

DISPOSITIF ELECTROCHIMIQUE DE TYPE BATTERIE, COMPRENANT DES MOYENS D'ETANCHEITE PERFECTIONNES, ET SON PROCEDE DE FABRICATION

Domaine technique de l'invention

La présente invention se rapporte à des dispositifs électrochimiques, de type batteries. Elle peut tout particulièrement être appliquée aux batteries à ions de lithium. L'invention concerne une nouvelle architecture de batteries, qui confère à ces dernières des propriétés améliorées d'étanchéité. L'invention vise également un procédé de fabrication de ces batteries.

Etat de la technique

Certains types de batteries, et en particulier certains types de batteries en couches minces, doivent être encapsulés pour être durables car l'oxygène et l'eau (H₂O) en phase gazeuse les dégradent. En particulier, les batteries à ions de lithium sont très sensibles à l'eau en phase gazeuse. Le marché demande une durée de vie supérieure à 10 ans ; il faut pouvoir disposer d'une encapsulation qui permet de garantir cette durée de vie.

Les batteries à ions de lithium en couches minces sont des empilements multicouches qui comprennent des couches d'électrodes et d'électrolyte dont l'épaisseur est typiquement comprise entre environ un μm et une dizaine de μm . Elles peuvent comprendre un empilement de plusieurs cellules élémentaires. Ces batteries à ions de lithium entièrement solides en couches minces utilisent le plus souvent des anodes comportant une couche de lithium métallique.

Les matériaux actifs des batteries à ions de lithium sont très sensibles à l'air et en particulier à l'eau en phase gazeuse. Les ions de lithium mobiles réagissent spontanément avec des traces d'eau pour former du LiOH, conduisant à un vieillissement calendaire des batteries. Tous les matériaux à insertion et électrolytes conducteurs des ions de lithium ne sont pas réactifs au contact de l'humidité. A titre d'exemple, le Li₄Ti₅O₁₂ ne se détériore pas au contact de l'atmosphère ou de traces d'eau. En revanche, dès qu'il est chargé en lithium sous forme Li_{4+x}Ti₅O₁₂ avec $x > 0$, alors le surplus de lithium inséré (x) est, quant à lui, sensible à l'atmosphère et réagit spontanément avec les traces d'eau pour former du LiOH. Le lithium ayant réagi n'est alors plus disponible pour le stockage d'électricité, induisant une perte de capacité de la batterie.

Pour éviter l'exposition des matériaux actifs de la batterie à ions de lithium à l'air et à l'eau et empêcher ce type de vieillissement, il est essentiel de la protéger par un système

d'encapsulation. De nombreux systèmes d'encapsulation pour des batteries en couches minces sont décrits dans la littérature.

Le document US 2002/0071989 décrit un système d'encapsulation d'une batterie en couches minces entièrement solide comprenant un empilement d'une première couche d'un
5 matériau diélectrique choisi parmi l'alumine (Al_2O_3), la silice (SiO_2), le nitrure de silicium (Si_3N_4), le carbure de silicium (SiC), l'oxyde de tantale (Ta_2O_5) et le carbone amorphe, d'une seconde couche d'un matériau diélectrique et d'une couche d'étanchéité disposée sur la seconde couche et recouvrant la totalité de la batterie.

Le document US 5 561 004 décrit plusieurs systèmes de protection d'une batterie à ions de
10 lithium en couches minces. Un premier système proposé comprend une couche de parylène recouverte d'un film d'aluminium déposée sur les composants actifs de la batterie. Toutefois, ce système de protection contre la diffusion de l'air et de la vapeur d'eau n'est efficace que pendant environ un mois. Un deuxième système proposé comprend des couches alternées de parylène (500 nm d'épaisseur) et de métal (environ 50 nm
15 d'épaisseur). Le document précise qu'il est préférable de revêtir ces batteries encore d'une couche d'époxy durcie aux ultraviolets (UV) de manière à réduire la vitesse de dégradation de la batterie par des éléments atmosphériques.

On citera également le document FR-A-3 068 830, au nom de la demanderesse, lequel décrit un agencement typique d'un dispositif électrochimique. Comme décrit dans ce
20 document, un tel dispositif comprend un empilement élémentaire dont chaque cellule comprend des substrats collecteurs de courant respectivement anodique et cathodique, des couches respectives d'anode et de cathode, ainsi qu'au moins une couche d'un matériau d'électrolyte ou d'un séparateur imprégné d'électrolyte. Des contacts, respectivement anodique et cathodique, sont prévus sur les faces latérales opposées de
25 cet empilement.

On citera enfin le document WO-A-2016/025 067, lequel décrit une batterie dont l'empilement repose sur un substrat creusé d'orifices. Ces derniers permettent la réception d'organes conducteurs électriquement reliés, respectivement à l'anode et à la cathode. À l'opposé du substrat, il est prévu une couche polymère ainsi qu'une couche extérieure
30 d'étanchéité. Ce document ne présente pas une solution satisfaisante, tout d'abord sur le plan de l'étanchéité. En effet la couche extérieure ne permet pas de jouer son rôle barrière souhaité, de manière satisfaisante. Par ailleurs cette couche hermétique est située à l'extérieur, de sorte qu'elle est fragile et susceptible d'être détériorée. Ce document ne délivre donc pas non plus un enseignement satisfaisant, en termes de rigidité mécanique.

- Selon l'état de la technique la plupart des batteries à ions de lithium sont encapsulées dans des feuilles de polymère métallisées (appelées « pouch ») refermées autour de la cellule batterie et thermoscellées au niveau des rubans (appelés « tabs ») de connectique. Ces emballages sont relativement souples et les connections positive et négative de la batterie
- 5 sont alors noyées dans le polymère thermoscellé qui a servi à refermer l'emballage autour de la batterie. Toutefois, cette soudure entre les feuilles de polymère n'est pas totalement étanche aux gaz de l'atmosphère, les polymères servant à thermo-sceller la batterie sont assez perméables aux gaz de l'atmosphère. On observe que la perméabilité augmente avec la température, ce qui accélère le vieillissement.
- 10 Cependant la surface de ces soudures exposées à l'atmosphère reste très faible, et le reste du packaging est constitué de feuilles d'aluminium pris en sandwich entre ces feuilles de polymère. En général, deux feuilles d'aluminium sont associées afin de minimiser les effets liés à la présence de trous, de défauts dans chacune de ces feuilles d'aluminium. La probabilité pour que deux défauts, sur chacun des feuillets soient alignés est fortement
- 15 réduite.

- Ces technologies de packaging permettent de garantir environ 10 à 15 ans de durée de vie calendaire pour une batterie de 10 Ah de 10 x 20 cm² de surface, dans des conditions normales d'utilisation. Si la batterie est exposée à une température élevée, cette durée de vie peut se réduire à moins de 5 ans ; cela reste insuffisant pour de nombreuses
- 20 applications. Des technologies similaires peuvent être utilisées pour d'autres composants électroniques, tels que des condensateurs, des composants actifs.

- En conséquence, il existe un besoin pour des systèmes et des procédés d'encapsulation de batteries en couches minces et d'autres composants électroniques, qui protègent le composant contre l'air, l'humidité et les effets de la température. Plus particulièrement il
- 25 existe un besoin pour des systèmes et procédés d'encapsulation des batteries à ions de lithium en couches minces, qui les protègent contre l'air et l'eau en phase gazeuse ainsi que contre leur détérioration lorsque la batterie est soumise à des cycles de charge et de décharge. Le système d'encapsulation doit être étanche et hermétique, doit envelopper et recouvrir totalement le composant ou la batterie, doit être suffisamment souple pour pouvoir
- 30 accompagner des légers changements de dimensions (« respirations ») de la cellule batterie, et doit également permettre de séparer galvaniquement les bords d'électrodes de signes opposés afin d'éviter tout court-circuit rampant.

