

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Module pour assemblage de cellules électrochimiques, Assemblage électrochimique, Procédé de fabrication d'un élément de maintien et Procédé d'assemblage d'un module correspondants.

②② Date de dépôt : 06.04.22.

③③ Priorité :

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFT Société par actions simplifiée
à associé unique* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 13.10.23 Bulletin 23/41.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 22.11.24 Bulletin 24/47.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : BRES Romain, ELISSALDE Serge,
BRUN Cyril et PAUTONNIER Pascal.

⑦③ Titulaire(s) : *SAFT Société par actions simplifiée à
associé unique.*

⑦④ Mandataire(s) : Lavoix.



Description

Titre de l'invention : Module pour assemblage de cellules électrochimiques, Assemblage électrochimique, Procédé de fabrication d'un élément de maintien et Procédé d'assemblage d'un module correspondants

- [0001] La présente invention concerne un module électrochimique pour un assemblage de cellules électrochimiques,
- [0002] le module électrochimique délimitant des logements de cellule électrochimique,
- [0003] le module électrochimique comprenant, une cellule électrochimique pour chaque logement de cellule électrochimique, une des cellules électrochimiques étant disposée dans chaque logement de cellule électrochimique,
- [0004] chaque cellule électrochimique comprenant une surface latérale,
- [0005] le module électrochimique comprenant au moins deux éléments de maintien des cellules électrochimiques,
- [0006] chaque cellule électrochimique est maintenue par deux, en particulier exactement deux, éléments de maintien,
- [0007] chaque logement de cellule électrochimique étant en partie délimité par deux éléments de maintien adjacents, et
- [0008] les éléments de maintien étant en contact avec la surface latérale d'au moins une cellule électrochimique.
- [0009] On connaît du document US2013/183666 en référence aux Figures 29 et 30 un module de batteries électrochimiques comprenant des batteries cylindriques et des éléments de répartition de chaleur. Les éléments de répartition de chaleur sont formés par de la matière graphite en forme de feuille, du graphite en forme de mousse ou du graphite extrudé.
- [0010] Ce module de batteries a une capacité de répartition de chaleur limitée et une durée de vie limitée pour une taille donnée.
- [0011] L'invention a pour but de proposer un module de cellules électrochimiques ou module de batterie ayant une capacité de répartition de chaleur importante et une durée de vie importante, tout en étant économique.
- [0012] A cet effet, l'invention a pour objet un module tel qu'indiqué ci-dessus caractérisé en ce que les éléments de maintien sont en un matériau à base d'aluminium, notamment en aluminium ou en un alliage d'aluminium.
- [0013] Selon des modes de réalisation particuliers du module, celui-ci peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
- [0014] - le contenu en poids en aluminium du matériau de chaque élément de maintien est

- d'au moins 70%, de préférence d'au moins 85% ;
- [0015] - chacun des éléments de maintien est un profilé extrudé, notamment d'une seule pièce;
 - [0016] - les logements de cellule électrochimique sont disposés selon des rangées de logement et des colonnes de logement, et
 - [0017] les éléments de maintien comprennent au moins un élément de maintien inter-rangée, adaptés pour maintenir les cellules électrochimiques de deux rangées de cellules adjacentes et des éléments de maintien d'extrémité, adaptés pour maintenir les cellules d'une seule rangée de cellules et formant une surface d'extrémité du module électrochimique;
 - [0018] - chaque élément de maintien comprend au moins deux surfaces de logement, chaque surface de logement délimitant une partie d'un logement de cellule électrochimique;
 - [0019] - le module électrochimique comprend une première bride terminale, délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique, une partie terminale de ce logement de cellule électrochimique et dans lequel cette partie terminale est adaptée pour loger une extrémité de la cellule électrochimique associée;
 - [0020] - le module électrochimique comprend une plaque de refroidissement, et dans lequel la première bride terminale est disposée entre la plaque de refroidissement et les éléments de maintien;
 - [0021] - le module électrochimique comprend, des éléments de pont thermique, chaque élément de pont thermique étant adapté pour relier thermiquement un élément de maintien à la plaque de refroidissement,
 - [0022] la première bride terminale forme, pour chaque élément de pont thermique, un logement de pont thermique, et
 - [0023] chaque élément de pont thermique est logé dans le logement de pont thermique associé;
 - [0024] - le module électrochimique comprend, pour chaque élément de pont thermique, une cale thermique, notamment en un matériau à base de silicone, disposé entre l'élément de pont thermique et la plaque de refroidissement, dans lequel la cale thermique a une conductivité thermique d'au moins 3W/mK ou 5W/mK, et une élasticité supérieure à celles de la plaque de refroidissement et de l'élément de pont thermique;
 - [0025] - le module électrochimique comprend une seconde bride terminale, délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique, une partie terminale de ce logement de cellule électrochimique et dans lequel cette partie terminale est adaptée pour loger une extrémité de la cellule électrochimique associée, et le cas échéant, dans lequel la seconde bride terminale est disposée à l'opposé de la première bride terminale;
 - [0026] - la surface latérale de chaque cellule est cylindrique, en particulier à section circulaire, et/ou chaque cellule électrochimique est maintenue par exactement deux

éléments de maintien;

- [0027] - chaque cellule électrochimique comprend un carter et une couche électriquement isolante disposée sur le carter et dans lequel la couche électriquement isolante forme la surface latérale; et
- [0028] - la surface latérale de chaque cellule électrochimique est à section circulaire ayant un rayon de cellule (RC) donnée, et dans lequel chaque surface de logement comprend un rayon de logement (RL) et dans lequel le rayon de logement est compris entre le rayon de cellule RC et 1,05 fois le rayon de cellule (RC).
- [0029] L'invention a également pour objet un assemblage électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux modules électrochimiques tels que définis ci-dessus, et une plaque de refroidissement commune et d'un seul tenant et en ce que la plaque de refroidissement commune constitue la plaque de refroidissement de chaque module électrochimique.
- [0030] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un élément de maintien pour un module électrochimique tel que défini ci-dessus, comprenant les étapes suivantes :
 - [0031] - extrusion d'une barre de matériau de base en formant une barre extrudée ;
 - [0032] - coupe de la barre extrudée à la longueur en obtenant une ébauche d'un élément de maintien ;
 - [0033] - ébarbage de l'ébauche de l'élément de maintien ;
 - [0034] - éventuellement perçage et taraudage de trous taraudés ;
 - [0035] - en obtenant l'élément de maintien.
- [0036] L'invention a également pour objet un procédé d'assemblage d'un module tel que défini ci-dessus, comprenant les étapes suivantes :
 - [0037] - fourniture d'un premier élément de maintien d'extrémité ;
 - [0038] - fourniture de cellules électrochimiques d'une première rangée de cellules électrochimiques, chaque cellule électrochimique ayant un axe central (X-X) ;
 - [0039] - dépôt de chaque cellule électrochimique radialement par rapport à son axe central sur une surface de logement d'élément de maintien d'extrémité en formant une première rangée de cellules électrochimiques ;
 - [0040] - fourniture d'un élément de maintien inter-rangée ;
 - [0041] - dépôt de l'élément de maintien inter-rangée sur la première rangée de cellules électrochimiques, radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la première rangée de cellules électrochimiques ;
 - [0042] - fourniture de cellules électrochimiques d'une seconde rangée de cellules électrochimiques, dépôt de chaque cellule électrochimique de cette seconde rangée radialement par rapport à son axe central sur l'élément de maintien inter-rangée en formant une seconde rangée de cellules électrochimiques ;

- [0043] - fourniture d'un second élément de maintien d'extrémité ; et
- [0044] - dépôt du second élément de maintien d'extrémité sur la seconde rangée de cellules électrochimiques, radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la seconde rangée de cellules électrochimiques.
- [0045] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :
- [0046] [Fig.1] La [Fig.1] montre un assemblage électrochimique selon l'invention selon une vue partiellement éclatée ;
- [0047] [Fig.2] La [Fig.2] montre une vue en coupe longitudinale d'une partie de l'assemblage électrochimique selon la [Fig.1];
- [0048] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue éclatée d'un module électrochimique selon l'invention;
- [0049] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue en plan d'une partie d'un module électrochimique selon l'invention;
- [0050] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective de la partie d'un module électrochimique de la [Fig.4] ;
- [0051] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue en perspective d'un élément de maintien d'extrémité d'un module électrochimique selon l'invention ;
- [0052] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en perspective d'un élément de maintien inter-rangée d'un module électrochimique selon l'invention ;
- [0053] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en plan correspondant à la [Fig.4], les éléments électrochimiques étant omises ;
- [0054] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue en plan de la partie du module électrochimique de la [Fig.5], illustrant des étapes d'assemblage du module ;
- [0055] [Fig.10] La [Fig.10] est une vue analogue à celle de la [Fig.9], mais étant une vue en perspective ; et
- [0056] [Fig.11] La [Fig.11] est une en perspective d'une première bride terminale d'un module électrochimique et des éléments de pont thermique.
- [0057] Sur la [Fig.1] est représenté un assemblage électrochimique ou batterie, selon l'invention désigné par la référence générale 2.
- [0058] L'assemblage électrochimique 2 ou batterie comprend une pluralité de modules électrochimiques 4, qui peuvent être reliés entre eux. L'assemblage électrochimique 2 est muni d'une plaque de refroidissement 6. La plaque de refroidissement 6 est en l'occurrence une plaque de refroidissement 6 commune, c'est à dire appartenant à une pluralité de modules électrochimiques 4. La plaque de refroidissement 6 est d'un seul tenant. En variante, l'assemblage électrochimique 2 comprend une seule plaque de refroidissement 6 par module électrochimique 4.
- [0059] L'assemblage électrochimique 2 comprend en l'occurrence huit modules électrochimiques 4. Toutefois, l'assemblage électrochimique 2 peut comprendre plus ou

moins que huit modules électrochimiques 4, par exemple entre deux et seize modules électrochimiques. Chaque module électrochimique 4 a une forme sensiblement de parallélépipède rectangle.

