverse de part en part la batterie,
- [0025] et que chaque premier trou débouchant **53** réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étend dans le prolongement de chaque second trou débouchant **52** réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous **52, 53**, s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un second passage débouchant **63** qui traverse de part en part la batterie,
- la batterie comprend en outre au moins un moyen conducteur cathodique **71, 71', 71''** reçu dans ledit premier passage débouchant **61** et au moins un moyen conducteur anodique **73, 73', 73''** reçu dans ledit second passage débouchant **63**, le moyen conducteur anodique **73, 73', 73''** étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie en direction d'au moins une zone de connexion anodique et le moyen conducteur cathodique **71, 71', 71''** étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie en direction d'au moins une zone de connexion cathodique.
- [0027] Avantageusement, en vue de dessus, les espaces libres des cathodes **113** sont superposés.
- [0028] Avantageusement, en vue de dessus, les espaces libres des anodes **133** sont superposés.
- [0029] Avantageusement, en vue de dessus, les espaces libres des cathodes **113** et les espaces libres des anodes **133** ne sont pas confondus.
- [0030] Avantageusement, en vue de dessus, le premier passage débouchant **61** et le second passage débouchant **63** ne sont pas confondus.
- [0031] Avantageusement, des faces libres des corps secondaires respectivement des cathodes **112'** et des anodes **132'**, qui sont opposées à l'espace libre, affleurent des faces libres du corps principal respectivement des anodes **131'** et des cathodes **111'**.
- [0032] Avantageusement, la plus petite distance D_{59} / D_{56} séparant le premier passage débouchant **61** de la face libre **111', 132'** opposée à l'espace libre **133** est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm.
- [0033] Avantageusement, la batterie comprend un système d'encapsulation revêtant quatre

des six faces de ladite batterie, et partiellement les deux autres faces, ces deux autres faces étant opposées et sensiblement perpendiculaires aux premier et second passages débouchants **61, 63** de la batterie comprenant au moins une zone de connexion anodique et au moins une zone de connexion cathodique.

[0034] Avantageusement, le système d'encapsulation comprend :

- [0035] – au moins une première couche de recouvrement, de préférence choisie parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide, la silice sol-gel, la silice organique et/ou un mélange de ceux-ci, déposée sur la batterie,
- au moins une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques ou PECVD, HDPCVD ou ICPCVD sur ladite au moins première couche de recouvrement,

[0036] étant entendu que cette séquence d'au moins une première couche de recouvrement et d'au moins une deuxième couche de recouvrement peut être répétée z fois avec $z \geq 1$.

[0037] Avantageusement et de manière alternative, le système d'encapsulation peut comprendre :

- [0038] – au moins une première couche de recouvrement ayant un très faible coefficient WVTR, de préférence un coefficient de WVTR inférieur à 10^{-5} g/m².d, déposée à la périphérie externe de l'empilement de feuilles anodique et cathodique,

[0039] étant entendu que cette première couche de recouvrement peut être répétée z' fois avec $z' \geq 1$.

[0040] Avantageusement, l'au moins première couche de recouvrement comprend un matériau céramique et/ou un verre à bas point de fusion, de préférence un verre dont le point de fusion est inférieur à 600°C. Avantageusement, le matériau céramique et/ou le verre est choisi parmi :

[0041] - un verre à bas point de fusion (typiquement < 600°C), de préférence SiO₂-B₂O₃ ; Bi₂O₃-B₂O₃, ZnO-Bi₂O₃-B₂O₃, TeO₂-V₂O₅, PbO-SiO₂,

[0042] - des oxydes, des nitrures, des oxynitrures, du Si_xN_y, SiO₂, SiON du Silicium amorphe ou du SiC.

[0043] Avantageusement, la batterie comprend un système de terminaison recouvrant au moins la zone de connexion anodique **75, 75'** et au moins la zone de connexion cathodique **76, 76'**.

[0044] Avantageusement, la dimension transversale, ou largeur, de l'espace libre **L₁₁₃** est comprise entre 0,01 mm et 0,5 mm.

[0045] Avantageusement, la dimension transversale, ou largeur, des corps secondaires **L₁₁₂** est comprise entre 0,05 mm et 2 mm.

- [0046] Avantageusement, les moyens conducteurs anodiques et cathodiques sont choisis, indifféremment l'un de l'autre, parmi :
- [0047] – une barre formée d'un matériau conducteur électrique, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation,
- une tige métallique à ajustement serré, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation,
- une tige métallique entourée d'un matériau fourreau conducteur électrique, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation.
- [0048] La présente invention propose comme second objet un procédé de fabrication d'une batterie, ladite batterie comprenant au moins une anode **3** et au moins une cathode **1**, disposée l'une au-dessus de l'autre de manière alternée, ladite batterie **100** comprenant des bords longitudinaux **103,104** et des bords latéraux **101,102**,
dans lequel l'anode 3 comprend :
- [0049] – un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche d'anode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,
- et la cathode 1 comprend :**
- [0050] – un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche de cathode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte
- [0051] de sorte que la batterie comprend successivement au moins une couche d'anode, au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte, et au moins une couche de cathode,
- [0052] chaque anode **3** comprenant une zone de connexion anodique, située au voisinage d'un premier bord latéral de la batterie, alors que chaque cathode **1** comprend une zone de connexion cathodique, située sur un second bord latéral de la batterie, opposé audit premier bord,
- [0053] ledit procédé de fabrication comprenant :
- [0054] a) l'approvisionnement d'un empilement **I** de feuilles alternées, cet empilement comprenant des premières feuilles ou feuilles d'anode dont chacune est destinée à former une couche d'anode de plusieurs batteries, ainsi que des deuxièmes feuilles ou feuilles de cathode dont chacune est destinée à former une couche de cathode de plusieurs batteries,
- [0055] chaque feuille d'anode comprenant au moins une fente **34** d'anode et chaque feuille

de cathode comprenant au moins une fente **14** de cathode, ladite fente respectivement d'anode et de cathode comprenant deux parties longitudinales **16, 36** au moins en partie superposées, destinées à délimiter les bords longitudinaux **103, 104** de la batterie, ainsi qu'une partie latérale **18, 38** reliant lesdites deux parties longitudinales, la partie latérale de la fente d'anode **38** et la partie latérale de la fente de cathode **18** étant mutuellement décalée, étant entendu que chaque partie latérale des fentes délimite un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et de substrat collecteur de courant, ledit espace libre séparant, pour chaque anode et chaque cathode, un corps principal d'un corps secondaire,

- [0056] b) la réalisation d'un traitement thermique et/ou d'une compression mécanique de l'empilement de feuilles alternées précédemment approvisionné,
- [0057] c) pour chaque anode et chaque cathode, la réalisation d'au moins un premier trou débouchant **51, 53** dans le corps principal et la réalisation d'au moins un second trou débouchant **52, 54** dans le corps secondaire,
- [0058] – ledit premier trou débouchant **51**, réalisé dans le corps principal de la cathode, s'étendant dans le prolongement du second trou débouchant **54** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous **51, 54**, s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un premier passage débouchant **61** qui traverse de part en part la batterie,
- et ledit premier trou débouchant **53**, réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étendant dans le prolongement du second trou débouchant **52**, réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous **52, 53**, s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un second passage débouchant **63** qui traverse de part en part la batterie, étant entendu que l'étape c) peut être réalisée avant l'étape a) sur les feuilles d'anode et de cathode ou après l'étape b),
- [0059] d) l'introduction d'un moyen conducteur cathodique **71, 71', 71''** dans le premier passage débouchant **61** et d'un moyen conducteur anodique **73, 73', 73''** dans le second passage débouchant **63**, chacun de ces moyens conducteurs étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie, et chacun de ces moyens conducteurs faisant saillie par rapport aux faces sensiblement perpendiculaires aux premier et second passages débouchants **61, 63** de la batterie,
- [0060] e) la réalisation de deux découpes **D_n, D'_n** s'étendant au moins partiellement à l'intérieur desdites fentes, la première découpe s'étendant entre la partie latérale de la fente d'anode et l'extrémité en regard des parties longitudinales, alors que la seconde découpe s'étend entre la partie latérale de la fente de cathode et l'extrémité en regard des parties longitudinales.
- [0061] Avantagusement, le procédé comprend après l'étape b) ou après l'étape e) de réa-

lisation de l'empilement découpé, une étape f) d'imprégnation de l'empilement découpé, par une phase porteuse d'ions de lithium telle que des électrolytes liquides ou un liquide ionique contenant des sels de lithium.

[0062] Avantageusement, le procédé comprend après l'étape e) ou après l'étape f), l'encapsulation de l'empilement découpé, en déposant :

- [0063] – au moins une première couche de recouvrement, de préférence choisie parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide, la silice sol-gel, la silice organique et/ou un mélange de ceux-ci, sur la batterie, et puis
- au moins une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques ou PECVD, HDPCVD ou ICPCVD sur ladite au moins première couche de recouvrement,

[0064] étant entendu que la séquence d'au moins une première couche de recouvrement et d'au moins une deuxième couche de recouvrement peut être répétée z fois avec $z \geq 1$.

[0065] Avantageusement, on réalise les deux découpes D_n , D'_n au travers d'au moins une majorité des anodes et des cathodes, en particulier au travers de l'ensemble des anodes et des cathodes.

[0066] Avantageusement, les distances entre chaque découpe et les extrémités en regard des parties longitudinales sont identiques. Avantageusement, ces distances sont comprises entre 0,05 mm et 2 mm.

[0067] Avantageusement, chaque fente présente une forme globale de H, les parties longitudinales formant les évidements principaux verticaux du H, alors que la partie latérale forme le canal du H.

[0068] Avantageusement, chaque partie latérale des fentes délimite un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant reliant les bords longitudinaux opposés de la batterie, ledit espace libre séparant, pour chaque anode et chaque cathode, un corps principal d'un corps secondaire.

[0069] Avantageusement, la largeur de la partie latérale est comprise entre 0,05 mm et 2 mm.

[0070] Avantageusement, chaque feuille appartenant audit empilement comprend plusieurs lignes de fente disposées les unes à côté des autres. Avantageusement on réalise les deux découpes à travers l'ensemble des fentes d'une même ligne.

[0071] Avantageusement, chaque feuille comprend plusieurs rangées de fentes disposées les unes au-dessous des autres.

[0072] Avantageusement, la distance séparant des découpes adjacentes, ménagées dans des lignes voisines, est comprise entre 0,05 mm et 5 mm.

[0073] Avantageusement, le nombre de lignes est compris entre 10 et 500, alors que le nombre de rangées est compris entre 10 et 500.

[0074] Avantageusement, on réalise chaque découpe par un procédé de sciage, par guillotine, ou par laser.

Figures

[0075] Les figures annexées, données à titre d'exemples non limitatifs, représentent différents aspects et modes de réalisation de l'invention. [fig.12] représente une batterie selon l'état de la technique.

[0076] [fig.1] est une vue en perspective des feuilles d'anode et de cathode destinées à former un empilement selon le procédé de fabrication de batteries conforme à l'invention.

[0077] [fig.2] est une vue de face, illustrant l'une des feuilles de la figure 1.

[0078] [fig.3] est une vue de face, à plus grande échelle, illustrant des fentes en forme de H ménagées dans des feuilles adjacentes ainsi que des premier et second passages ménagés dans des feuilles adjacentes.

[0079] [fig.4] est une vue en perspective, également à grande échelle, illustrant ces fentes en forme de H ménagées dans des feuilles adjacentes ainsi que ces premier et second passages ménagés dans des feuilles adjacentes.

[0080] [fig.5] est une vue de dessus, illustrant une étape de découpe réalisée sur différentes fentes ménagées dans l'empilement des figures précédentes.

[0081] [fig.6] est une vue de dessus, illustrant à plus grande échelle les découpes ménagées sur une fente en forme de H.

[0082] [fig.7] est une vue en coupe, selon la ligne VII-VII indiquée sur la figure 6.

[0083] [fig.8] est une vue en coupe, selon la ligne VIII-VIII indiquée sur la figure 6.

[0084] [fig.9] est une vue de dessus illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenue notamment selon le procédé des figures précédentes.

[0085] [fig.10] est une vue en coupe, selon la ligne X-X indiquée sur la figure 6 illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenue notamment selon le procédé des figures précédentes.

[0086] [fig.11] est une vue en perspective, illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenue notamment selon le procédé des figures précédentes.

[0087] [fig.12] est une vue en perspective illustrant une batterie selon l'art antérieur.

[0088] [fig.13] est vue de dessus, illustrant une étape de découpe réalisée sur différentes fentes en forme de H ménagées sur une feuille d'anode ou de cathode selon une deuxième variante de l'invention et présentant les premier et second passages ménagés sur cette feuille d'anode ou de cathode selon la deuxième variante de l'invention.

[0089] [fig.14] est une vue de dessus, illustrant à plus grande échelle les découpes ménagées sur des fentes en forme de H selon la deuxième variante de l'invention.

[0090] [fig.15] est une vue en perspective, illustrant une batterie conforme à l'invention, qui

est susceptible d'être obtenu notamment selon la deuxième variante de l'invention.

[0091] [fig.16] comprend les figures 16A, 16B et 16C. Ces figures 16A, 16B et 16C sont des vues en coupe, selon la ligne XVI-XVI indiquée sur la figure 15 illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenue notamment selon le procédé des figures précédentes et dont les premier et second passages ménagés sur cette batterie sont remplis par des moyens conducteurs destinés à réaliser la connexion électrique entre les cellules de la batterie.

[0092] [fig.17] est une vue en coupe illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être notamment obtenue selon le procédé des figures précédentes, cette batterie comprenant les moyens conducteurs destinés à réaliser la connexion électrique entre les cellules de la batterie et un système d'encapsulation.