Un objectif de la présente invention est de remédier au moins en partie aux inconvénients de l'art antérieur évoqués ci-dessus.

La présente invention vise à remédier au moins en partie à certains inconvénients de l'art antérieur évoqués ci-dessus.

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
5 performantes à moindre coût.

Elle vise également à proposer un dispositif électrochimique, de type batterie, qui peut aisément être associé à un dispositif consommateur d'énergie, tout en présentant une protection particulièrement satisfaisante vis-à-vis des gaz tels que l'O₂ et H₂O.

Elle vise en particulier à proposer un procédé qui diminue le risque de court-circuit, et qui
10 permet de fabriquer une batterie présentant une faible autodécharge.

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.

Elle vise également à proposer un tel procédé, qui utilise une étape de découpe de meilleure qualité que dans l'art antérieur.

15 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.

Elle vise également à proposer un procédé de fabrication des batteries qui engendre moins de perte de matières.

20 **Objets de l'invention**

Au moins un des objectifs ci-dessus est atteint par un dispositif électrochimique, de type batterie, par son procédé de fabrication, ainsi que par un dispositif consommateur d'énergie électrique comprenant ce dispositif électrochimique, selon les revendications annexées.

25 Un premier objet de l'invention est un dispositif électrochimique, de type batterie, comprenant

- un empilement dit élémentaire (2) formé par au moins une cellule élémentaire, chaque cellule élémentaire comprenant successivement au moins un substrat collecteur de courant anodique, au moins une couche d'anode, au moins une
30 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,

ledit empilement élémentaire définissant six faces, à savoir deux faces dites frontales mutuellement opposées (21 et 22), globalement parallèles aux couches d'anode, de matériau d'électrolyte et de cathode, ainsi que quatre faces dites latérales (23 à 26) deux à deux mutuellement opposées, en particulier mutuellement parallèles,

- 5 - des moyens de contact anodique (30),
- des moyens de contact cathodique (40),
- des moyens d'étanchéité (7), qui sont aptes à protéger ledit empilement.

caractérisé en ce que ce dispositif comprend en outre

- un support de connexion électrique (5), réalisé au moins en partie en un matériau
- 10 conducteur, prévue au voisinage d'une première face frontale (12) dudit empilement élémentaire,
- des moyens d'isolation électrique (53, 54), permettant d'isoler mutuellement deux régions distantes (56,57) dudit support de connexion électrique (5),

les moyens de contact anodique (30) permettant de relier électriquement une première face

- 15 latérale (23) dudit empilement élémentaire avec le support de connexion électrique (5), et
- les moyens de contact cathodique (40) permettant de relier électriquement une deuxième face latérale (24) dudit empilement élémentaire, opposée à ladite première face latérale, avec ledit support de connexion électrique (5).

- 20 Selon d'autres caractéristiques de ce dispositif, prises isolément ou selon toutes caractéristiques techniquement compatibles :

- les moyens d'étanchéité comprennent un système d'encapsulation (7).
- ledit système d'encapsulation (7) recouvre l'autre face frontale (11) dudit empilement élémentaire, les moyens de contact anodique, les moyens de
- 25 contact cathodique, ainsi qu'au moins en partie la face (51) dudit support de connexion électrique (5), qui est tournée vers ledit empilement élémentaire.
- ledit système d'encapsulation recouvre les faces frontales opposées dudit empilement élémentaire, ainsi que les faces latérales dudit empilement qui ne sont pas recouvertes par les moyens de contact anodique et cathodique,
- 30 - ledit système d'encapsulation occupant en outre, éventuellement, tout ou partie des moyens d'isolation électrique (53, 54), ainsi que de l'espace intercalaire séparant le support et ladite première face frontale de l'empilement élémentaire.
- les moyens d'étanchéité comprennent lesdits moyens de contact anodique et/ou lesdits moyens de contact cathodique.
- 35 - les moyens d'étanchéité comprennent, d'une part les moyens de contact recouvrant deux premières faces latérales de l'empilement, d'autre part le

- système d'encapsulation recouvrant les deux autres faces latérales de l'empilement ainsi que les deux faces frontales de l'empilement.
- il est prévu en outre un système de rigidification mécanique (8), recouvrant le système d'encapsulation à l'opposé du support de connexion électrique (5).
 - 5 - le support de connexion électrique est de type monocouche, notamment une grille métallique ou encore un interposer silicium.
 - les moyens d'isolation électrique comprennent un ou plusieurs espaces libres ménagés dans ledit support de connexion électrique de type monocouche, ces espaces libres pouvant être vides ou bien remplis au moyen d'un matériau
 - 10 électriquement isolant, les régions de connexion distantes dudit support de connexion électrique étant placées de part et d'autre de ces espaces libres.
 - le support de connexion électrique comprend un unique espace libre, de part et d'autre duquel sont prévues les régions de connexion distantes.
 - le support comprend deux espaces libres, entre lesquels est prévue une semelle
 - 15 centrale dudit support de connexion électrique.
 - le support de connexion électrique est de type multicouche, et comprend plusieurs couches disposées les unes au-dessous des autres, ce support étant notamment de type circuit imprimé.
 - chaque couche du support multicouche comprend au moins une zone
 - 20 conductrice et au moins une zone isolante, les zones conductrices des différentes couches formant des chemins de connexion électrique apte à relier les moyens de contact respectivement anodique et cathodique à la face du support, qui est opposée à l'empilement, alors que lesdites zones isolantes forment lesdits moyens d'isolation électrique.
 - 25 - le système d'encapsulation est choisi parmi :
 - un film inorganique dense déposé par une technique sélectionnée parmi ALD, PECVD ou HDPCVD, d'une épaisseur totale inférieure à 5 μm , et de préférence inférieure à 2 μm , ou
 - une succession de films inorganiques d'une épaisseur totale inférieure à 5 μm , de
 - 30 préférence inférieure à 2 μm , ou
 - une succession de films organiques et inorganiques d'une épaisseur totale inférieure à 20 μm , de préférence inférieure à 10 μm .
 - le système de rigidification mécanique est choisi parmi :
 - une résine, pouvant consister en un polymère simple ou un polymère comportant une
 - 35 matrice polymère, qui est de préférence un polymère de type époxy ou de type acrylate,

et une charge minérale, qui peut consister en des particules, des flocons ou des fibres de verre ;

- un verre à bas point de fusion, sélectionné de préférence dans le groupe formé par : les verres $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$, les verres $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, les verres $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, les verres $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, les verres PbO-SiO_2 ;
- un film réalisé par lamination.
- il est prévu en outre des moyens de solidarisation (6), permettant de solidariser l'une (21) des faces frontales de l'empilement élémentaire avec ledit support de connexion électrique (5).
- les moyens de solidarisation comprennent une couche d'adhésif non conducteur (6).
- les moyens de contact électrique, anodique ou cathodique, comprennent un adhésif conducteur.
- les moyens de contact électrique, anodique ou cathodique, comprennent une feuille métallique.

15

L'invention a aussi pour objet un procédé de fabrication d'un dispositif électrochimique, de type batterie, tel que ci-dessus,

ledit procédé comprenant :

- la mise en place du support de connexion électrique (5), au voisinage de la première face frontale (12) dudit empilement élémentaire,
- l'isolation mutuelle des deux régions distantes (56,57) dudit support de connexion électrique (5),
- la mise en liaison électrique de la première face latérale (23) dudit empilement élémentaire avec le support de connexion électrique (5),
- la mise en liaison électrique de la deuxième face latérale (24) dudit empilement élémentaire, opposée à ladite première face latérale, avec ledit support de connexion électrique (5),
- le revêtement des moyens d'étanchéité.

