(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 143 880***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 13668**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 M 8/026*** *(2023.01), H 01 M 8/02*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 16.12.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 21.06.24 Bulletin 24/25.

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

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

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

(72) **Inventeur(s) :** LEGRAND Aymeric, ROUVEYRE Luc, MENARD Alan et BADEL Thierry.

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

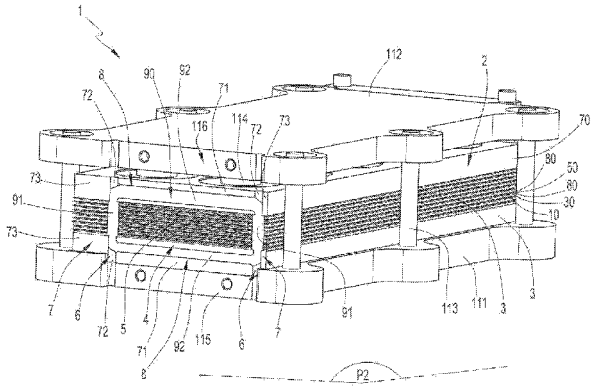
(74) **Mandataire(s) :** Lavoix.

(54) Pile à combustible et son procédé de fabrication.

(57) Pile à combustible et son procédé de fabrication

Pile à combustible (1), comprenant : des plaques (10, 30, 50, 70) empilées, chaque plaque comprenant un bord d'échange respectif pour former une face d'échange (5) ; un collecteur extérieur, fluidiquement connecté à la face d'échange ; et un joint de collecteur (90), encadrant la face d'échange (5) pour assurer une étanchéité de la connexion fluidique. Pour que le joint de collecteur ait une forme mieux maîtrisée et soit plus facile à appliquer, chaque plaque comprend une encoche de centrage respective, adjacente au bord d'échange, pour former une rainure de centrage (6) bordant la face d'échange. Le joint de collecteur comprend une portion de joint longitudinale (91) formée dans la rainure de centrage et assurant l'étanchéité de la connexion fluidique.

Figure pour l'abrégé : Figure 2



FR 3 143 880 - A1

Description

Titre de l'invention : Pile à combustible et son procédé de fabrication

[0001] La présente invention concerne une pile à combustible et un procédé pour fabriquer une telle pile à combustible.

[0002] US2001055708A1 décrit une pile à combustible comprenant un empilement horizontal de composants de cellules électrochimiques, incluant notamment des plaques de champ fluidique anodiques et cathodiques, des supports anodiques et cathodiques, des catalyseurs anodiques et cathodiques, et des membranes d'échange de protons. L'empilement est alimenté en gaz réactif, tel que de l'oxygène ou de l'hydrogène, par un collecteur, positionné sur le dessus de l'empilement. Un système d'étanchéité est interposé entre le collecteur et l'empilement. Alors que les bords des composants sont à des positions irrégulières, c'est-à-dire en saillie ou en retrait les uns par rapport aux autres, le système d'étanchéité comprend une première partie formant des ponts de silicone réticulé à basse température, qui épouse la forme des bords en saillie et en retrait, pour former une surface plane et régulière. Le système d'étanchéité comprend une deuxième partie, formée par une couche de silicone moussé, qui est interposée entre la surface plane et régulière de la première partie et la surface inférieure du collecteur, en s'étendant sur tout le périmètre du collecteur.

[0003] Cependant, en pratique, la nécessité d'utiliser du silicone peu visqueux afin que le silicone puisse parfaitement épouser les irrégularités de l'empilement et former des ponts peut impliquer que le silicone s'étale en largeur, de sorte que le joint ainsi formé, bien que relativement plat en surface, est en général relativement étalé en largeur et de forme imprécise. L'étalement du joint en largeur est susceptible d'obturer accidentellement une partie de la face d'échange entre l'empilement et le collecteur, réduisant ainsi l'efficacité de la pile à combustible.

[0004] L'invention vise à résoudre les inconvénients de l'art antérieur, en proposant une nouvelle pile à combustible dont le joint de collecteur a une forme mieux maîtrisée dans laquelle l'application du joint de collecteur est facilitée.

[0005] L'invention a pour objet une pile à combustible, comprenant :

[0006] - un empilement, comprenant des plaques, les plaques de l'empilement comprenant des plaques de champ d'écoulement et des plaques membrane-électrode et étant empilées suivant une direction d'empilement pour constituer des cellules électrochimiques, chaque plaque étant orientée perpendiculairement à la direction d'empilement en étant disposée à plat contre la plaque adjacente, chaque plaque comprenant un bord d'échange respectif, les bords d'échange étant parallèles entre eux

et formant ensemble une face d'échange appartenant à l'empilement, la face d'échange s'étendant parallèlement à la direction d'empilement ;

[0007] - un collecteur extérieur, qui est fluidiquement connecté à l'empilement en étant rapporté contre l'empilement de façon à recouvrir la face d'échange, pour un échange d'un fluide opérationnel entre le collecteur extérieur et l'empilement par l'intermédiaire de la face d'échange ; et

[0008] - un joint de collecteur, qui encadre la face d'échange et qui est interposé entre l'empilement et le collecteur extérieur, pour assurer une étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur et l'empilement.

[0009] Selon l'invention :

[0010] - chaque plaque comprend une encoche de centrage respective, adjacente au bord d'échange, les encoches de centrage formant ensemble une rainure de centrage appartenant à l'empilement, la rainure de centrage bordant la face d'échange et s'étendant parallèlement à la direction d'empilement ; et

[0011] - le joint de collecteur comprend une portion de joint longitudinale, qui est parallèle à la direction d'empilement, qui est formée dans la rainure de centrage, de sorte que la portion de joint longitudinale est interposée entre l'empilement et le collecteur extérieur pour assurer l'étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur et l'empilement.

[0012] Une idée à la base de l'invention est de prévoir de former le joint de collecteur dans la rainure de centrage, de sorte que le joint de collecteur, reçu à l'intérieur de la rainure de centrage, a une faible tendance à déborder latéralement lors de sa formation, en particulier, même si le matériau utilisé pour former le joint de collecteur présente une très faible viscosité. La forme du joint de collecteur étant bien maîtrisée, il est plus aisé de former un joint qui épouse les encoches de centrage des plaques, même si certaines encoches sont en retrait ou en saillie les unes par rapport aux autres. L'étanchéité au fluide opérationnel est donc plus facile à assurer.

[0013] Un autre avantage est que certaines encoches de centrage peuvent être utilisées pour assurer un centrage de la plaque pendant la fabrication de l'empilement. Autrement dit, au cours de l'empilement des plaques pour former l'empilement et alors que le joint de collecteur n'est pas encore formé, on peut installer temporairement un rail de centrage qui coopère mécaniquement avec certaines encoches de centrage et sert ainsi de gabarit pour assurer que les plaques correspondantes sont correctement positionnées, transversalement par rapport à la direction d'empilement. Le rail de centrage est orienté parallèlement à la direction d'empilement. Lors de son empilement, au moins certaines plaques, dont l'encoche de centrage coopère mécaniquement avec le rail, sont guidées en coulissement suivant la direction d'empilement le long du rail de centrage. Pour les autres plaques, le rail peut traverser l'encoche de centrage suivant la direction

d'empilement. Une fois l'empilement des plaques achevé, on retire le rail de centrage, de sorte que les encoches de centrage sont laissées libres pour la formation du joint de collecteur en leur sein. Les encoches de centrage cumulent donc à la fois une fonction de centrage des plaques et de réception de la portion de joint longitudinale.

[0014] De préférence, au moins l'une des plaques de champ d'écoulement forme des orifices d'échange, formés au bord d'échange de la plaque de champ d'écoulement, pour déboucher en surface de la face d'échange et être recouverts par le collecteur extérieur, l'échange de fluide opérationnel entre le collecteur extérieur et l'empilement étant effectué par l'intermédiaire des orifices d'échange.

[0015] De préférence, les plaques de l'empilement comprennent un bord secondaire respectif, parallèle au bord d'échange et étant relié au bord d'échange par l'encoche de centrage.

[0016] De préférence, pour au moins l'une des plaques de l'empilement, le bord d'échange est en saillie vers l'extérieur de l'empilement par rapport au bord secondaire.

[0017] De préférence, pour au moins l'une des plaques membrane-électrode, le bord secondaire de la plaque membrane-électrode est en saillie vers l'extérieur de l'empilement, par rapport au bord secondaire des plaques de champ d'écoulement adjacentes.

[0018] De préférence, les plaques de champ d'écoulement comprennent des plaques de champ d'écoulement primaires et des plaques de champ d'écoulement secondaires. De préférence, au moins l'une des plaques de champ d'écoulement primaires est adjacente à l'une des plaques de champ d'écoulement secondaires pour former, avec ladite plaque de champ d'écoulement secondaire, une plaque bipolaire. De préférence, pour au moins l'une des plaques bipolaires, le bord d'échange de la plaque de champ d'écoulement primaire et le bord d'échange de la plaque de champ d'écoulement secondaire sont en affleurement mutuel. De préférence, pour au moins l'une des plaques bipolaires, l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement primaire est en retrait vers l'intérieur de l'empilement par rapport à l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement secondaire.

[0019] De préférence, l'encoche de centrage d'au moins l'une des plaques membrane-électrode est en affleurement ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement, par rapport à l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement secondaire adjacente, et en saillie vers l'extérieur de l'empilement, par rapport à l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement primaire adjacente.

[0020] De préférence, pour au moins l'une des plaques membrane-électrode, le bord d'échange de la plaque membrane-électrode est en saillie vers l'extérieur de l'empilement, par rapport au bord d'échange des plaques de champ d'écoulement adjacentes.

[0021] De préférence, l'empilement comprend en outre des joints périphériques, chaque joint périphérique étant interposé entre l'une des plaques de champ d'écoulement et l'une des plaques membrane-électrode suivant la direction d'empilement. De préférence, chaque joint périphérique comprend: une portion de bord d'échange, qui est interposée entre le bord d'échange de la plaque de champ d'écoulement et le bord d'échange de la plaque membrane-électrode suivant la direction d'empilement, en étant en affleurement avec le bord d'échange de ladite plaque de champ d'écoulement ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement par rapport au bord d'échange de ladite plaque de champ d'écoulement ; et une portion en creux, qui est interposée entre l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement et l'encoche de centrage de la plaque membrane-électrode suivant la direction d'empilement, la portion en creux étant en retrait vers l'intérieur de l'empilement par rapport à l'encoche de centrage de la plaque membrane-électrode et étant en affleurement ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement par rapport à l'encoche de centrage de la plaque de champ d'écoulement.

[0022] De préférence, pour au moins l'une des plaques de l'empilement, l'encoche de centrage présente un profil en forme d'arc de cercle, en projection dans un plan de projection qui est orthogonal à la direction d'empilement.

[0023] De préférence, les plaques de l'empilement comprennent une plaque terminale, terminant l'empilement suivant la direction d'empilement.

[0024] De préférence, une rainure transversale est ménagée dans le bord d'échange de la plaque terminale, la rainure transversale étant reliée à la rainure de centrage en débouchant dans l'encoche de centrage de la plaque terminale. De préférence, le joint de collecteur comprend une portion de joint transversale, qui est perpendiculaire à la direction d'empilement, qui est formée dans la rainure transversale et qui est jointe à la portion de joint longitudinale, de sorte que la portion de joint transversale est interposée entre la plaque terminale et le collecteur extérieur pour assurer l'étanchéité fluidique de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur et l'empilement.