[0093] Les repères suivants sont utilisés sur ces figures et dans la description qui suit :

[0094] I : empilement de feuilles d'anode et de cathode

[0095] 1 : feuille de cathode

[0096] 2 : Perforations présentes aux quatre extrémités des feuilles d'anode et de cathode

[0097] 3 : feuille d'anode

[0098] 10 : zone centrale perforée de la feuille de cathode

[0099] 12 : cadre périphérique de la feuille de cathode

[0100] XX : direction longitudinale ou horizontale de l'empilement

[0101] YY : direction verticale ou transversale de l'empilement

[0102] L : ligne de fentes

[0103] R : rangée de fentes

[0104] 20 / 1020 : ponts de matière entre deux lignes

[0105] H_{20} / H_{1020} : hauteurs des ponts

[0106] 22 : bandes de matières entre deux rangées

[0107] L_{22} : largeur des bandes

[0108] 14 / 1014 : fentes en forme de H dans les feuilles de cathode

[0109] 16 / 1016 : évidements principaux verticaux de 14

[0110] 18 / 1018 : canal horizontal de 14

[0111] H_{14} : hauteur totale de la fente

[0112] L_{14} : largeur totale de la fente

[0113] L_{16} : largeur de chaque évidement principal 16

[0114] H_{18} : hauteur de chaque canal 18

[0115] D_{18} : distance entre le sommet de 16 et de 18

[0116] 34 / 1034 / 1014 : fentes en forme de H dans les feuilles d'anode, analogues aux fentes 14

[0117] 36 / 1036 : évidements principaux verticaux de 34

[0118] 1101 / 1102 : bords latéraux de 1100

- [0119] 38 / 1038 : canal horizontal de 34
- [0120] D_{1020} : distance entre la découpe D_n et la face en regard du canal 1018
- [0121] 51 : Premier trou débouchant réalisé dans le corps principal de la cathode
- [0122] 52 : Second trou débouchant réalisé dans le corps secondaire de la cathode
- [0123] 53 : Premier trou débouchant réalisé dans le corps principal de l'anode
- [0124] 54 : Second trou débouchant réalisé dans le corps secondaire de l'anode
- [0125] 61 : Premier passage débouchant
- [0126] 63 : Second passage débouchant
- [0127] 71, 71', 71'' : moyen conducteur cathodique
- [0128] 73, 73', 73'' : moyen conducteur anodique
- [0129] 80 : système d'encapsulation
- [0130] 90 : terminaison
- [0131] 91 : Première couche de polymère conducteur des terminaisons
- [0132] XH / XH' : axe médian horizontal des fentes 14 et 34, respectivement des fentes 1014 et 1034
- [0133] $D, D', D_n, D'_n, D_{n+1}, D'_{n+1}$: Découpe
- [0134] 100 / 1100 : Batterie selon l'invention
- [0135] 40 / 1040 : chutes de matière
- [0136] 41 : chutes de matériaux de cathodes
- [0137] 43 : chutes de matériaux d'anodes
- [0138] X 100, Y 100 : axes médians longitudinal et latéral de 100
- [0139] 101 / 102 : bords latéraux de 100
- [0140] 103 / 104 : bords longitudinaux de 100
- [0141] 110 / 1110 : couches de cathode
- [0142] 130 / 1130 : couches d'anode
- [0143] 111, 131 / 1111, 1131 : corps principal de 110, respectivement de 130 / corps principal de 1110, respectivement de 1130
- [0144] 112, 132 / 1112, 1132 : corps secondaire de 110, respectivement de 130 / corps secondaire de 1110, respectivement de 1130
- [0145] 113 / 1113 : espace libre entre 111 et 112, respectivement entre 1111 et 1112, de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant
- [0146] 133 / 1133 : espace libre entre 131 et 132, respectivement entre 1131 et 1132, de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant
- [0147] L_{113} / L_{1113} : largeur de l'espace libre entre 111 et 112, respectivement entre 1111 et 1112
- [0148] L_{112} / L_{1112} : largeur du corps secondaire 112, respectivement 1112
- [0149] 111', 112', 131', 132' : faces libres respectivement de 111, 112, 131, 132
- [0150] 200 : batteries de l'art antérieur voir figure 12

- [0151] 210 / 230 : cathode / anode
- [0152] 201 / 202 : bords latéraux
- [0153] 210' / 230' : faces libres de la cathode / de l'anode appelées aussi respectivement connexions anodique / cathodique
- [0154] 210'' / 230'' : faces libres de la cathode / de l'anode situées en retrait
- [0155] D_{20} : distance entre la découpe Dn et la face en regard du canal 18
- [0156] D_{40} : distance entre la découpe D'n et la face en regard du canal 38
- [0157] D_{38} : distance entre le sommet de 36 et de 38
- [0158] 56 : Ruban de matière cathodique séparant le trou 51 du bord latéral libre de la batterie
- [0159] 57 : Ruban de matière cathodique séparant le trou 52 du bord latéral libre de la batterie
- [0160] 58 : Ruban de matière anodique séparant le trou 53 du bord latéral libre de la batterie
- [0161] 59 : Ruban de matière anodique séparant le trou 54 du bord latéral libre de la batterie
- [0162] D_{56} : distance séparant le trou 51 du bord latéral libre de la batterie
- [0163] D_{57} : distance séparant le trou 52 du bord latéral libre de la batterie
- [0164] D_{58} : distance séparant le trou 53 du bord latéral libre de la batterie
- [0165] D_{59} : distance séparant le trou 54 du bord latéral libre de la batterie
- [0166] 75, 75' : Zone de connexion anodique
- [0167] 76, 76' : Zone de connexion cathodique
- [0168] 92 : seconde couche de nickel des terminaisons
- [0169] 93 : troisième couche d'étain des terminaisons

Description de l'invention

- [0170] Le procédé conforme à l'invention comprend tout d'abord une étape dans laquelle on réalise un empilement **I** de feuilles alternées, ces feuilles étant dénommées dans ce qui suit, selon le cas, « feuilles d'anode » et « feuilles de cathode ». Comme on le verra plus en détail, chaque feuille d'anode est destinée à former l'anode de plusieurs batteries, et chaque feuille de cathode est destinée à former la cathode de plusieurs batteries. Dans l'exemple illustré sur la figure 1, on a représenté cinq feuilles de cathode **1**, ainsi que cinq feuilles d'anode **3**. En pratique, cet empilement est formé par un nombre plus élevé de feuilles, typiquement compris entre dix et mille. Dans un mode de réalisation avantageux, toutes ces feuilles présentent des perforations **2** à leurs quatre extrémités de manière à ce que lorsque ces perforations **2** sont superposées, toutes les cathodes et toutes les anodes de ces feuilles sont agencées spécifiquement, comme ceci sera expliqué en plus grand détail ci-après (cf. figures 1 et 2). Ces perforations **2** aux quatre extrémités des feuilles sont des mires de positionnement permettant d'aligner les feuilles lors de leur empilement.
- [0171] Ces perforations **2** aux quatre extrémités des feuilles peuvent être réalisées par tout

moyen approprié, notamment sur des feuilles d'anode et de cathode après fabrication ou sur des feuilles d'anode et/ou de cathode revêtues d'une couche d'électrolyte ou revêtues d'un séparateur de manière à ce que cette couche d'électrolyte ou ce séparateur soit intercalé(e) entre deux feuilles de polarité opposée, i.e. entre la feuille d'anode et la feuille de cathode.

[0172] La structure physico-chimique de chaque feuille d'anode ou de cathode, qui peut être de type connue, ne fait pas partie de l'invention et ne sera décrite que de manière succincte. Chaque feuille d'anode **3** comprend un substrat collecteur de courant anodique revêtu d'une couche active d'un matériau d'anode, ci-après couche d'anode. Chaque feuille de cathode **1** comprend un substrat collecteur de courant cathodique revêtu d'une couche active d'un matériau de cathode, dénommée ci-après couche de cathode. Chacune de ces couches actives peut être solide, et plus particulièrement de nature dense ou poreuse. Par ailleurs, afin d'éviter tout contact électrique entre deux feuilles adjacentes, à savoir, entre deux couches actives de polarités opposées, une couche d'électrolyte ou un séparateur imprégné d'un électrolyte liquide (non représenté sur la figure 1) est disposé sur au moins l'une de ces deux feuilles, à savoir, sur la couche active d'au moins l'un de ces substrats collecteurs de courant préalablement revêtu de la couche active, au contact de la couche active de la feuille en regard. La couche d'électrolyte ou le séparateur imprégné d'un électrolyte liquide, non représenté sur les figures décrivant la présente invention, est intercalé entre deux feuilles de polarité opposée, i.e. entre la feuille d'anode et la feuille de cathode. De manière plus précise, la couche d'électrolyte ou le séparateur, peut être disposé(e) sur la couche d'anode et/ou sur la couche de cathode ; la couche d'électrolyte ou le séparateur fait partie intégrante de la feuille d'anode **3** et/ou de la feuille de cathode **1** la ou le comprenant.

[0173] Une cellule élémentaire de batterie comprend successivement au moins un substrat collecteur de courant anodique, au moins une couche d'anode, au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte, au moins une couche de cathode, et au moins un substrat collecteur de courant cathodique. Les substrats collecteurs de courant peuvent être des feuillards métalliques.

[0174] Avantageusement, les deux faces du substrat collecteur de courant anodique, respectivement cathodique, peuvent être revêtues d'une couche d'anode, respectivement d'une couche de cathode, et optionnellement d'une couche d'électrolyte ou de séparateur, disposé(e) sur la couche d'anode, respectivement sur la couche de cathode. Dans ce cas, le substrat collecteur de courant anodique, respectivement cathodique, servira de collecteur de courant pour deux cellules élémentaires adjacentes. L'utilisation de ces substrats dans les batteries permet d'accroître le rendement de production des batteries rechargeables à forte densité d'énergie et forte densité de

puissance.

- [0175] On va maintenant décrire la structure mécanique de l'une des feuilles de cathode **1**, étant entendu que les autres feuilles de cathode présentent une structure identique. Par ailleurs, comme on le verra dans ce qui suit, les feuilles d'anode **3** possèdent une structure très voisine de celle des feuilles de cathode **1**.
- [0176] Comme cela est visible sur la figure 2, la feuille de cathode **1** présente une forme de quadrilatère, sensiblement de type carré. Elle délimite une zone centrale **10** dite perforée, dans laquelle sont ménagées des fentes en forme de H qui vont être décrites ci-après. En référence au positionnement de ces fentes en forme de H, on définit une direction dite verticale **YY** de la feuille, qui correspond à la direction verticale de ces H, ainsi qu'une direction dite horizontale **XX** de la feuille, perpendiculaire à la direction **YY**. La zone centrale **10** est bordée par un cadre périphérique **12** qui est plein, à savoir dépourvu de fentes. La fonction de ce cadre est notamment d'assurer une manipulation aisée de chaque feuille.
- [0177] Les fentes en forme de H sont réparties selon des lignes **L₁** à **L_y**, disposées les unes au-dessous des autres, ainsi que selon des rangées **R₁** à **R_x** prévues les unes à côté des autres. A titre d'exemples non limitatifs, dans le cadre de la fabrication de micro-batteries de type composant montable en surface (ci-après CMS), les feuilles d'anode et de cathode employées peuvent être des plaques de 100 mm x 100 mm. De manière typique, le nombre de lignes de ces feuilles est compris entre 10 et 500, alors que le nombre de rangées est compris entre 10 et 500. En fonction de la capacité souhaitée de la batterie, ses dimensions peuvent varier et le nombre de ligne et de rangées par feuilles d'anode et de cathode peut être adapté en conséquence. Les dimensions des feuilles d'anode et de cathode employées peuvent être modulées en fonction des besoins. Comme montré en figure 2, deux lignes adjacentes sont séparées par des ponts de matière **20**, dont on note **H₂₀** la hauteur, laquelle est comprise entre 0,05 mm et 5 mm. Deux rangées adjacentes sont séparées par des bandes de matières **22**, dont on note **L₂₂** la largeur, laquelle est comprise entre 0,05 mm et 5 mm. Ces ponts et bandes de matières des feuilles d'anode et de cathode leur confèrent une rigidité mécanique suffisante pour qu'elles puissent être manipulées aisément.
- [0178] Les fentes **14** sont traversantes, à savoir qu'elles débouchent sur les faces respectivement supérieures et inférieures de la feuille. Les fentes **14** peuvent être réalisées de manière connue en soi, directement sur le substrat, avant tout dépôt de matériaux d'anode ou de cathode par gravure chimique, par électroformage, par découpe laser, par microperforation ou par étampage. Ces fentes peuvent aussi être réalisées sur des substrats revêtus de matériaux d'anode ou de cathode, sur des feuilles d'anode ou de cathode revêtues d'une couche d'électrolyte ou d'un séparateur, de manière connue en soi, par exemple par découpe laser, par découpe laser femtoseconde, par microper-

foration ou par étampage. Les fentes **14**, réalisées dans l'ensemble des cathodes, sont superposées comme le montre notamment la [figure 3](#).

[0179] On va maintenant décrire l'une des fentes **14** en forme de H, étant entendu que l'ensemble des découpes de la feuille de cathode est identique. La fente **14** est formée par deux évidements principaux verticaux et parallèles **16**, lesquels sont reliés dans leur partie supérieure par un canal horizontal **18**, de préférence perpendiculaire aux deux évidements principaux verticaux **16**. On note :

- [0180] • H_{14} la hauteur de l'ensemble de la fente, qui est typiquement comprise entre 0,25 mm et 10 mm ;
- L_{14} sa largeur, qui est typiquement comprise entre 0,25 mm et 10 mm ;
- L_{16} la largeur de chaque évidement principal, qui est typiquement comprise entre 0,02 mm et 5 mm ;
- H_{18} la hauteur de chaque canal, qui est typiquement comprise entre 0,01 mm et 0,5 mm ;
- D_{18} la différence de hauteurs entre le sommet des évidements principaux et le sommet du canal, qui est typiquement comprise entre 0,05 mm et 2 mm.

[0181] Par ailleurs, comme représenté en particulier en figure 10, au moins un premier trou débouchant **51** est réalisé dans le corps principal et un second trou débouchant **52** est réalisé dans le corps secondaire.

[0182] Les trous débouchants **51 / 52 / 53 / 54** sont aussi dénommés traversants, à savoir qu'ils débouchent sur les faces respectivement supérieurs et inférieurs de la feuille. Ces trous débouchants peuvent être réalisés de manière connue en soi, directement sur les feuilles d'anode et/ou de cathode avant empilement ou après empilement de feuilles alternées comprenant des premières feuilles ou feuilles d'anode dont chacune est destinée à former une couche d'anode de plusieurs batteries, ainsi que des deuxièmes feuilles ou feuilles de cathode dont chacune est destinée à former une couche de cathode de plusieurs batteries. Les trous débouchants peuvent être réalisés par gravure chimique, par électroformage, par découpe laser, par microperforation ou par étampage.

[0183] Les premiers **51** et deuxièmes **52** trous débouchants, réalisés dans l'ensemble des cathodes, sont superposés comme le montre notamment la figure 3. Les trous débouchants **53** et **54** sont visibles sur la figure 10.

[0184] Chaque anode est également pourvue de différentes lignes et rangées de fentes **34**, prévues en même nombre que les fentes **14**. Comme le montre notamment la [figure 4](#), la structure de chaque fente **34** est sensiblement analogue à celle de chaque fente **14**, à savoir que cette fente **34** comprend deux évidements principaux verticaux **36**, reliés par un canal **38**. Les dimensions des évidements principaux verticaux **36** sont identiques à celles des évidements principaux verticaux **16** et, de manière analogue, les dimensions

des canaux **38** sont analogues à celles des canaux **18**.

[0185] En vue de dessus, les évidements principaux verticaux **36** sont superposés avec ceux **16**. La seule différence, entre les fentes **14** et **34**, réside dans le fait que les canaux **38** sont prévus en partie inférieure. Comme le montre notamment la figure 3, les canaux **18** et **38** sont mutuellement symétriques en vue de dessus, par rapport à l'axe médian des H, lequel est noté **XH**.

[0186] Par ailleurs, comme représenté en particulier en figure 3, au moins un premier trou débouchant **53** est réalisé dans le corps principal et un second trou débouchant **54** est réalisé dans le corps secondaire.

[0187] Avantagement, le premier trou débouchant **51** réalisé dans le corps principal de la cathode, s'étend dans le prolongement du second trou débouchant **54** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous **51 / 54** s'étendent les uns dans le prolongement des autres, et forment un premier passage débouchant **61** qui traverse de part en part la batterie. De plus, le premier trou débouchant **53** réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étend dans le prolongement du second trou débouchant **52** réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous **53 / 52** s'étendent les uns dans le prolongement des autres, et forment un second passage débouchant **63** qui traverse de part en part la batterie.

[0188] Avantagement les seconds trous débouchants **52 / 54** sont réalisés à une certaine distance des canaux **18** et **38** des fentes afin d'éviter tout risque de court-circuit tout en conservant la tenue mécanique de l'empilement. Cette distance est avantagement choisie en fonction de la nature des feuilles d'anode et de cathode, notamment de la nature du substrat collecteur de courant employé, de son épaisseur et de sa rigidité. La présence de ces trous débouchants au sein de l'empilement ne doit pas dégrader la tenue mécanique de l'empilement. Les dimensions des trous débouchants peuvent être modulées en fonction des besoins.