- [0060] Chaque module électrochimique 4 est muni d'une pluralité de cellules électrochimiques 10.
- [0061] Chaque cellule électrochimique 10 comprend une surface latérale 12, en l'occurrence cylindrique et à section circulaire. En variante, la surface latérale 12 peut être cylindrique à section non-circulaire ou avoir une autre forme. Chaque cellule électrochimique 10 s'étend selon un axe central X-X de cette cellule électrochimique.
- [0062] Dans ce qui suit les termes « axialement », « radialement » et « circonférentiellement », seront utilisés par rapport à l'un des axes X-X d'un élément électrochimique 10 ou de l'élément électrochimique à chaque fois concerné.
- [0063] Chaque cellule électrochimique 10 est une cellule électrochimique de type Lithium-Ion. De préférence, chaque cellule électrochimique est du type LiFePO_4 , LiMnFePO_4 , ou LiVPO_4F .
- [0064] On entend par élément électrochimique de type LiFePO_4 ou LiMnFePO_4 , un élément électrochimique dont l'électrode positive (cathode) comprend un ou des matériaux électrochimiquement actifs dont l'un au moins est à base d'un phosphate lithié d'au moins un métal de transition, de formule $\text{Li}_x\text{Fe}_{1-y}\text{M}_y\text{PO}_4$, où M est choisi dans le groupe consistant en B, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb et Mo; $0,8 \leq x \leq 1,2$; et $0 \leq y \leq 0,6$.
- [0065] On entend par élément électrochimique de type LiVPO_4F , un élément électrochimique dont l'électrode positive (cathode) comprend un ou des matériaux électrochimiquement actifs dont l'un au moins est à base d'un composé de type LiVPO_4F .
- [0066] Chaque cellule électrochimique 10 comprend un carter 16, en l'occurrence en métal, et une couche électriquement isolante 18 disposée sur le carter 16. La couche électriquement isolante 18 forme la surface latérale 12.
- [0067] Le carter 16 comprend par exemple une paroi en métal. La couche électriquement isolante 18 est par exemple une couche en polyimide et un matériau adhésif et a une épaisseur d'isolant comprise entre 0,15 mm et 1 mm. La couche électriquement isolante 18 peut être en une couche unique ou deux couches partielles superposées, par exemple en faisant essentiellement deux tours complets d'un ruban autour du carter. L'épaisseur d'isolant est la totalité de l'épaisseur de la couche électriquement isolante 18. Le matériau est par exemple un ruban d'aramide type « MYOFLEX NHN 2_3_2 » ® (marque déposée) de l'entreprise « Von Roll ». L'épaisseur de l'isolant et de l'adhésif est par exemple de 0,32 mm et l'épaisseur de l'isolant seul peut être de 0,19 mm +/- 10%.
- [0068] En l'occurrence, la surface latérale 12 est à section circulaire et a un rayon de cellule

RC donné. Ce rayon de cellule RC est par exemple compris entre 54mm et 54,6mm. Le rayon de cellule RC peut par exemple également être compris entre 28mm et 70mm.

- [0069] Les cellules électrochimiques 10 d'un module électrochimique 4 sont disposées selon des rangées de cellules 20 et des colonnes de cellules 22 (voir [Fig.4]). Les cellules électrochimiques 10 de chaque rangée de cellules 20 ont des axes centraux X-X parallèles et coplanaires. La distance entre deux rangées de cellules 20 adjacentes est supérieure au diamètre de chaque cellule électrochimique. Les rangées de cellules 20 ne sont donc pas imbriquées les unes dans les autres.
- [0070] Les cellules électrochimiques 10 de chaque colonne de cellules 22 ont des axes centraux X-X parallèles et coplanaires. La distance entre deux colonnes de cellules 22 adjacentes est supérieure au diamètre de chaque cellule électrochimique. Les colonnes de cellules 22 ne sont donc pas imbriquées les unes dans les autres.
- [0071] En l'occurrence, chaque module électrochimique 4 comprend trois cellules électrochimiques par rangée de cellule 20 et quatre cellules électrochimiques 10 par colonne de cellule 22.
- [0072] Le module électrochimique 4 délimite des logements de cellule électrochimique 30. Chaque logement de cellule électrochimique 30 reçoit l'une des cellules électrochimiques 10.
- [0073] Ces logements de cellule électrochimique 30 sont disposées selon des rangées de logements 32 et des colonnes de logements 34. Ces rangées de logements 32 et colonnes de logement 34 correspondent aux rangées de cellules 20 et colonnes de cellules 22 et leur agencement est identique.
- [0074] Le module électrochimique 4 comprend au moins deux éléments de maintien 36 des cellules électrochimiques 10. Chaque logement de cellule électrochimique 30 est en partie délimité par deux éléments de maintien 36 adjacents. Les éléments de maintien 36 sont adaptés à être en contact avec la surface latérale 12 d'au moins une cellule électrochimique 10.
- [0075] En l'occurrence, à chaque fois deux éléments de maintien 36 adjacents reçoivent entre eux les cellules électrochimiques 10 d'une rangée de cellules 20 et maintiennent ces cellules électrochimiques 10.
- [0076] A cet effet, chaque élément de maintien 36 comporte, pour chaque cellule électrochimique 10, une surface de logement 38 qui est complémentaire à un segment de la surface latérale 12 de la cellule électrochimique. De manière générale, chaque élément de maintien 36 comprend au moins deux surfaces de logement 38. Chaque surface de logement délimite une partie d'un logement de cellule électrochimique.
- [0077] D'une manière générale, à l'état assemblé du module électrochimique 4, chaque cellule électrochimique 10 est maintenue radialement par deux, en particulier exactement deux, éléments de maintien 36 adjacents.

- [0078] La surface de logement 38 entoure la surface latérale 12 de la cellule électrochimique 10 associée de préférence sur au moins 30% de la circonférence de la surface latérale 12 et de préférence sur au moins 40% de cette circonférence. La surface de logement 38 entoure la surface latérale 12 de la cellule électrochimique associée de préférence sur moins que 50% de la circonférence de la surface latérale 12 ou de préférence sur moins que 45% de cette circonférence.
- [0079] Dans le cas présent, où les cellules électrochimiques 10 ont une surface cylindrique à section circulaire, cela signifie que la surface de logement 38 s'étend sur un secteur angulaire correspondant à au moins 118° (30%) de la circonférence et de préférence sur au moins 144° (40%) de la circonférence. De même, dans le cas présent, la surface de logement 38 entoure la surface latérale 12 de la cellule électrochimique associée sur un secteur angulaire inférieur à 180° (50%) de la circonférence ou de préférence sur un secteur angulaire inférieur à 162° (45%) de cette circonférence.
- [0080] Par ailleurs, la surface de logement 38 peut avoir une longueur axiale LAL qui est au minimum de 50% de la longueur axiale LAC de la cellule électrochimique 10 ou au minimum de 60% de la longueur axiale LAC. De préférence la longueur LAL est d'au moins 70% de LAC.
- [0081] La longueur axiale LAL de la surface de logement 38 peut par ailleurs être inférieure à 90%, à 80% ou à 70% de la longueur axiale LAC.
- [0082] Chaque surface de logement 38 est par exemple un segment d'un cylindre ayant un rayon de logement RL. La taille de ce rayon de logement RL peut être comprise entre le rayon de cellule RC et 1,05 fois le rayon de cellule RC. Alternativement, le rayon de logement RL peut généralement être supérieur au rayon de cellule RC. Ainsi, chaque cellule électrochimique 10 est maintenue d'une manière centrée entre les éléments de maintien 36.
- [0083] De plus, à l'état assemblé du module électrochimique 4, les cellules électrochimiques 10 sont maintenues entre les surfaces de logement 38 par ajustement serré.
- [0084] Chaque élément de maintien 36 est en un matériau à base d'aluminium. De préférence, chaque élément de maintien 36 est en aluminium ou en un alliage d'aluminium. De préférence, le contenu en poids en aluminium du matériau de chaque élément de maintien est d'au moins 70%, de préférence d'au moins 85%. Le contenu en aluminium peut être en % en poids.
- [0085] De préférence, le matériau à base d'aluminium est un alliage aluminium de Série 2000 (aluminium cuivre), de Série 5000 (aluminium magnésium), de Série 6000 (aluminium magnésium silicium) ou de Série 7000 (aluminium zinc). Ces alliages sont préférentiels étant donné qu'ils sont extrudables.
- [0086] Chaque élément de maintien 36 est avantageusement un profilé extrudé. Dans ce cas, le matériau de l'élément de maintien 36 est extrudable.