[0025] L'invention a également pour objet un procédé, pour fabriquer la pile à combustible telle que définie ci-avant. Le procédé comprend :

[0026] - alors que les plaques de l'empilement ne sont pas encore empilées et que le joint de collecteur n'est pas encore formé, installation d'un rail de centrage, qui est parallèle à la direction d'empilement et qui est apte à être reçu dans l'encoche de centrage respective des plaques ;

[0027] - empilement successif des plaques pour former l'empilement alors que le rail de centrage est installé, en guidant les plaques par coopération mécanique d'au moins l'une des encoches de centrage avec le rail de centrage, de sorte que le rail de centrage assure un centrage des plaques transversalement par rapport à la direction d'empilement ;

[0028] - retrait du rail de centrage, une fois que l'empilement est achevé, en déplaçant le rail de centrage à l'écart de l'empilement, transversalement par rapport à la direction d'empilement ;

[0029] - mise en place du joint de collecteur, avec la portion de joint longitudinale formée dans la rainure de centrage, une fois que l'empilement a été achevé et que le rail de centrage a été retiré ; et

[0030] - connexion fluidique du collecteur extérieur à l'empilement, une fois que le joint de collecteur a été mis en place, en rapportant le collecteur extérieur contre l'empilement de façon à recouvrir la face d'échange, avec interposition du joint de collecteur, y compris de la portion de joint longitudinale, entre l'empilement et le collecteur extérieur, pour assurer l'étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur et l'empilement.

[0031] De préférence, l'installation du rail de centrage comprend une fixation du rail de centrage sur une plaque d'appui appartenant à la pile à combustible. De préférence, l'empilement successif des plaques comprend l'empilement de l'une des plaques contre la plaque d'appui parallèlement à la direction d'empilement. De préférence, le retrait du rail de centrage comprend une séparation du rail de centrage de la plaque d'appui.

[0032] De préférence, la mise en place du joint de collecteur comprend :

[0033] - application d'un premier cordon, en élastomère dans un état non réticulé, dans la rainure de centrage, pour former la portion de joint longitudinale ; et

[0034] - réticulation in-situ de l'élastomère non-réticulé du premier cordon, alors que le premier cordon a été appliqué.

[0035] De préférence, la mise en place du joint de collecteur comprend en outre, une fois que le premier cordon a été appliqué : application d'un deuxième cordon, en élastomère dans un état non-réticulé sur le premier cordon, de sorte que le deuxième cordon soit en saillie vers l'extérieur de l'empilement, par rapport à la face d'échange, l'élastomère du deuxième cordon ayant une viscosité plus élevée, au moment où le deuxième cordon est appliqué que la viscosité de l'élastomère du premier cordon, lorsque le premier cordon est appliqué.

[0036] L'invention et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront à la lumière de la description qui suit de modes de réalisation conformes à son principe, faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

[0037] [Fig.1] La [Fig.1] montre une vue en perspective d'une pile à combustible selon un mode de réalisation de l'invention.

[0038] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue similaire à la [Fig.1], où un collecteur extérieur a été retiré.

[0039] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue similaire à la [Fig.1], où le collecteur extérieur et un

joint de collecteur ont été retirés.

[0040] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue en perspective, sous un autre angle, en l'occurrence en contre-plongée, montrant un détail de la [Fig.3].

[0041] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue de dessus d'une partie d'un empilement appartenant à la pile à combustible des figures 1 à 4.

[0042] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue similaire à celle de la [Fig.5], où le joint de collecteur est en outre représenté.

[0043] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en perspective similaire à la [Fig.1], montrant une étape de fabrication de la pile à combustible.

[0044] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en perspective similaire à la [Fig.1], montrant une autre étape de fabrication de la pile à combustible.

[0045] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue en perspective similaire à la [Fig.1], montrant une autre étape de fabrication de la pile à combustible.

[0046] Les figures 1 à 3 montrent une pile à combustible 1 selon un mode de réalisation de l'invention. La pile à combustible 1 comprend un empilement 2, représenté plus en détails sur les figures 4 à 6. L'empilement 2 comprend des plaques de champ d'écoulement primaire 10, des plaques de champ d'écoulement secondaires 30, des plaques membrane-électrode 50 et, de préférence, des plaques terminales 70 et des joints périphériques 80. La pile 1 comprend aussi un collecteur extérieur 100, visible sur la [Fig.1], et un joint de collecteur 90, visible sur les figures 2 et 6. La pile 1 comprend aussi avantageusement un système de compression visible sur les figures 1 à 3, comprenant par exemple des plaques d'appui 111 et 112, des tirants 113 et des ressorts 114.

[0047] Pour la fabrication de la pile 1, et notamment le centrage des différentes plaques 10, 30, 50 et 70 on utilise un gabarit périphérique de centrage 130 montré sur les figures 7 à 9, incluant des rails de centrage 131, qui est au moins en partie retiré une fois l'empilement 2 achevé.

[0048] On définit une direction d'empilement Z2, selon laquelle les plaques 10, 30, 50 et 70 ainsi que les joints 80 sont empilés pour constituer l'empilement 2. La direction Z2 est perpendiculaire aux plaques 10, 30, 50 et 70 et fixe par rapport à l'empilement 2.

[0049] Comme montré sur les figures 1 à 3, les plaques d'appui 111 et 112 sont disposées de part et d'autre de l'empilement 2 suivant la direction Z2. Les ressorts 114 sont interposés, suivant la direction Z2, entre l'empilement 2 et la plaque d'appui 112. La plaque d'appui 111 vient en appui contre l'empilement suivant la direction Z2. L'empilement 2 vient en appui contre les ressorts 114, qui sont répartis sur la surface de la plaque d'appui 112. Les ressorts 114, interposés entre la plaque d'appui 112 et l'empilement 2, viennent en appui contre la plaque 112 suivant la direction Z2. Les tirants 113, qui sont chacun parallèles à la direction Z2, sont répartis autour de

l'empilement 2, en reliant entre elles les plaques d'appui 111 et 112, de façon à les maintenir en position l'une par rapport à l'autre suivant la direction Z2 et ainsi de maintenir l'empilement 2 en compression suivant la direction Z2 sous l'action des ressorts 114. Les ressorts 114 autorisent avantageusement des variations dimensionnelles de l'empilement 2 suivant la direction Z2, qui peuvent se produire durant l'utilisation de la pile, notamment sous l'effet de contraintes thermiques. Dans le présent exemple, on prévoit six tirants 113 et huit ressorts 114, toutefois un nombre différent de ces éléments peut être prévu. En variante, un autre type de système de compression peut être prévu. Par exemple, le système de compression pourrait, en alternative, comprendre des plaques d'appui, de part et d'autre de l'empilement, l'ensemble de l'empilement et des plaques d'appui étant reçu dans un carter, et des ressorts étant interposés entre une face du carter et au moins l'une des plaques d'appui pour comprimer l'empilement. Le principe d'un tel système de compression alternatif est par exemple décrit dans le document WO2007/080472. D'autres systèmes de compression sont décrits dans le document US20090162728 ou, sans ressorts, dans le document US20100261088, ou encore dans le document EP1597786.

[0050] Chaque plaque 10, 30, 50 et 70 est de forme plane, suivant un plan respectif, perpendiculairement à la direction Z2. Les plaques 10, 30, 50 et 70 sont parallèles entre elles et aux plaques 111 et 112. Comme mieux visible sur les figures 3 et 4, chaque plaque 10, 30, 50 ou 70 est disposée à plat contre la plaque adjacente, c'est-à-dire contre la plaque immédiatement suivante. Etant ainsi disposée à plat, la plaque 10, 30, 50 ou 70 est superposée, bord à bord, avec la plaque adjacente, éventuellement avec interposition de l'un des joints 80 entre les deux plaques adjacentes. Plus précisément, chaque joint périphérique 80 est interposé entre l'une des plaques membrane-électrode 50, et l'une des plaques de champ d'écoulement 10 ou 30. Chaque joint périphérique 80 s'étend à plat entre les plaques concernées, suivant un plan perpendiculaire à la direction d'empilement Z2. Dans l'exemple illustré, les plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes sont superposées sans interposition d'un joint périphérique 80 entre elles.

[0051] Les différentes plaques de l'empilement 2 sont disposées dans un ordre précis suivant la direction d'empilement Z2, pour former des groupes de plaques adjacentes, chaque groupe de plaques adjacentes formant une cellule électrochimique respective. Chaque cellule électrochimique de l'empilement 2 comprend, dans cet ordre suivant la direction Z2, une plaque de champ d'écoulement secondaire 30, un joint périphérique 80 éventuel, une plaque membrane-électrode 50, un autre joint périphérique 80 éventuel, et une plaque de champ d'écoulement primaire 10. Pour le fonctionnement des cellules électrochimiques, l'empilement 2 est conçu pour être alimenté avec des fluides opérationnels, incluant un fluide réactif cathodique, comprenant par exemple du

dihydrogène, un fluide réactif anodique, comprenant par exemple du dioxygène éventuellement contenu dans de l'air, ainsi que, si besoin, un fluide de refroidissement. Au sein de chaque cellule électrochimique, le fluide réactif cathodique réagit avec le fluide réactif anodique pour produire de l'électricité. Le fluide de refroidissement sert quant à lui à refroidir l'empilement 2. On prévoit aussi d'évacuer ces fluides opérationnels et/ou les produits issus de la réaction de ces fluides opérationnels après leur passage dans l'empilement 2.

[0052] Dans le présent exemple, par souci de simplification, on a représenté seulement neuf cellules électrochimiques. Toutefois, en pratique, la pile à combustible 1 peut présenter un nombre de cellules plus élevé, par exemple entre cinquante et cinq-cents.

[0053] Chaque plaque 10, 30, 50 et 70 présente un périmètre extérieur 3, qui s'étend suivant un plan orthogonal à la direction Z2. Chaque plaque 10, 30, 50 et 70 s'étend exclusivement à l'intérieur de son périmètre extérieur 3. Ici chaque périmètre extérieur 3 est de forme générale rectangulaire. On prévoit avantageusement que le périmètre extérieur 3 de chaque plaque du même type de l'empilement 2 est de même forme, ou de forme proche, et est superposé suivant la direction d'empilement Z2 avec le périmètre extérieur 3 de toutes les autres plaques du même type, c'est-à-dire avec alignement suivant la direction Z2. Par exemple, toutes les plaques membrane-électrode 50 présentent un périmètre extérieur 3 identique et superposé suivant la direction d'empilement Z2 avec le périmètre extérieur 3 des autres plaques membrane-électrode 50. Par exemple, toutes les plaques de champ d'écoulement primaire 10 présentent un périmètre extérieur 3 identique et superposé suivant la direction d'empilement Z2 avec le périmètre extérieur 3 des autres plaques de champ d'écoulement primaire 10, le périmètre 3 des plaques 10 pouvant être différent de celui des plaques 50, et ainsi de suite. On prévoit notamment que le périmètre extérieur 3 de plaques d'un premier type est, pour tout ou partie, en retrait vers l'intérieur de l'empilement 2 ou en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, par rapport au périmètre extérieur des plaques d'un autre type. Par exemple, on prévoit que le périmètre extérieur 3 des plaques membrane-électrodes 50 est en débord vers l'extérieur de l'empilement 2 par rapport au périmètre extérieur 3 des plaques de champ d'écoulement 10.