[0189] Avantagement les premiers et seconds trous débouchants **53 / 52 / 51 / 54** sont réalisés à une certaine distance des bords latéraux **101** et **102** de la batterie, délimitant un ruban de matière **56 / 57 / 58 / 59** comme cela sera détaillé ci-après. Avantagement, les seconds trous débouchants respectivement **52 / 54** sont réalisés dans les corps secondaires respectifs **112 / 132** à une certaine distance des espaces libres respectifs **113 / 133** de la batterie, délimitant un second ruban de matière non représenté sur les figures. On suppose que l'empilement, décrit ci-dessus, est soumis à des étapes visant à assurer sa stabilité mécanique globale. Ces étapes, de type connu en soi, incluent notamment le thermopressage des différentes couches. Comme on va le voir ci-dessous, cet empilement permet la formation de batteries individuelles, dont le nombre est égal au produit entre le nombre de lignes **Y** et le nombre de rangées **X**.

[0190] À cet effet, en référence à la figure 5, on a illustré trois lignes L_{n-1} à L_{n+1} , ainsi que

trois rangées R_{n-1} à R_{n+1} . Conformément à l'invention, on réalise deux découpes D_n et D'_n par ligne de fentes. Chaque découpe, qui s'effectue de manière traversante, à savoir qu'elle s'étend sur l'ensemble de la hauteur de l'empilement, est réalisée de manière connue en soi. À titre d'exemples non limitatifs, on citera la découpe par sciage, notamment la découpe en dés, la découpe par guillotine ou encore la découpe par laser.

[0191] Comme le montre notamment la figure 6, qui est une vue à plus grande échelle de l'une des fentes de la figure 5, chaque découpe est réalisée entre un canal respectif et l'extrémité en regard du H. On suppose qu'on néglige l'épaisseur de ladite découpe. Dans ces conditions, en référence à cette figure 6, à titre d'exemples non limitatifs, on note :

- [0192] • la distance D_{20} entre la découpe D_n et la face en regard du canal horizontal **18** est comprise entre 0,05 mm et 2 mm, étant entendu que cette distance D_{20} est inférieure ou égale à D_{18} ;
- la distance D_{40} entre la découpe D'_n et la face en regard du canal horizontal **38**, comprise entre 0,05 mm et 2 mm, étant entendu que cette distance D_{40} est inférieure ou égale à D_{38} .

[0193] En référence à nouveau à la figure 5, chaque batterie finale est délimitée, en haut et en bas, par les deux découpes et, à droite et à gauche, par les faces intérieures des évidements principaux verticaux du H. Sur cette figure 5 on a hachuré les batteries **100** une fois découpées par les lignes de découpe D_n et D'_n , on a illustré avec des points les zones **40** des feuilles de l'empilement, qui ne forment pas les batteries, alors que le volume des fentes est laissé en blanc. Par ailleurs, sur la figure 5, sont illustrés les premiers et seconds passages **61 / 63** qui traversent de part en part la batterie ; passages qui seront ultérieurement remplis par des moyens conducteurs faisant saillie au niveau des surfaces à la fois supérieure et inférieure de la batterie. Ces premiers et seconds passages **61 / 63** sont, de préférence, sensiblement perpendiculaires aux feuilles de cathode et aux feuilles d'anode constitutives de l'empilement.

[0194] Les figures 7 et 8 sont des vues en coupe, prises selon des lignes de coupe parallèle. La coupe **VII-VII** s'étend à travers les évidements principaux verticaux du H, alors que la coupe **VIII-VIII** traverse la matière. Sur la figure 7, on a référencé les zones **40**, illustrées également en figure 5, lesquelles correspondent à des chutes de matière, notamment des chutes de matériaux d'anodes **43** et de matériaux de cathodes **41**. Sur la figure 8 on note que les découpes sont réalisées à la fois au travers des anodes et des cathodes, à savoir à une distance D_{20} des canaux des fentes en forme de H de manière à avoir pour chaque cathode **1**, respectivement chaque anode **3** de la batterie **100** un corps principal **111**, respectivement **131**, séparé d'un corps secondaire **112**, respectivement **132**, par un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de

substrat collecteur de courant **113**, respectivement **133**. Il s'agit là d'une caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, puisque cela permet d'améliorer la qualité de la découpe au regard de l'art antérieur et d'éviter la présence de court-circuit au niveau des bords latéraux de la batterie.

- [0195] La demande WO 2016/001584 décrit des empilements de plusieurs cellules élémentaires, constituées de feuilles d'anode et de cathode empilées de manière alternée et décalée latéralement (cf. [figure 12](#)), encapsulés dans un système d'encapsulation pour assurer la protection de la cellule de la batterie vis-à-vis de l'atmosphère. La découpe de ces empilements encapsulés permettant d'obtenir des batteries unitaires, avec des connexions anodique et cathodique à nu, est réalisée selon un plan de coupe traversant une succession alternée d'électrode et de système d'encapsulation. De par la différence de densité existant entre l'électrode et le système d'encapsulation de la batterie de l'art antérieur, la découpe réalisée selon ce plan de coupe induit un risque d'arrachement du système d'encapsulation aux abords du plan de coupe, et ainsi la création de court-circuits. Dans l'art antérieur, lors de l'encapsulation, la couche d'encapsulation remplit les interstices de l'empilement des feuilles portant des découpes en forme de U. Cette couche d'encapsulation introduite au niveau de ces interstices est épaisse et n'adhère pas très bien à l'empilement induisant ce risque d'arrachement du système d'encapsulation lors de la découpe ultérieure.
- [0196] Selon la présente invention, ce risque est supprimé avec l'emploi de feuilles portant des découpes en forme de H, car la structure mécanique thermopressée en forme de H est extrêmement rigide aux abords de la découpe, du fait de la superposition alternée de feuilles de cathode et d'anode. L'utilisation d'une telle structure rigide, avec l'emploi de feuilles portant des découpes en forme de H, permet de réduire le nombre de défauts lors des découpes, d'accroître la vitesse de découpe et ainsi d'améliorer le rendement de production des batteries.
- [0197] Selon l'invention, les découpes D'_n et D_n sont effectuées au travers des anodes et des cathodes de densité comparable induisant une découpe propre de meilleure qualité. De plus la présence d'un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant empêche tout risque de court-circuit.
- [0198] En référence désormais aux figures 9 à 11, on a illustré l'une **100** des batteries conformes à l'invention. On note **X100** et **Y100** les axes médians respectivement longitudinal et latéral de cette batterie. On note **101** et **102** les bords latéraux, **103** et **104** les bords longitudinaux de cette batterie. On note par ailleurs **110** chaque cathode, et **130** chaque anode. Le nombre de ces cathodes, qui est identique au nombre de ces anodes, correspond au nombre de feuilles de cathode et de feuilles d'anode de l'empilement ci-dessus.
- [0199] Comme le montre la [figure 9](#), à savoir en vue de dessus, les espaces libres des

cathodes sont superposés. De plus, selon cette même vue de dessus, les espaces libres des anodes sont superposés. Enfin, selon cette même vue de dessus, les espaces libres des cathodes et des anodes ne sont pas confondus, i.e. non mutuellement superposés. Cela est notamment représenté, à titre d'exemple, en figure 10.

- [0200] L'espace libre **113** relie les bords longitudinaux opposés de la batterie qui sont représentés comme supérieur et inférieur sur la figure 9. Cet espace libre s'étend entre les bords longitudinaux opposés de la batterie séparant, pour chaque anode et chaque cathode, un corps principal d'un corps secondaire.
- [0201] Chaque cathode **110** comprend un corps principal **111**, un corps secondaire **112** situé sur un premier bord latéral **101**, ainsi qu'un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant **113**. Ce dernier, dont la largeur correspond à celle du canal **18** de la fente **14** décrite ci-dessus, s'étend entre les bords longitudinaux **103** et **104**. De manière analogue, chaque anode **130** comprend un corps principal **131**, ainsi qu'un corps secondaire **132** situé sur le bord latéral **102**, opposé à celui **101**. Le corps principal **131** et le corps secondaire **132** sont séparés par un espace libre **133** de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant, reliant les bords **103** et **104**, i.e. s'étendant entre les bords longitudinaux **103** et **104**. Les 2 espaces libres **113** et **133** sont mutuellement symétriques, par rapport à l'axe médian **Y100**.
- [0202] La largeur L_{113} de chaque espace libre **113** correspond à la largeur du canal **18**, appartenant à la fente décrite dans les figures précédentes. Par ailleurs, la largeur L_{112} de chaque corps secondaire **112** correspond à la distance D_{20} , telles que décrites en référence à la figure 6 ou à la figure 8.
- [0203] La figure 13 illustre une variante supplémentaire de l'invention. Sur cette figure 13 les éléments mécaniques analogues à ceux des figures 1 à 11 illustrant le premier mode de réalisation, y sont affectés des mêmes numéros de référence augmentée du nombre 1000.
- [0204] Cette seconde variante de réalisation diffère de la première variante essentiellement en ce que les fentes **1014** en forme de H sont réparties selon des lignes L_1 à L_y , disposées les unes au-dessous des autres, ainsi que selon des rangées R_1 à R_x prévues les unes à côté des autres. De la sorte au moins un des évidements principaux verticaux **1016** de la fente positionnée en rangée R_n est confondu avec au moins l'un des évidements principaux verticaux **1016** de la fente adjacente positionnée en rangée R_{n-1} et/ou R_{n+1} . Dans ce cas, les deux rangées adjacentes ne sont pas séparées par des bandes de matières. Comme montré en figure 13, deux lignes adjacentes sont séparées par des ponts de matière **1020**, dont on note H_{1020} la hauteur, laquelle est comprise entre 0,05 mm et 5 mm. Ces ponts de matière confèrent aux feuilles d'anode et de cathode une rigidité mécanique suffisante pour qu'elles puissent être manipulées

aisément.

- [0205] Dans cette seconde variante de l'invention, les fentes **1014** en forme de H peuvent être, de préférence, les mêmes que dans la première variante. La fente **1014** est, de préférence, formée par deux évidements principaux verticaux et parallèles **1016**, lesquels sont reliés dans leur partie supérieure par un canal horizontal **1018**, de préférence perpendiculaire aux deux évidements principaux verticaux **1016**.
- [0206] Chaque cathode est pourvue de différentes lignes et rangées de fentes **1014**. Chaque anode est également pourvue de différentes lignes et rangées de fentes **1034**, prévues en même nombre que les fentes **1014**.
- [0207] La structure de chaque fente **1034** est sensiblement analogue à celle de chaque fente **1014**, à savoir que cette fente **1034** comprend deux évidements principaux verticaux **1036**, reliés par un canal **1038**. Les dimensions des évidements principaux verticaux **1036** sont identiques à celles des évidements principaux verticaux **1016** et, de manière analogue, les dimensions des canaux **1038** sont analogues à celles des canaux **1018**.
- [0208] En vue de dessus, les évidements principaux verticaux **1036** sont superposés avec les évidements principaux verticaux **1016**. La seule différence, entre les fentes **1014** et **1034**, réside dans le fait que les canaux **1038** sont prévus en partie inférieure. Comme le montre notamment la figure 14, les canaux **1018** et **1038** sont mutuellement symétriques en vue de dessus, par rapport à l'axe médian des H, lequel est noté **XH'**.
- [0209] On suppose que l'empilement des feuilles d'anode et de cathode, décrit ci-dessus, est soumis à des étapes visant à assurer sa stabilité mécanique globale. Ces étapes, de type connu en soi, incluent notamment le thermopressage des différentes couches. Comme on va le voir ci-dessous, cet empilement permet la formation de batteries individuelles, dont le nombre est égal au produit entre le nombre de lignes Y et le nombre de rangées X.
- [0210] À cet effet, en référence à la figure 14, on a illustré trois lignes L_{n-1} à L_{n+1} , ainsi que trois rangées R_{n-1} à R_{n+1} . Conformément à l'invention, on réalise deux découpes D_n et D'_n par ligne de fentes. Chaque découpe, qui s'effectue de manière traversante, à savoir qu'elle s'étend sur l'ensemble de la hauteur de l'empilement, est réalisée de manière connue en soi. À titre d'exemples non limitatifs, on citera la découpe par sciage, notamment la découpe en dés, la découpe par guillotine ou encore la découpe par laser.
- [0211] Chaque découpe est réalisée entre un canal respectif et l'extrémité en regard du H. On suppose qu'on néglige l'épaisseur de ladite découpe. Les découpes sont réalisées à la fois au travers des anodes et des cathodes, à savoir à une distance D_{1020} des canaux des fentes en forme de H de manière à avoir pour chaque cathode **1110**, respectivement chaque anode **1130** de la batterie **1100**, un corps principal **1111**, respectivement **1131**, séparé d'un corps secondaire **1112**, respectivement **1132**, par un espace libre de tout

matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant **1113**, respectivement **1133**, comme cela est illustré en figure 15. Il s'agit là d'une caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, puisque cela permet d'améliorer la qualité de la découpe au regard de l'art antérieur et d'éviter la présence de court-circuit au niveau des bords latéraux de la batterie. Chaque batterie finale **1100** est délimitée, en haut et en bas, par les deux découpes et, à droite et à gauche, par les faces intérieures des évidements principaux verticaux du H. Sur la figure 13 on a hachuré les batteries **1100** une fois découpées par les lignes de découpe D_n et D'_n , on a illustré avec des points les zones **1040** des feuilles de l'empilement, qui ne forment pas les batteries, alors que le volume des fentes est laissé en blanc.

- [0212] Selon l'invention, les découpes D'_n et D_n sont effectuées au travers des anodes et des cathodes de densité comparable induisant une découpe propre de grande qualité. De plus la présence d'un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant empêche tout risque de court-circuit.
- [0213] Comme représenté en figure 15, chaque cathode **1110** comprend un corps principal **1111**, un corps secondaire **1112** situé sur un premier bord latéral **1101**, ainsi qu'un espace **1113** libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant. Ce dernier, dont la largeur correspond à celle du canal **1018** de la fente **1014** décrite ci-dessus, s'étend entre les bords longitudinaux. De manière analogue, chaque anode **1130** comprend un corps principal **1131**, ainsi qu'un corps secondaire **1132** situé sur le bord latéral **1102**, opposé à celui **1101**. Le corps principal **1131** et le corps secondaire **1132** sont séparés par un espace libre **1133** de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant, reliant les bords longitudinaux, i.e. s'étendant entre les bords longitudinaux **1103** et **1104**. Les deux espaces libres **1113** et **1133** sont mutuellement symétriques, par rapport à l'axe médian **Y100**.
- [0214] La largeur L_{1113} de chaque espace libre **1113** correspond à la largeur du canal **1018**, appartenant à la fente décrite dans les figures précédentes. Par ailleurs, la largeur L_{1112} de chaque corps secondaire **1112** correspond à la distance D_{1020} , telles que décrites précédemment.
- [0215] La batterie **1100** obtenue selon la deuxième variante de l'invention est en tout point identique à celle obtenue selon la première variante de l'invention quand bien même l'agencement des fentes **1014** est différent.
- [0216] Dans une troisième variante de l'invention qui n'est pas représentée sur les figures, les fentes **14 / 1014** en forme de H peuvent être réparties selon des lignes L_1 à L_y , disposées les unes au-dessous des autres, ainsi que selon des rangées R_1 à R_x prévues les unes à côté des autres. De la sorte, sur une même feuille d'anode et/ou de cathode, les fentes **14 / 1014** en forme de H sont disposées selon la première et la seconde

variante de l'invention, sur les feuilles d'anode et/ou de cathode, de manière à conserver une rigidité mécanique suffisante pour que ces feuilles puissent être manipulées aisément et à ce que l'empilement puisse définir avantageusement un maximum de batteries unitaires.