- [0087] Chaque élément de maintien 36 est avantageusement d'une seule pièce.
- [0088] De préférence, la conductivité thermique du matériau de chaque élément de maintien 36 est supérieure à 120 W/mK, supérieure à 130 W/mK, supérieure à 150 W/mK ; supérieure à 160 W/mK ; supérieure à 170 W/mK ; supérieure à 180 W/mK, et de préférence supérieure à 200W/mK. La conductivité thermique du matériau de chaque élément de maintien 36 peut également être inférieure à 250 W/mK, inférieure à 230 W/mK ou inférieure à 210 W/mK. La conductivité thermique du matériau de chaque élément de maintien 36 peut être supérieure à la conductivité thermique de graphite.
- [0089] De préférence également, les surfaces de maintien 38 n'ont pas été usinées après l'extrusion et leur état de surface est donc l'état obtenu par extrusion.
- [0090] Les éléments de maintien 36 du module comprennent deux types d'éléments de maintien, à savoir des éléments de maintien inter-rangée 40 ([Fig.7]) et des éléments de maintien d'extrémité 42 ([Fig.6]).
- [0091] Chaque élément de maintien inter-rangée 40 est adapté pour maintenir les cellules électrochimiques 10 de deux rangées de cellules 20 adjacentes. A cet effet, chaque élément de maintien inter-rangée 40 comprend des paires de surfaces de maintien 38 opposées l'un de l'autre. Le nombre de paires de surfaces de maintien 38 est identique au nombre de colonnes de logements 34 ou colonnes de cellules 22. En l'occurrence, chaque élément de maintien inter-rangée 40 comprend exactement trois paires de surfaces de maintien 38.
- [0092] Chaque élément de maintien d'extrémité 42 est adapté pour maintenir les cellules d'une seule rangée de cellules 20, à savoir d'une rangée de cellules d'extrémité, et forme par ailleurs une surface d'extrémité 44 du module électrochimique 4. Le nombre de surfaces de maintien 38 est identique au nombre de colonnes de logements 34 ou colonnes de cellules 22. En l'occurrence, chaque élément de maintien d'extrémité 42 comprend exactement trois surfaces de maintien 38.
- [0093] Le nombre d'éléments de maintien inter-rangée 40 d'un module électrochimique 4 est égal au nombre de rangées de logements 32 ou nombre de rangées de cellules 20 moins deux et exactement deux éléments de maintien d'extrémité 42.
- [0094] A l'état assemblé du module électrochimique (voir [Fig.3] et [Fig.4]), les extrémités des éléments de maintien inter-rangée 40 et des éléments de maintien d'extrémité 42 forment ensemble deux surfaces de côté 45 libres et fermées du module. Les surfaces de côté 45 sont en l'occurrence sensiblement planes et rectangulaires.
- [0095] Le module électrochimique 4 comprend une première bride terminale 50 délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique 30, une partie terminale 52 de ce logement de cellule électrochimique. Cette partie terminale 52 est adaptée pour loger une extrémité axiale de la cellule électrochimique 10 associée.
- [0096] La première bride terminale 50 est électriquement isolante et de préférence en

matière plastique. La première bride terminale 50 est par exemple en Polyamide 66. De préférence, elle est d'une seule pièce et/ou fabriquée par moulage par injection.

- [0097] La première bride terminale 50 est en un matériau ayant une conductivité thermique inférieure à celle du matériau de la plaque de refroidissement 6 et à celle du matériau des éléments de maintien 36.
- [0098] La première bride terminale 50 est disposée entre la plaque de refroidissement 6 et les éléments de maintien 36.
- [0099] Le module électrochimique 4 comprend, des éléments de pont thermique 54, chaque élément de pont thermique étant adapté pour relier thermiquement un élément de maintien 36, et donc les cellules électrochimiques 10, à la plaque de refroidissement 6. Chaque élément de pont thermique 54 est en un matériau ayant une conductivité thermique sensiblement identique à celle des matériaux des éléments de maintien 36 et/ou de la plaque de refroidissement 6. Le matériau de chaque élément de pont thermique 54 a une conductivité thermique supérieure à celle du matériau de la première bride terminale 50. L'élément de pont thermique 54 est par exemple en un métal et notamment en un alliage à base d'aluminium ou en aluminium.
- [0100] Sur la [Fig.11] sont représentés en perspective la première bride terminale 50 et les éléments de pont thermique, les éléments de pont thermique 54 étant en dehors de leur logement. Les éléments de pont thermique 54 sont disposés de telle sorte que, vu en plan, chaque élément de pont thermique est adjacent à au moins deux cellules électrochimiques ou logements de cellule. Dans le cas présent, six éléments de pont thermique 54 sont entourés par quatre cellules électrochimiques et dix éléments de pont thermique 54 qui sont adjacents à exactement deux cellules électrochimiques.
- [0101] Chaque élément de pont thermique 54 est relié thermiquement à un élément de maintien 36 et est notamment en contact avec celui-ci.
- [0102] En l'occurrence, chaque élément de pont thermique 54 est un manchon étagé. L'élément de pont thermique 54 est fixé par une vis de fixation 56 axialement contre l'élément de maintien 36. A cet effet, chaque élément de maintien 36 comprend pour chaque vis de fixation un trou taraudé 58.
- [0103] La première bride terminale 50 forme, pour chaque élément de pont thermique 54, un logement de pont thermique 66. Le logement de pont thermique 66 est en l'occurrence une cavité ouverte sensiblement cylindrique étagée dans laquelle l'élément de pont thermique 54 est reçu par ajustement et notamment par ajustement serré. En l'absence de la vis de fixation 56, l'élément de pont thermique 54 est avantageusement maintenu dans le logement de pont thermique 66 par frottement.
- [0104] Chaque élément de pont thermique 54 est logé dans le logement de pont thermique 66 associé. Chaque élément de pont thermique 54 dépasse de préférence légèrement la première bride terminale 50 du côté de la plaque de refroidissement.

- [0105] Le module électrochimique 4 comprend, pour chaque élément de pont thermique 54, une cale thermique 68 (appelée en anglais « thermal pad ») disposée entre l'élément de pont thermique 54 associé et la plaque de refroidissement 6 et reliant l'élément de pont thermique 54 thermiquement à la plaque de refroidissement 6. La cale thermique 68 a une conductivité thermique d'au moins 3W/mK ou 5W/mK, et une élasticité supérieure à celles de la plaque de refroidissement 6 et de l'élément de pont thermique 54. La cale thermique 68 est par exemple en un matériau à base de silicone. A titre d'exemple la cale thermique 68 est en un matériau ayant une dureté Shore OO de 40 et une conductivité thermique de 4W/mK.
- [0106] Le module électrochimique 4 comprend également une seconde bride terminale 70 délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique 30, une partie terminale 72 de ce logement de cellule électrochimique. Cette partie terminale 72 est adaptée pour loger une extrémité axiale de la cellule électrochimique 10 associée.
- [0107] La seconde bride terminale 70 est disposée à l'opposé de la première bride terminale 50. La seconde bride terminale 70 est électriquement isolante et de préférence en matière plastique. La seconde bride terminale 70 est par exemple en Polyamide 66. De préférence, elle est d'une seule pièce et/ou fabriquée par moulage par injection.
- [0108] La seconde bride terminale 70 est en un matériau ayant une conductivité thermique inférieure à celle du matériau de la plaque de refroidissement et à celle du matériau des éléments de maintien 36.
- [0109] Les éléments de maintien 36 sont fabriqués selon un procédé de fabrication comprenant les étapes suivantes:
- [0110] Premièrement, extrusion d'une barre de matériau de base à travers une matrice d'extrusion en formant une barre extrudée. Le matériau de base est par exemple de l'aluminium chauffé ou un alliage à base d'aluminium chauffé. La température du matériau de base lors de cette étape est une température permettant l'extrusion.
- [0111] Deuxièmement, coupe de la barre extrudée à la longueur en obtenant une ébauche d'un élément de maintien. La longueur de l'ébauche est identique à la longueur de l'élément de maintien 36 à fabriquer. L'ébauche de l'élément de maintien correspond par exemple essentiellement à un élément de maintien inter-rangée 40 ou d'extrémité 42 des Figures 6 et 7, mais n'est pas encore ébarbé et sans taraudages.
- [0112] Troisièmement, ébarbage de l'ébauche de l'élément de maintien.
- [0113] Quatrièmement, éventuellement perçage et/ou taraudage de trous taraudés 58.
- [0114] Ainsi, on obtient l'élément de maintien 36.
- [0115] En fonction de la matrice d'extrusion utilisée lors de l'extrusion, l'élément de maintien 36 obtenu est par exemple l'élément de maintien inter-rangée 40 ou d'extrémité 42.
- [0116] Avantagusement, les surfaces de logement 38, la surface d'extrémité 44 et les

surfaces, qui forment des portions de la surface de côté 45, de chaque élément de maintien 36, sont obtenues directement par l'extrusion, c'est à dire ces surfaces ne sont pas usinées entre l'extrusion et l'assemblage du module électrochimique 4. A l'état assemblé du module électrochimique 4, ces surfaces sont donc en l'état d'extrusion.

- [0117] Les modules électrochimiques 4 selon l'invention sont avantageusement assemblés selon un procédé comprenant les étapes suivantes (voir [Fig.9]):
- [0118] Fourniture d'un premier élément de maintien d'extrémité 42 (étape E1).
- [0119] Fourniture de cellules électrochimiques 10 d'une première rangée de cellules électrochimiques, chaque cellule électrochimique ayant un axe central X-X (étape E2).
- [0120] Dépôt de chaque cellule électrochimique 10 radialement par rapport à son axe central sur une surface de logement 38 de l'élément de maintien d'extrémité en formant une première rangée de cellules électrochimiques (étape E3). La direction de ce dépôt de cellule électrochimique 10 sur la surface de logement 38 est illustré en tant que direction DEC sur la [Fig.10].
- [0121] Fourniture d'un élément de maintien inter-rangée 40 (étape E4).
- [0122] Dépôt de l'élément de maintien inter-rangée 40 sur la première rangée de cellules électrochimiques 10, radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la première rangée de cellules électrochimiques (étape E5), donc selon la direction DEC.
- [0123] Fourniture de cellules électrochimiques d'une seconde rangée de cellules électrochimiques (étape E6), dépôt de chaque cellule électrochimique 10 de cette seconde rangée radialement par rapport à son axe central sur l'élément de maintien inter-rangée 40 (étape E7) en formant une seconde rangée de cellules électrochimiques.
- [0124] Ensuite, éventuellement d'autres éléments de maintien inter-rangée 40 et d'autres cellules électrochimiques 10 d'autres rangées sont fournis successivement et ces éléments de maintien et ces cellules électrochimiques sont déposés ou empilés de manière analogue à ceux déposés précédemment, donc selon la direction DEC. Dans l'exemple de la [Fig.9] sont fournis et déposés deux éléments de maintien inter-rangée 40 et deux rangées de cellules électrochimiques 10 supplémentaires.
- [0125] Ensuite, fourniture d'un second élément de maintien d'extrémité 42 (étape E8).
- [0126] Dépôt du second élément de maintien d'extrémité 42 sur la seconde rangée de cellules électrochimiques ou sur l'une des rangées de cellules supplémentaires (étape E9), radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la rangée de cellules électrochimiques associée, donc selon la direction DEC.
- [0127] Ainsi on obtient la partie du module électrochimique de la [Fig.5]. Cette partie du module électrochimique est un empilement successif des éléments de maintien 36 et des cellules électrochimiques 10, en l'occurrence un empilement d'un premier élément de maintien d'extrémité 42, d'une rangée de cellules électrochimiques 10, d'un

élément de maintien inter-rangée 40, d'une rangée de cellules électrochimiques 10, ..., et d'un second élément de maintien d'extrémité 42.