[0054] La réunion des périmètres extérieurs 3 de toutes les plaques 10, 30, 50 et 70 de l'empilement forme différents côtés 4 de l'empilement 2, parallèles à la direction Z2, ici quatre côtés 4, puisque les périmètres extérieurs 3 des plaques de l'empilement 2 présentent une forme générale rectangulaire. Certaines parties du périmètre extérieur 3 des plaques 10, 30, 50 et 70 étant en retrait ou en débord, les côtés 4 sont irréguliers, les périmètres 3 en retrait formant des sillons transversaux, perpendiculaires à la direction d'empilement Z2, les périmètres 3 en débord formant des crêtes, perpendi-

culaires à la direction d'empilement Z2 et parallèles aux sillons.

[0055] Comme mieux visible sur les figures 2 et 3, au moins l'un des côtés 4 de l'empilement 2 forme au moins une face d'échange 5, au moins une rainure de centrage 6 et au moins une face secondaire 7. Par exemple, au moins l'un des côtés 4 de l'empilement 2 forme une seule face d'échange 5, deux rainures de centrage 6 et deux faces secondaires 7. La présente description et les dessins montrent un seul des côtés 4 de l'empilement 2 pourvu de tels éléments. Toutefois, on prévoir préférentiellement qu'un ou plusieurs autres côtés 4 comporte de tels éléments, ou comporte pour le moins des rainures de centrage 6. Typiquement, deux côtés 4 opposés de l'empilement 2 seront munis de tels éléments, pour former une entrée et une sortie pour un même fluide opérationnel donné. On peut aussi prévoir, dans un côté 4, deux faces d'échange 5 disposées côte à côte selon la direction tangentielle de ladite face qui est perpendiculaire à la direction d'empilement Z2, avec dans ce cas, par exemple, trois ou quatre rainures de centrage 6 et deux ou trois faces secondaires 7.

[0056] En plus de ladite au moins une face d'échange 5, l'empilement peut comporter, de manière connue, une ou plusieurs galeries internes, ou collecteurs interne, chaque galerie interne étant formée d'orifices superposés aménagés dans l'empilement de plaques, pour la circulation et la distribution d'un ou plusieurs autres des fluides opérationnels.

[0057] Pour chaque face d'échange 5, on définit une direction normale Y2, perpendiculaire à la face 5 et à la direction Z2 et dirigée vers l'extérieur de l'empilement 2, et une direction tangentielle X2, parallèle à la face d'échange 5 et perpendiculaire à la direction Z2.

[0058] De préférence, la face d'échange 5, les rainures 6 et les faces secondaires 7 s'étendent d'une extrémité à l'autre de l'empilement 2 suivant la direction Z2, et sont parallèles à la direction Z2.

[0059] Chaque rainure de centrage 6 s'étend parallèlement à la direction Z2, est ménagée en creux dans l'empilement 2, de façon à être ouverte suivant la direction normale Y2. La face d'échange 5 est disposée entre les deux rainures 6, en étant délimitée par les rainures 6 suivant la direction tangentielle X2. Chaque rainure 6 est disposée entre la face d'échange 5 et l'une des faces secondaires 7. Suivant la direction tangentielle X2, la face secondaire 7 est préférentiellement délimitée par la rainure 6 et s'étend par exemple jusqu'à une extrémité du côté 4. De préférence, la face d'échange 5 et la ou les faces secondaires 7 sont parallèles entre elles et parallèles à la direction tangentielle X2.

[0060] Sur le même côté 4 que celui portant la face d'échange 5, l'empilement comprend aussi préférentiellement une ou plusieurs rainures transversales 8, ici deux rainures transversales 8. Chaque rainure transversale 8 est ménagée en creux dans l'empilement

2, de façon à être ouverte suivant la direction normale Y2. Chaque rainure transversale 8 relie les deux rainures de centrage 6 ensemble. Pour cela, chaque rainure transversale 8 s'étend de préférence perpendiculairement à la direction Z2, en particulier parallèlement à la direction X2. La face d'échange 5 est disposée entre les deux rainures 8, en étant délimitée par les rainures 8 suivant la direction d'empilement Z2. Ensemble, les rainures 6 et 8 encadrent la face d'échange 5 selon un contour fermé.

[0061] Comme visible sur la [Fig.2], le joint de collecteur 90 est préférentiellement solidaire de l'empilement 2, alors que le collecteur 100 est rapporté sur l'empilement 2, en venant en appui contre le joint 90, comme montré sur la [Fig.1].

[0062] Le joint de collecteur 90 encadre la face d'échange 5. Pour cela, le joint de collecteur 90 comprend deux portions de joint longitudinales 91 et deux portions de joint transversales 92. Chaque portion de joint longitudinale 91, également visible en coupe sur la [Fig.6], s'étend parallèlement à la direction d'empilement Z2. Les portions 91 sont disposées de part et d'autre de la face 5 suivant la direction X2, en étant chacune formée dans l'une des rainures 6, sur toute la hauteur de la face 5 suivant la direction Z2. Chaque portion de joint transversale 92 relie entre elles les deux portions de joint longitudinales 91, en s'étendant, par exemple, parallèlement à la direction tangentielle X2. Les portions 92 sont jointes aux portions 91 à chaque extrémité des portions 92. Alors, les portions 92 sont disposées de part et d'autre de la face 5 suivant la direction Z2. Dans l'ensemble, le joint de collecteur 90 présente une forme de quadrilatère, ou, pour le moins, présente un contour fermé autour de la face 5.

[0063] De préférence, chaque portion de joint longitudinale 91 comble entièrement la section de la rainure 6 qu'elle occupe, sur une portion de la rainure 6 qui longe la face 5, la portion 91 épousant la forme du fond de la rainure 6. De même, de préférence, chaque portion de joint transversale 92 comble entièrement la section de la rainure 8 qu'elle occupe, sur une portion de la rainure 8 qui longe la face 5, la portion 92 épousant la forme du fond de la rainure 8. Comme visible sur la [Fig.6], suivant la direction Y2, le joint 90 est légèrement en saillie pour assurer un contact étanche avec le collecteur 100. En particulier, les portions de joint longitudinales 91 sont légèrement en saillie suivant la direction Y2 hors des rainures 6. En particulier, les portions de joint transversales 92 sont légèrement en saillie suivant la direction Y2, hors des rainures 8.

[0064] La face d'échange 5 est configurée pour permettre un échange d'au moins un fluide opérationnel, de préférence d'un seul fluide opérationnel, avec le collecteur extérieur 100. A cette fin, le collecteur extérieur 100 est fluidiquement connecté à l'empilement 2, en étant en particulier connecté avec la face d'échange 5, de préférence exclusivement avec la face 5. Pour être fluidiquement connecté à l'empilement 2, le collecteur 100 est rapporté contre l'empilement 2 de façon à recouvrir la face

d'échange 5, comme montré sur la [Fig.1]. Pour assurer l'étanchéité de cette connexion fluidique, le joint 90 est interposé entre le collecteur 100 et l'empilement 2, suivant la direction Y2.

[0065] Par « échange », on entend soit une admission de fluide opérationnel au sein de l'empilement 2 via la face d'échange 5, le fluide opérationnel étant alors fourni par le collecteur extérieur 100, soit une évacuation de fluide opérationnel depuis l'intérieur de l'empilement 2 via la face d'échange 5, le fluide opérationnel étant alors collecté par le collecteur extérieur 100. Au niveau de la face 5, l'échange de fluide opérationnel est effectué parallèlement à la direction normale Y2.

[0066] En pratique, comme montré sur la [Fig.1], le collecteur 100 comprend un connecteur 101, qui présente par exemple une forme d'entonnoir, dont une première ouverture évasée, recouvre la face 5 pour y être fluidiquement connectée, et dont une deuxième ouverture, plus étroite, est connectée à une conduite d'arrivée ou d'évacuation de fluide opérationnel. La première ouverture connectée à la face d'échange 5 est délimitée par un bord à contour fermé appartenant au connecteur 101, qui s'étend dans le plan X2, Z2 perpendiculaire à la direction normale Y2, et qui est avantageusement de forme complémentaire de celle des rainures 6 et 8. Pour assurer l'étanchéité de la connexion, ce contour fermé appartenant au collecteur vient en contact avec le joint 90 tout autour de la face 5, en particulier en contact avec les portions de joint longitudinales 91 et transversales 92 du joint 90. Le joint de collecteur 90 est préférentiellement en élastomère, par exemple en silicone, qui est légèrement élastique afin de pouvoir épouser le collecteur 100 et ainsi assurer l'étanchéité. Le bord à contour fermé qui délimite la première ouverture du connecteur 101 présente donc une face d'appui qui vient en appui étanche, sur l'intégralité du contour fermé, sur le joint 90 qui s'étend donc sur un contour identique. La face d'appui du bord à contour fermé qui délimite la première ouverture du connecteur 101 peut être une surface plane s'étendant dans le plan X2, Z2 perpendiculaire à la direction normale Y2, ayant donc la forme d'une bande suivant le contour fermé. Cette surface d'appui peut présenter une ou plusieurs nervures en relief par rapport au plan X2, Z2 perpendiculaire à la direction normale Y2, de préférence une ou plusieurs nervures en relief suivant ledit contour, parallèles entre elles le long du contour si elles sont plusieurs. De telles nervures s'étendant sur le contour pourront ainsi s'indenter dans le matériau du joint 90, sur tout le contour fermé, pour augmenter la fiabilité de l'étanchéité du contact entre le connecteur 101 et le joint 90.

[0067] Le collecteur 100 peut également, de préférence, comprendre un système de fixation 102, qui est solidaire du connecteur 101 et par l'intermédiaire duquel le collecteur 100 peut être fixé à la pile 1 et/ou à l'empilement 2. Ici, le système de fixation 102 est conçu pour être fixé à la pile 1 en étant fixé aux plaques 111 et 112. De préférence, le

système de fixation 102 comprend une embase 103, par l'intermédiaire de laquelle le système de fixation est fixé à un bord de fixation 115, appartenant à la plaque 111. De préférence, l'embase 103 est rapportée contre le bord de fixation 115 parallèlement à la direction normale Y2, le bord de fixation 115 étant parallèle et/ou dans le prolongement de la face d'échange 5, suivant la direction Z2.

[0068] De préférence, le système de fixation 102 comprend une embase 104, par l'intermédiaire de laquelle le système de fixation est fixé à un bord de fixation 116, appartenant à la plaque 112. De préférence, l'embase 104 est rapportée contre le bord de fixation 116 parallèlement à la direction normale Y2, le bord de fixation 116 étant parallèle et/ou dans le prolongement de la face d'échange 5, suivant la direction Z2. Le connecteur 101 est maintenu plaqué en sens opposé de la direction Y2 contre la face 5 par les embases 103 et 104. De préférence, au moins l'une des embases 103 ou 104 est autorisée à débattre suivant la direction Z2 par rapport à l'autre embase et/ou par rapport au connecteur 101, pour autoriser une variation dimensionnelle de l'empilement 2 suivant la direction Z2 durant l'utilisation.

[0069] Une au moins des embases du système de fixation tel que décrit ci-dessus pourrait être fixée à un bord de fixation appartenant à l'une ou l'autre des plaques terminale 70 telles que décrites ci-après.