[0217] La batterie **1100** obtenue selon la troisième variante de l'invention est en tout point identique à celle obtenue selon les première et/ou deuxième variantes selon l'invention quand bien même l'agencement des fentes **14 / 1014** sur les feuilles d'anode et/ou de cathode est différent.

[0218] La comparaison entre les figures 11 et 12 permet de mettre en exergue des avantages de l'invention. En effet, sensiblement tout le volume global de la batterie est occupé par de la matière utile, i.e. qui contribue au fonctionnement électrochimique de la batterie **100**. En effet, seuls les deux espaces libres **133 / 1133**, de très faible dimension, ne peuvent être considérés comme de la matière utile. À cet égard, en référence à la figure 10, on note que les faces libres **112'** des corps secondaires de cathode affleurent les faces libres **131'** du corps principal des anodes, alors que les faces libres **132'** des corps secondaires d'anode affleurent les faces libres **111'** du corps principal des cathodes. En d'autres termes, les bords latéraux opposés de la batterie conforme à l'invention, comprenant des matériaux d'électrode, sont sensiblement continus, par comparaison avec ceux de l'art antérieur illustré en figure 12, lesquelles sont discontinus du fait de la présence des retraits.

[0219] La « face libre du corps secondaire » correspond à la face appartenant au corps secondaire qui est opposée au corps principal. La « face libre du corps principal » correspond à la face appartenant au corps principal qui est opposée au corps secondaire.

[0220] En référence à la figure 10, on note que :

- [0221] – le premier trou débouchant **51** réalisé dans le corps principal de la cathode, s'étend dans le prolongement du second trou débouchant **54** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous **51 / 54** s'étendent les uns dans le prolongement des autres, et forment un premier passage débouchant **61** qui traverse de part en part la batterie, et que
- le premier trou débouchant **53** réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étend dans le prolongement du second trou débouchant **52** réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous **53 / 52** s'étendent les uns dans le prolongement des autres, et forment un second passage débouchant **63** qui traverse de part en part la batterie.

[0222] Avantageusement le second trou débouchant **52** est réalisé dans le corps secondaire de la cathode, à une certaine distance D_{57} de l'espace libre **113** (correspondant au canal **18** de la fente **14**) afin d'éviter tout risque de court-circuit. De manière identique,

le second trou débouchant est **54** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, à une certaine distance D_{59} de l'espace libre **133** (correspondant au canal **38** de la fente **34**) afin d'éviter tout risque de court-circuit.

- [0223] Avantageusement les premiers et seconds trous débouchants **53 / 52 / 51 / 54** sont réalisés à une certaine distance des bords latéraux **101** et **102** de la batterie, délimitant un ruban de matière **56 / 57 / 58 / 59**.
- [0224] On note :
- [0225] • D_{56} , la largeur du ruban de matière **56**, qui correspond à la distance entre la face libre **111'** de la batterie **100** selon l'invention et la face en regard du premier trou débouchant **51** réalisé dans le corps principal de la cathode ; cette distance D_{56} est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm, étant entendu que cette distance D_{56} est sensiblement égale à la distance D_{59} , et est inférieure à la largeur du corps secondaire anodique ;
- [0226] • D_{57} , la largeur du ruban de matière **57**, qui correspond à la distance entre la face libre **112'** de la batterie **100** selon l'invention et la face en regard du second trou débouchant **52** réalisé dans le corps secondaire de la cathode, cette distance D_{57} est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm, étant entendu que cette distance D_{57} est sensiblement égale à la distance D_{58} , et est inférieure à la largeur du corps secondaire cathodique,
- [0227] • D_{58} , la largeur du ruban de matière **58**, qui correspond à la distance entre la face libre **131'** de la batterie **100** selon l'invention et la face en regard du premier trou débouchant **53** réalisé dans le corps principal de l'anode, cette distance D_{58} est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm, étant entendu que cette distance D_{58} est sensiblement égale à la distance D_{57} ,
- [0228] • D_{59} , la largeur du ruban de matière **59**, qui correspond à la distance entre la face libre **132'** de la batterie **100** selon l'invention et la face en regard du second trou débouchant **52** réalisé dans le corps secondaire de l'anode, cette distance D_{59} est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm, étant entendu que cette distance D_{59} est sensiblement égale à la distance D_{56} .
- [0229] Les premier et second passages **61 / 63** ménagés sur la batterie selon l'invention, sont remplis par des moyens conducteurs destinés à réaliser la connexion électrique entre les cellules de la batterie comme représenté en figures 16A, 16B et 16C. Ces moyens conducteurs font saillie au niveau des surfaces supérieure et inférieure de la batterie.
- [0230] Les moyens conducteurs peuvent être obtenus à partir de matériaux conducteurs électriques. Avantageusement, le coefficient WVTR de ces moyens conducteurs est extrêmement faible ; ces moyens conducteurs sont étanches. Ils sont en contact intime avec les zones de connexion électrique de l'empilement.
- [0231] A titre d'exemple, les moyens conducteurs peuvent être:

- [0232] – une barre formée d'un matériau conducteur électrique, tel qu'un verre conducteur ou un métal introduit à l'état fondu ou par tout moyen adapté dans le passage. Au terme de sa solidification, ce matériau forme la barre précitée dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation comme cela est représenté en figure 16A,
 - une tige métallique à ajustement serré, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation, comme cela est représenté en figure 16B,
 - une tige métallique entourée d'un matériau fourreau conducteur électrique, le fourreau pouvant être obtenu à partir d'un verre ou d'un métal introduit à l'état fondu ou par tout moyen adapté dans le passage. Au terme de sa solidification, ce matériau forme la tige métallique entourée d'un matériau fourreau conducteur électrique précitée dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation comme cela est représenté en figure 16C.
- [0233] La faîte de chacune de ces têtes de fixation ou chacune des extrémités opposées des moyens conducteurs pourra définir une zone de connexion électrique, à savoir une zone de connexion anodique **75 / 75'** ou cathodique **76 / 76'** de la batterie selon l'invention, de manière à ce que la batterie comprenne au moins une zone de connexion anodique **75 / 75'** et au moins une zone de connexion cathodique **76 / 76'**.
- [0234] La conductivité du verre conducteur peut être obtenue par ajout dans le verre de particules d'or, de nickel, de chrome, d'alliage nickel-chrome, de tungstène, de molybdène, de graphite, de carbures ou encore de nitrures.
- [0235] Ces connexions électriques sont étanches et ont un faible taux de transmission de la vapeur d'eau (appelé aussi perméance à la vapeur d'eau, et en anglais Water Vapor Transmission Rate et abrégé WVTR). Ce taux dépend notamment des matériaux utilisés et de leur mode de fabrication. La mesure de la perméabilité ou de la perméance à la vapeur d'eau peut se faire à l'aide d'une méthode qui fait l'objet du US 7,624,621 et qui est également décrite dans la publication « *Structural properties of ultraviolet cured polysilazane gas barrier layers on polymer substrates* » par A. Mortier et al., parue dans la revue Thin Solid Films 6+550 (2014) 85-89. Plus le coefficient WVTR est faible plus le système d'encapsulation est étanche.
- [0236] La « face libre du corps secondaire » correspond à la face appartenant au corps secondaire qui est opposée au corps principal.
- [0237] La « face libre du corps principal » correspond à la face appartenant au corps principal qui est opposée au corps secondaire.
- [0238] En outre, la présence d'espaces libres sur chaque couche d'anode, respectivement de cathode de la batterie permet de s'affranchir de l'utilisation de tout système d'encapsulation, i.e. de tout matériau isolant, tel que du parylène au sein de la batterie,

ces espaces libres jouant le rôle d'isolant électrique. Les étapes finales de fabrication de batteries, telles que l'encapsulation, en sont facilitées. Il n'est plus nécessaire, comme dans l'art antérieur et illustré en figure 12, d'isoler les régions en retrait **210''**, **230''** au sein de la batterie, i.e. de remplir les interstices de la structure de l'art antérieur avec un système d'encapsulation, et de remplir l'espace présent dans les découpes en forme de U positionnées façon tête bêche et décalés par un système d'encapsulation pour éviter tout court-circuit. L'utilisation d'une structure rigide selon l'invention, avec l'emploi de feuilles portant des découpes en forme de H, permet de faciliter l'encapsulation et de réduire les épaisseurs d'encapsulation au regard de l'art antérieur. Des systèmes d'encapsulation de type multicouche avec des couches plus fines et plus rigides que celles de l'art antérieur peuvent être envisagés.

- [0239] Avantageusement, après l'étape d'empilement des feuilles d'anode et de cathode, l'empilement obtenu est assemblé par traitement thermique et ou compression mécanique.
- [0240] Avantageusement, après l'étape d'empilement des feuilles d'anode et de cathode, le traitement thermique de l'empilement, permettant l'assemblage de la batterie, est réalisé à une température comprise entre 50°C et 500°C, de préférence à une température inférieure à 350 °C, et/ou la compression mécanique de l'empilement des feuilles d'anode et de cathode à assembler est réalisée à une pression comprise entre 10 et 100 MPa, de préférence entre 20 et 50 MPa. Dans un mode de réalisation particulier, il est avantageux, après l'étape d'empilement et de traitement thermique de ce dernier, de réaliser le premier passage débouchant **61** et le second passage débouchant **63** comme indiqué précédemment, puis d'introduire un moyen conducteur cathodique **71**, **71'**, **71''** dans le premier passage débouchant **61** et un moyen conducteur anodique **73**, **73'**, **73''** dans le second passage débouchant **63**, chacun de ces moyens conducteurs étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie.
- [0241] Dans tous les cas, ces moyens conducteurs anodique et cathodique font saillie par rapport aux surfaces opposées de la structure des feuilles d'anode et de cathode empilées ; ces moyens conducteurs dépassent ainsi du volume global de l'empilement comme indiqué sur les figures 16A, 16B et 16C.
- [0242] L'empilement de feuilles d'anode et de cathode, comprenant des moyens conducteurs anodique et cathodique, est ensuite découpé par tout moyen approprié selon les lignes de coupes **D' n** et **D n** de manière à obtenir des batteries unitaires.
- [0243] Dans le cas des batteries imprégnées par un électrolyte liquide, l'imprégnation de la batterie par un électrolyte liquide est avantageusement effectuée après réalisation des moyens conducteurs ioniques, par une phase porteuse d'ions de lithium telle qu'un liquide ionique et/ou un mélange de liquides ioniques avec ou sans solvant et contenant un sel de lithium ; cette phase porteuse d'ions de lithium pénètre dans la batterie par

capillarité. L'imprégnation peut être effectuée par des techniques connues en tant que telles.

- [0244] Après la formation des moyens conducteurs, ou dans le cas des batteries imprégnées par un électrolyte liquide, après l'imprégnation de la batterie par une phase porteuse d'ions de lithium, il est avantageux d'encapsuler l'empilement en déposant un système d'encapsulation pour assurer la protection de la cellule de la batterie vis-à-vis de l'atmosphère. Le système d'encapsulation doit être stable chimiquement, résister à une température élevée et être imperméable à l'atmosphère pour jouer sa fonction de couche barrière. Avantageusement, l'empilement de feuilles d'anode et de feuilles de cathode selon l'invention, peut être recouvert d'une séquence, de préférence de z séquences, d'un système d'encapsulation comprenant :
- [0245] – une première couche de recouvrement, de préférence choisi parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide et/ou un mélange de ceux-ci, déposée sur l'empilement de feuilles d'anode et de cathode,
- [0246] une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques (en anglais « Atomic Layer Deposition », ALD) ou dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (en anglais « Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition », PECVD) ou par dépôt chimique en phase vapeur de type HDPCVD (en anglais « High Density Plasma Chemical Vapor Deposition ») ou ICP CVD (Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition en anglais) sur ladite première couche de recouvrement.
- [0247] Cette séquence peut être répétée z fois avec $z \geq 1$. Cette séquence multicouche a un effet barrière. Plus la séquence du système d'encapsulation sera répétée, plus cet effet barrière sera important. Il sera d'autant plus important que le nombre de couches minces déposées sera important.
- [0248] Typiquement, la première couche de recouvrement est en polymère, par exemple en silicone, ou en résine epoxy, ou en polyimide, en polyamide, ou en poly-para-xylylène (plus connu sous le terme parylène). Cette première couche de recouvrement permet de protéger les éléments sensibles de la batterie de l'environnement. Cette première couche permet aussi de refermer les porosités de la surface de l'empilement et de créer une couche d'accroche uniforme pour les couches suivantes du système d'encapsulation. Cette couche recouvre, avantageusement, les six faces de la batterie et referme totalement cette dernière. L'épaisseur de ladite première couche de recouvrement est, de préférence, comprise entre 0,5 μm et 50 μm .
- [0249] Avantageusement, la première couche de recouvrement peut être en parylène de type C, en parylène de type D, en parylène de type N (CAS 1633-22-3), en parylène de type F ou un mélange de parylène de type C, D, N et/ou F. Le parylène (appelé aussi poly-

paraxylylène ou poly(p-xylylène)) est un matériau diélectrique, transparent, semi cristallin qui présente une grande stabilité thermodynamique, une excellente résistance aux solvants ainsi qu'une très faible perméabilité. Le parylène a également des propriétés barrières permettant de protéger la batterie de son environnement externe. La protection de la batterie est accrue lorsque cette première couche de recouvrement est réalisée à partir de parylène de type F. Cette première couche de recouvrement est avantageusement obtenue à partir de la condensation de monomères gazeux déposés par dépôt chimique en phase vapeur (CVD) sur les surfaces, ce qui permet d'avoir un recouvrement conforme, mince et uniforme de l'ensemble des surfaces accessibles de l'empilement. Cette première couche de recouvrement est avantageusement rigide ; elle ne peut pas être considérée comme une surface souple. Cette première couche de recouvrement n'étant pas suffisamment étanche (en termes de perméance à la vapeur d'eau), il convient de déposer sur cette première couche de recouvrement au moins une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, présentant, de préférence, une faible perméance à la vapeur d'eau.

[0250] La deuxième couche de recouvrement est composée d'une matière électriquement isolante, de préférence inorganique. Elle est avantageusement déposée par dépôt de couches atomiques (ALD), de manière à obtenir un recouvrement conforme de l'ensemble des surfaces accessibles de l'empilement préalablement recouvert de la première couche de recouvrement. Les couches déposées par ALD sont très fragiles mécaniquement et nécessitent une surface d'appui rigide pour assurer leur rôle protecteur. Le dépôt d'une couche fragile sur une surface souple conduirait à la formation de fissures, engendrant une perte d'intégrité de cette couche de protection. Par ailleurs, la croissance de la couche déposée par ALD est influencée par la nature du substrat. Une couche déposée par ALD sur un substrat présentant des zones de natures chimiques différentes aura une croissance inhomogène, pouvant engendrer une perte d'intégrité de cette couche de protection.