- [0128] Ensuite, on dépose la première bride terminale 50 sur les extrémités axiales des cellules électrochimiques, dépassant les surfaces de maintien 38. Ce dépôt est effectué selon un mouvement axial selon les axes centraux X-X des cellules électrochimiques 10. Ce mouvement axial est montré sur la [Fig.11] en tant que direction DEB.
- [0129] Le cas échéant, avant ce dépôt ou simultanément, l'empilement des éléments de maintien 36 et des cellules électrochimiques 10 est comprimé ou serré.
- [0130] Puis, les éléments de pont thermique 54 sont insérés dans les logements de pont thermique 66 et la première bride terminale 50 est fixée, ensemble avec les éléments de pont thermique aux éléments de maintien 36, en l'occurrence par vissage.
- [0131] Ensuite, on dépose la seconde bride terminale 70 sur les autres extrémités axiales des cellules électrochimiques 10, dépassant des surfaces de maintien 38 du côté opposé à la première bride terminale 50. Ce dépôt est également effectué selon un mouvement axial selon les axes centraux X-X des cellules électrochimiques 10. Ce mouvement est indiqué sur les Figures 3 et 10 en tant que direction DEB. Le cas échéant, avant ce dépôt ou simultanément, l'empilement des éléments de maintien 36 et des cellules électrochimiques 10 est comprimé ou serré.
- [0132] Puis, la seconde bride terminale 70 est fixée aux éléments de maintien 36, en l'occurrence par vissage.
- [0133] La structure du module électrochimique selon l'invention est avantageuse, en particulier pour les raisons suivantes.
- [0134] - Les éléments de maintien conduisent à une évacuation efficace de la chaleur, notamment lors d'un emballement thermique d'une ou de plusieurs cellules électrochimiques.
- [0135] - Le module électrochimique est fiable, notamment étant donné que la superposition des éléments de maintien et des cellules électrochimiques conduit à un faible risque d'endommagement de la couche isolante lors de l'assemblage.
- [0136] - Le module est facile et économique à fabriquer, entre autres grâce aux éléments de maintien extrudés.
- [0137] - La grande surface de contact entre les éléments de maintien et les cellules électrochimiques agit à l'encontre d'un gonflement des cellules électrochimiques et réduit le risque d'une rupture de la paroi du carter.
- [0138] La description qui précède contient des caractéristiques techniques de l'invention. Ces caractéristiques techniques, bien que présentées dans un contexte technique et éventuellement en combinaison avec d'autres caractéristiques techniques, peuvent être utilisées à chaque fois individuellement, sans les autres caractéristiques techniques, pour autant que ceci soit techniquement possible.

Revendications

- [Revendication 1] Module électrochimique (4) pour un assemblage (2) de cellules électrochimiques (10),
 le module électrochimique délimitant des logements de cellule électrochimique (30),
 le module électrochimique comprenant, une cellule électrochimique (10) pour chaque logement de cellule électrochimique (30), une des cellules électrochimiques étant disposée dans chaque logement de cellule électrochimique,
 chaque cellule électrochimique comprenant une surface latérale (12),
 le module électrochimique comprenant au moins deux éléments de maintien (36) des cellules électrochimiques,
 chaque cellule électrochimique (10) est maintenue par deux, en particulier exactement deux, éléments de maintien (36)
 chaque logement de cellule électrochimique (30) étant en partie délimité par deux éléments de maintien adjacents,
 les éléments de maintien étant en contact avec la surface latérale d'au moins une cellule électrochimique,
 les éléments de maintien (36) étant en un matériau à base d'aluminium, caractérisé en ce que
 le module électrochimique comprend une première bride terminale (50), délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique (30), une partie terminale (52) de ce logement de cellule électrochimique, en ce que
 cette partie terminale (52) est adaptée pour loger une extrémité de la cellule électrochimique associée, en ce que
 le module électrochimique comprend une plaque de refroidissement (6), en ce que la première bride terminale (50) est disposée entre la plaque de refroidissement (6) et les éléments de maintien (36), en ce que
 le module électrochimique comprend des éléments de pont thermique (54), chaque élément de pont thermique étant adapté pour relier thermiquement un élément de maintien (36) à la plaque de refroidissement, en ce que
 la première bride terminale (50) forme, pour chaque élément de pont thermique, un logement de pont thermique (66), et en ce que
 chaque élément de pont thermique est logé dans le logement de pont thermique associé.

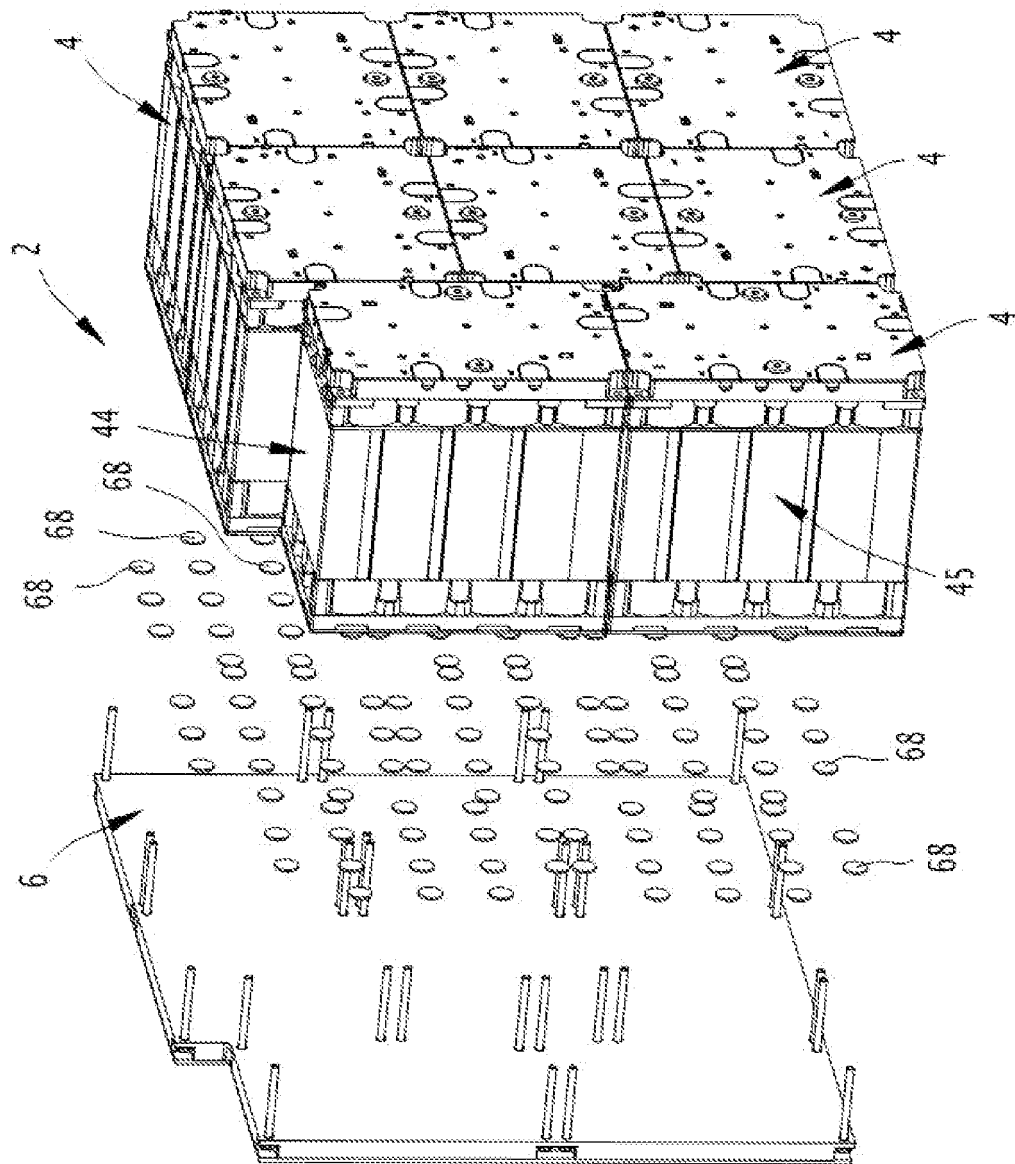
- [Revendication 2] Module électrochimique selon la revendication 1, dans lequel le contenu en poids en aluminium du matériau de chaque élément de maintien (36) est d'au moins 70%, de préférence d'au moins 85%.
- [Revendication 3] Module électrochimique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel chacun des éléments de maintien (36) est un profilé extrudé, notamment d'une seule pièce.
- [Revendication 4] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les logements de cellule électrochimique (30) sont disposés selon des rangées de logement (32) et des colonnes de logement (34),
dans lequel les éléments de maintien comprennent au moins un élément de maintien inter-rangée (40), adaptés pour maintenir les cellules électrochimiques de deux rangées de cellules adjacentes et des éléments de maintien d'extrémité (42), adaptés pour maintenir les cellules d'une seule rangée de cellules et formant une surface d'extrémité (44) du module électrochimique.
- [Revendication 5] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque élément de maintien (36) comprend au moins deux surfaces de logement (38), chaque surface de logement délimitant une partie d'un logement de cellule électrochimique (30).
- [Revendication 6] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les éléments de maintien (36) sont en aluminium.
- [Revendication 7] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les éléments de maintien (36) sont en un alliage d'aluminium.
- [Revendication 8] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module électrochimique comprend, pour chaque élément de pont thermique, une cale thermique (68), notamment en un matériau à base de silicone, disposé entre l'élément de pont thermique (54) et la plaque de refroidissement (6), dans lequel la cale thermique a une conductivité thermique d'au moins 3W/mK ou 5W/mK, et une élasticité supérieure à celles de la plaque de refroidissement et de l'élément de pont thermique.
- [Revendication 9] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module électrochimique comprend une seconde bride terminale (70), délimitant, pour chaque logement de cellule électrochimique, une partie terminale (72) de ce logement de cellule électrochimique, dans lequel cette partie terminale est adaptée pour loger une