30 Selon d'autres caractéristiques de ce dispositif, prises isolément ou selon toutes caractéristiques techniquement compatibles :

- on revêt les moyens d'étanchéité après avoir mis en place le support de connexion électrique au voisinage de la première face frontale de l'empilement élémentaire.
- on revêt au moins une partie des moyens d'étanchéité avant de mettre en place le support de connexion électrique au voisinage de la première face frontale de l'empilement élémentaire.

35

- on revêt au moins une première couche des moyens d'étanchéité avant de mettre le support de connexion électrique au voisinage de la première face frontale de l'empilement élémentaire, puis on revêt au moins une seconde couche des moyens d'étanchéité après avoir mis ledit support de connexion électrique au voisinage de ladite première face frontale.
 - ce procédé comprend en outre
 - l'approvisionnement d'un cadre (105) destiné à former une pluralité de supports (5)
 - la mise en place dudit cadre au voisinage de la première face frontale d'une pluralité d'empilements élémentaires, ces empilements étant agencés selon plusieurs lignes et/ou plusieurs rangées
 - la réalisation d'au moins une découpe, en particulier de plusieurs découpes selon la direction longitudinale et/ou la direction latérale de ces empilements, de façon à former une pluralité de dispositifs électrochimiques.
- 15 L'invention a enfin pour objet un dispositif consommateur d'énergie électrique (1000) comprenant un corps (1002) ainsi qu'un dispositif électrochimique (1) ci-dessus, ledit dispositif électrochimique étant apte à alimenter en énergie électrique ledit dispositif consommateur d'énergie électrique, et ledit support de connexion électrique (5) dudit dispositif électrochimique étant fixé sur ledit corps.

20

Figures

L'invention va être décrite ci-après, en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquels :

[Fig. 1] est une vue en coupe longitudinale, illustrant une batterie formant un dispositif électrochimique conforme à un premier mode de réalisation de l'invention.

25

[Fig. 2] est une vue de dessus, illustrant un cadre intervenant dans la fabrication de la batterie conforme à l'invention, illustrée en figure 1.

[Fig. 3] est une vue de dessus, illustrant une première étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

[Fig. 4] est une vue de dessus, illustrant une deuxième étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

30

[Fig. 5] est une vue de dessus, illustrant une troisième étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

[Fig. 6] est une vue de dessus, illustrant une quatrième étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

[Fig. 7] est une vue de dessus, illustrant une cinquième étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

- 5 [Fig. 8] est une vue de dessus, illustrant une sixième étape d'un procédé de fabrication de la batterie conforme à l'invention.

[Fig. 9] est une vue en coupe longitudinale, illustrant les différents éléments constitutifs de la batterie, mis en place à l'issue de la première étape ci-dessus.

- 10 [Fig. 10] est une vue en coupe longitudinale, illustrant les différents éléments constitutifs de la batterie, mis en place à l'issue de la deuxième étape ci-dessus.

[Fig. 11] est une vue en coupe longitudinale, illustrant les différents éléments constitutifs de la batterie, mis en place à l'issue de la troisième étape ci-dessus.

[Fig. 12] est une vue en coupe longitudinale, illustrant les différents éléments constitutifs de la batterie, mis en place à l'issue de la quatrième étape ci-dessus.

- 15 [Fig. 13] est une vue en coupe longitudinale, illustrant les différents éléments constitutifs de la batterie, mis en place à l'issue de la cinquième étape ci-dessus.

[Fig. 14] est une vue de dessus, analogue à la figure 2, illustrant un cadre support permettant de fabriquer une batterie formant une variante du premier mode de réalisation de l'invention.

- 20 [Fig. 15] est une vue en coupe longitudinale, illustrant une batterie conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenue à partir du cadre illustré sur la figure 14.

[Fig. 16] est une vue de dessus, analogue à la figure 2, illustrant un cadre support permettant de fabriquer un dispositif électrochimique conforme à une autre variante du premier mode de réalisation de l'invention.

- 25 [Fig. 17] est une vue en coupe longitudinale, illustrant un dispositif électrochimique conforme à l'invention, qui est susceptible d'être obtenu à partir du cadre illustré sur la figure 16.

[Fig. 18] est une vue schématique, illustrant l'intégration d'un dispositif électrochimique selon l'invention dans un dispositif consommateur d'énergie.

- 30 [Fig. 19] est une vue en coupe longitudinale, illustrant une variante de réalisation de l'étape de procédé décrite à la figure 10.

[Fig. 20] est une vue en coupe longitudinale, illustrant une variante de réalisation de l'étape de procédé décrite à la figure 11.

[Fig. 21] est une vue en coupe longitudinale, analogue à la figure 20, illustrant une étape supplémentaire du procédé de réalisation d'un dispositif électrochimique de l'invention.

- 5 [Fig. 22] est une vue de face, analogue à la figure 1, illustrant à plus grande échelle une variante de réalisation du système d'encapsulation conforme à l'invention.

[Fig. 23] est une vue en perspective, illustrant des strates empilées intervenant dans la réalisation simultanée de plusieurs dispositifs électrochimiques selon l'invention.

- 10 [Fig. 24] est une vue en perspective, illustrant une variante des strates empilées de la figure 23.

[Fig. 25] est une vue en coupe, illustrant un support conducteur selon un second mode de réalisation de l'invention, dans sa structure la plus simple.

- 15 [Fig. 26] est une vue en perspective, illustrant les différents éléments constitutifs d'un support conducteur, d'une structure enrichie, appartenant à un dispositif électrochimique selon une variante du second mode de réalisation de la figure 25.

[Fig. 27] est une vue en coupe, illustrant un dispositif consommateur d'énergie intégrant un dispositif électrochimique muni du support conducteur de la figure 26.

[Fig. 28] est une vue en perspective, illustrant une autre variante du support conducteur selon le second mode de réalisation.

- 20 [Fig. 29] est une vue en perspective, analogue à la figure 28, illustrant encore une autre variante du support conducteur selon le second mode de réalisation.

Description de l'invention

- 25 Comme cela va ressortir de la description ci-après, le dispositif électrochimique selon l'invention comprend essentiellement un empilement élémentaire, un support de connexion électrique, des moyens de contact respectivement anodique et cathodique, ainsi que des moyens d'étanchéité destinés à protéger notamment l'empilement précité. Cette description fait référence à deux modes principaux de l'invention, en ce qui concerne la structure du support ci-dessus, ainsi qu'à différentes variantes de ces modes principaux.

- La figure 1 illustre un dispositif électrochimique conforme à une première variante du premier mode principal de réalisation de l'invention, qui est une batterie désignée dans son ensemble par la référence 1. Cette batterie comprend tout d'abord un empilement 2 formé par au moins une et, de façon typique, par plusieurs cellules élémentaires. Chacune de ces
- 5 cellules élémentaires 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.
- 10 Cet empilement est de type connu en soi, de sorte qu'il ne sera pas décrit plus en détail dans ce qui suit. De manière typique, cet empilement comprend entre 10 et 100 cellules élémentaires, telles que décrites ci-dessus. Cet empilement 2, de type globalement parallélépipédique, possède six faces. On note tout d'abord 21 et 22 les faces frontales opposées qui, par convention, sont sensiblement parallèles aux différentes couches ci-
- 15 dessus. 21 désigne la face frontale dite avant et 22 la face frontale dite arrière qui, comme on le verra dans ce qui suit, permet la fixation d'un support. L'empilement 2 définit par ailleurs quatre faces latérales 23 à 26, qui sont 2 à 2 mutuellement parallèles et opposés.