[0251] Les techniques de dépôt par ALD sont particulièrement bien adaptées pour recouvrir des surfaces présentant une forte rugosité de manière totalement étanche et conforme. Elles permettent de réaliser des couches conformales, exemptes de défauts, tels que des trous (couches dits « pinhole free », i.e. exempts de trous) et représentent de très bonnes barrières. Leur coefficient WVTR est extrêmement faible. La deuxième couche de recouvrement peut avantageusement être déposée par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD) ou par dépôt chimique en phase vapeur de type HDPCVD ou de type ICP CVD. Cette deuxième couche de recouvrement présente, de préférence, une épaisseur comprise entre 10 nm et 10 µm. L'épaisseur de cette deuxième couche est avantageusement choisie en fonction du niveau d'étanchéité aux gaz souhaité, i.e du coefficient WVTR souhaité et dépend de la technique de dépôt

utilisée, notamment parmi ALD, PECVD, HDPCVD et ICPCVD. La deuxième couche de recouvrement peut être en matériau céramique, en matériau vitreux ou en matériau vitrocéramique, par exemple sous forme d'oxyde, de type Al_2O_3 , de Ta_2O_5 , de nitrure, de phosphates, d'oxynitrure, ou de siloxane.

- [0252] Cette deuxième couche de recouvrement déposée par ALD, PECVD, HDPCVD ou ICP CVD sur la première couche de recouvrement permet d'une part, d'assurer l'étanchéité de la structure, i.e. d'empêcher la migration de l'eau à l'intérieur de l'objet, et d'autre part de protéger la première couche de recouvrement, qui est de préférence de parylène de type F, de l'atmosphère, notamment de l'air et de l'humidité, des expositions thermiques afin d'éviter sa dégradation. Cette deuxième couche de recouvrement améliore la durée de vie de la batterie encapsulée.
- [0253] L'encapsulation de l'empilement de feuilles d'anode et de cathode dans cette séquence du système d'encapsulation, de préférence dans z séquences permet de réduire au maximum le coefficient WVTR du système d'encapsulation, i.e. d'accroître l'étanchéité de l'empilement et de la batterie finale.
- [0254] L'empilement de feuilles d'anode et de cathode ainsi encapsulé dans cette séquence du système d'encapsulation, de préférence dans z séquences, peut ensuite être revêtu d'une dernière couche de recouvrement de manière à protéger mécaniquement l'empilement ainsi encapsulé et éventuellement lui conférer un aspect esthétique. Cette dernière couche de recouvrement protège et améliore la durée de vie de la batterie. Avantagusement cette dernière couche de recouvrement est également choisie pour résister à une température élevée, et présente une résistance mécanique suffisante pour protéger la batterie lors de son utilisation ultérieure. Avantagusement, l'épaisseur de cette dernière couche de recouvrement est comprise entre $1\ \mu m$ et $50\ \mu m$. Idéalement, l'épaisseur de cette dernière couche de recouvrement est d'environ $10-15\ \mu m$, une telle gamme d'épaisseur permet de protéger la batterie contre l'endommagement mécanique.
- [0255] Cette dernière couche de recouvrement est de préférence à base de résine époxy, de polyéthylène naphtalate (PEN), de polyimide, de polyamide, de polyuréthane, de silicone, de silice sol-gel ou de silice organique. Avantagusement, cette dernière couche de recouvrement est déposée par trempage.
- [0256] De manière alternative, le système d'encapsulation, permettant d'assurer la protection de la cellule de la batterie, ou de l'empilement de feuilles d'anode et de feuilles de cathode selon l'invention, vis-à-vis de l'atmosphère peut être constitué d'une séquence, de préférence de z' séquences, comprenant une première couche de recouvrement alternative présentant un très faible coefficient WVTR, de préférence inférieur à $10^{-5}\ g/m^2.d.$. Cette séquence peut être répétée z' fois avec $z' \geq 1$. Elle présente un effet barrière, qui est d'autant plus important que la valeur de z' est

élevée. L'encapsulation de l'empilement de feuilles d'anode et de cathode dans cette séquence du système d'encapsulation, de préférence dans z' séquences permet de réduire au maximum le coefficient WVTR du système d'encapsulation, i.e. d'accroître l'étanchéité de l'encapsulation, d'accroître l'étanchéité de l'empilement et in fine d'accroître l'étanchéité de la batterie.

- [0257] L'épaisseur de ladite première couche de recouvrement alternative est, de préférence, comprise entre 0,5 μm et 50 μm .
- [0258] Cette couche de recouvrement alternative peut être composée d'un matériau céramique et/ou d'un verre à bas point de fusion, de préférence d'un verre dont le point de fusion est inférieur à 600°C, déposée à la périphérie externe de l'empilement de feuilles anodique et cathodique. Le matériau céramique et/ou verre employé dans cette couche est avantageusement choisi parmi :
- [0259] - un verre à bas point de fusion (typiquement < 600°C), de préférence $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$; $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, PbO-SiO_2 ,
- [0260] - des oxydes, des nitrures, des oxynitrures, du Si_xN_y , SiO_2 , SiON du Silicium amorphe ou du SiC .
- [0261] Ces verres peuvent être déposés par moulage ou par dip-coating.
- [0262] Les matériaux céramiques sont avantageusement déposés par PECVD ou préférentiellement par HDPCVD ou par ICP CVD à basse température ; ces procédés permettent de déposer une couche ayant de bonnes propriétés d'étanchéité.
- [0263] Avantageusement, le système d'encapsulation alternatif peut comprendre z' couches de recouvrement alternatif de nature différente afin de réduire le coefficient WVTR de l'encapsulation, i.e. d'accroître l'étanchéité de l'empilement. A titre d'exemple, le système d'encapsulation peut comprendre une première couche composée d'un matériau céramique, une deuxième couche composée d'un verre à bas point de fusion disposée sur la première couche, et inversement.
- [0264] L'encapsulation dans un film de verre peut être obtenue par dépôt d'une encre comprenant des oxydes, des phosphates, des borates et ou des précurseurs d'un verre à bas point de fusion, suivi d'un frittage.
- [0265] On obtient ainsi une encapsulation rigide et étanche, qui empêche notamment le passage de la vapeur d'eau au niveau de l'interface entre le système d'encapsulation et les organes de contact.
- [0266] Après avoir assuré l'étanchéité de la cellule batterie par son encapsulation, les connexions électriques sont mises à nu au niveau des extrémités des moyens conducteurs de la batterie par tout moyen, notamment par polissage.
- [0267] Des terminaisons (contacts électriques) sont ajoutées au niveau où les connexions cathodiques, respectivement anodiques sont apparentes (non revêtues d'électrolyte isolant). Ces zones de contact sont, de préférence, disposées sur des côtés opposés de

l'empilement de la batterie pour collecter le courant. Les connexions sont métallisées à l'aide de techniques connues de l'homme du métier, de préférence par immersion dans une résine époxy conductrice et / ou un bain d'étain en fusion.

- [0268] Les terminaisons peuvent être réalisées sous forme d'une seule couche métallique, d'étain par exemple ou encore être constituées de multicouches. De préférence, les terminaisons sont constituées, aux abords des connexions cathodique et anodique, d'un premier empilement de couches comprenant successivement une première couche de polymère conducteur, tel qu'une résine chargée à l'argent, d'une seconde couche de nickel déposée sur la première couche et d'une troisième couche d'étain déposée sur la deuxième couche. Les couches de nickel et d'étain peuvent être déposées par des techniques d'électrodéposition.
- [0269] Dans ce complexe à trois couches, la couche de nickel protège la couche de polymère pendant les étapes d'assemblage par soudure, et la couche d'étain assure la soudabilité de l'interface de la batterie.
- [0270] Les terminaisons permettent de reprendre les connexions électriques positives et négatives sur les faces supérieures et inférieures de la batterie. Ces terminaisons permettent de réaliser les connexions électriques en parallèle entre les différents éléments de batterie. Les connexions cathodiques sortent, de préférence, sur un côté latéral de la batterie, et les connexions anodiques sont disponibles, de préférence, sur l'autre côté latéral.
- [0271] Selon l'invention, la batterie peut comprendre toute combinaison techniquement compatible des systèmes d'encapsulation tels que décrits, des moyens conducteurs anodique et cathodique et des terminaisons.
- [0272] La batterie selon l'invention peut être une microbatterie aux ions de lithium, une minibatterie aux ions de lithium, ou encore une batterie à ions de lithium de forte puissance. En particulier, elle peut conçue et dimensionnée de manière à avoir une capacité inférieure ou égale à environ 1 mA h (appelée couramment « microbatterie »), de manière à avoir une puissance supérieure à environ 1 mA h jusqu'à environ 1 A h (appelée couramment « minibatterie »), ou encore de manière à avoir une capacité supérieure à environ 1 A h (appelée couramment « batterie de puissance »). De manière typique, les microbatteries sont conçues de manière à être compatibles avec les procédés de fabrication de la microélectronique.
- [0273] Les batteries de chacune de ces trois gammes de puissance peuvent être réalisées :
- [0274] – soit avec des couches de type « tout solide », i.e. dépourvues de phases liquides ou pâteuses imprégnées (lesdites phases liquides ou pâteuses pouvant être un milieu conducteur d'ions de lithium, capable d'agir comme électrolyte),
- soit avec des couches de type « tout solide » mésoporeuses, imprégnées par

une phase liquide ou pâteuse, typiquement un milieu conducteur d'ions de lithium, qui entre spontanément à l'intérieur de la couche et qui ne ressort plus de cette couche, de sorte que cette couche puisse être considérée comme quasi-solide,

- soit avec des couches poreuses imprégnées (i.e. couches présentant un réseau de pores ouverts qui peuvent être imprégnés avec une phase liquide ou pâteuse, et qui confère à ces couches des propriétés humides).

Revendications

[Revendication 1]

Batterie (100) comprenant au moins une anode (3) et au moins une cathode (1), disposée l'une au-dessus de l'autre de manière alternée, ladite batterie (100) comprenant des bords latéraux (101, 102) comprenant au moins une zone de connexion anodique et au moins une zone de connexion cathodique, latéralement opposée à la zone de connexion anodique, et des bords longitudinaux (103, 104), dans laquelle l'anode (3) comprend :

- un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche d'anode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,

et la cathode (1) comprend :

- un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche de cathode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,

de sorte que la batterie comprend successivement au moins une couche d'anode, au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte, et au moins une couche de cathode, caractérisée en ce que

- chaque anode et chaque cathode comprend un corps principal (111, 131) respectif, séparé d'un corps secondaire (112, 132) respectif, par un espace libre (113, 133) de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et de substrat collecteur de courant, ledit espace libre reliant les bords longitudinaux (103, 104) opposés de la batterie,
- chaque anode et chaque cathode comprend, en vue de dessus, au moins un premier trou débouchant (51, 53) réalisé dans le corps principal et un second trou débouchant (52, 54) réalisé dans le corps secondaire,

étant entendu que chaque premier trou débouchant (51) réalisé dans le

corps principal de la cathode, s'étend dans le prolongement de chaque second trou débouchant (54) réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous (51, 54), s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un premier passage débouchant (61) qui traverse de part en part la batterie,

et que chaque premier trou débouchant (53) réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étend dans le prolongement de chaque second trou débouchant (52) réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous (52, 53), s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un second passage débouchant (63) qui traverse de part en part la batterie,

- la batterie comprend en outre au moins un moyen conducteur cathodique (71, 71', 71'') reçu dans ledit premier passage débouchant (61) et au moins un moyen conducteur anodique (73, 73', 73'') reçu dans ledit second passage débouchant (63), le moyen conducteur anodique (73, 73', 73'') étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie en direction d'au moins une zone de connexion anodique et le moyen conducteur cathodique (71, 71', 71'') étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie en direction d'au moins une zone de connexion cathodique.

[Revendication 2] Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que des faces libres des corps secondaires respectivement des cathodes (112') et des anodes (132'), qui sont opposées à l'espace libre, affleurent des faces libres du corps principal respectivement des anodes (131') et des cathodes (111').

[Revendication 3] Batterie selon la revendication précédente, caractérisée en ce que, la plus petite distance (D_{59} / D_{56}) séparant le premier passage débouchant (61) de la face libre (111', 132') opposée à l'espace libre (133) est comprise entre 0,04 mm et 1,95 mm.

[Revendication 4] Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend un système d'encapsulation revêtant quatre des six faces de ladite batterie, et partiellement les deux autres faces, ces deux autres faces étant opposées et sensiblement perpendiculaires aux premier et second passages débouchants (61, 63) de la batterie comprenant au moins une zone de connexion anodique et au

moins une zone de connexion cathodique.

[Revendication 5]

Batterie selon la revendication 4, caractérisée en ce que le système d'encapsulation comprend :

- au moins une première couche de recouvrement, de préférence choisie parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide, la silice sol-gel, la silice organique et/ou un mélange de ceux-ci, déposée sur la batterie,
- au moins une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques ou PECVD, HDPCVD ou ICPCVD sur ladite au moins première couche de recouvrement,

étant entendu que cette séquence d'au moins une première couche de recouvrement et d'au moins une deuxième couche de recouvrement peut être répétée z fois avec $z \geq 1$.

[Revendication 6]

Batterie selon la revendication 4, caractérisée en ce que le système d'encapsulation comprend :

- au moins une première couche de recouvrement ayant un très faible coefficient WVTR, de préférence un coefficient de WVTR inférieur à 10^{-5} g/m².d, déposée à la périphérie externe de l'empilement de feuilles anodique et cathodique,

étant entendu que cette première couche de recouvrement peut être répétée z' fois avec $z' \geq 1$.

[Revendication 7]

Batterie selon la revendication 6, caractérisée en ce que l'au moins première couche de recouvrement comprend :

- un matériau céramique, de préférence choisi parmi des oxydes, des nitrures, des oxynitrures, du Si_xN_y , SiO_2 , SiON du Silicium amorphe ou du SiC, et/ou
- un verre à bas point de fusion, de préférence un verre dont le point de fusion est inférieur à 600°C, plus préférentiellement un verre à bas point de fusion choisi parmi $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$; $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ et PbO-SiO_2 .

[Revendication 8]

Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, ca-

ractérisée en ce qu'elle comprend un système de terminaison recouvrant au moins la zone de connexion anodique (75, 75') et au moins la zone de connexion cathodique (76, 76').

[Revendication 9]

Batterie selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le système de terminaison comprend successivement :

- une première couche de polymère conducteur, de préférence une résine chargée à l'argent,
- une seconde couche de nickel disposée sur la première couche du système de terminaison, et
- une troisième couche d'étain, disposée sur la deuxième couche du système de terminaison.

[Revendication 10]

Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la dimension transversale, ou largeur, de l'espace libre (L_{113}) est comprise entre 0,01 mm et 0,5 mm.

[Revendication 11]

Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la dimension transversale, ou largeur, des corps secondaires (L_{112}) est comprise entre 0,05 mm et 2 mm.

[Revendication 12]

Batterie selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les moyens conducteurs anodiques et cathodiques sont choisis, indifféremment l'un de l'autre, parmi :

- une barre formée d'un matériau conducteur électrique, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation,
- une tige métallique à ajustement serré, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation,
- une tige métallique entourée d'un matériau fourreau conducteur électrique, dont les deux extrémités opposées définissent, de préférence, des têtes de fixation.