extrémité de la cellule électrochimique associée, et dans lequel la seconde bride terminale est disposée à l'opposé de la première bride terminale.

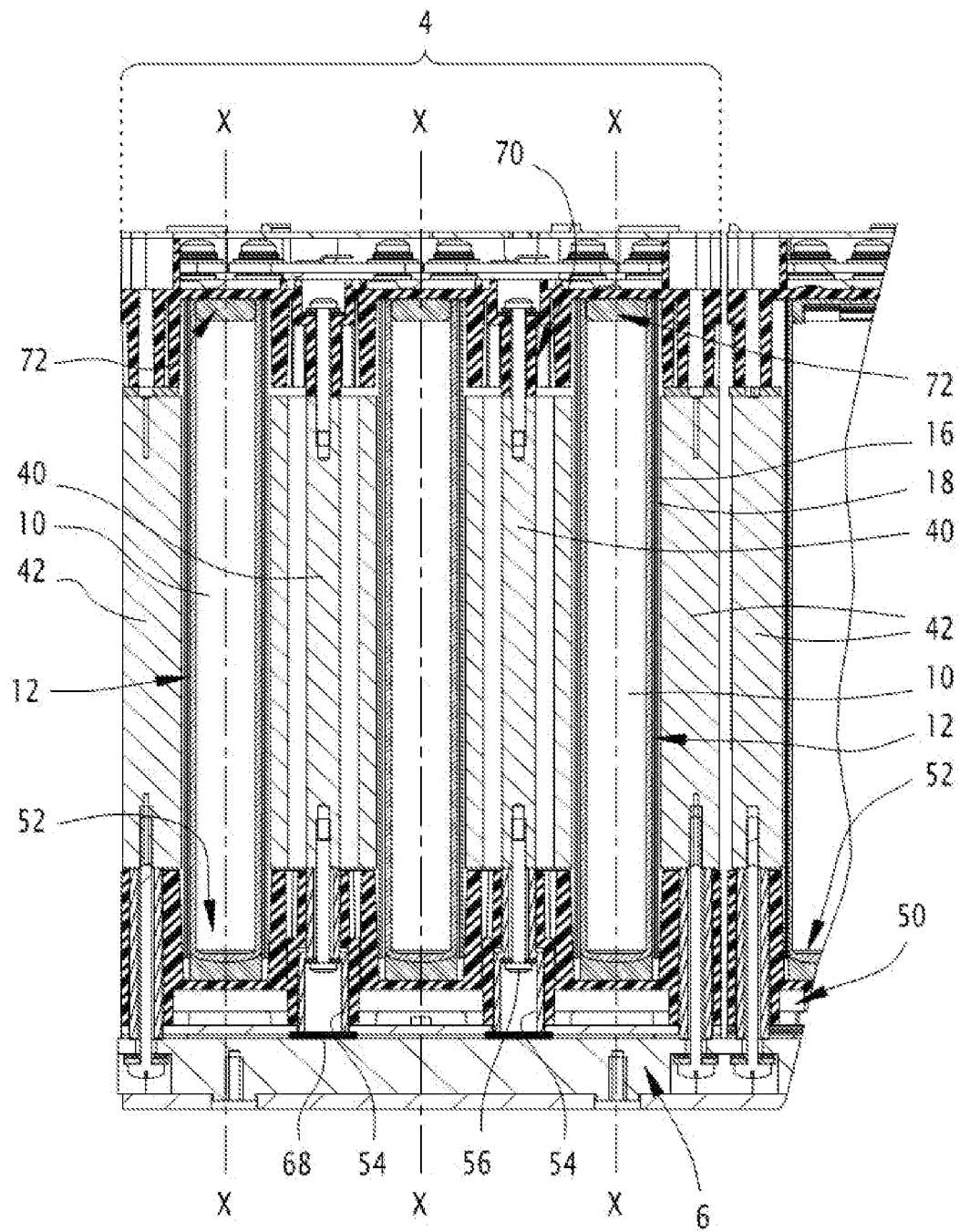
- [Revendication 10] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la surface latérale (12) de chaque cellule est cylindrique, en particulier à section circulaire, et/ou dans lequel chaque cellule électrochimique est maintenue par exactement deux éléments de maintien (36).
- [Revendication 11] Module électrochimique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque cellule électrochimique comprend un carter (16) et une couche électriquement isolante (18) disposée sur le carter et dans lequel la couche électriquement isolante forme la surface latérale (12).
- [Revendication 12] Module électrochimique selon la revendication 5 prise ensemble avec l'une des revendications 10 ou 11, dans lequel la surface latérale (12) de chaque cellule électrochimique est à section circulaire ayant un rayon de cellule (RC) donnée, et dans lequel chaque surface de logement comprend un rayon de logement (RL) et dans lequel le rayon de logement est compris entre le rayon de cellule RC et 1,05 fois le rayon de cellule (RC).
- [Revendication 13] Assemblage électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux modules électrochimiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, et une plaque de refroidissement (6) commune et d'un seul tenant et, et en ce que la plaque de refroidissement commune constitue la plaque de refroidissement de chaque module électrochimique.
- [Revendication 14] Procédé de fabrication d'un élément de maintien (36) pour un module électrochimique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 ou pour un module électrochimique d'un assemblage selon la revendication 13, comprenant les étapes suivantes :
- extrusion d'une barre de matériau de base en formant une barre extrudée ;
 - coupe de la barre extrudée à la longueur en obtenant une ébauche d'un élément de maintien ;
 - ébarbage de l'ébauche de l'élément de maintien ;
 - éventuellement perçage et taraudage de trous taraudés ;
 - en obtenant l'élément de maintien (36).

- [Revendication 15] Procédé d'assemblage d'un module selon la revendication 4 ou d'un module selon l'une quelconque des revendications 5 à 12 prise dans sa dépendance avec la revendication 4, ou d'un module électrochimique d'un assemblage selon la revendication 13, le module électrochimique étant un module selon la revendication 4 ou un module selon l'une quelconque des revendications 5 à 12 prise dans sa dépendance avec la revendication 4, comprenant les étapes suivantes :
- fourniture d'un premier élément de maintien d'extrémité (42) ;
 - fourniture de cellules électrochimiques (10) d'une première rangée de cellules électrochimiques (20), chaque cellule électrochimique ayant un axe central (X-X) ;
 - dépôt de chaque cellule électrochimique radialement par rapport à son axe central sur une surface de logement (38) d'élément de maintien d'extrémité en formant une première rangée de cellules électrochimiques (20) ;
 - fourniture d'un élément de maintien inter-rangée (40) ;
 - dépôt de l'élément de maintien inter-rangée (40) sur la première rangée de cellules électrochimiques, radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la première rangée de cellules électrochimiques ;
 - fourniture de cellules électrochimiques (10) d'une seconde rangée de cellules électrochimiques (20), dépôt de chaque cellule électrochimique de cette seconde rangée radialement par rapport à son axe central sur l'élément de maintien inter-rangée en formant une seconde rangée de cellules électrochimiques (20) ;
 - fourniture d'un second élément de maintien d'extrémité (42) ;
 - dépôt du second élément de maintien d'extrémité sur la seconde rangée de cellules électrochimiques, radialement par rapport à l'axe de chacune des cellules électrochimiques de la seconde rangée de cellules électrochimiques.