[0070] De préférence, l'empilement 2 comprend exactement deux plaques terminales 70, qui sont prévues aux extrémités de l'empilement 2, de part et d'autre, suivant la direction d'empilement Z2. Autrement dit, chaque plaque terminale 70 termine l'empilement suivant la direction Z2. Cela n'exclut pas que d'autres plaques bordent l'empilement 2 de part et d'autre en bordant les plaques 70. Les plaques terminales 70 sont prévues pour recevoir les efforts appliqués sur l'empilement 2 par le système de compression. Dans le présent exemple, l'empilement 2 est en appui contre la plaque d'appui 111 par l'intermédiaire de l'une de ces deux plaques terminales 70, en sens opposé de la direction Z2 et l'empilement 2 est en appui contre les ressorts 114 par l'intermédiaire de l'autre de ces deux plaques terminales 70. De préférence, les plaques terminales 70 sont électriquement isolantes, comportent un revêtement électriquement isolant, ou comportent au moins une portion, en contact avec l'empilement, qui est électriquement isolante, en considération des courants électriques en jeu au sein de l'empilement 2. On peut avantageusement prévoir que la plaque 111 ainsi que la plaque terminales 70 en appui contre la plaque d'appui 111, sont traversées, suivant la direction Z2, par des passages pour du fluide opérationnel, pour alimenter l'empilement 2 et/ou pour évacuer du fluide opérationnel depuis l'empilement 2. Ainsi, si des connexions supplémentaires pour du fluide opérationnel peuvent être effectuées via la plaque terminale 70, outre celles effectuées à l'aide de la ou les faces d'échanges 5 et le ou les collecteurs extérieurs 100.

[0071] De préférence, chaque plaque membrane-électrode 50 est constituée par un assemblage membrane-électrode, et comprend, dans certaines modes de réalisation, un cadre extérieur, formant le périmètre extérieur 3 de la plaque 50. Le cadre extérieur est préférentiellement électriquement isolant, en considération des courants électriques en jeu au sein de l'empilement 2. La plaque membrane électrode 50 comprend aussi une membrane, entourée par le cadre, permettant un échange de protons d'une face à l'autre de la plaque 50. La membrane est recouverte, sur une face, ici la face dirigée suivant la direction Z2, par une couche de catalyseur cathodique, elle-même recouverte par une couche de diffusion des gaz cathodique. La membrane est recouverte, sur une autre face, ici la face dirigée en sens opposé de la direction Z2, par une couche de catalyseur anodique, elle-même recouverte par une couche de diffusion des gaz anodique. La membrane de chaque plaque 50 est le siège des réactions électrochimiques impliquant le fluide réactif anodique, apporté sur la face portant le catalyseur anodique, et le fluide cathodique, apporté sur la face portant le catalyseur cathodique, produisant une différence de potentiel électrique de part et d'autre de la membrane, et, in fine, l'électricité de la pile à combustible. En variante, le périmètre extérieur 3 de la plaque 50 est formé par la membrane elle-même, et la plaque 50 est dépourvue de cadre.

[0072] De préférence, pour la fabrication de la pile 1, chaque plaque membrane-électrode 50 est préassemblée avant d'être ajoutée à l'empilement 2, c'est-à-dire que les composants précités de la plaque 50 sont déjà fixés les uns aux autres lors de l'ajout de la plaque 50 à l'empilement 2.

[0073] De préférence, chaque plaque de champ découlement 10 et 30 est électriquement conductrice, en considération des courants électriques en jeu au sein de l'empilement 2. Sur l'une de ses faces, chaque plaque 10 et 30 forme un champ d'écoulement, c'est-à-dire une pluralité de canaux traversant l'empilement 2, transversalement par rapport à la direction d'empilement Z2, pour guider, au sein de chaque canal, une circulation de fluide opérationnel. Les canaux des plaques 10 et 30 sont formés le long de la couche de diffusion des gaz de la plaque 50 adjacente à cette plaque 10 ou 30, pour que le fluide opérationnel circulant dans les canaux soit mis en contact avec la couche de diffusion des gaz et assure la réaction électrochimique auprès de la plaque 50 adjacente.

[0074] Toutes les plaques de champ d'écoulement primaire 10 sont dédiées à guider la circulation d'un premier fluide opérationnel, par exemple le fluide réactif cathodique, et ont leurs canaux faisant face à la couche de diffusion des gaz correspondante de la plaque 50 qui est adjacente à cette plaque 10. Ici, il s'agit de la couche de diffusion cathodique de ladite plaque 50. En ce sens, les plaques de champ découlement primaire 10 peuvent être qualifiées de plaques polaires, ici cathodiques. Dans l'exemple, les

canaux des plaques de champ d'écoulement primaire 10 font face à la plaque 50, qui est adjacente à la plaque 10, en sens opposé de la direction Z2. Par exemple, les canaux de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 sont dirigés, de façon générale, parallèlement à la direction Y2. Par réaction électrochimique au sein de la plaque 50 adjacente, chaque plaque de champ d'écoulement primaire 10, électriquement conductrice, est portée à un potentiel électrique cathodique pour la cellule électrochimique considérée. Le joint périphérique 80, interposé entre la plaque 10 et la plaque 50 adjacente, assure l'étanchéité entre ces deux plaques 10 et 50 pour empêcher le premier fluide opérationnel de s'échapper de l'empilement au niveau des périmètres extérieurs 3 desdites plaques 10 et 50. Pour cela, le joint 80 forme avantageusement un contour fermé qui s'étend le long des périmètres 3, en affleurement ou éventuellement légèrement en retrait vers l'intérieur par rapport aux périmètres 3.

[0075] Toutes les plaques de champ d'écoulement secondaire 30 sont dédiées à guider la circulation d'un deuxième fluide opérationnel, par exemple le fluide réactif anodique et ont leurs canaux faisant face à la couche de diffusion des gaz correspondante d'une autre plaque 50, qui est adjacente à cette plaque 30. Ici, il s'agit de la couche de diffusion anodique de ladite plaque 50. Les plaques 10 et 30, adjacentes entre elles, séparent donc deux plaques 50, auxquelles elles sont respectivement adjacentes. Les plaques de champ d'écoulement secondaire 30 peuvent être qualifiées de plaques polaires, ici anodiques. Dans l'exemple, les canaux des plaques de champ d'écoulement secondaire 30 font face à la plaque 50, qui est adjacente à la plaque 30, suivant la direction Z2. Dans l'exemple, les canaux de la plaque 30 et sont dirigés, de façon générale, soit parallèlement à la direction Y2, soit parallèlement à la direction X2. Par réaction électrochimique au sein de la plaque 50 adjacente, chaque plaque 30, électriquement conductrice, est portée à un potentiel électrique anodique pour la cellule électrochimique considérée. Le joint périphérique 80, interposé entre la plaque 30 et la plaque 50 adjacente, assure l'étanchéité entre ces deux plaques 30 et 50 pour empêcher le deuxième fluide opérationnel de s'échapper de l'empilement au niveau des périmètres extérieurs 3 desdites plaques 30 et 50. Pour cela, le joint 80 forme avantageusement un contour fermé qui s'étend le long des périmètres 3.

[0076] Autrement dit, les canaux des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 d'une même cellule électrochimique sont séparées par l'une des plaques membrane-électrode 50, les canaux des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 faisant face à cette plaque membrane-électrode 50 en étant entourés par les joints périphériques 80. D'une cellule électrochimique à la cellule électrochimique adjacente, les canaux de la plaque 10 de la première cellule électrochimique tournent le dos aux canaux de la plaque 30 de la deuxième cellule électrochimique. Les plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes, appartenant à deux cellules voisines, constituent ensemble une plaque

bipolaire. Par conduction électrique entre ces deux plaques 10 et 30 adjacentes, les deux plaques polaires sont au même potentiel électrique.

[0077] On peut avantageusement prévoir que, entre les plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes, c'est-à-dire, au sein de la plaque bipolaire, un autre champ de circulation est formé par les plaques 10 et 30. Cet autre champ de circulation comprend des canaux, délimités par les plaques 10 et 30, pour conduire la circulation d'un troisième fluide opérationnel entre les plaques de champ découlement 10 et 30, à savoir du fluide de refroidissement, et ainsi refroidir l'empilement 2 durant son utilisation.

[0078] Dans le présent exemple, on prévoit que les plaques bipolaires de l'empilement sont constituées par deux plaques 10 et 30 distinctes et rapportées l'une sur l'autre. Par exemple, chaque plaque 10 et 30 est constituée par une tôle métallique, qui forme les champs de circulation préférentiellement par emboutissage de la tôle. Alternativement, tout ou partie des plaques 10 ou 30 peut être formée par une plaque usinée, en métal, en graphite ou autre matériau électriquement conducteur. De préférence, pour chaque plaque bipolaire, les deux plaques de champ d'écoulement 10 et 30 sont préassemblées, c'est-à-dire déjà fixées l'une à l'autre avant leur ajout à l'empilement 2. Par exemple, les plaques de champ d'écoulement 10 et 30 d'une même plaque bipolaire sont préassemblées en étant soudées ou brasées l'une avec l'autre.

[0079] De préférence, pour la fabrication de la pile 1, chaque joint 80 est préassemblé avec l'une des plaques 10, 30 ou 50. De préférence, avant ajout à l'empilement 2, chaque plaque bipolaire porte deux joints 80, l'un formé sur la plaque 30 en saillie suivant la direction Z2, l'autre formé sur la plaque 10 en saillie en sens opposé. Alternativement, on peut prévoir que chaque plaque membrane-électrode 50 porte deux joints 80, l'un formé en saillie suivant la direction Z2 pour être interposé entre la plaque 50 et la plaque de champ d'écoulement 10 adjacente, l'autre formé en saillie en sens opposé pour être interposé entre la plaque membrane-électrode 50 et la plaque de champ d'écoulement 30 adjacente de l'autre côté de la plaque membrane-électrode 50. De préférence, chaque joint 80 est surmoulé, coulé ou imprimé directement sur la plaque 10, 30 ou 50 qui le porte, ce qui facilite ensuite l'assemblage. Cependant, l'utilisation d'un joint libre est possible.

[0080] Par ailleurs, on peut prévoir un collage de la plaque 50 à l'une ou l'autres des plaques de champ découlement 10 et 30, ou aux deux plaques de champ découlement 10 et 30, par exemple par simple adhésivage ou collage double face.

[0081] A leur périmètre extérieur 3 respectif, chaque plaque 10, 30, 50 et 70 présente plusieurs bords, parmi lesquels au moins un bord d'échange et au moins un bord secondaire, et plusieurs encoches de centrage, formés au périmètre extérieur 3 de ladite plaque. Autrement dit, le bord d'échange, le bord secondaire et l'encoche de centrage

appartiennent au périmètre 3 de la plaque concernée et en constituent une partie. Le bord d'échange est destiné à être recouvert par l'étendue du collecteur 100, en étant donc à l'intérieur du contour fermé du joint 90. L'encoche de centrage est destinée à assurer successivement une première fonction, à savoir assurer le guidage et le centrage la plaque 10, 30, 50 ou 70 qui le porte par coopération avec l'un des rails 131, ou pour le moins être traversée par le rail 131, lors de l'ajout de ladite plaque à l'empilement 2, et une deuxième fonction, à savoir loger la portion de joint longitudinale 91 du joint 90 une fois l'empilement 2 achevé, pour l'étanchéité avec le collecteur 100.