[Revendication 13]

Procédé de fabrication d'une batterie, ladite batterie comprenant au moins une anode (3) et au moins une cathode (1), disposée l'une au-dessus de l'autre de manière alternée, ladite batterie (100) comprenant des bords longitudinaux (103,104) et des bords latéraux (101,102), dans lequel l'anode (3) comprend :

- un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche d'anode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte,

et la cathode (1) comprend :

- un substrat collecteur de courant,
- au moins une couche de cathode, et
- éventuellement une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte

de sorte que la batterie comprend successivement au moins une couche d'anode, au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'un électrolyte, et au moins une couche de cathode, chaque anode (3) comprenant une zone de connexion anodique, située au voisinage d'un premier bord latéral de la batterie, alors que chaque cathode (1) comprend une zone de connexion cathodique, située sur un second bord latéral de la batterie, opposé audit premier bord,

ledit procédé de fabrication comprenant :

a) l'approvisionnement d'un empilement (I) de feuilles alternées, cet empilement comprenant des premières feuilles ou feuilles d'anode dont chacune est destinée à former une couche d'anode de plusieurs batteries, ainsi que des deuxièmes feuilles ou feuilles de cathode dont chacune est destinée à former une couche de cathode de plusieurs batteries, chaque feuille d'anode comprenant au moins une fente (34) d'anode et chaque feuille de cathode comprenant au moins une fente (14) de cathode, ladite fente respectivement d'anode et de cathode comprenant deux parties longitudinales (16, 36) au moins en partie superposées, destinées à délimiter les bords longitudinaux (**103, 104**) de la batterie, ainsi qu'une partie latérale (18, 38) reliant lesdites deux parties longitudinales, la partie latérale de la fente d'anode (38) et la partie latérale de la fente de cathode (18) étant mutuellement décalée, étant entendu que chaque partie latérale des fentes délimite un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et de substrat collecteur de courant, ledit espace libre séparant, pour chaque anode et chaque cathode, un corps principal d'un corps secondaire,

b) la réalisation d'un traitement thermique et/ou d'une compression mécanique de l'empilement de feuilles alternées précédemment approvisionné,

c) pour chaque anode et chaque cathode, la réalisation d'au moins un premier trou débouchant (51, 53) dans le corps principal et la réalisation d'au moins un second trou débouchant (52, 54) dans le corps secondaire,

- ledit premier trou débouchant (51), réalisé dans le corps principal de la cathode, s'étendant dans le prolongement du second trou débouchant (54) réalisé dans le corps secondaire de l'anode, de sorte que ces trous (51, 54), s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un premier passage débouchant (61) qui traverse de part en part la batterie,
- et ledit premier trou débouchant (53), réalisé dans le corps principal de l'anode, s'étendant dans le prolongement du second trou débouchant (52), réalisé dans le corps secondaire de la cathode, de sorte que ces trous (52, 53), s'étendant les uns dans le prolongement des autres, forment un second passage débouchant (63) qui traverse de part en part la batterie, étant entendu que l'étape c) peut être réalisée avant l'étape a) sur les feuilles d'anode et de cathode ou après l'étape b),

d) l'introduction d'un moyen conducteur cathodique (71, 71', 71'') dans le premier passage débouchant (61) et d'un moyen conducteur anodique (73, 73', 73'') dans le second passage débouchant (63), chacun de ces moyens conducteurs étant apte à collecter au moins une partie du courant de la batterie, et chacun de ces moyens conducteurs faisant saillie par rapport aux faces sensiblement perpendiculaires aux premier et second passages débouchants (61, 63) de la batterie,

e) la réalisation de deux découpes (D_n , D'_n) s'étendant au moins partiellement à l'intérieur desdites fentes, la première découpe s'étendant entre la partie latérale de la fente d'anode et l'extrémité en regard des parties longitudinales, alors que la seconde découpe s'étend entre la partie latérale de la fente de cathode et l'extrémité en regard des parties longitudinales.

[Revendication 14]

Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend,

après l'étape b) ou après l'étape e) de réalisation de l'empilement découpé, une étape f) d'imprégnation de l'empilement découpé, par une phase porteuse d'ions de lithium telle que des électrolytes liquides ou un liquide ionique contenant des sels de lithium.

[Revendication 15] Procédé selon la revendication 13 ou la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape e) ou après l'étape f), l'encapsulation de l'empilement découpé, en déposant :

- au moins une première couche de recouvrement, de préférence choisie parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide, la silice sol-gel, la silice organique et/ou un mélange de ceux-ci, sur la batterie, et puis
- au moins une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques ou PECVD, HDPCVD ou ICPCVD sur ladite au moins première couche de recouvrement,

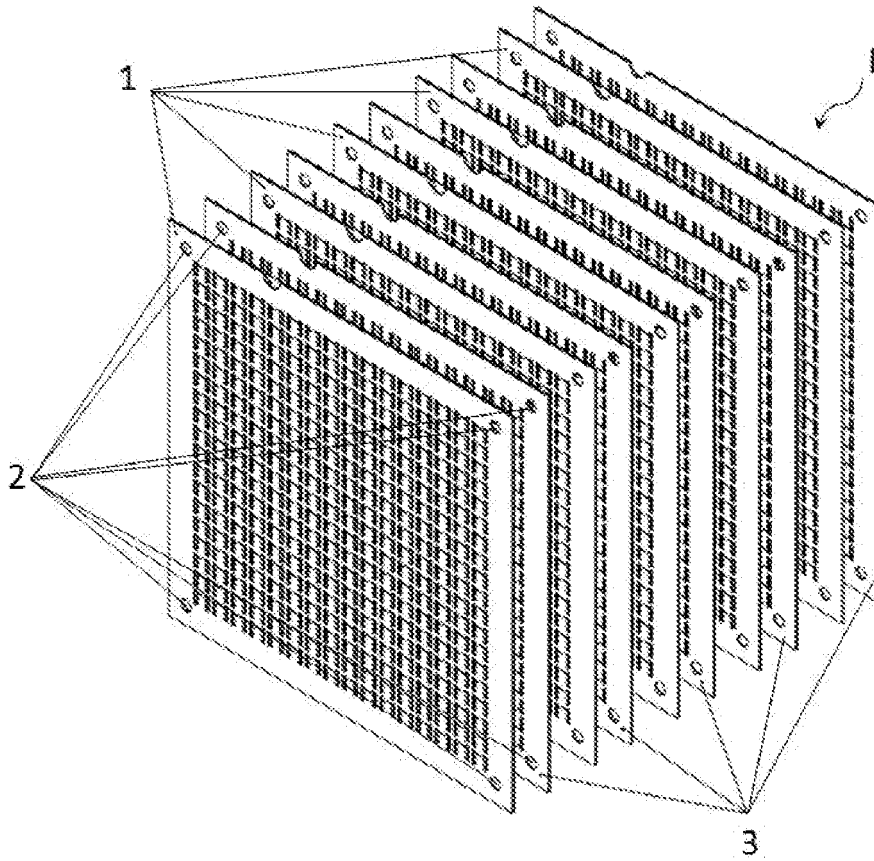
étant entendu que la séquence d'au moins une première couche de recouvrement et d'au moins une deuxième couche de recouvrement peut être répétée z fois avec $z \geq 1$.

[Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce qu'on réalise les deux coupes (D_n , D'_n) au travers d'au moins une majorité des anodes et des cathodes, en particulier au travers de l'ensemble des anodes et des cathodes.

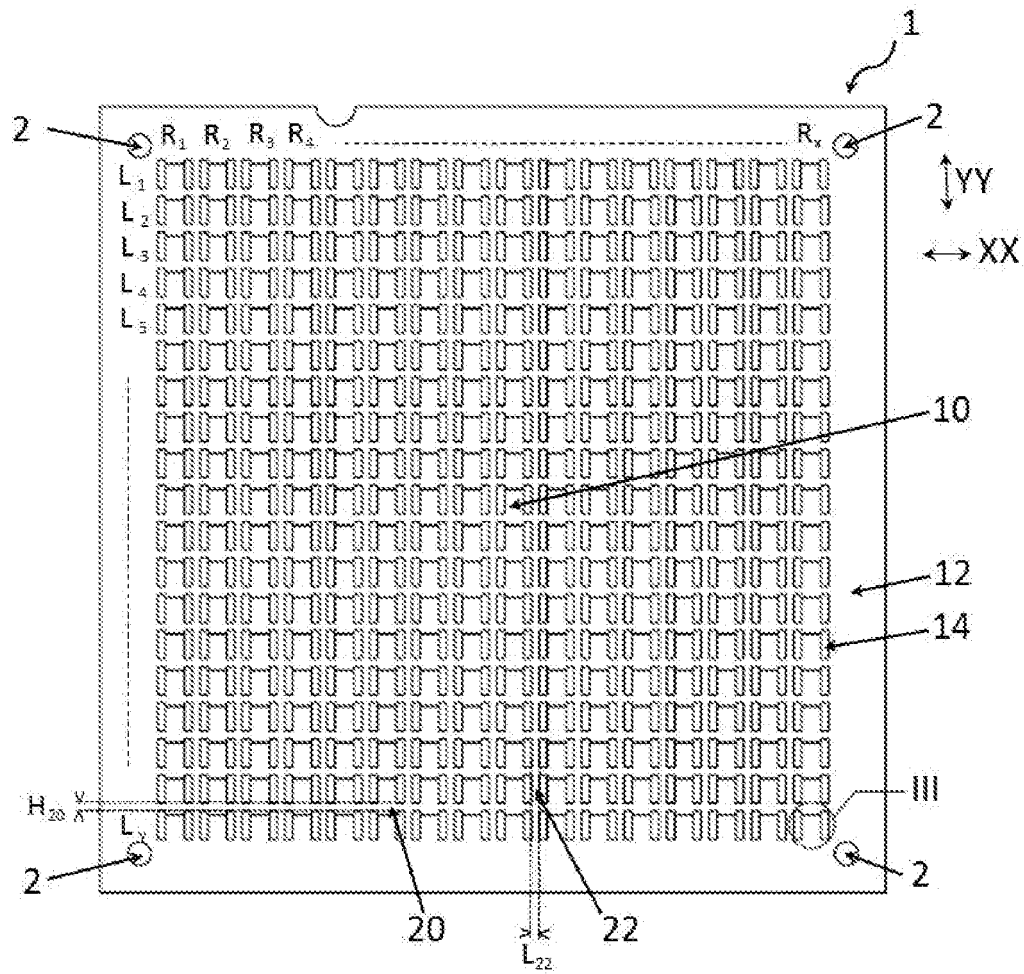
[Revendication 17] Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que chaque fente présente une forme globale de H, les parties longitudinales formant les évidements principaux verticaux du H, alors que la partie latérale forme le canal du H.

[Revendication 18] Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que chaque partie latérale des fentes délimite un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat collecteur de courant reliant les bords longitudinaux opposés de la batterie, ledit espace libre séparant, pour chaque anode et chaque cathode, un corps principal d'un corps secondaire.

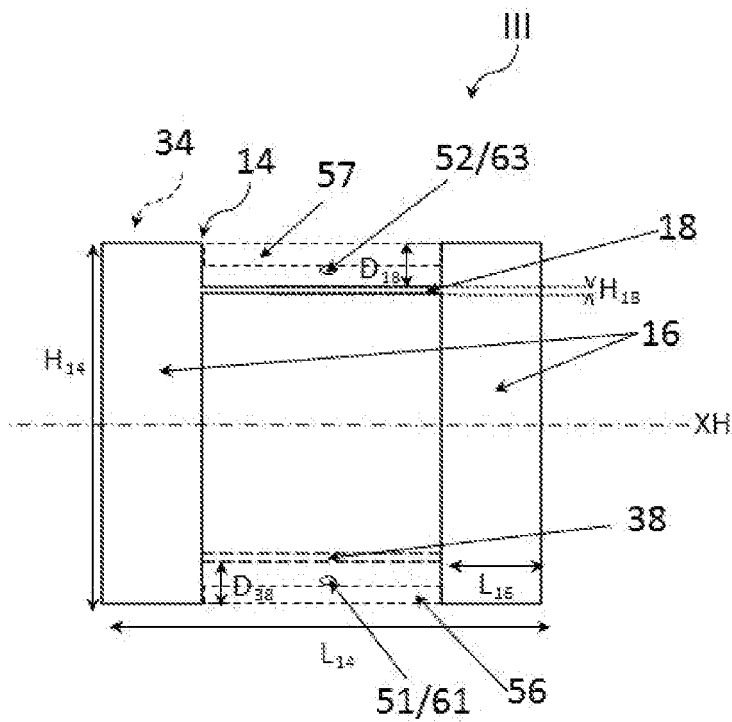
[Fig. 1]



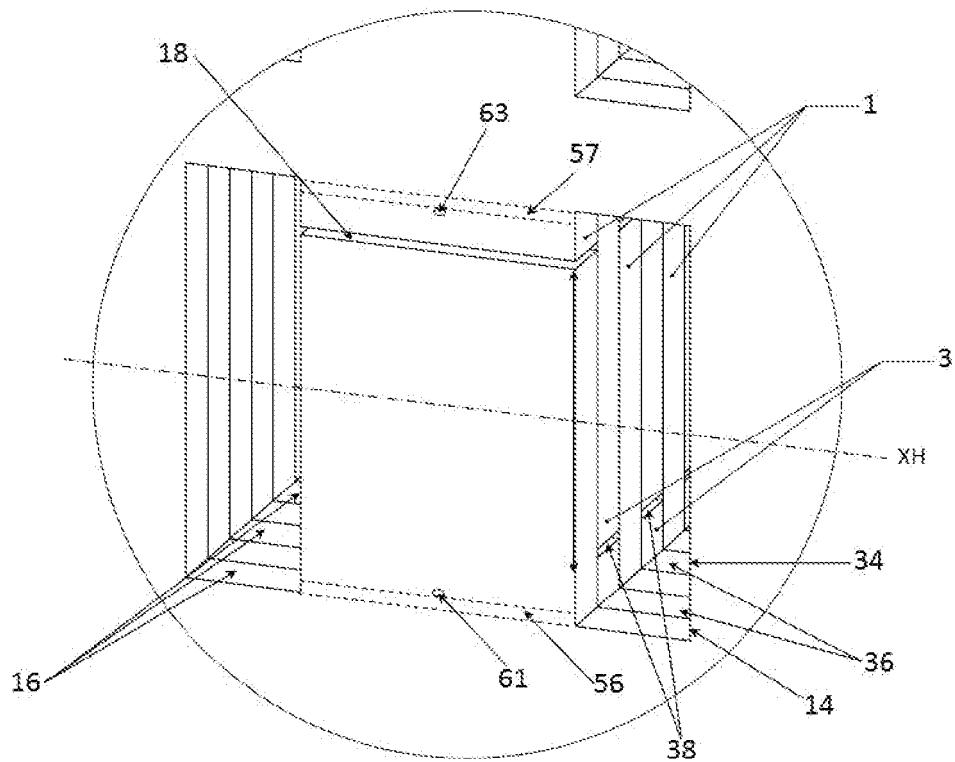
[Fig. 2]