- La batterie 1 selon l'invention comprend en outre un support, désigné dans son ensemble
- 20 la référence 5. Ce support 5, qui est globalement plan, possède typiquement une épaisseur inférieure à 300 μm , de préférence inférieure à 100 μm . Ce support est avantageusement réalisé en un matériau conducteur électrique, typiquement matériau métallique, en particulier aluminium, cuivre, acier inoxydable pouvant être revêtu afin d'améliorer leur propriété de soudabilité par une fine couche d'or, de nickel et d'étain. On note respectivement
- 25 51 la face avant du support, qui est tournée vers l'empilement 2, ainsi que 52 la face arrière opposée.

- Ce support est ajouré, à savoir qu'il comprend des espaces 53 et 54 délimitant une semelle centrale 55 ainsi que deux bandes latérales opposées 56 et 57. Les différentes régions 55,
- 30 56 et 57 de ce support sont, par conséquent, mutuellement isolées sur le plan électrique. En particulier, comme on le verra dans ce qui suit, les bandes latérales 56 et 57 forment des régions mutuellement isolées électriquement, qui sont susceptibles d'être connectées avec des organes de contact appartenant à la batterie. Dans l'exemple illustré l'isolation électrique est réalisée en ménageant des espaces vides 53 et 54 qui, comme on le verra
- 35 dans ce qui suit, sont remplis par un matériau de rigidification. À titre de variante on peut

prévoir que ces espaces sont remplis au moyen d'un matériau non conducteur, par exemple des polymères, des céramiques, des verres.

Dans l'exemple illustré, le support et l'empilement sont mutuellement solidarisés par une
5 couche 6. Cette dernière est typiquement formée par l'intermédiaire d'une colle non conductrice, notamment de type époxy ou acrylates. À titre de variante, on peut prévoir de solidariser mutuellement le support et l'empilement par l'intermédiaire d'une soudure, non représentée. L'épaisseur de cette couche 6 est typiquement comprise entre 5 et 100µm, notamment voisine de 50µm. Selon le plan principal du support 5, cette couche recouvre
10 au moins partiellement les espaces 53 et 54 ci-dessus, de façon à isoler mutuellement les organes de contact anodique et cathodique comme on le détaillera ci-après.

Le support 5 assure une fonction supplémentaire de connexion électrique, en ce qu'il est relié électriquement à l'empilement 2 décrit ci-dessus. Dans l'exemple illustré, cette liaison
15 électrique est assurée grâce à des plots 30 et 40, formant des organes de contact respectivement anodique et cathodique. Ces plots 30 et 40 sont réalisés en un matériau conducteur approprié, en particulier en une colle conductrice comme par exemple une colle graphite, colle chargée par des nanoparticules métalliques (Au, Cu, Al...). Les charges métalliques peuvent être différentes pour l'anode et la cathode (typiquement Al pour la
20 cathode, Cu pour l'anode). Dans ce cas, ces plots assurent, non seulement leur fonction initiale de liaison électrique, mais également une fonction supplémentaire de solidarisation mécanique entre l'empilement et le support.

À titre de variante, on peut également prévoir de réaliser ces plots 30 et 40 en un matériau
25 différent d'une colle conductrice, comme par exemple une soudure. Dans l'exemple illustré, ces plots ont été représentés à titre schématique sous forme triangulaire, leur épaisseur augmente en direction du support. Néanmoins, à titre de variante, on peut prévoir que ces plots possèdent une forme différente, en particulier une épaisseur constante.

30 La batterie conforme à l'invention comprend en outre un système d'encapsulation, désigné dans son ensemble par la référence 7. Ce système d'encapsulation 7 comporte tout d'abord une zone centrale 70, recouvrant la face frontale avant de l'empilement. Cette zone centrale est avantageusement prolongée, de part et d'autre, par des régions intermédiaires, ou ailes 71 et 72, recouvrant les plots de liaison électrique 30 et 40. Enfin ces régions intermédiaires
35 sont elles-mêmes prolongées, là encore de manière avantageuse, par des extrémités ou rebords 73 et 74 recouvrant une partie de la face frontale avant du support 5.

La figure 1 illustre, comme on l'a vu ci-dessus, une coupe longitudinale de la batterie. En coupe transversale, qui n'est pas représentée, le système d'encapsulation recouvre les faces latérales 15 et 16 de l'empilement, qui ne sont pas équipées des organes de contact
5 20 30. Ce système d'encapsulation recouvre également au moins en partie, selon cette vue transversale, la face frontale avant du support.

Ce système d'encapsulation 7 peut être réalisé en tout matériau, permettant d'assurer une fonction d'étanchéité. Au sens de l'invention, cette fonction est assurée par tout système
10 d'encapsulation qui présente, de préférence, une perméance à la vapeur d'eau (coefficient WVTR ou « WVTR ») inférieure à 10^{-5} g/m².d. On choisira par exemple de déposer :

- un film inorganique dense par ALD, PECVD HDPCVD inférieur à 5 µm et de préférence inférieur à 2 µm. Le film inorganique peut être en SiO₂, Si₃N₄, SiC, Si amorphe, Al₂O₃,
- une succession de films inorganiques d'une épaisseur totale inférieure à 5 µm et de
15 préférence inférieure à 2 µm. Les films inorganiques peuvent être en SiO₂, Si₃N₄, SiC, Si amorphe, Al₂O₃ déposés selon une technique quelconque sèche ou humide (PECVD, PVD, ALD, Spray coating + UV conversion, Sol - gel...),
- une succession de films organiques et inorganiques inférieur à 20 µm et de préférence inférieur à 10 µm. Les films inorganiques peuvent être en SiO₂, Si₃N₄, SiC, Si amorphe,
20 déposés selon une technique sèche ou humide (PECVD, PVD, ALD, Spray coating + UV conversion, Solgel...). Les films organiques peuvent être polymère (PVDF, Parylène, Acrylates...).

Enfin la batterie selon l'invention est équipée d'un système de rigidification, désigné dans
25 son ensemble par la référence 8. Ce système de rigidification recouvre l'ensemble du système d'encapsulation 7, à l'opposé du support 5. Il recouvre en outre au moins une partie et, de façon avantageuse comme dans l'exemple illustré, la totalité de la face avant du support 5.

30 De manière à garantir le critère essentiel d'étanchéité il convient de s'assurer que les composants, potentiellement nocifs au bon fonctionnement de la batterie, ne peuvent accéder à l'empilement élémentaire des anodes et des cathodes. En d'autres termes, conformément à l'invention, il s'agit d'éviter toute « porte d'entrée » potentielle pour ses composants nocifs. À cet effet le matériau d'encapsulation 7 occupe également, de manière
35 avantageuse, les espaces libres 53 54 du support 5. On notera que le matériau de rigidification 8 remplit également de façon avantageuse ces espaces libres, en étant

intimement lié au matériau d'encapsulation. Sur la figure 1, on a porté les références 7 et 8, ainsi que 53 et 54, dans les mêmes zones correspondant à ces espaces libres, afin de de visualiser leur remplissage par ces divers matériaux.