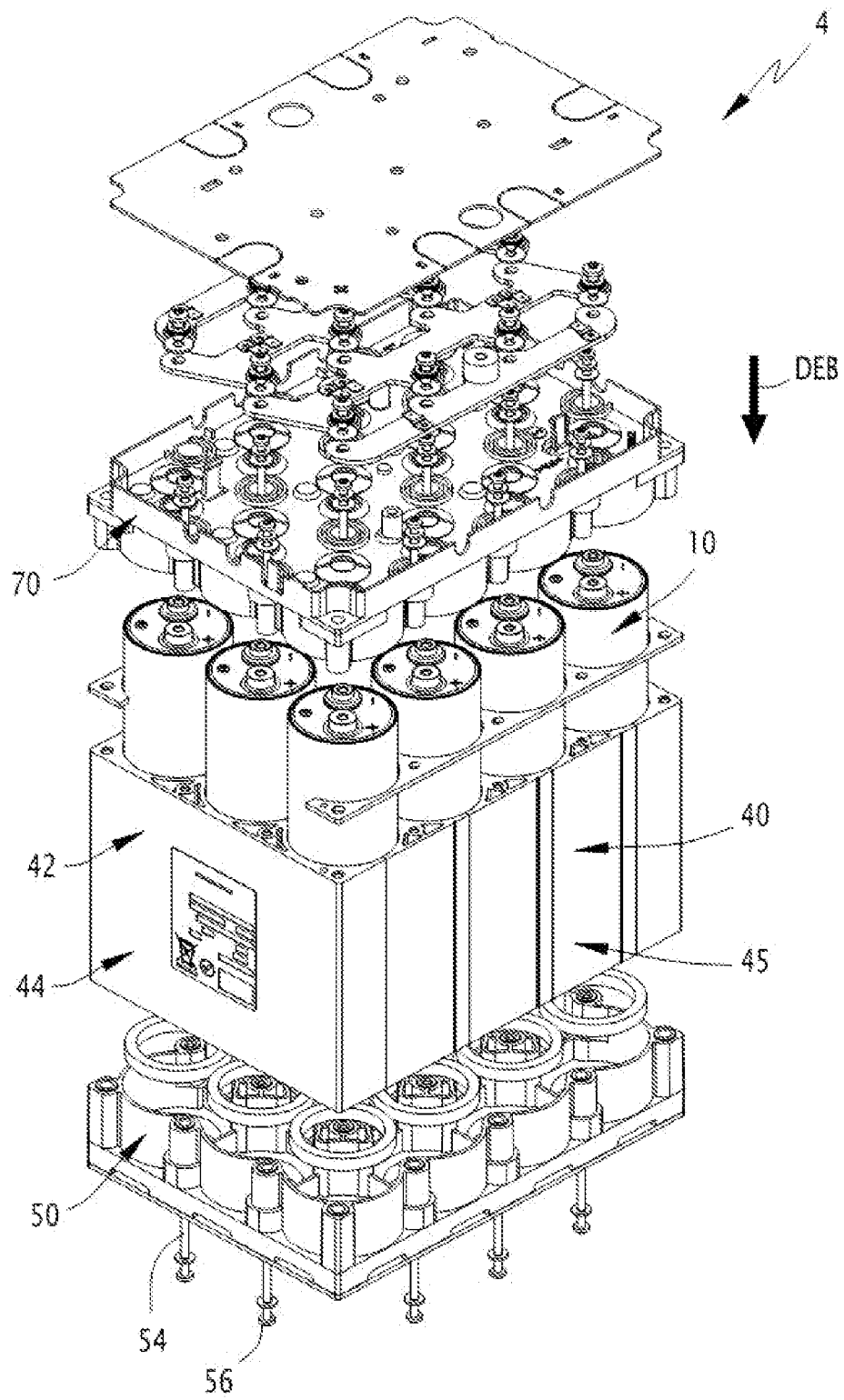
[Fig. 1]



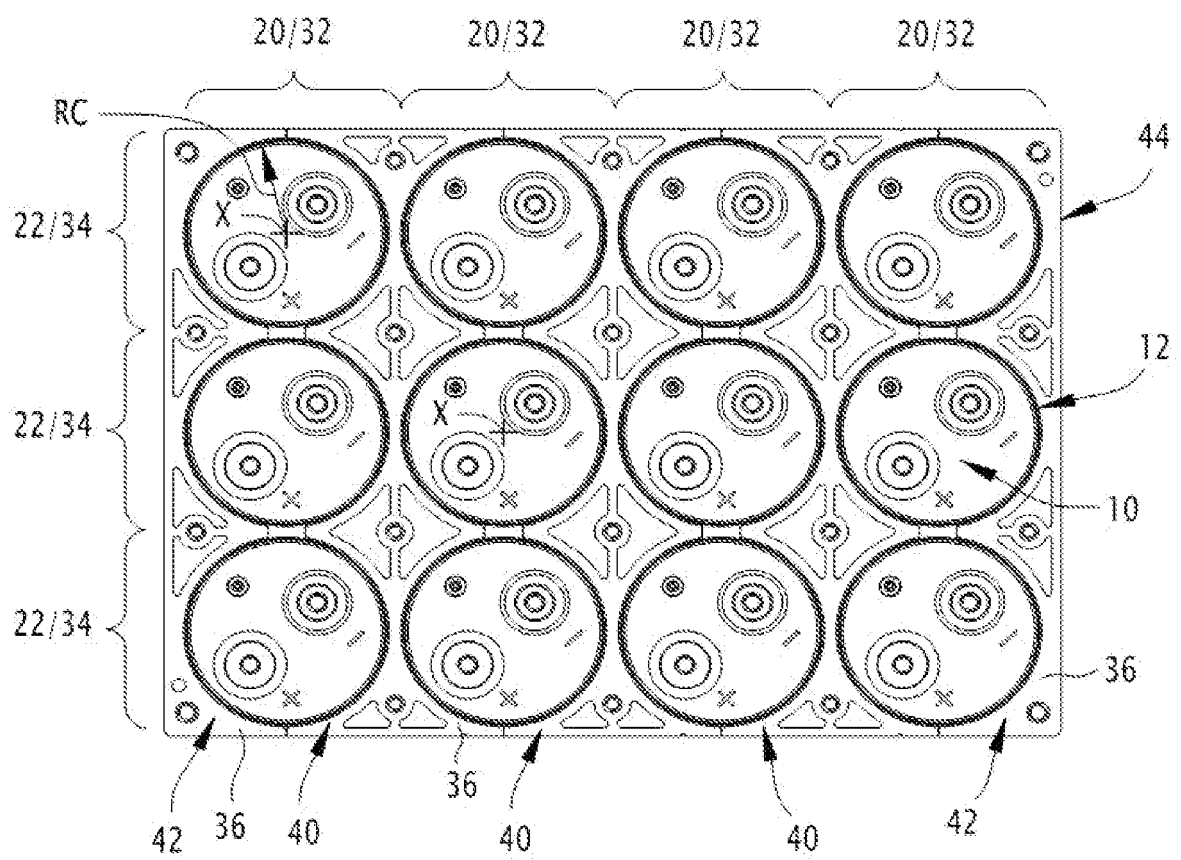
[Fig. 2]



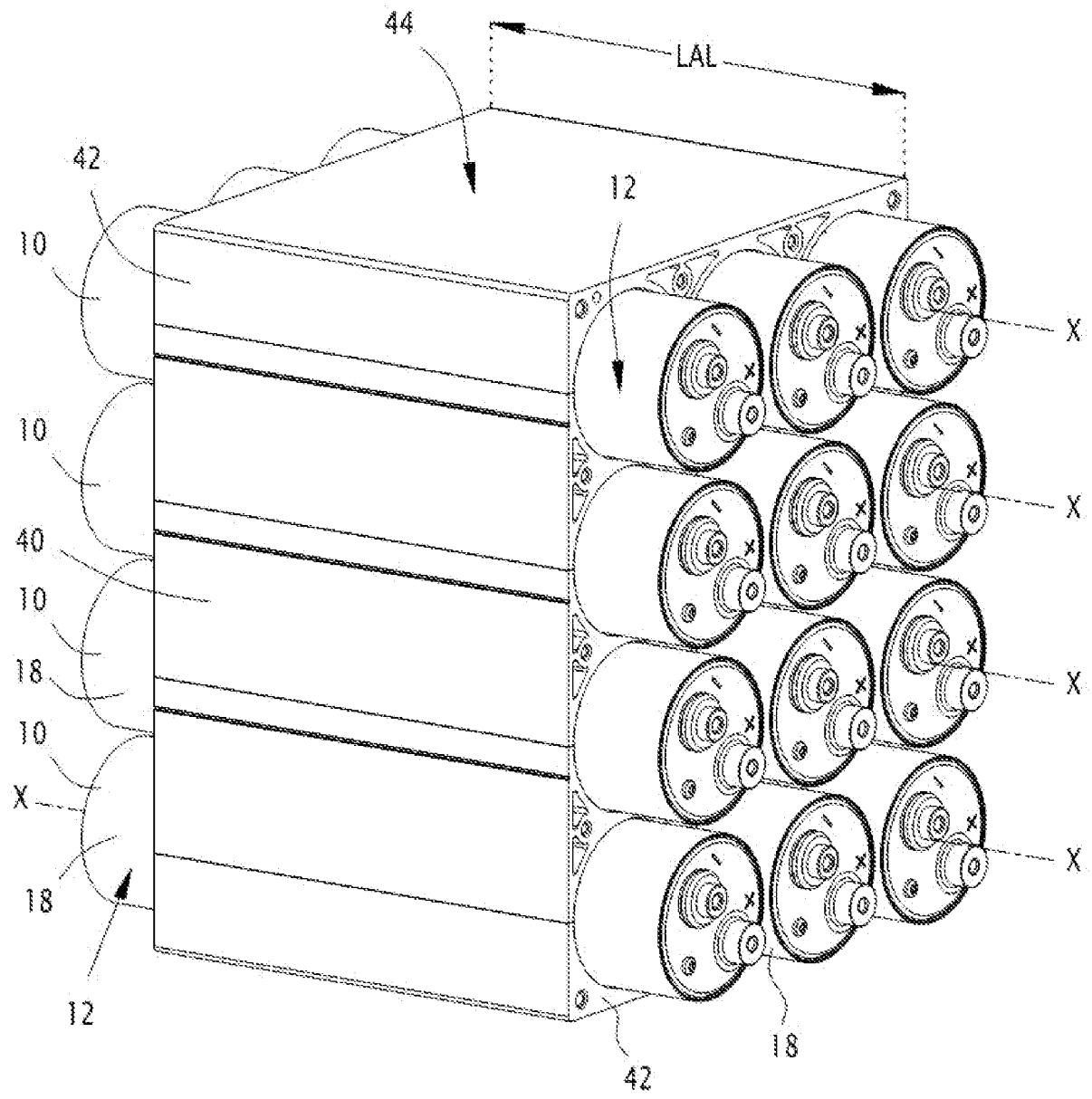
[Fig. 3]