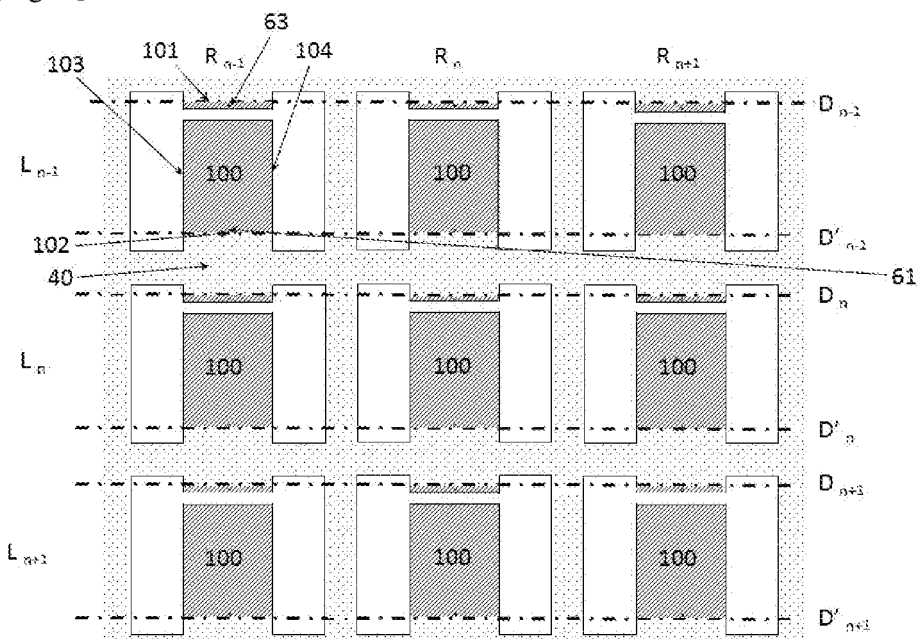
[Fig. 3]



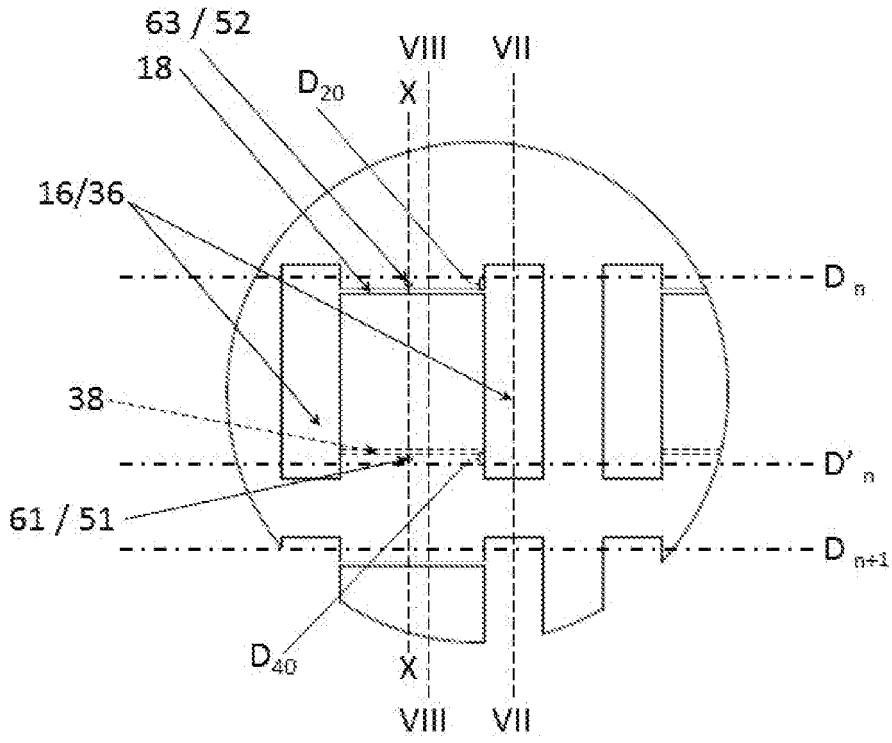
[Fig. 4]



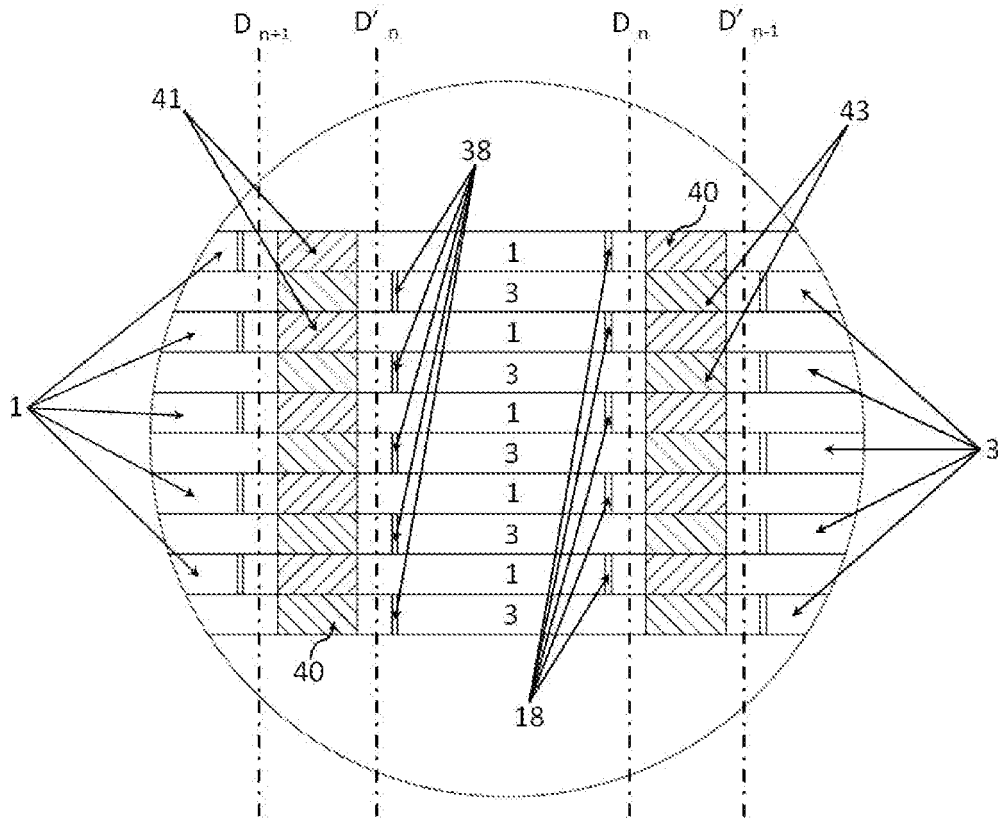
[Fig. 5]



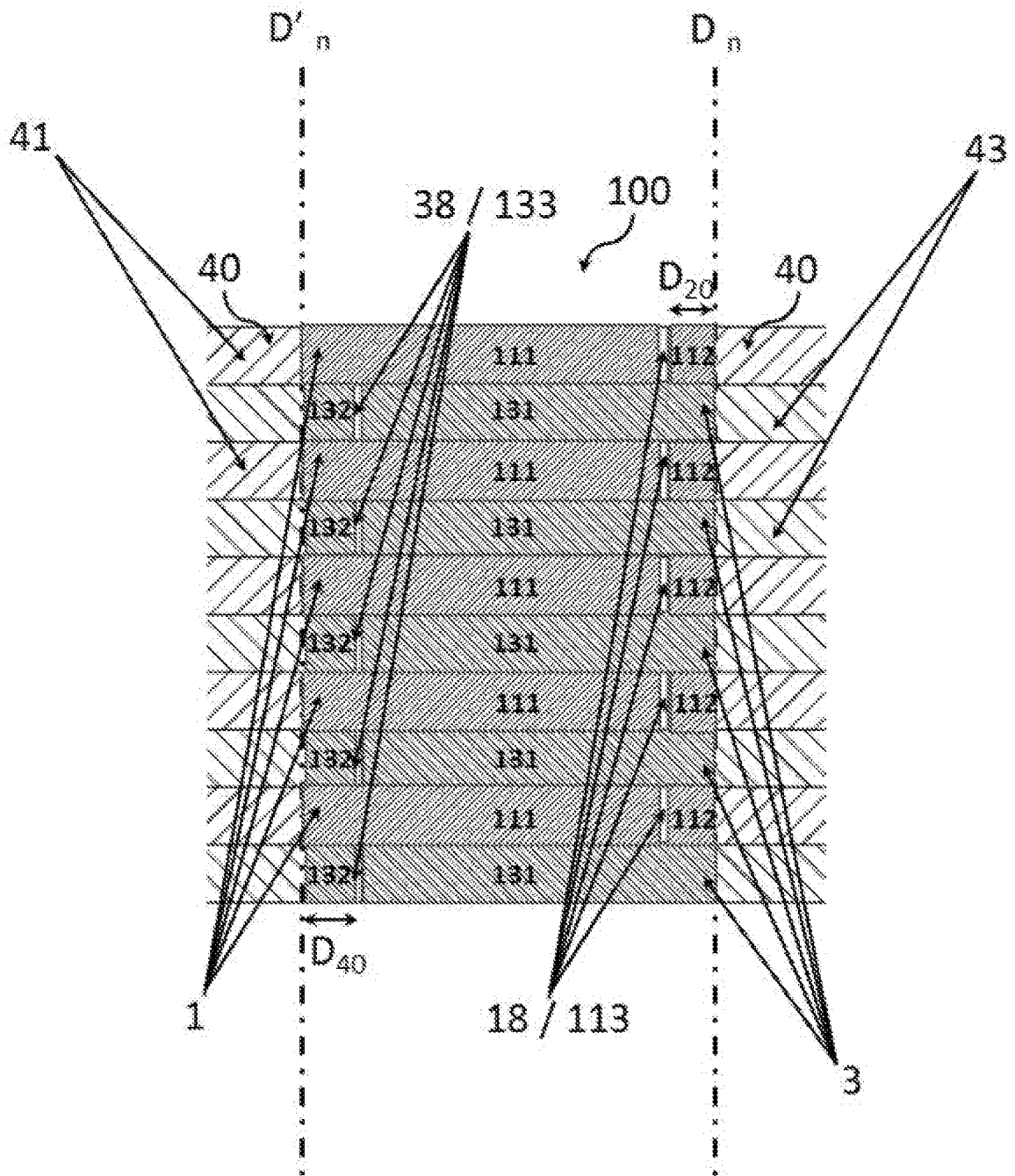
[Fig. 6]



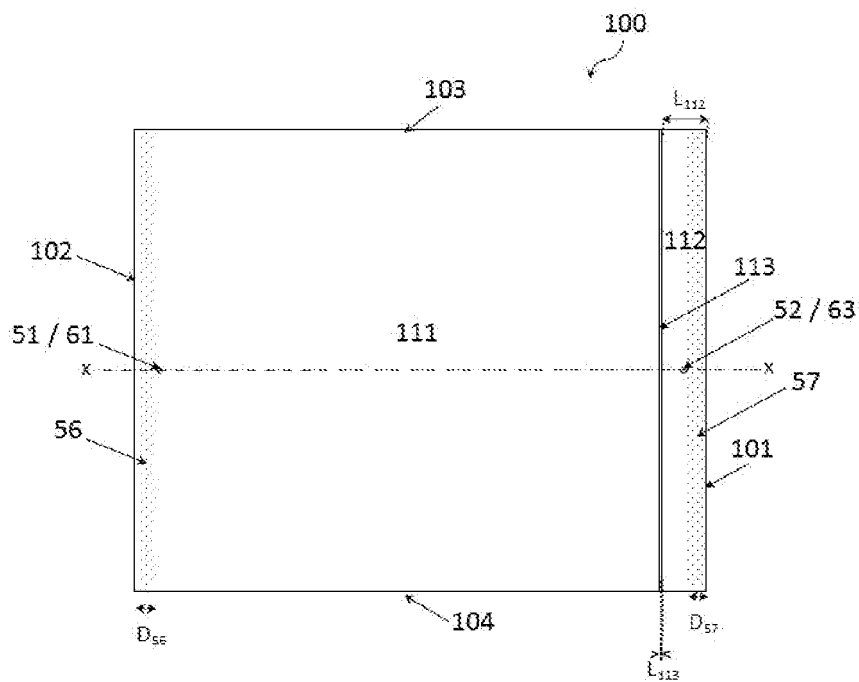
[Fig. 7]



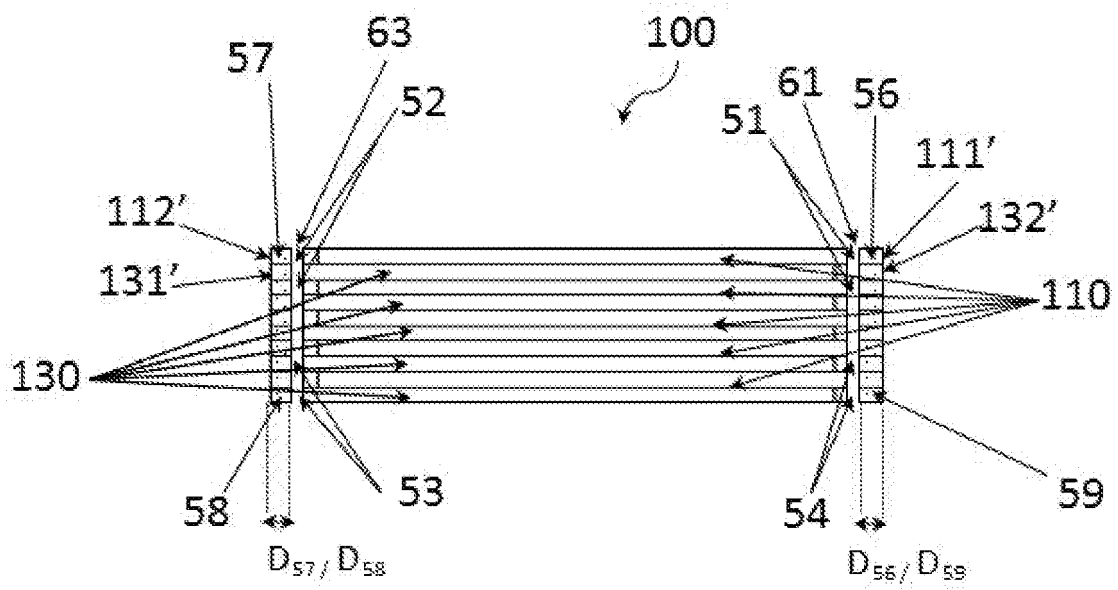
[Fig. 8]



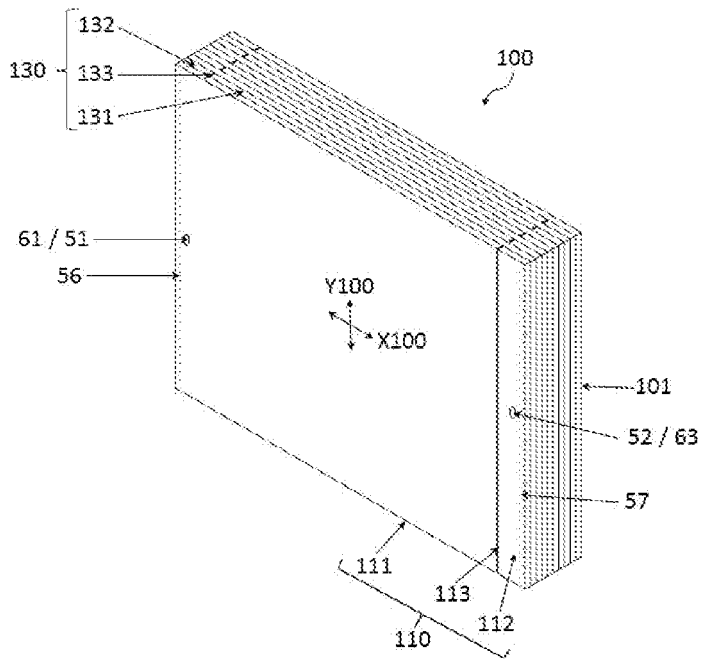
[Fig. 9]