[0082] Comme montré plus en détails sur la [Fig.4], chaque plaque de champ d'écoulement primaire 10 comprend un bord d'échange 11, deux encoches de centrage 12 et deux bords secondaires 13, chaque plaque de champ d'écoulement secondaire 30 comprend un bord d'échange 31, deux encoches de centrage 32 et deux bords secondaires 33, chaque plaque membrane-électrode 50 comprend un bord d'échange 51, deux encoches de centrage 52 et deux bords secondaires 53 et, comme montré sur la [Fig.2], chaque plaque terminale 70 comprend un bord d'échange 71, deux encoches de centrage 72 et deux bords secondaires 73.

[0083] On prévoit préférentiellement que, pour chaque plaque, l'encoche de centrage est adjacente au bord d'échange et au bord secondaire, c'est-à-dire est à l'extrémité du bord d'échange et à l'extrémité du bord secondaire, pour relier ensemble ledit bord d'échange et ledit bord secondaire. Autrement dit, on prévoit avantageusement que chaque encoche de centrage est située entre l'un des bords d'échange et l'un des bords secondaires de la plaque considérée. Ici, chaque plaque de l'empilement 2 comprend seulement deux encoches de centrage, seulement un bord d'échange et seulement deux secondaires. On prévoit avantageusement que le bord d'échange est parallèle à la direction tangentielle X2. On prévoit avantageusement que les bords secondaires adjacents à ce bord d'échange sont parallèles à la direction tangentielle X2. On prévoit que les encoches de centrage adjacentes à ce bord d'échange sont formées en creux par rapport au bord d'échange, en sens opposé de la direction Y2, ou s'ouvrant suivant la direction Y2.

[0084] Durant la fabrication, chaque rail 131 s'étend parallèlement à la direction Z2. Chaque encoche de centrage 12, 32, 52 et 72 est en correspondance avec le rail 131 suivant la direction X2, et s'engage à cheval sur le rail 131 ou autour du rail 131 selon la direction Y2, de telle sorte que le rail 131 est au moins partiellement reçu dans chacune des encoches 12, 32, 52 et 72, comme montré sur les figures 5 et 7-9. Pour pouvoir coopérer à coulissement suivant la direction Z2 avec le rail 131 durant la fabrication, au moins certaines des encoches de centrage 12, 32, 52 et 72, à savoir ici les encoches de centrage 32, 52 et 71, sont des « encoches de centrage avec contact » qui présentent

une forme complémentaire à celle du rail 131, pour épouser la forme du rail 131, ou pour le moins pour être en contact avec le rail 131 pour centrer la plaque concernée suivant les directions X2 et/ou Y2 par rapport au rail 131. De préférence, d'autres encoches de centrage, à savoir ici les encoches 12, sont des « encoches de centrage sans contact » qui permettent le passage du rail 131, qui sont seulement traversées par le rail 131 lors de la fabrication, et qui n'ont pas besoin d'être complémentaire avec le rail 131, mais seulement d'être suffisamment en retrait et/ou suffisamment larges pour être traversées par le rail 131, en restant à distance du rail 131. Les encoches de centrage 12, 32, 52 et 72 sont également conformées pour permettre un retrait du rail 131, en éloignant le rail de l'empilement 2 suivant la direction Y2, une fois l'empilement 2 achevé.

[0085] Dans le présent exemple, comme visible aux figures 5 et 7-9, le rail 131 présente une forme cylindrique à base circulaire, centrée sur un axe parallèle à la direction Z2. De préférence, comme bien visible sur les figures 5 et 6, pour chaque plaque, l'encoche de centrage 12, 32, 52 ou 72 présente un profil en forme d'arc de cercle, en projection dans un plan de projection P2 qui est orthogonal à la direction d'empilement Z2. Le plan P2 est parallèle au plan dans lequel sont dessinées les figures 5 et 6. Par « profil », on entend le bord de l'encoche. Autrement dit, on préfère que les encoches de centrage soient arrondies, ce qui permet aux encoches de servir à la fois au centrage des plaques au cours de la fabrication de la pile 1 et à la fois à recevoir la portion de joint longitudinale 91 du joint 90. Toutefois, d'autres profils pourraient être prévus, par exemple en « U, » en « V »,.... Dans le cas où le rail 131 présente une autre forme que celle prévue ici, une autre forme, correspondante, peut être prévue pour les encoches de centrage. Dans l'exemple, le profil du bord de l'encoche de centrage avec contact est de même nature que le profil en section du rail 131, de manière à autoriser un contact selon un segment de ce profil de bord d'encoche ayant une certaine longueur. On pourrait cependant prévoir que le profil du bord de l'encoche de centrage avec contact et le profil en section du rail 131 soit prévus pour n'assurer que des contacts ponctuels, de préférence suffisamment de points de contacts ponctuels pour que le contact entre le bord de l'encoche de centrage avec contact et le rail 131 détermine précisément la position relative de l'encoche par rapport au rail selon les deux directions transversales X2 et Y2.

[0086] Comme visible sur la [Fig.4], chaque joint périphérique 80 comprend préférentiellement une portion de bord d'échange 81, qui est interposée entre le bord d'échange 11 ou 31 de la plaque 10 ou 30 adjacente, et le bord d'échange 51 de la plaque 50 adjacente, suivant la direction Z2. La portion de bord d'échange 81 s'étend parallèlement et le long de ces bords d'échange 11, 31, 51 des plaques adjacentes. Chaque joint périphérique 80 comprend préférentiellement une portion de bord secondaire 83,

qui est interposée, d'une part, entre le bord secondaire 13 ou 33 de la plaque de champ d'écoulement 10 ou 30 adjacente, et, d'autre part, le bord secondaire 53 de la plaque 50 adjacente, suivant la direction Z2. La portion de bord secondaire 83 s'étend parallèlement et le long de ces bords secondaires. Chaque joint périphérique 80 comprend préférentiellement une portion en creux 82, qui est interposée entre l'encoche 12 ou 32 de la plaque 10 ou 30 adjacente, et l'encoche 52 de la plaque 50 adjacente, suivant la direction Z2. La portion en creux 82 s'étend le long de ces encoches de centrage et présente préférentiellement un profil similaire à celui de ces encoches de centrage, notamment pour pouvoir être traversée par le rail 131 lors de la fabrication. On prévoit préférentiellement que, pour chaque joint 80, la portion en creux 82 est adjacente au bord d'échange 81 et au bord secondaire 83, c'est-à-dire est à l'extrémité de la portion 81 et à l'extrémité de la portion 83, pour relier ensemble les portions 81 et 83. Autrement dit, on prévoit avantageusement que chaque portion en creux 82 est entre les portions 81 et 83, respectivement de bord d'échange 81 et de bord secondaire 83. Ici, chaque joint 80 comprend seulement deux portions en creux 82, seulement une portion de bord d'échange 81 et seulement deux portions de bord secondaire 83, en correspondance avec le nombre de bords d'échange, de bords secondaires et d'encoches de centrage de chaque plaque. On prévoit avantageusement que la portion de bord d'échange 81 est parallèle à la direction tangentielle X2. On prévoit avantageusement que les portions de bord secondaire 83 adjacents à cette portion de bord d'échange 81 sont parallèles à la direction tangentielle X2. On prévoit que les portions en creux 82 adjacentes à cette portion de bord d'échange 81 sont formées en creux par rapport à cette portion de bord d'échange 81, en sens opposé de la direction Y2, ou s'ouvrant suivant la direction Y2.

[0087] Dans l'exemple, la portion en creux 82 présente un profil en forme d'arc de cercle, en projection dans le plan de projection P2, ou, plus généralement, un profil de la même forme ou correspondant à celui des encoches de centrage 12, 52 ou 72 adjacentes appartenant respectivement aux plaques 10, 50 ou 70, telles que décrites ci-dessus.

[0088] Les bords d'échange 11, 31, 51 et 71 successifs des plaques 10, 30, 50 ou 70 sont superposés suivant la direction Z2. Pour ce cas particulier, le terme « superposés » a une signification spéciale, en ce que ce terme n'exclut pas, éventuellement, que certains bords d'échange puissent être en retrait et d'autres en saillie suivant la direction Y2, tel que décrit à titre préférentiel ci-après. Toutefois, « superposés » indique que dans l'ensemble, les bords d'échange s'étendent suivant un même plan perpendiculaire à la direction Y2. Hormis pour ce cas particulier et quelques autres décrits ci-après, le terme « superposé » est utilisé avec sa signification habituelle.

[0089] Les bords d'échange forment ensemble la face d'échange 5, ou l'une des faces d'échange. La face d'échange 5 est donc une face qui n'est pas nécessairement plane,

pouvant donc notamment présenter des sillons correspondants aux bords d'échange en retrait. Si les joints 80 sont prévus, la portion de bord d'échange 81 appartient aussi à cette face d'échange 5. De préférence, les bords d'échange 11, 31, 51 et 71 superposés suivant la direction Z2 sont parallèles entre eux. De préférence, les bords d'échange 11 des plaques d'écoulement primaire 10, qui sont superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords d'échange 31 des plaques d'écoulement secondaires 30, qui sont superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords d'échange 51 des plaques membrane-électrode 50, qui sont superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords d'échange 71 de plaques terminales 70, qui sont superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2.

[0090] Les bords secondaires 13, 33, 53 et 73 successifs des plaques, sont superposés suivant la direction Z2. Pour ce cas également « superposé » revêt une signification particulière, en ce que ce terme n'exclut pas que, éventuellement, certains bords secondaires sont en retrait et d'autres en saillie suivant la direction Y2, tel que décrit ci-dessous. Toutefois, « superposés » signifie que, dans l'ensemble, les bords secondaires s'étendent suivant un même plan perpendiculaire à la direction Y2. Les bords secondaires forment ensemble l'une des faces secondaires 7. Si les joints 80 sont prévus, la portion de bord secondaire 83 appartient aussi à cette face secondaire. De préférence, les bords secondaires 13, 33, 53 et 73 superposés suivant la direction Z2 sont parallèles entre eux. De préférence, les bords secondaires 13 des plaques d'écoulement primaire 10, qui sont superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords secondaires 33 des plaques d'écoulement secondaires 30, superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords secondaires 53 des plaques membrane-électrode 50, superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la

même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2. De préférence, les bords secondaires 73 des plaques terminales 70, superposés suivant la direction Z2, sont agencés dans un même plan parallèle à la direction Z2 et sont agencés dans la même position suivant la direction tangentielle X2, voire, sont de même longueur suivant la direction X2.

[0091] Les encoches de centrage 12, 32, 52 et 72 successives des plaques, sont superposées suivant la direction Z2. Ici encore, « superposées » revêt une signification particulière, en ce que ce terme n'exclut pas que, éventuellement, certaines encoches de centrage puissent être en retrait et d'autres en saillie suivant la direction Y2, tel que décrit ci-dessous à titre préférentiel. « Superposées » indique néanmoins que, dans l'ensemble, les encoches de centrage sont alignées suivant un même axe parallèle à l'axe Z2. Les encoches de centrage forment ensemble l'une des rainures de centrage 6. Si les joints 80 sont prévus, la portion en creux 82 appartient aussi à cette rainure de centrage. De préférence, les encoches 12 des plaques d'écoulement primaire, superposées suivant la direction Z2, sont identiques et sont agencées dans la même position suivant les directions X2 et Y2. De préférence, les encoches 32 des plaques d'écoulement secondaire 30, superposées suivant la direction Z2 sont identiques et sont agencées dans la même position suivant les directions X2 et Y2. De préférence, les encoches 52 des plaques membrane-électrode 50, superposées suivant la direction Z2, sont identiques et sont agencées dans la même position suivant les directions X2 et Y2. De préférence, les encoches 72 des plaques terminales 70, superposées suivant la direction Z2 sont identiques et sont agencées dans la même position suivant les directions X2 et Y2.