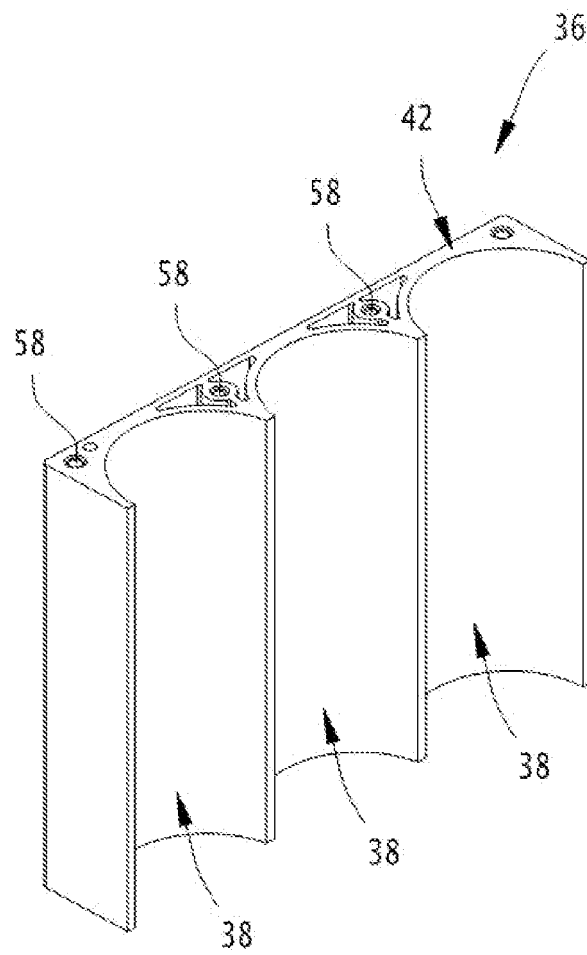
[Fig. 4]



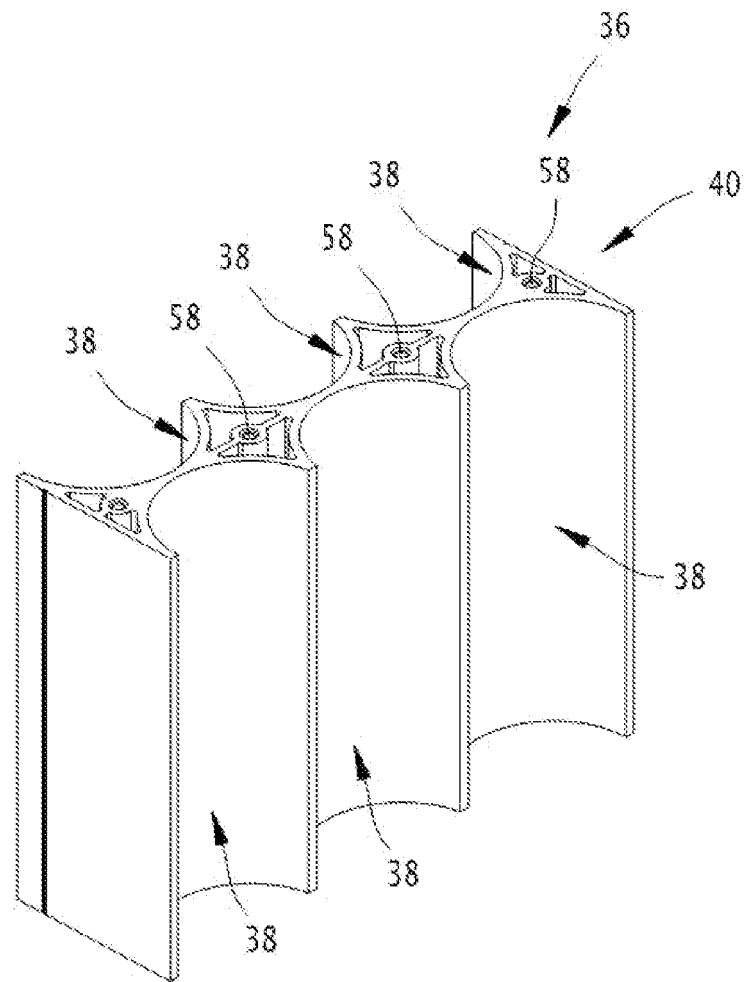
[Fig. 5]



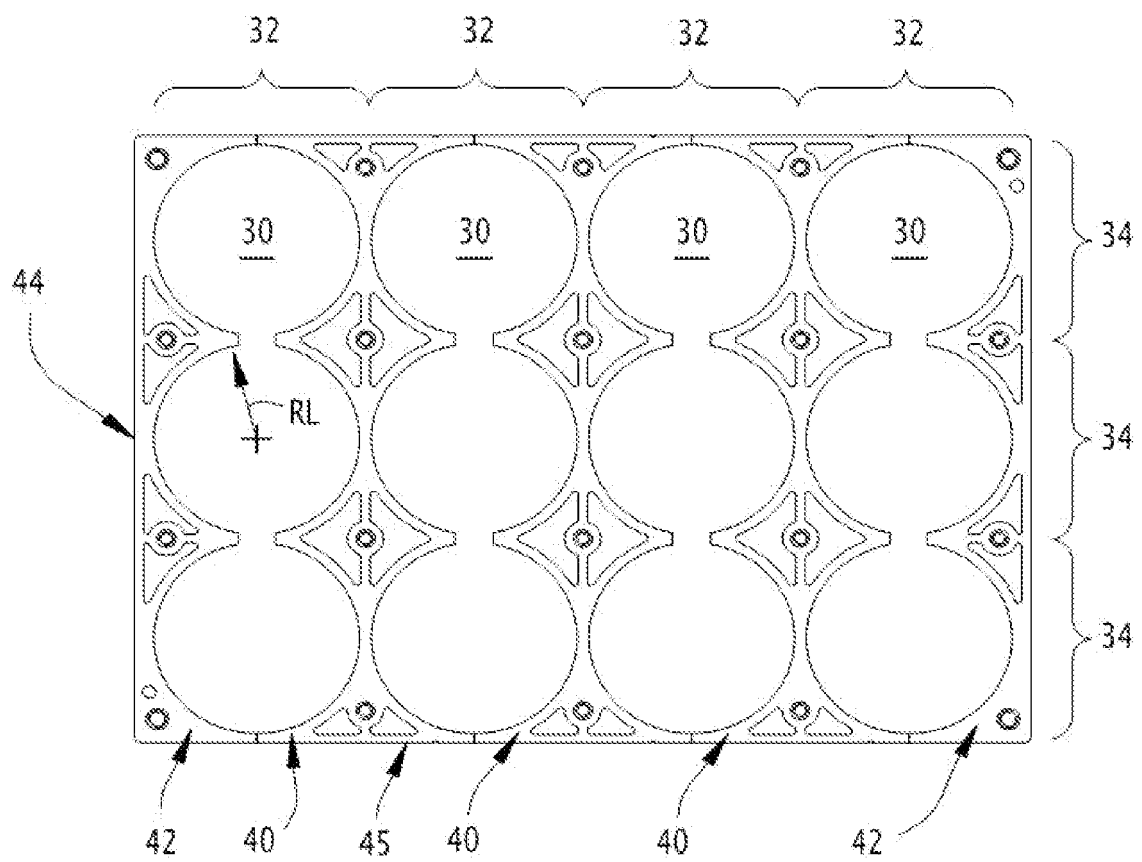
[Fig. 6]



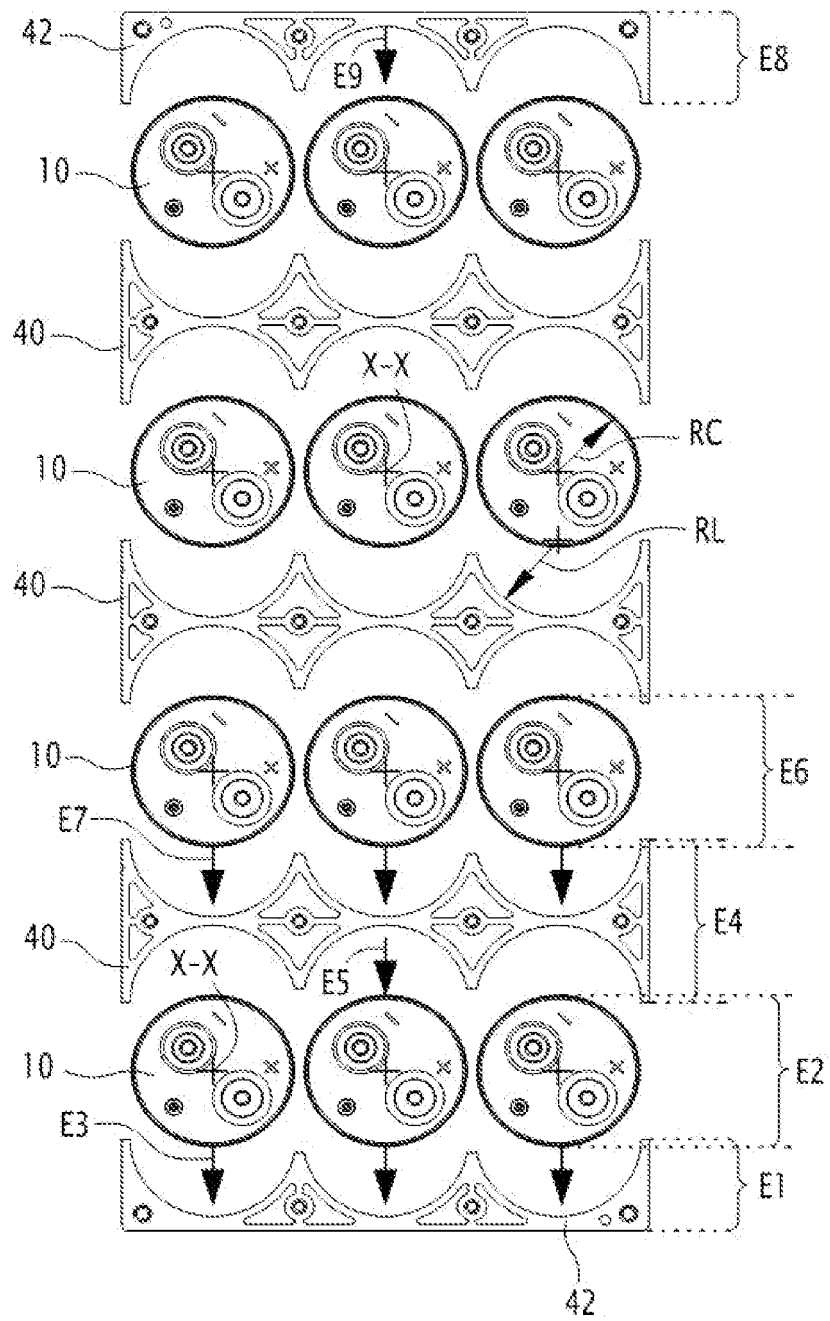
[Fig. 7]