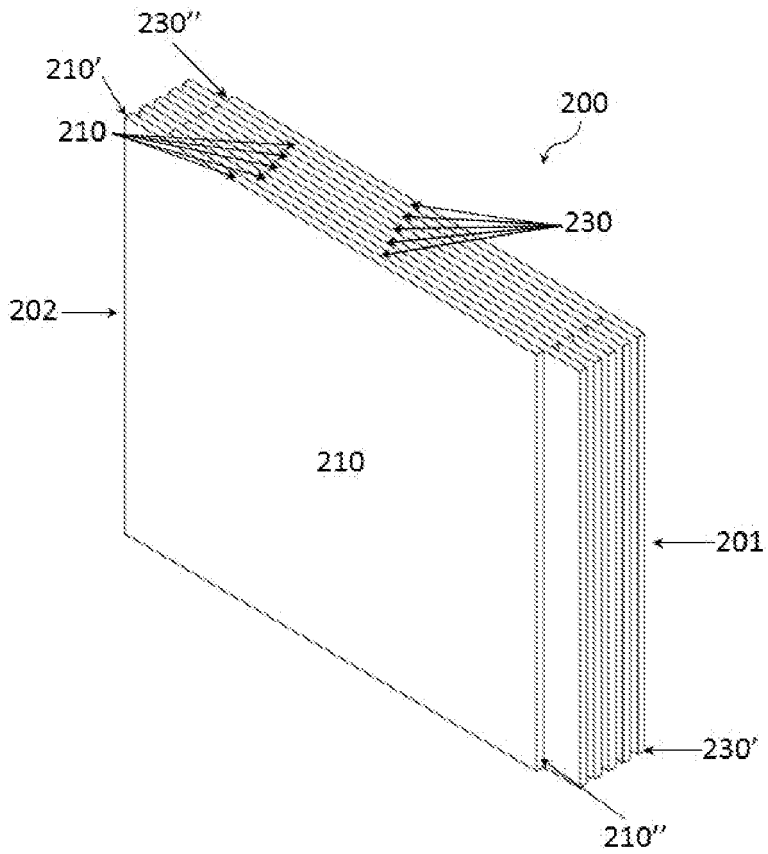
[Fig. 10]



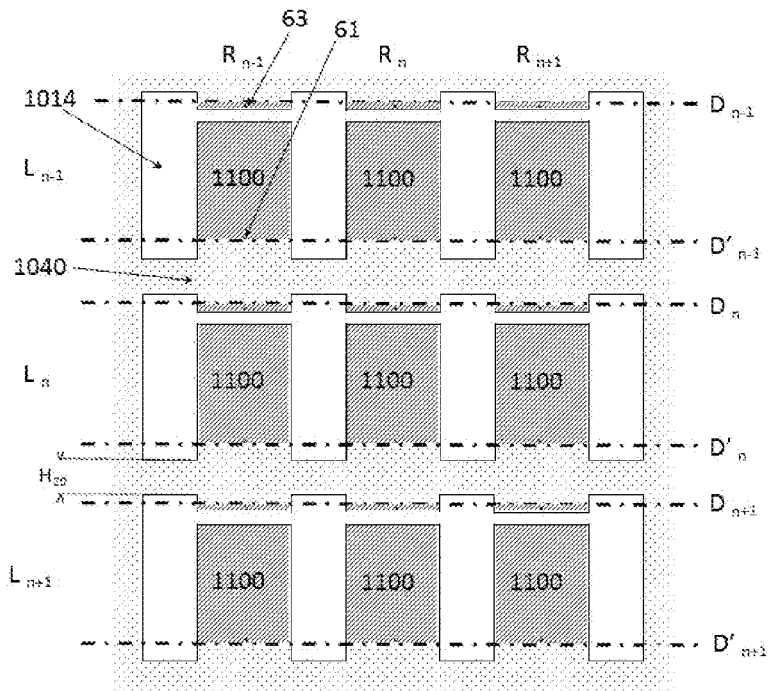
[Fig. 11]



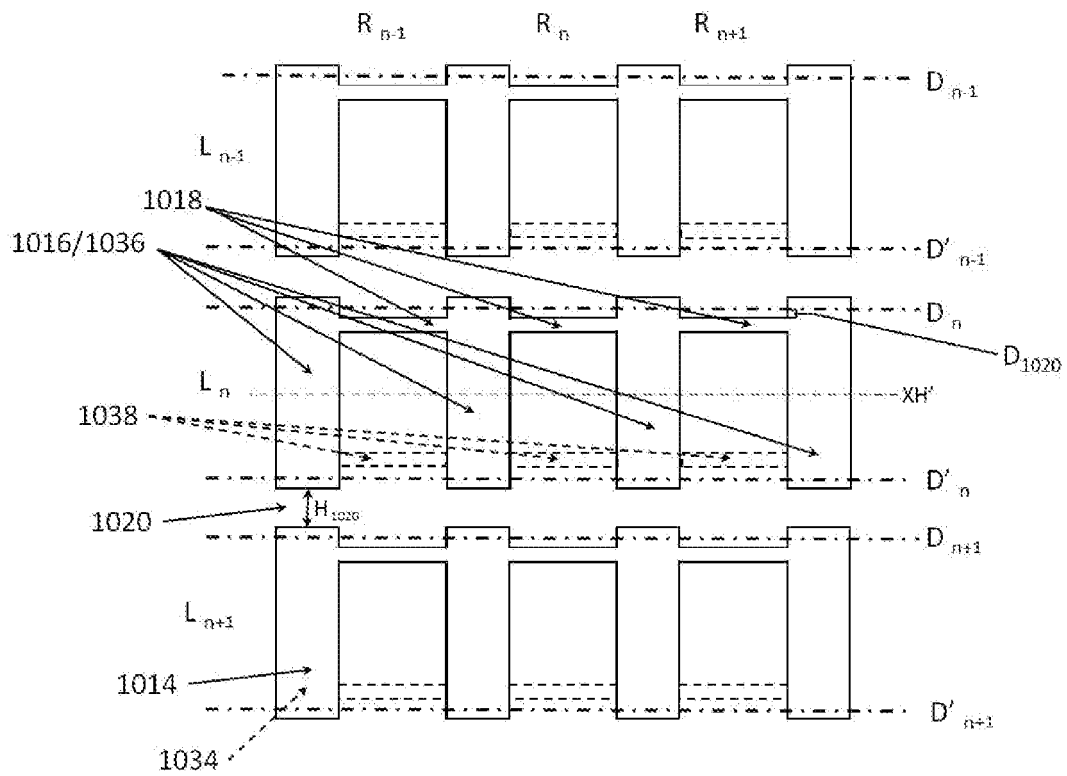
[Fig. 12]



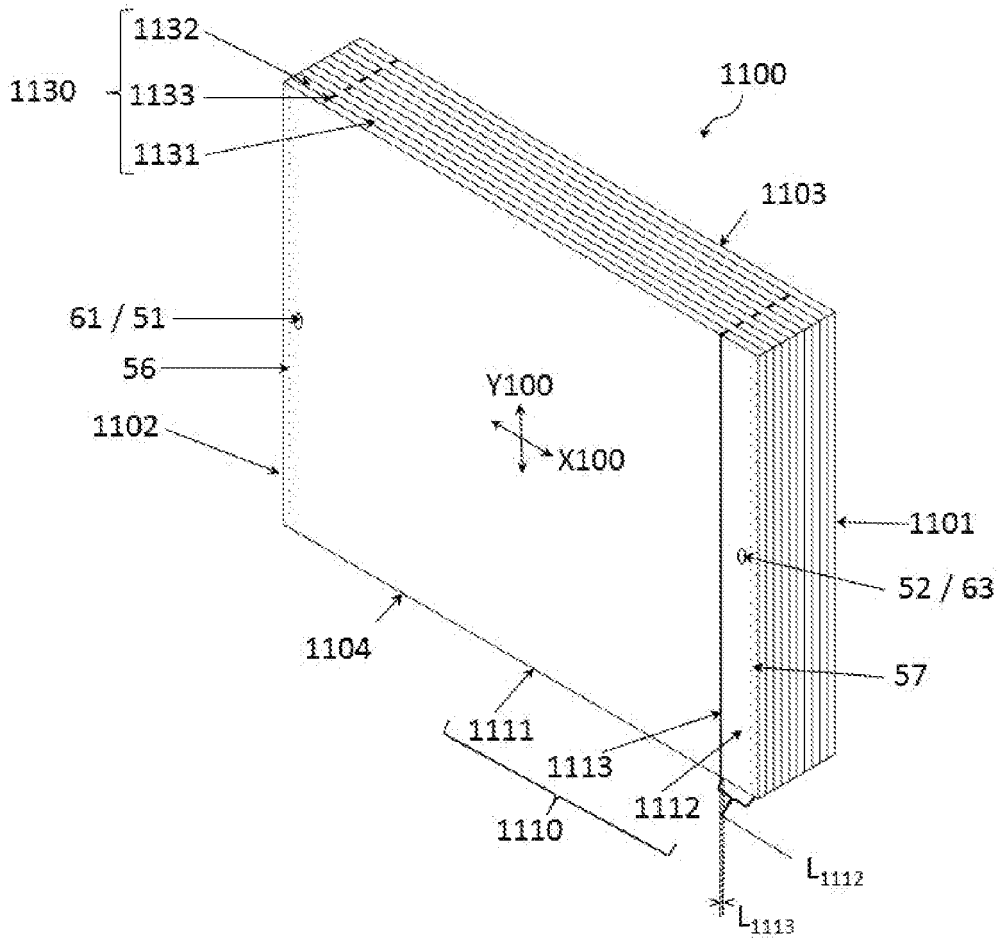
[Fig. 13]



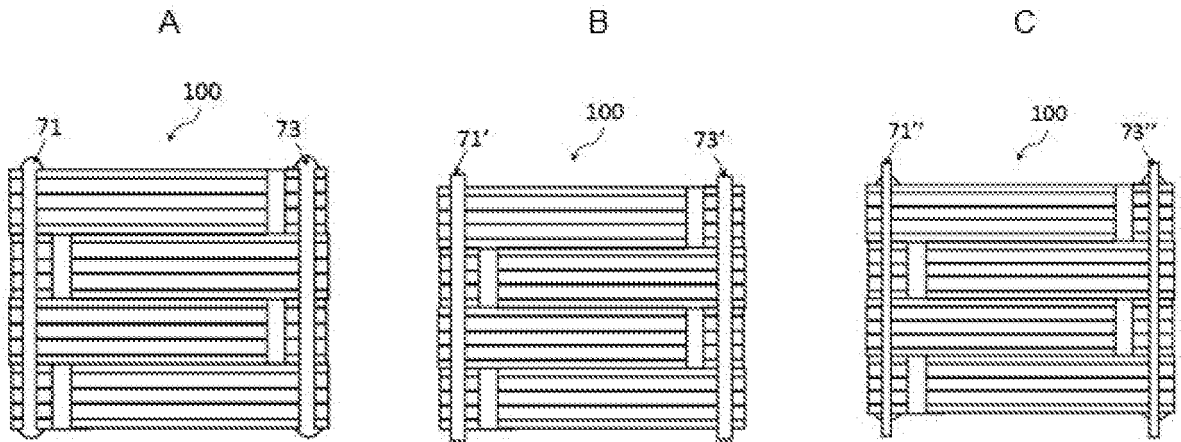
[Fig. 14]



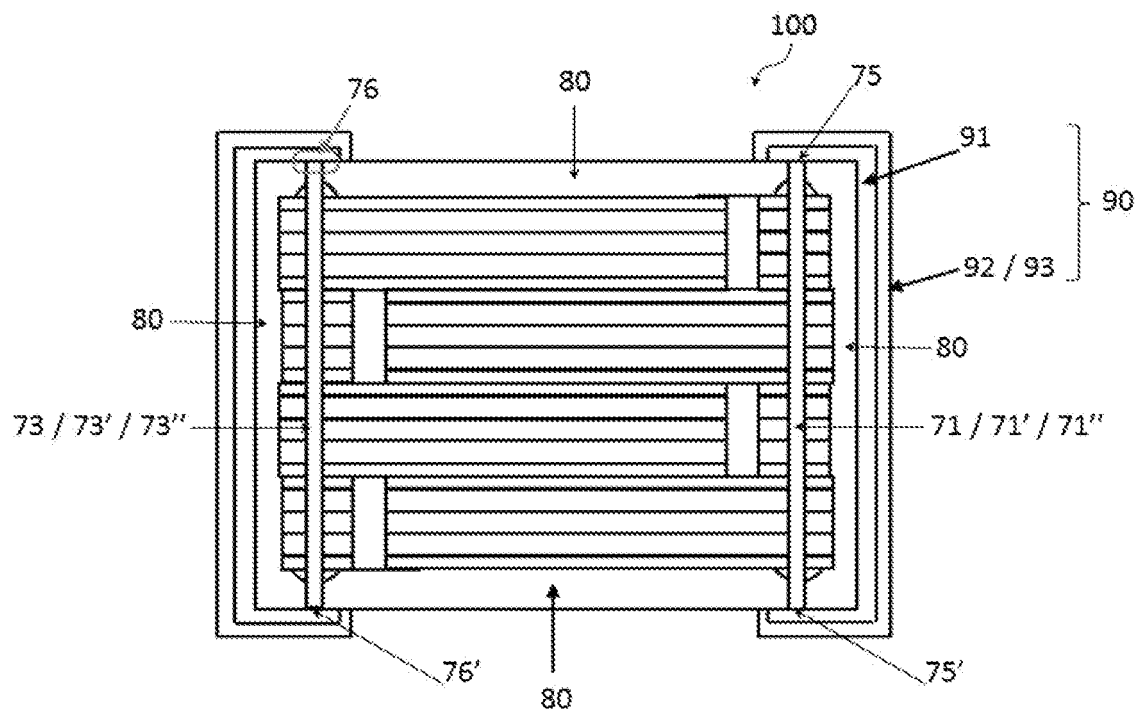
[Fig. 15]



[Fig. 16]



[Fig. 17]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 880492
FR 2000677

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2012/045685 A1 (SEKI DAISUKE [JP] ET AL) 23 février 2012 (2012-02-23) * alinéas [0015], [0020]; figure 15 * -----	1-18	H01M10/052 H01M10/0585
A	US 2016/013513 A1 (GABEN FABIEN [FR]) 14 janvier 2016 (2016-01-14) * alinéa [0057] - alinéa [0058] * * alinéas [0154], [0159]; figure 3 * * alinéa [0153]; figure 6 * -----	1-18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01M
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		16 décembre 2020	Tylus, Urszula
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2000677 FA 880492**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-12-2020**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012045685 A1	23-02-2012	CN 102379017 A	14-03-2012
		DE 112011100008 T5	28-06-2012
		JP W02011125325 A1	08-07-2013
		KR 20140025617 A	05-03-2014
		TW 201208181 A	16-02-2012
		US 2012045685 A1	23-02-2012
		WO 2011125325 A1	13-10-2011

US 2016013513 A1	14-01-2016	BR 112015020666 A2	18-07-2017
		CN 105009332 A	28-10-2015
		EP 2962345 A2	06-01-2016
		FR 3002695 A1	29-08-2014
		JP 6660736 B2	11-03-2020
		JP 2016511929 A	21-04-2016
		KR 20150122124 A	30-10-2015
		US 2016013513 A1	14-01-2016
WO 2014131997 A2	04-09-2014		