[0092] On prévoit avantageusement qu'au moins certaines des plaques d'écoulement 10 et 30 forment des orifices d'échange 19. Chaque orifice 19 débouche sur l'un des bords d'échange 11 et/ou 31 suivant la direction normale Y2, c'est-à-dire que les orifices 19 débouchent en surface de la face d'échange 5 formée par ces bords d'échange 11 et 31. Les orifices 19 débouchent ainsi à l'intérieur du collecteur 100, en particulier à l'intérieur du connecteur 101, et sont recouverts par le collecteur 100, en particulier par le connecteur 101, et encadrés par le joint 90. De préférence, chaque bord 11 et/ou 31 comprend une rangée d'orifices 19, la dite rangée étant parallèle à la direction X2, de sorte l'ensemble formé par l'empilement des bords 11, 31 présente un quadrillage d'orifices 19 qui s'étend suivant les directions X2 et Z2 sur tout ou l'essentiel de la face d'échange 5.

[0093] Les orifices d'échange 19 sont prévus pour mettre en communication fluidique le collecteur extérieur 100 avec les champs de circulation de fluide opérationnel réactif des plaques 10, ou avec les champs de circulation de fluide opérationnel réactif des plaques 30, ou avec les champs de circulation de fluide opérationnel de refroidissement formés entre les plaques 10 et 30 adjacentes. A cette fin, chaque orifice d'échange 19

conduit à un ou plusieurs des canaux du champ de circulation concerné. Sur l'empilement hors de la ou des faces d'échange 5, on ne prévoit avantageusement pas d'orifice d'échange 19. L'échange de fluide opérationnel entre le collecteur extérieur 100 et l'empilement 2 est donc effectué par l'intermédiaire des orifices d'échange 19 portés par la face 5 à laquelle le collecteur 100 est connecté. Dans le présent exemple, les orifices d'échange 19 sont formés exclusivement par les plaques 10, sur le bord d'échange 11 respectif de celles-ci. Pour une face d'échange 5 donnée, correspondant à un collecteur extérieur 100 donné, tous les orifices 19 débouchant dans cette face d'échange communiquent exclusivement avec les champs de circulation d'un même fluide opérationnel pour toutes les cellules électrochimiques couvertes par cette face d'échange 5.

[0094] De préférence, comme visible sur les figures 2 et 3, les rainures transversales 8 sont chacune formée sur le bord d'échange 71 respectif de l'une des plaques terminales 70. Dès lors pour chacune de ces plaques terminales 70, la rainure transversale 8 relie entre elles les encoches de centrage 72 de la plaque terminale 70 considérée, de façon à déboucher dans chacune de ces encoches de centrage 72 de la plaque terminale 70 considérée, pour ainsi relier les rainures de centrage 6.

[0095] De préférence, pour au moins l'une des plaques de l'empilement 2, et de préférence, pour toutes les plaques de l'empilement 2, le bord d'échange 11, 31, 51 ou 71 de la plaque concernée est légèrement en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire dans la direction Y2, par rapport aux bords secondaires 13, 33, 53 ou 73 adjacents. Ainsi, sur la [Fig.5], on a illustré que le bord d'échange 11, 31 de chaque plaque de champ d'écoulement 10, 30 est en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire dans la direction Y2, par rapport au bord secondaire 13, 33 adjacent de la même plaque de champ d'écoulement 10, 30, d'une quantité, appelée décalage de bord d'échange « d1-3 », qui est de préférence comprise entre 0.05 millimètre et 3 millimètres, de préférence comprise entre 0.2 millimètre et 1 millimètre. De ce fait, lorsque les portions de joint longitudinales 91 sont formées et/ou lorsqu'elles sont compressées par le collecteur 100, il y a moins de chance qu'elles débordent du côté de la face d'échange 5, et qu'elles obturent accidentellement les orifices d'échange 19. En variante, on peut toutefois prévoir que le bord d'échange soit aligné avec le bord secondaire, c'est-à-dire, s'étende suivant un même axe suivant la direction X1.

[0096] De préférence, pour au moins l'une des plaques membrane électrode 50, et de préférence, pour toutes les plaques membrane-électrode 50 de l'empilement 2, les bords d'échange 51 de la plaque membrane-électrode 50 est en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire suivant la direction Y2, par rapport aux bords d'échange 11 et 31 des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes. De préférence, pour au moins l'une des plaques membrane électrode 50, et de préférence,

pour toutes les plaques membrane-électrode 50 de l'empilement 2, les bords secondaires 53 de la plaque membrane-électrode 50 est en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire suivant la direction Y2, par rapport aux bords secondaires 13 et 33 des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes. Ces dispositions permettent avantageusement de réduire le risque de court-circuit entre les bords 11 et 31 et entre les bords 13 et 33 de ces plaques 10 et 30, en améliorant leur séparation par les bords 51 et 53, électriquement isolants. Ainsi, sur la [Fig.5], on a illustré que le bord d'échange 51 de chaque plaque membrane-électrode 50 est en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire suivant la direction Y2, par rapport aux bords d'échange 11 et 31 des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes, d'une quantité, appelée décalage de plaque membrane-électrode « d50 », qui est de préférence comprise entre 0.1 millimètre et 2 millimètres, de préférence comprise entre 0.2 millimètre et 1 millimètre. De même, pour toutes les plaques membrane-électrode 50 de l'empilement 2, les bords secondaires 53 de la plaque membrane-électrode 50 est en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire suivant la direction Y2, par rapport aux bords secondaires 13 et 33 des plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes d'une même valeur de décalage de plaque membrane-électrode « d50 » de préférence comprise entre 0.1 millimètre et 2 millimètres, de préférence comprise entre 0.2 millimètre et 1 millimètre.

[0097] De préférence, pour au moins l'une des plaques bipolaires, et de préférence pour toutes, le bord d'échange 11 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 et le bord d'échange 31 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 sont en affleurement mutuel, c'est-à-dire sont au même niveau suivant la direction Y2. De préférence, de même, les bords secondaires 13 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 et les bords secondaires 33 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 sont en affleurement mutuel, c'est-à-dire sont au même niveau suivant la direction Y2.

[0098] De préférence, pour au moins l'une des plaques bipolaires, et de préférence pour toutes, l'encoche de centrage 12 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 est en retrait vers l'intérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire, en sens opposé de la direction Y2, par rapport à l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30. L'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 peut aussi, en outre, être de plus petite taille, suivant les directions X2 et Y2, que l'encoche de centrage 12 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10. Ainsi, lors de la fabrication de la pile 1, pour chaque plaque bipolaire, c'est l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 qui vient en appui transversal sur le rail de centrage 131 pour assurer le positionnement transversal de la plaque bipolaire, pouvant donc être qualifiée d'encoche de centrage avec contact, alors que

l'encoche de centrage 12 reste distante du rail de centrage 131 en étant traversée par le rail 131 suivant la direction Z2, pouvant donc être qualifiée d'encoche de centrage avec contact. Cela est notamment possible lorsque la plaque bipolaire est constituée des plaques 10 et 30 préassemblées et ajoutées à l'empilement ensemble, ou encore lorsque l'empilement est réalisé par empilement de cellules électrochimiques préassemblées. Ainsi, sur la [Fig.5], on a illustré que, pour au moins l'une des plaques bipolaires, et de préférence pour toutes, l'encoche de centrage 12 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 est en retrait vers l'intérieur de l'empilement 2, c'est-à-dire, en sens opposé de la direction Y2, par rapport à l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 d'une quantité, appelée décalage d'encoche « d12-32 », qui est de préférence comprise entre 0.1 millimètre et 1 millimètre, de préférence comprise entre 0.2 millimètre et 0.6 millimètre. Bien entendu, ce décalage d'encoche entre l'encoche de centrage 12 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 et l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 est indépendant du fait que, par exemple, la plaque de champ d'écoulement primaire 10 soit une plaque cathodique ou anodique, la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 étant alors respectivement une plaque anodique ou cathodique.

[0099] De préférence, l'encoche de centrage 52 d'au moins l'une des plaques membrane-électrode 50, ou de toutes les plaques membrane-électrode 50, est en affleurement par rapport à l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 adjacente. L'encoche de centrage 52 d'au moins l'une des plaques membrane-électrode 50, ou de toutes les plaques membrane-électrode 50, peut aussi, en outre, être de la même taille, suivant les directions X2 et Y2, que l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 adjacente. Ainsi, lors de la fabrication de la pile 2, l'encoche de centrage 52 vient en appui sur le rail de centrage 131 pour assurer le positionnement transversal de la plaque 50, lorsque la plaque 50 est ajoutée à l'empilement 2, et peut donc aussi être qualifiée d'encoche de centrage avec contact.

[0100] En variante, on peut prévoir que l'encoche de centrage 52 d'au moins l'une des plaques membrane-électrode 50, ou de toutes les plaques membrane-électrode 50, soit légèrement en retrait vers l'intérieur de l'empilement 2 par rapport à l'encoche de centrage 32 de la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 adjacente, et peut donc dans ce cas être qualifiée d'encoche de centrage sans contact. De préférence, l'encoche de centrage 52 est alors en saillie vers l'extérieur de l'empilement 2 par rapport à l'encoche de centrage 12 de la plaque de champ d'écoulement primaire 10 adjacente. Dans ce cas, on peut aussi prévoir que l'encoche de centrage 52 a une taille intermédiaire, selon les directions X2 et Y2 entre celles des encoches 12 et 32. Dans ce cas, pour assurer le centrage de la plaque 50 lors de l'empilement, on prévoit par exemple

que la plaque membrane-électrode 50 est préassemblée avec une autre plaque qui dispose d'une encoche de centrage avec contact, ici par exemple la plaque de champ d'écoulement secondaire 30 adjacente. Pour l'alignement de la plaque membrane-électrode 50 avec cette autre plaque aux fins de son pré-assemblage, ou pour l'empilement de la plaque membrane-électrode 50 sans pré-assemblage, on peut prévoir d'assurer le centrage de la plaque membrane-électrode 50 par exemple par un alignement optique ou par des formes géométriques de pré-alignement entre les deux plaques adjacentes.