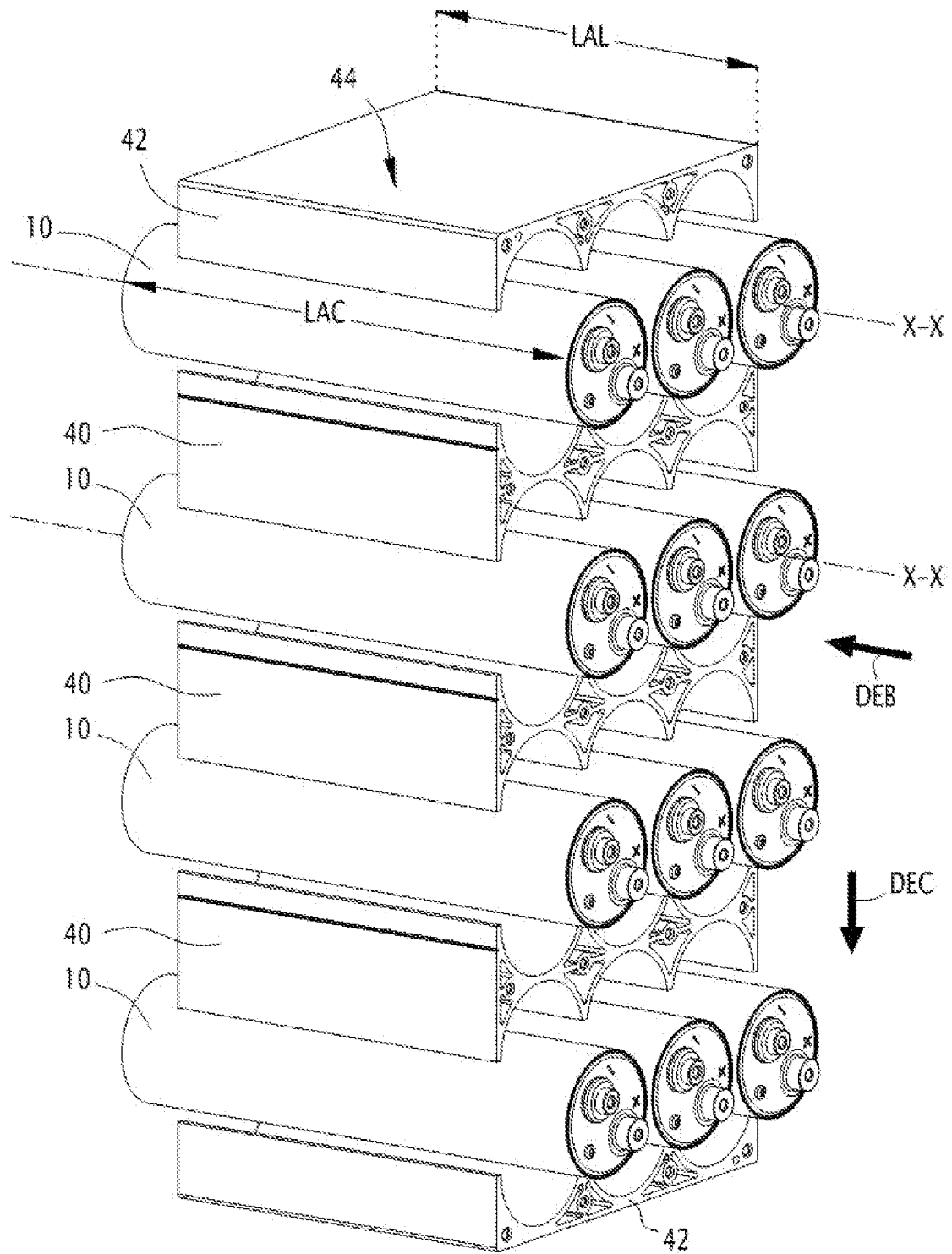
[Fig. 8]



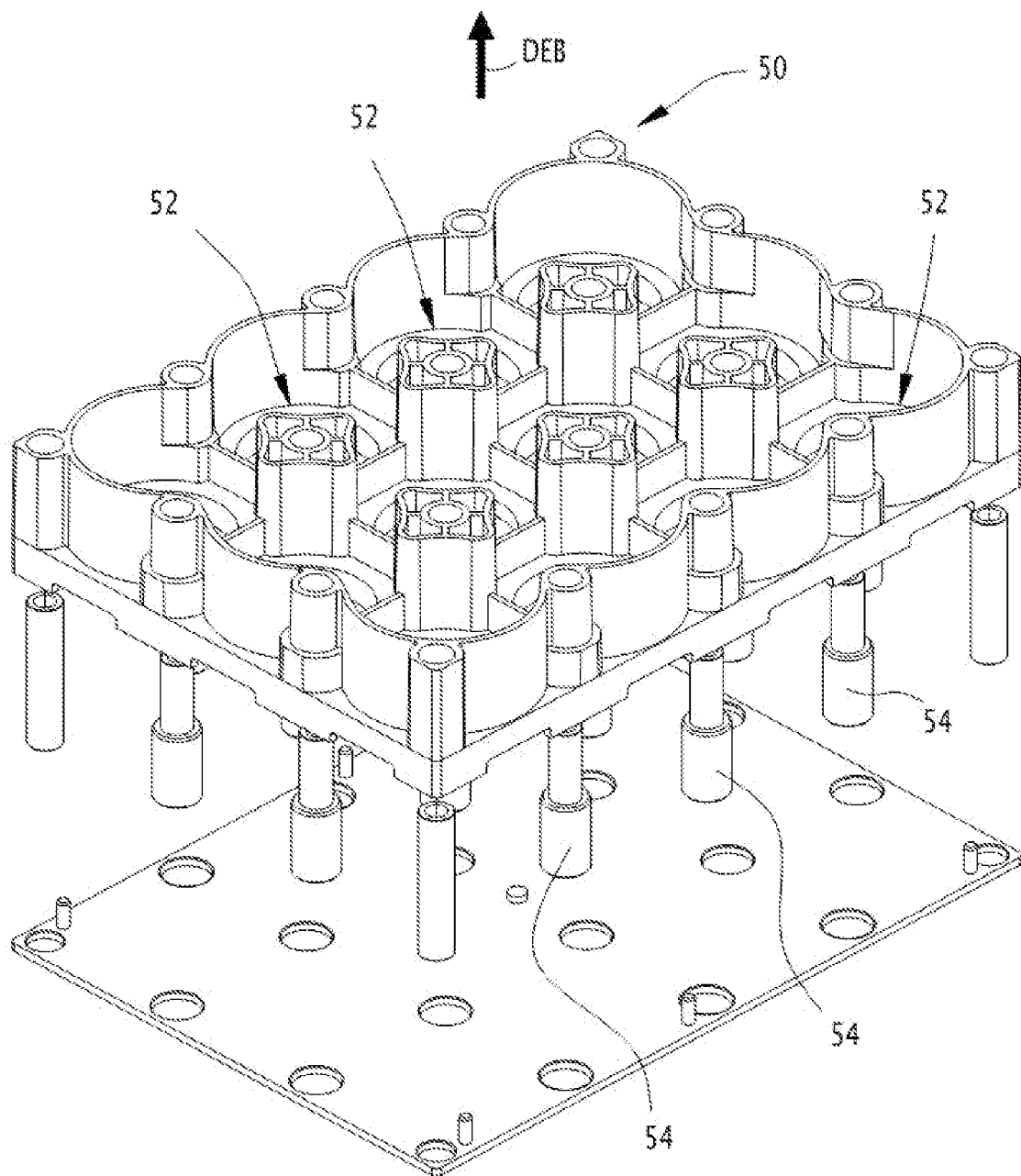
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

DE 102 38 235 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG
[DE]) 4 mars 2004 (2004-03-04)

DE 10 2010 009063 A1 (AUTO KABEL MAN GMBH
[DE]) 25 août 2011 (2011-08-25)

WO 2019/028513 A1 (CAPE BOUVARD TECH PTY
LTD [AU]) 14 février 2019 (2019-02-14)

US 2010/015512 A1 (INOUE TATEHIKO [JP] ET
AL) 21 janvier 2010 (2010-01-21)

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

NEANT

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

NEANT