- 5 Ce système de rigidification 8 peut être réalisé en tout matériau, permettant d'assurer cette fonction de rigidité mécanique. Dans cette optique on choisira par exemple une résine pouvant consister en un polymère simple ou un polymère chargé avec des charges inorganiques. La matrice polymère peut être de la famille des epoxy, des acrylates, polymères fluorés par exemple, les charges pouvant consister en des particules, des
10 flocons ou des fibres de verre. De façon avantageuse, ce système de rigidification 8 peut assurer une fonction supplémentaire de barrière à l'égard de l'humidité. Dans cette optique on choisira par exemple un verre à bas point de fusion assurant ainsi résistance mécanique et une barrière supplémentaire à l'humidité. Ce verre pouvant être par exemple de la famille des $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$; $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$, $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$, PbO-SiO_2 .

15

Comme on l'a vu ci-dessus, l'épaisseur du système d'encapsulation 7 est avantageusement très faible, en particulier inférieur à 20 μm , de préférence à 10 μm . De façon typique, le système de rigidification 8 présente une épaisseur bien supérieure à celle du système d'encapsulation 7. En référence à la figure 1 on note E8 la plus petite épaisseur de ce
20 système de rigidification, au niveau du recouvrement de la face avant de l'empilement. De façon avantageuse, cette épaisseur E8 est comprise entre 20 et 250 μm , typiquement voisine de 100 μm .

- La batterie 1 conforme à l'invention, telle que montrée sur la figure 1, présente globalement
25 une forme de parallélépipède. Par analogie avec l'empilement 2, on note 11 et 12 ses faces frontales avant et arrière, ainsi que 13 à 16 ses différentes faces latérales. À titre d'exemples non limitatifs, l'épaisseur E1 de la batterie est par exemple comprise entre 0,5 et 2.5mm, alors que ses dimensions transversales L1 et l1 sont par exemple compris entre 1 et 4mm.

30

En service, de façon classique, de l'énergie électrique est produite par une conversion électrochimique au niveau de l'empilement élémentaire. Cette énergie est transmise aux régions conductrices 55 et 56 du support 50, par l'intermédiaire des organes de contact. Étant donné que ces régions conductrices sont mutuellement isolées, tout risque de court-circuit est évité. Cette énergie électrique est ensuite dirigée, à partir des régions 56 et 57,
35 vers un dispositif de consommation d'énergie de tout type approprié. Sur la figure 18, ce

dispositif de consommation d'énergie est représenté de manière schématique, en étant affecté de la référence 1000. Il comprend un corps 1002, sur lequel repose la face inférieure du support. La fixation mutuelle entre ce corps 1002 et le support 5 est réalisée par tous moyens appropriés.

5

Le dispositif 1000 comprend en outre un élément consommateur d'énergie 1004, ainsi que des lignes de connexion 1006 1007 reliant électriquement les régions 56 57 du support 5 avec cet élément 1004. La commande peut être assurée par un composant de la batterie proprement dite, selon le mode de réalisation décrit ci-dessous en référence à la figure 16, et/ou par un composant non représenté appartenant au dispositif 1000. A titre d'exemples non limitatifs, un tel dispositif de consommation d'énergie peut être un circuit électronique de type amplificateur, un circuit électronique de type horloge (tel qu'un composant RTC, Real Time Clock), un circuit électronique de type mémoire volatile, un circuit électronique de type mémoire vive statique (SRAM, Static Random Access Memory), un circuit électronique de type microprocesseur, un circuit électronique de type chien de garde (watchdog timer), un composant de type afficheur à cristaux liquides, un composant de type LED (Light Emitting Diode), un circuit électronique de type régulateur de tension (tel qu'un circuit régulateur de tension à chute faible, abrégé LDO, Low-dropout regulator), un composant électronique de type CPU (Central Processing Unit).

20

On va maintenant décrire, en référence aux figures 2 à 13, les différentes étapes d'un procédé permettant la fabrication de la batterie 1 décrite ci-dessus à la figure 6. Afin de mettre en œuvre ce procédé, on utilise avantageusement un cadre support 104, qui est destinée à former une pluralité de supports 4. Ce cadre 104, qui est montrée à grande échelle sur la figure 2, possède une bordure périphérique 150, ainsi qu'une pluralité d'ébauches 151, dont chacune permet la fabrication d'une batterie respective. Dans l'exemple illustré on retrouve douze ébauches, mutuellement identiques, réparties selon trois lignes et quatre colonnes. À titre de variante, on peut prévoir d'utiliser un cadre possédant un nombre différent de telles ébauches.

30

Chaque ébauche comprend une plage centrale 155, destinée à former la semelle 55, ainsi que deux blocs latéraux 156 et 157 destinés à former respectivement les bandes 56 et 57. La plage et les blocs sont mutuellement séparés par des fentes 153 et 154, qui sont destinés à former les espaces 53 et 54. Les différentes ébauches sont immobilisées, à la fois les unes par rapport aux autres, ainsi que par rapport à la bordure périphérique, au moyen de différentes tringles respectivement horizontales 158 et verticales 159.

Dans une première étape, qui est illustrée aux figures 3 et 9, on dépose sur chaque plage 155 une dose 106 de colle non conductrice, destiné à former la couche 6. Puis on dépose, sur chaque bloc latéral 156 157, une dose respective 130 et 140 de colle conductrice, destiné à former les plots 30 et 40. Cette deuxième étape est illustrée aux figures 4 et 10.

Dans une troisième étape, illustrée aux figures 5 et 11, on dispose les différents empilements 2 sur les différentes doses 106, 130 et 140. Ces empilements sont placés, par rapport aux plages 145 et aux blocs 146 147, dans la position précise qu'ils doivent adopter vis-à-vis de la semelle 45 et des bandes finales 46 47.

10

Dans une quatrième étape, illustrée aux figures 6 et 12, on réalise le dépôt d'un matériau 107 destiné à former les différents systèmes d'encapsulation 7. Puis, dans la cinquième étape illustrée aux figures 7 et 13, on réalise le dépôt d'un matériau 108 destiné à former les différents systèmes de rigidification 8. Enfin, comme illustré sur la figure 8, on réalise une découpe du cadre 140, sur lequel ont été disposés les différents constituants de la pluralité de batteries. Les différentes lignes de découpe sont matérialisées en traits pointillés en étant affectées, d'une part des références D pour les découpes selon la dimension longitudinale des batteries, d'autre part des références D' pour les découpes selon leur dimension latérale. On notera que, selon les deux dimensions du cadre, certaines zones R et R' sont destinées à être mises au rebut.

Les figures 14 et 15 illustrent une variante du premier mode de réalisation de l'invention, qui a été décrit ci-dessus. Sur ces figures 14 et 15 les éléments mécaniques, qui sont analogues à ceux des figures 1 à 13, y sont affectés des mêmes numéros de référence augmentés du nombre 200. La batterie 201, visible en figure 15, diffère de celle 1 des figures précédentes notamment du fait de la structure de son support de connexion 205. De façon plus précise, ce support 205 est dépourvu d'une semelle centrale, telle que celle 55 des figures précédentes. Ainsi, ce support comporte deux bandes latérales 256 et 257, lesquelles sont séparées par un espace 253 assurant leur isolation mutuelle.

Par conséquent cette batterie 201 est dépourvue également de la couche de colle non conductrice 6. Dans ces conditions il est avantageux que le système d'encapsulation 207 recouvre également la face arrière de l'empilement 202. Par ailleurs, le système de rigidification occupe également tout ou partie de cette face arrière. Comme évoqué ci-dessus, le matériau d'encapsulation et le matériau de rigidification sont susceptibles d'être intimement mêlés, en partie au niveau de l'espace 253 précité.