[0101] De préférence, comme montré sur la [Fig.4], chaque plaque de champ d'écoulement 10 occupe une épaisseur E10 au sein de l'empilement 2, l'épaisseur E10 étant mesurée parallèlement à la direction d'empilement Z2. E10 est l'épaisseur occupée au périmètre 3 de la plaque de champ d'écoulement 10. De préférence, chaque plaque de champ d'écoulement 30 occupe une épaisseur E30 au sein de l'empilement 2, l'épaisseur E30 étant mesurée parallèlement à la direction d'empilement Z2. E30 est l'épaisseur occupée au périmètre 3 de la plaque de champ d'écoulement 30. De préférence, chaque plaque membrane-électrode 50 occupe une épaisseur E50 au sein de l'empilement 2, l'épaisseur E50 étant mesurée parallèlement à la direction d'empilement Z2. E50 est l'épaisseur occupée au périmètre 3 de la plaque membrane-électrode 50. De préférence, les épaisseurs E10 et E30 sont supérieures à l'épaisseur E50, afin que les plaques E10 et E30 puissent ménager suffisamment de volume interne pour les canaux des champs d'écoulement, dans le sens de la direction d'empilement Z2. Par ailleurs, on prévoit avantageusement que l'épaisseur E10 est supérieure à l'épaisseur E30. Par exemple, l'épaisseur E10 est au moins 1,5 fois plus grande que l'épaisseur E30, voire deux fois plus grande. Cette différence entre les épaisseurs E10 et E30, combiné au positionnement et/ou à la taille relative des encoches 12 et 32 décrites ci-avant, permet de réduire le risque de court-circuit entre plaques de champ d'écoulement 10 et 30 adjacentes à une même plaque membrane-électrode 50. En effet, au sein de la rainure 6, la distance à parcourir pour la formation d'un arc électrique reliant l'encoche 12 à l'encoche 32 située par-delà la plaque membrane-électrode 50, est particulièrement élevée, grâce au retrait de l'encoche 12 et à l'épaisseur de la plaque 10, outre la présence de l'encoche 52 isolante et en saillie.

[0102] De préférence, pour au moins l'un des joints périphériques 80, sinon pour tous les joints périphériques 80, la portion de bord d'échange 81 est en affleurement suivant la direction Y2, avec le bord d'échange 11 ou 31 de la plaque 10 ou 30 contre laquelle le joint 80 est formé. On pourrait alternativement prévoir que la portion de bord d'échange 81 est légèrement en retrait en sens opposé de la direction Y2, ou légèrement en saillie suivant la direction Y2, par rapport au bord d'échange 11 ou 31 de la plaque 10 ou 30 contre laquelle le joint 80 est formé. De préférence, pour au moins

l'un des joints 80, sinon pour tous les joints 80, la portion de bord d'échange 81 est en en retrait, en sens opposé de la direction Y2, vis-à-vis du bord d'échange 51 de la plaque 50 contre laquelle le joint 80 est formé. Autrement dit, le bord 51 est avantageusement en saillie suivant la direction Y2 par rapport à la portion 81.

[0103] De préférence, pour au moins l'un des joints périphériques 80, sinon pour tous les joints périphériques 80, la portion de bord secondaire 83 est en affleurement suivant la direction Y2, avec le bord secondaire 13 ou 33 de la plaque 10 ou 30 contre laquelle le joint 80 est formé. On pourrait alternativement prévoir que la portion de bord secondaire 83 est légèrement en retrait en sens opposé de la direction Y2, ou légèrement en saillie suivant la direction Y2, par rapport au bord secondaire 13 ou 33 de la plaque 10 ou 30 contre laquelle le joint 80 est formé. De préférence, pour au moins l'un des joints 80, sinon pour tous les joints 80, la portion de bord secondaire 83 est en en retrait, en sens opposé de la direction Y2, vis-à-vis du bord secondaire 53 de la plaque 50 contre laquelle le joint 80 est formé. Autrement dit, le bord 53 est avantageusement en saillie suivant la direction Y2 par rapport à la portion 83.

[0104] De préférence, pour au moins l'un des joints périphériques 80 interposé entre une plaque 10 et une plaque 50, sinon pour tous ces joints 80 interposés entre une plaque 10 et une plaque 50, la portion en creux 82 est en affleurement suivant la direction Y2, avec l'encoche 12 de cette plaque 10 contre laquelle le joint 80 est formé. De préférence, cette même portion en creux 82 est en retrait suivant la direction Y2, vis-à-vis de l'encoche 52 de la plaque 50 contre laquelle le joint 80 est formé. Cela peut impliquer que la taille de la portion en creux 82 est plus grande que la taille de l'encoche 52. Pendant la fabrication, la portion en creux 82 peut ainsi être traversée par le rail 131 sans le toucher.

[0105] De préférence, pour au moins l'un des joints périphériques 80 interposé entre une plaque 30 et une plaque 50, sinon pour tous ces joints périphériques 80 interposés entre une plaque 30 et une plaque 50, la portion en creux 82 est en retrait suivant la direction Y2, vis-à-vis des encoches 32 et 52 des plaques 30 et 50 entre lesquelles le joint périphérique 80 est interposé. Cela peut impliquer que la taille de la portion en creux 82 est plus grande que la taille des encoches 32 et 52. Pendant la fabrication, la portion en creux 82 du joint périphérique 80 peut ainsi être traversée par le rail 131 sans le toucher.

[0106] De préférence, pour au moins l'une des plaques terminales 70, et de préférence pour les deux plaques 70, le bord d'échange 71, le bord secondaire 73 et l'encoche 72 sont disposés de la même façon que le bord d'échange 31, le bord secondaire 33 et l'encoche 32 de la plaque 30. Autrement dit, hormis au niveau de la rainure 8, le bord d'échange 71, le bord secondaire 73 et l'encoche 72 ont la même forme et la même disposition que ceux de la plaque 30. De préférence, une épaisseur de la plaque 70,

mesurée au niveau de son périmètre 3 parallèlement aux épaisseurs E10 et E30, est supérieure aux épaisseurs E10 et E30.

[0107] Comme montré sur les figures 2 et 6, la portion longitudinale 91 du joint 90, en sens opposé de la direction Y2, épouse et comble la forme des différentes encoches 12, 32, 52 et 72 et des portions en creux 82. En particulier, les encoches 32 et 52, qui sont en saillie par rapport aux autres, sont avantageusement encapsulées par la portion 91 du joint 90. Autrement dit, du joint 90 est interposé suivant la direction Z2 entre le périmètre 3 respectif des plaques 30 et 50 successives, au niveau des encoches 32 et 52, en étant reçu dans les encoches 12 et les portions en creux 82. Grâce à ces dispositions, non seulement une étanchéité optimale de la connexion fluidique entre le collecteur 100 et la face 5 est assurée, mais aussi le risque d'arc électrique au sein de la rainure 6 est réduit.

[0108] De plus, le joint 90 fait saillie, suivant la direction Y2, par-delà les bords d'échange 11, 31, 51 et 71. De préférence, le joint 90 est ainsi en saillie sur tout son périmètre, c'est-à-dire pour les portions de joint 91 et 92.

[0109] Pour fabriquer la pile à combustible 1, on peut mettre en œuvre un procédé tel que défini ci-après, et tel qu'illustré aux figures 7 à 9.

[0110] Comme montré sur la [Fig.7], on dispose préférentiellement la plaque d'appui 111, de préférence dans un plan horizontal, de sorte que la direction Z2 sera verticale et orientée vers le haut. Alors que les plaques 10, 30, 50 et 70 et les joints 80 ne sont pas encore empilés et que le joint 90 n'est pas encore formé, on installe temporairement le gabarit périphérique de centrage 130, comprenant les rails 131. Ici, seulement deux rails 131 sont prévus pour le gabarit 130, mais on peut en prévoir un nombre différent, en prévoyant un nombre correspondant de rainures de centrage 6 sur les plaques 10, 30, 50, 70. Le gabarit 130 comprend également une embase de fixation 132, à laquelle les rails 131 sont fixement attachés.

[0111] Le gabarit de centrage 130 est rapporté en périphérie de l'empilement 2, c'est-à-dire sur l'extérieur de l'empilement 2, contre le côté 4 de l'empilement 2 portant les rainures 6. Pour être fixé à la plaque 111, le gabarit 130 est rapporté en étant déplacé jusqu'à entrer en contact avec la plaque 111 parallèlement à la direction Y2, ou pour le moins avec un mouvement ayant une composante selon la direction Y2.

[0112] Pour être fixé à la plaque 111, on prévoit avantageusement que l'embase 132 est rapportée contre le bord de fixation 115 de la plaque 111, c'est-à-dire avantageusement le même bord de fixation 115 que celui qui servira plus tard à fixer le collecteur 100. De préférence, l'embase 132 est fixée au bord de fixation 115 par vissage. Des trous taraudés ménagés dans le bord 115 peuvent être utilisés pour le vissage du gabarit 130 et, plus tard, pour le vissage du collecteur 100.

[0113] Lorsque le gabarit 130 est installé, les rails 131 font saillie suivant la direction Z2 à

partir de l'embase 132, en étant répartis dans un plan perpendiculaire à la direction X2.

[0114] A ce stade, on peut prévoir des gabarits périphériques de centrage additionnels, disposés en regard d'autres côtés 4 de l'empilement 2, si ces autres côtés 4 présentent des rainures de centrage correspondantes. On peut enfin prévoir des moyens de centrage internes à l'empilement 2, comme des tiges parallèles à la direction Z2 et traversant l'empilement 2 par l'intérieur, à partir de la plaque 111.

[0115] Une fois que le ou les gabarits 130 sont installés, on procède à l'empilement des plaques 10, 30, 50 et 70 et des joints 80 pour former l'empilement 2, alors que le joint 90 n'est toujours pas formé. Pour effectuer l'empilement, on fait coulisser chaque plaque parallèlement à la direction Z2, le long des rails 131, l'encoche de centrage correspondante de chaque plaque recevant le rail 131. Autrement dit, le rail 131 a pour fonction de guider la plaque par l'intermédiaire de l'encoche de centrage correspondante. Comme indiqué ci-avant, de préférence, certaines plaques sont empilées individuellement, par exemple les plaques 50 et 70, alors que d'autres plaques, à savoir par exemple les plaques 10 et 30, sont préassemblées par paires avant leur empilement. De préférence, chaque joints 80 est préassemblé avec l'une des plaques, de préférence l'une des plaques 10 et 30, avant d'être ajouté à l'empilement 2. En pratique, hormis éventuellement aux extrémités de l'empilement 2, on ajoute à l'empilement 2 une plaque bipolaire complète, incluant deux plaques 10 et 30 adjacentes préassemblées et deux joints 80 formés respectivement sur les plaques 10 et 30.

[0116] Pour chaque plaque, ou chaque ensemble préassemblé comprenant plusieurs plaques, au moins l'une des encoches de centrage coopère mécaniquement avec le rail 131 pour guider le coulissement suivant Z2 et centrer cet ensemble préassemblé ou plaque suivant les directions X2 et Y2, alors que les autres encoches de centrage, en retrait par rapport au rail 131 suivant la direction Y2, sont seulement traversées par le rail 131 suivant la direction Z2. Dans le présent exemple, seules les encoches 32, 52 et 72, respectivement des plaques d'écoulement secondaire 30, des plaques membrane-électrode 50 et des plaques terminales, sont des encoches de centrage avec contact qui coopèrent mécaniquement avec le rail 131, alors que les encoches 12 et les portions en creux 82, respectivement des plaques de champ d'écoulement primaire 10 et des joints périphériques 80, plus en retrait, sont à distances du rail 131 en étant seulement traversées par le rail 131 suivant la direction Z2, et sont donc sont des encoches de centrage sans contact. La coopération des rails 131 avec les encoches de centrage assure que, une fois l'empilement 2 achevé, chaque plaque de l'empilement 2 est correctement positionnée contre la plaque adjacente, notamment suivant les directions X2 et Y2.

[0117] Pour effectuer l'empilement, comme montré sur la [Fig.7] on débute avantageusement par l'empilement de la plaque terminale 70 contre la plaque d'appui 111, en faisant coulisser la plaque terminale 70 le long des rails 131 par l'intermédiaire des

encoches 72. On empile ensuite avantageusement un collecteur de courant et un joint planaire d'étanchéité, non représentés.