Le cadre support 305, permettant la réalisation d'une pluralité de batteries, analogues à celles de la figure 15, est visible sur la figure 14. Ce cadre 305 diffère de celui 105, en ce que les ébauches 351 qu'il comporte sont dépourvues de plage centrale. On a référencé 356 et 357 les blocs, permettant la formation finale des bandes latérales 256 et 257, ainsi
5 que 353 la fente séparant ces blocs 356 et 357. Le procédé de fabrication de la batterie 201 est globalement analogue à celui décrit ci-dessus, en référence à la batterie 1. La principale différence réside dans le fait que ce procédé n'inclut pas d'étape de dépôt d'une dose de colle non conductrice.

10 La présence du système d'encapsulation, lequel recouvre à la fois l'empilement, les organes de contact et une partie du support, confère une étanchéité satisfaisante à la batterie. Par ailleurs, la présence d'un système supplémentaire de rigidification apporte des avantages complémentaires. Ce système de rigidification assure ainsi une fonction de protection mécanique et chimique, éventuellement associée à une fonction de barrière
15 supplémentaire aux gaz.

Les figures 16 et 17 illustrent une variante supplémentaire de réalisation d'un dispositif électrochimique, conforme au premier mode de réalisation de l'invention. Sur ces figures 16 et 17 les éléments mécaniques analogues à ceux des figures 1 à 13 y sont affectés des
20 mêmes numéros de référence, augmentés du nombre 400. Le dispositif électrochimique 401, visible en figure 17, diffère des batteries 1 et 201 ci-dessus, notamment en ce qu'il comporte un composant électronique supplémentaire. Ce dernier, qui est affecté de la référence 409, est de tout type approprié. Il peut s'agir par exemple d'un composant de type LDO (ce qui signifie en anglais « Low Dropout Regulator », à savoir un régulateur à faible
25 chute de tension). De façon connue en soi, la fonction de ce composant est de réguler le potentiel de la batterie.

À titre de variante non représentée, on peut prévoir que le dispositif électrochimique conforme à l'invention comporte plusieurs composants électroniques supplémentaires. De
30 façon typique, on peut envisager de réaliser un mini circuit assurant une fonction électronique complexe. Dans cet esprit, on peut utiliser un module RTC (ce qui signifie en anglais « Real Time Clock », à savoir une fonction d'horloge), ou bien un module de récupération d'énergie (en langue anglaise « Energy Harvesting »). On peut également prévoir un composant électronique apte à commander la batterie de la figure 18 ci-dessus,
35 laquelle est intégrée un dispositif consommateur d'énergie.

Sur le plan structurel l'empilement 402 repose, via les couches de colle conductrice 430 et 440, sur une bande latérale 456 et une semelle 457 du support. Cette bande est séparée électriquement vis-à-vis de cette semelle, par l'intermédiaire d'un espace 453. Par ailleurs le composant LDO repose, via des couches supplémentaires de colle conductrice 492 493, 5 d'une part sur la plage précitée 457 et sur une bande latérale 490 du support. Cette plage et cette bande 490 sont mutuellement isolées, par un espace 491.

Le cadre support 505, permettant la réalisation d'une pluralité de dispositifs électrochimiques, analogues à celui 401 de la figure 17, est visible sur la figure 16. Ce cadre 10 505 est globalement analogue à celui 105, notamment en ce qu'il comporte une semelle centrale 557, ainsi que 2 blocs 556 et 590. Le procédé de fabrication du dispositif électrochimique 401 est globalement analogue à celui décrit ci-dessus, en référence à la fabrication de la batterie 1. les principales différences résident, tout d'abord dans le fait que la fabrication du dispositif électrochimique 400 ne fait pas intervenir de dépôt de doses de 15 colle non conductrice. Par ailleurs, cette fabrication du dispositif 401 fait appel au dépôt d'une pluralité de doses de colle conductrice, lesquelles sont destinées à la formation des différentes couches 430,440,492 493.

A titre de variante non représentée, on peut prévoir que la batterie conforme à l'invention 20 est dépourvue d'un système de rigidification, tel que celui référencé 8. Cette variante peut trouver son application, en particulier dans le cas où le système d'encapsulation 7 présente une résistance mécanique élevée. Une telle batterie, dépourvue de système de rigidification, peut être livrée en l'état à l'utilisateur final. Ce dernier peut alors choisir, soit d'utiliser la batterie telle quelle, soit de revêtir dans un second temps cette batterie au 25 moyen d'un système de rigidification si le besoin s'en fait sentir

A titre de variante supplémentaire, illustrée à la figure 22, on peut prévoir que le système d'encapsulation 7 présente des dimensions plus faibles que sur la figure 1. Dans ce cas, les ailes 71 viennent directement en appui contre les surfaces en regard du support 5, de 30 manière à assurer cette fonction d'étanchéité.

Dans le procédé décrit ci-dessus, on dispose un empilement non encapsulé 2 sur le support conducteur 5, puis on revêt cet empilement successivement avec le système d'encapsulation puis avec le système de rigidification. À titre de variante, on peut prévoir 35 de disposer sur le support un empilement déjà encapsulé : il est alors possible, soit de laisser cet empilement encapsulé en l'état, soit de « ré-encapsuler » ledit empilement.

En référence à la figure 19, on a illustré de manière schématique un empilement 2 déjà encapsulé, à savoir recouvert d'une encapsulation 7 formé d'une couche supérieure 70 et d'une couche inférieure 71. Cette encapsulation comprend en outre des couches latérales non visibles, situées respectivement sur l'avant et à l'arrière de la feuille (pour cette dernière couche, voir la référence pointillée 72). Par ailleurs, les deux autres faces latérales de l'empilement sont recouvertes au moyen d'organes de contact 30 40.

On suppose tout d'abord que le matériau constitutif des organes de contact 30 et 40, équipant l'empilement encapsulé de la figure 19, est susceptible d'assurer une fonction d'étanchéité selon le critère ci-dessus. Un tel matériau est par exemple un verre conducteur, possiblement chargé de poudre métallique ; on peut utiliser par exemple un produit commercialisé par la société Koartan sous la désignation 4101 Viafill Gold Conductor Paste.

Dans ce cas, comme montré en figures 19 et 20, l'ensemble formé par l'empilement 2, l'encapsulation 7 ainsi que les organes de contact 30 et 40, peut être mis en place sur le support 5 sans encapsulation supplémentaire. On notera à cet égard que cet ensemble 2, 7, 30, 40 est parfaitement étanche, grâce à la nature de l'encapsulation et des organes de contact. De la sorte, l'empilement 2 est protégé vis-à-vis de l'entrée de gaz potentiellement nocifs.

Sur ces figures 19 et 20, on a illustré des plots de colle conductrice 31 et 41, permettant de fixer les organes de contact sur le support, tout en assurant la continuité électrique. On a également illustré une couche 6 de colle non conductrice, qui est intercalée entre les plots précités 31 41. On notera que la figure 19 représente la même étape de procédé que les figures 4 et 10, alors que la figure 20 représente la même étape de procédé que les figures 5 et 11. À titre de possibilité non illustrée, on peut prévoir de déposer ensuite un système de rigidification périphérique, analogue à celui 8.

On suppose désormais que l'ensemble ci-dessus 2, 7, 30, 40 ne présente pas un caractère étanche. Cela se produit typiquement lorsque les organes de contact 30 et 40 sont réalisés en un matériau qui n'est pas étanche, au sens de l'invention. Dans ce cas, on répète les mêmes étapes que celles décrites ci-dessus en référence aux figures 19 et 20. Puis, comme le montre la figure 21, on dépose une couche 7' dite d'encapsulation supplémentaire.

- Comme cela a été mis en évidence dans la description du premier mode de réalisation, l'invention permet de garantir une parfaite étanchéité. Dans le cas où cette étanchéité ne peut être assurée par les organes de contact 30 et 40 de la figure 21, cette couche 7' doit occuper toutes les zones susceptibles de former des portes d'entrée pour les composants nocifs. À cet effet, on va retrouver cette couche, tout d'abord sur le pourtour supérieur et latéral de la batterie. Par ailleurs, ce matériau d'encapsulation supplémentaire occupe également l'espace intercalaire situé entre la couche d'encapsulation 71 et le support 5, ainsi que les espaces libres 52 et 53.
- Sur cette figure 21, on a matérialisé cette occupation en portant plusieurs fois la référence 7'. Une fois l'encapsulation réalisée, on peut prévoir de recouvrir la batterie au moyen d'un système de rigidification, non représenté sur la figure 21. Dans ce cas, comme décrit notamment en référence à la figure 15, ces matériaux de rigidification et d'encapsulation sont susceptibles d'être intimement mêlés.
- De façon avantageuse, comme cela est connu en soi, plusieurs empilements élémentaires, tels que celui ci-dessus, peuvent être réalisés simultanément. Cela permet d'accroître le rendement du procédé global de fabrication des batteries conformes à l'invention. En particulier, on peut prévoir de réaliser un empilement de grande dimension, qui est formé par une succession alternée de strates, ou feuilles, respectivement cathodiques et anodiques.
- La structure physico-chimique de chaque feuille d'anode ou de cathode, qui est de type connue par exemple du brevet FR 3 091 036 au nom de la demanderesse, ne fait pas partie de l'invention et ne sera décrite que de manière succincte. Chaque feuille d'anode, respectivement de cathode, comprend une couche active d'anode, respectivement une couche active de cathode. Chacune de ces couches actives peut être solide, i.e. de nature dense ou poreuse. Par ailleurs, afin d'éviter tout contact électrique entre deux feuilles adjacentes, une couche d'électrolyte ou un séparateur imprégné d'un électrolyte liquide est disposé sur au moins l'une de ces deux feuilles, au contact 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.
- Ces strates sont échancrées, de manière à définir des zones dites vides qui vont permettre la séparation entre les différentes batteries finales. Dans le cadre de la présente invention,

on peut prévoir d'affecter différentes formes à ces zones vides. Comme l'a déjà proposé la Demanderesse dans le brevet FR 3 091 036, ces zones vides peuvent présenter une forme de H. La figure 23 annexée illustre l'empilement 1100 entre des feuilles, ou strates d'anode 1101, ainsi que des feuilles ou strates de cathode 1102. Comme le montre cette figure, des
5 découpes sont ménagées dans ces différentes feuilles, de manière à réaliser lesdites zones vides en forme de H, respectivement anodiques 1103 et cathodiques 1104.

À titre de variante, ces zones libres peuvent également présenter une forme de I. La figure 24 annexée illustre l'empilement 1200 entre des feuilles ou strates d'anode 1201, ainsi que
10 des feuilles ou strates de cathode 1202. Comme le montre cette figure 24, des découpes sont ménagées dans ces différentes feuilles, de manière à réaliser lesdites zones vides en forme de I, respectivement anodiques 1203 et cathodiques 1204.

De façon préférée, au terme de la fabrication des différents empilements élémentaires, chaque anode et chaque cathode d'une batterie donnée comprend un corps principal
15 respectif, séparé d'un corps secondaire respectif par un espace libre de tout matériau d'électrode, d'électrolyte et/ou de substrat conducteur de courant. À titre de variante supplémentaire, non représentée, on peut prévoir que les zones vides présentent des formes encore différentes d'un H ou d'un I, notamment une forme de U. Néanmoins, les formes en H ou en I sont préférées.

20 Lors de la réalisation simultanée des empilements élémentaires, moyennant des strates comme ci-dessus, chaque empilement élémentaire peut être éventuellement recouvert d'une couche d'encapsulation, cette dernière pouvant elle-même être éventuellement recouverte d'une couche de rigidification. Au terme des différentes découpes, la couche d'encapsulation permet de réaliser une pluralité de systèmes d'encapsulation, alors que la
25 couche de rigidification permet de réaliser une pluralité de systèmes de rigidification. La présence d'une couche de rigidification permet en particulier de préserver l'intégrité des différents éléments, lors d'une découpe à la scie. En revanche, dans le cas d'une découpe par laser, cette couche de rigidification peut être superflue.

Comme cela ressort de ce qui précède, le premier mode principal de réalisation de
30 l'invention fait appel à un support conducteur, qui est monocouche. A titre d'exemple, ce support monocouche peut être de type ajouré, comme une grille métallique.

On va maintenant décrire, en référence aux figures 25 et suivantes, quatre variantes d'un second mode principal de réalisation dans lequel le support conducteur est au contraire multicouche. Ce support multicouche est de type plein, par opposition notamment à la grille

métallique ci-dessus qui est de type ajouré. Sur ces figures 25 et suivantes les éléments mécaniques analogues à ceux des figures 1 à 13 sont affectés des mêmes numéros de référence, augmentés respectivement des nombres 600, 700, 800 et 900.

La figure 25 illustre tout d'abord un support multicouche 605, dans sa structure la plus générale. Ce support est formé de deux couches distinctes 656 et 658, réalisées par exemple en un matériau polymère. Le plan principal de chacune de ces couches est sensiblement parallèle au plan des différentes couches, formant l'empilement. La structure de ce support est par conséquent à rapprocher de celle d'un circuit imprimé (en langue anglaise « Printed Circuit Board » ou PCB).

10

Chaque couche 656, 658 intègre au moins un insert métallique, à savoir que la couche supérieure 656 intègre deux inserts distincts 657, alors que la couche inférieure 658 intègre deux autres inserts distincts 659. Ces inserts sont mis en contact deux à deux, afin de former des chemins de connexion électrique 653 et 654. Comme cela est montré de façon schématique sur cette figure 25, chaque chemin de connexion électrique 653, 654 est destiné à relier un organe de contact respectif avec la face inférieure du support 605, laquelle est placée sur un dispositif consommateur d'énergie non représentée sur cette figure 25.

20 Les figures 26 et 27 illustrent une variante de réalisation avantageuse, faisant partie de ce second mode de réalisation principal. Comme le montre tout d'abord la figure 26, le support 705 est formé d'une pluralité de couches disposées les unes au-dessous des autres, au nombre de 5 dans cet exemple de réalisation.

On retrouve, de haut en bas sur la figure, une couche 756 sur laquelle va être déposé l'empilement de la batterie. Cette couche 756, qui est principalement formée par un matériau polymère, tel que de la résine époxy, est munie de 2 inserts 757. Ces derniers, qui sont réalisés en un matériau conducteur, notamment métallique, sont destinés à coopérer avec les contacts respectivement anodique et cathodique de la batterie. On notera que ces inserts 757 sont mutuellement isolés, grâce à la résine époxy de la couche 756.

30 Immédiatement au-dessous de la couche 756, on retrouve une couche 758, également réalisée en un matériau polymère comme une résine époxy. Cette couche 758 est pourvue de 2 inserts 759, réalisés en matériau conducteur, qui sont mis en contact électrique avec les premiers inserts 757. Comme pour la couche 756, ces inserts 759 sont mutuellement isolés.

- On retrouve ensuite une couche médiane 760, qui est sensiblement différente de celles 756 et 758 décrites ci-dessus. En effet, cette couche 760 est formée d'un matériau barrière, pouvant être en verre ou une couche inorganique, typiquement analogue à celui constitutif des inserts 757 et 759 ci-dessus. Cette couche est équipée de 2 inserts annulaires 761, qui
- 5 sont réalisés en un matériau isolant, notamment une résine époxy comme ci-dessus. Ces inserts 761 reçoivent, dans leur partie centrale creuse, des disques 762 en matériau conducteur, qui sont placés au contact des inserts conducteurs adjacents 759. On notera que ces disques conducteurs 762 sont mutuellement isolés, par l'intermédiaire des anneaux 761.
- 10 Enfin on retrouve des couches 764 et 766, inférieures sur les figures 26 et 27, qui sont respectivement identiques aux couches 758 et 756 ci-dessus. Le couche 764 est équipée de 2 inserts 765, en contact avec les disques 762, alors que la couche inférieure 766 est munie de 2 inserts 767, en contact avec les inserts ci-dessus 765.

- Comme le montre plus particulièrement la figure 27, les différents inserts conducteurs
- 15 757, 759, 762, 765 et 767 définissent des chemins conducteurs notés 753 754. Ces chemins conducteurs, qui sont mutuellement isolés, soit par les couches 756, 758, 764 et 766, soit par les disques 761, permettent de relier électriquement les faces frontales opposées du support 705. Une fois que le support 705 est approvisionné, on le place contre la face inférieure de l'empilement élémentaire 702, puis on met en œuvre des étapes analogues à
- 20 celles décrites ci-dessus en référence aux figures 2 à 12.

- Sur la figure 27, on retrouve des plots de contact 730 740, ainsi qu'une encapsulation 707. Dans ce second mode de réalisation, le système de rigidification peut être différent de celui
- 8 du premier mode de réalisation. On peut en particulier prévoir de déposer un film protecteur 708, moyennant une étape de lamination. Un tel film, qui présente des propriétés
- 25 barrières, est par exemple réalisé en polyéthylène téréphtalate (PET) intégrant des multicouches inorganiques ; un tel produit qui peut convenir est disponible dans le commerce auprès de la société 3M sous la référence Ultra Barrier Film 510 ou Ultra Barrier Solar Films 510-F.

- La figure 27 illustre également l'intégration, sur un dispositif consommateur d'énergie 1000,
- 30 du support 705, de l'empilement 702, des plots conducteurs 730 et 740, de l'encapsulation 707 et du film 708. Comme dans le premier mode de réalisation, l'énergie produite au niveau de l'empilement 702 est transmise, par les organes de contact 730 et 740, au niveau des inserts supérieurs 757. Puis cette énergie est transmise, le long des chemins de connexion 753 754 décrit ci-dessus, vers le dispositif de consommation d'énergie 1000.

Les figures 28 et 29 illustrent deux autres variantes de ce second mode de réalisation. Comme dans la variante des figures 26 et 27, les variantes des figures 28 et 29 intègrent également une couche médiane 860,960, majoritairement réalisée en un matériau conducteur. La couche conductrice 860 est équipée de 2 inserts creux 861, de forme
5 rectangulaire, lesquels reçoivent chacun un insert central métallique 862. En revanche, la couche conductrice 960 est munie d'un unique insert creux 961, lequel reçoit 2 inserts métalliques 962 qui sont mutuellement isolés par un pont de matière 963 de l'insert 961.

Les supports 805 et 905, illustrés sur ces figures 28 et 29, diffèrent cependant du support 705 ci-dessus, en ce qu'ils sont formés par 3 couches, et non 5. Ils incluent en effet
10 uniquement deux couches majoritairement isolantes, 856 956 et 866 966, placées de part et d'autre de la couche médiane 860,960. Dans ces 2 variantes, comme dans les variantes précédentes des figures 25 à 27, on retrouve des chemins conducteurs 853 953 et 854 954, qui relient les faces frontales opposées du support.

Le second mode de réalisation de l'invention, illustré en référence aux figures 25 à 29, présente des avantages spécifiques. En effet, le support multicouche tel que celui 605 à
15 905 possède une épaisseur très faible, avantageusement inférieure à 100 µm. Par ailleurs, un tel support présente une certaine flexibilité, de sorte qu'il peut accompagner de légers changements de dimensions de la batterie, dénommés « respirations » dans la partie introductive de la présente description.

Comme dans le cas du premier mode de réalisation, on peut réaliser simultanément plusieurs batteries conformes à ce second mode de réalisation, notamment celle 701 des figures 26 et 27. À cet effet, on peut utiliser un cadre multicouche de grande dimension, destiné à former plusieurs lignes et plusieurs rangées de supports 705. On rapporte alors, sur ce cadre, une pluralité d'empilements 702, d'organes de contact 730 740, ainsi que de
25 systèmes d'encapsulation 707. On dépose également, par lamination, un cadre de rigidification destiné à former une pluralité de films 708. Enfin on réalise des découpes, de manière analogue à ce qui a été décrit en référence à la figure 14, selon les dimensions à la fois longitudinale et latérale de chaque batterie individuelle.

Tout comme dans le premier mode de réalisation, l'empilement de ce second mode de réalisation, tel celui 702, peut être placé sur son support conducteur, tel celui 705, selon
30 différentes variantes. On peut tout d'abord prévoir, comme décrit ci-dessus, de placer cet empilement non revêtu sur le support, puis de rapporter l'encapsulation et éventuellement le film de rigidification. On peut également prévoir de placer cet empilement, déjà revêtu de manière étanche, sur son support sans mise en œuvre d'opérations complémentaires :

cette possibilité est à rapprocher de l'enseignement des figures 19 et 20. On peut enfin prévoir de placer l'empilement revêtu sur le support, puis de le soumettre à une encapsulation complémentaire : cette possibilité est à rapprocher de l'enseignement de la figure 21.

- 5 A titre de variante supplémentaire, tout particulièrement avantageuse, on peut prévoir de placer, sur un même support, plusieurs batteries connectées soit en série soit en parallèle. Ces batteries sont alors disposées sous un système d'encapsulation commun. Il est déjà connu d'associer de batteries en parallèle, mais selon l'état de la technique, l'épaisseur totale des batteries est limitée industriellement par la possibilité de découpe. Selon
10 l'invention, on peut accroître la capacité de la batterie en coupant deux batteries d'épaisseurs plus fines et les connecter entre elles dans un même système d'encapsulation. Cela est moins coûteux que de réaliser deux systèmes d'encapsulation séparés.

- De la même manière, certains circuits électroniques demandent des tensions de fonctionnement plus élevées que les tensions délivrées par une cellule élémentaire. Selon
15 l'invention on peut connecter deux ou plusieurs batteries en série sous un même système d'encapsulation.

- Selon un autre mode de réalisation, on peut associer sous un même système d'encapsulation, une microbatterie et un supercondensateur et/ou un condensateur connectés en parallèle. De préférence, dans une telle combinaison, la tension de
20 fonctionnement du condensateur et/ou supercondensateur est supérieure à la tension maximale de la batterie. Les deux composants étant montés en parallèle, la microbatterie charge alors le condensateur qui pourra, lorsque la demande en courant présente un maximum, assister la batterie pour fournir du courant. Cette microbatterie est de préférence rechargeable.

- 25 Selon un autre mode de réalisation, les composants montés en parallèle peuvent être deux microbatteries de chimie différente, avec des tensions différentes ; ces microbatteries peuvent être toutes les deux rechargeables, mais on peut aussi associer une batterie primaire à une batterie secondaire, par exemple une batterie primaire de forte capacité à une petite batterie secondaire de forte puissance.

- 30 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 :

- soit une puissance inférieure ou égale à environ 1 mA h (appelée couramment « microbatterie »),
- soit une puissance supérieure à environ 1 mA h jusqu'à environ 1 A h (appelée couramment « minibatterie »),
- 5 - soit une puissance 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.

Les batteries de chacune de ces trois gammes de puissance peuvent être réalisées :

- 10 - 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
15 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).