[0118] On empile ensuite une plaque de champ d'écoulement 30, en guidant la plaque 30 suivant la direction Z2 par coopération des rails 131 avec les encoches 32, jusqu'à ce que la plaque 50 vienne en appui contre les éléments déjà assemblés en sens opposé de la direction Z2.

[0119] On empile ensuite l'une des plaques 50, en guidant la plaque 50 suivant la direction Z2 par coopération des rails 131 avec les encoches 52, jusqu'à ce que la plaque 50 vienne en appui contre la plaque de champ d'écoulement 30 déjà assemblée. On empile ensuite un ensemble bipolaire préassemblé comportant une plaque 10, portant un joint 80 tourné en direction de la plaque 50 déjà empilée, une plaque 30 fixée à la plaque 10 suivant la direction Z2, et un deuxième joint 80 formé sur la plaque 30 suivant la direction Z2. Cet ensemble préassemblé est guidé par les rails 131 par coopération desdits rails avec les encoches 32. On empile ensuite une autre plaque 50, et ainsi de suite, en faisant se succéder alternativement un ensemble bipolaire préassemblé et une plaque 50. Une fois la dernière plaque 50 empilée, on ajoute une dernière plaque de champ d'écoulement 10, sur laquelle un autre collecteur de courant et joint d'étanchéité éventuels sont empilés. La deuxième plaque terminale 70 est ensuite empilée.

[0120] L'empilement 2 est alors achevé, et est maintenu centré à l'aide des rails 131, toujours en place.

[0121] Une fois que l'empilement 2 est achevé et alors que le joint 90 n'est toujours pas en place, on installe les tirants 113 sur la plaque d'appui 111. Ensuite, on installe les ressorts 114 et la plaque d'appui 112, de sorte que les ressorts 114 soient interposés suivant la direction Z2 entre la plaque d'appui 112 et la plaque 70 au sommet de l'empilement 2. L'installation de la plaque d'appui 112 inclut préférentiellement d'enfiler la plaque d'appui 112 sur les tirants 113.

[0122] De préférence, la plaque d'appui 112 porte une embase de fixation 134, qui est fixée sur le bord de fixation 116 de la plaque d'appui 112, préférentiellement par vissage, de façon similaire à l'embase de fixation 132, fixée sur le bord de fixation 115 de la plaque d'appui 111. L'embase 134, qui appartient au gabarit 130 et étant initialement séparée du gabarit 130, est configurée pour être enfilée sur les rails 131, afin d'être guidée en coulissement par les rails suivant la direction Z2. Pour installer la plaque d'appui 112, on enfile avantageusement la plaque sur les tirants 113, de préférence avec enfilement de l'embase 134 sur les rails 131, suivant la direction Z2, avec interposition des ressorts 114 entre la plaque 112 et la plaque 70 au sommet de l'empilement 2

[0123] Une fois que l'empilement 2 est disposé entre les deux plaques d'appui 111 et 112, et

alors que le gabarit 130, notamment les rails 131 sont toujours en place, on met l'empilement 2 en compression à l'aide des tirants 113, par exemple en serrant des écrous aux extrémités des tirants 113 pour rapprocher les plaques d'appui 111 et 112 l'une de l'autre suivant la direction Z2. Un montage avec presse est également possible suivi d'un serrage au couple des écrous des tirants.

[0124] Une fois que l'empilement 2 est en compression entre les plaques 111 et 112 et avant de former le joint 90, on retire les rails 131, par exemple en retirant le gabarit 130 dans son ensemble. Pour cela, on désolidarise avantageusement les embases 132 et 134 des plaques 111 et 112 pour séparer les rails 131 des plaques 111 et 112. Ensuite, on éloigne le gabarit 130 de l'empilement 2 transversalement par rapport à la direction Z2, c'est-à-dire, selon un mouvement qui comprend une composante selon Y2 par rapport à l'empilement 2. Notamment, le rail 131 est extrait de la rainure de centrage 6 en étant déplacé transversalement par rapport à la direction Z2, notamment suivant la direction Y2 par rapport à l'empilement 2. Le retrait des rails 131 est donc particulièrement aisé. On aboutit alors à la configuration de la [Fig.3].

[0125] Une fois que les rails 131 ont été retirés, on met en place le joint de collecteur 90, notamment avec les portions 91 dans les rainures 6 et les portions 92 dans les rainures 8. De préférence, on forme le joint 90 in situ, en coulant, en injectant ou en surmoulant le joint 90 à l'état liquide ou pâteux dans les rainures 6 et 8, puis en durcissant le joint 90. Pour former le joint 90 alors qu'il est à l'état liquide ou pâteux, on préfère que la pile 1 soit orientée de sorte que la direction Y2 soit dirigée vers le haut, pour que la gravité contribue à ce que le matériau liquide ou pâteux soit reçu dans les rainures 6 et 8 sans déborder et en épousant les contours intérieurs des rainures 6 et 8.

[0126] Pour former le joint 90, de préférence, comme montré sur la [Fig.6], on applique d'abord un premier cordon 95 d'un premier matériau à l'état liquide ou pâteux, dans les rainures 6 et 8, sur tout le périmètre du futur joint 90. Le premier matériau est avantageusement à base de silicone, ou d'un autre élastomère approprié, qui est non réticulé lors de son application pour être à l'état liquide ou pâteux et ainsi épouser le fond des rainures 6 et 8, notamment, en encapsulant les encoches 32 et 52 qui sont en saillie. On choisit avantageusement un matériau à faible viscosité, pour lui conférer un caractère auto-nivelant et/ou garnissant. Cela qui permet d'assurer que le matériau épouse le fond des rainures 6 et 8, notamment celui des rainures 6 qui est irrégulier à cause du fait que certaines encoches de centrage sont en saillie et d'autres sont en retrait. Malgré sa faible viscosité, le matériau peut être appliqué très précisément, car il est empêché de s'étaler suivant la direction X2 par la rainure 6 et suivant la direction Z2 par la rainure 8.

[0127] Une fois que le premier cordon 95 est appliqué, on le fait durcir in situ. Dans le cas d'un silicone, le durcissement peut être obtenu par exemple par réticulation à tem-

pérature ambiante du silicone. Le premier cordon 95 forme alors une base appartenant au futur joint 90, qui comble et épouse les rainures 6 et 8 sur tout le périmètre du joint 90.

[0128] Une fois que le premier cordon 95 a été appliqué on applique un deuxième cordon 96 d'un deuxième matériau à l'état liquide ou pâteux, par-dessus le premier cordon 95. On peut prévoir d'appliquer le deuxième cordon 96 alors que le premier cordon 95 n'est que partiellement durci, afin d'assurer une bonne cohésion entre les cordons 95 et 96. Le deuxième cordon 96 recouvre le premier cordon sur toute la périphérie du joint 90, constitué par les cordons 95 et 96. Le deuxième cordon 96 est formé de façon être en saillie par rapport aux rainures 6 et 8, sur tout le périmètre du joint 90.

[0129] Le deuxième cordon 96 est avantageusement fait d'un second matériau, différent du premier au moins par sa viscosité, la viscosité étant comparée lorsque les matériaux sont à l'état non durci. On choisit avantageusement que le deuxième matériau pour former le deuxième cordon 96, à l'état liquide ou pâteux, est plus visqueux que le premier matériau pour former le premier cordon 95 lorsque le premier matériau est lui-même à l'état liquide ou pâteux. Cela permet avantageusement que le deuxième cordon 96, appliqué à l'état liquide ou pâteux, conserve une forme en relief par-dessus le premier cordon 95, même lorsque le deuxième matériau n'est pas encore durci. Cela permet avantageusement que le deuxième cordon 96, et même le joint 90 en général, soit formé sans moule. De préférence, le deuxième matériau est également à base de silicone, ou d'un autre élastomère approprié. Une fois le deuxième cordon 96 appliqué, on le fait durcir in situ, par exemple par réticulation du silicone à température ambiante. On aboutit alors à la configuration de la [Fig.2].

[0130] Même si le procédé de formation du joint 90 exposé ci-avant est préféré, on peut prévoir, en variante, de former le joint 90 en une seule coulée de matériau, ou de former le joint 90 selon d'autres procédés appropriés.

[0131] Une fois que le joint 90 est formé, on effectue la connexion fluidique du collecteur extérieur 100 avec la face d'échange 5. Pour cela, on rapport le collecteur 100, en particulier le connecteur 101 contre la face d'échange, en approchant le connecteur 101 de l'empilement parallèlement à la direction Y2. Pour le moins, le mouvement d'approche du connecteur 101 a une composante suivant la direction Y2. On fait correspondre le connecteur 101 au joint 90, afin que le connecteur 101 soit en contact d'étanchéité sur tout le périmètre du joint 90. En particulier, le collecteur 100 vient en appui d'étanchéité sur le joint 90 par l'intermédiaire du cordon 96. On fixe en fin le collecteur extérieur 100 à l'aide du système de fixation 102, en particulier en vissant l'embase 103 au bord de fixation 115 et en fixant l'embase 104 au bord de fixation 116. On aboutit alors à la configuration de la [Fig.1].

[0132] Toute caractéristique décrite ci-avant pour l'un des modes de réalisation ou variante

peut être mise en œuvre pour les autres modes de réalisation ou variantes décrits ci-avant, pour autant que techniquement possible.

Revendications

[Revendication 1] Pile à combustible (1), comprenant :

- un empilement (2), comprenant des plaques (10, 30, 50, 70), les plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2) comprenant des plaques de champ d'écoulement (10, 30) et des plaques membrane-électrode (50) et étant empilées suivant une direction d'empilement (Z2) pour constituer des cellules électrochimiques, chaque plaque (10, 30, 50, 70) étant orientée perpendiculairement à la direction d'empilement (Z2) en étant disposée à plat contre la plaque (10, 30, 50, 70) adjacente, chaque plaque (10, 30, 50, 70) comprenant un bord d'échange (11, 31, 51, 71) respectif, les bords d'échange (11, 31, 51, 71) étant parallèles entre eux et formant ensemble une face d'échange (5) appartenant à l'empilement (2), la face d'échange (5) s'étendant parallèlement à la direction d'empilement (Z2) ;
- un collecteur extérieur (100), qui est fluidiquement connecté à l'empilement (2) en étant rapporté contre l'empilement (2) de façon à recouvrir la face d'échange (5), pour un échange d'un fluide opérationnel entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2) par l'intermédiaire de la face d'échange (5) ; et
- un joint de collecteur (90), qui encadre la face d'échange (5) et qui est interposé entre l'empilement (2) et le collecteur extérieur (100), pour assurer une étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2) ;

caractérisée en ce que :

- chaque plaque (10, 30, 50, 70) comprend une encoche de centrage (12, 32, 52, 72) respective, adjacente au bord d'échange (11, 31, 51, 71), les encoches de centrage (12, 32, 52, 72) formant ensemble une rainure de centrage (6) appartenant à l'empilement (2), la rainure de centrage (6) bordant la face d'échange (5) et s'étendant parallèlement à la direction d'empilement (Z2) ; et

- le joint de collecteur (90) comprend une portion de joint longitudinale (91), qui est parallèle à la direction d'empilement (Z2), qui est formée dans la rainure de centrage (6), de sorte que la portion de joint longitudinale (91) est interposée entre l'empilement (2) et le collecteur extérieur (100) pour assurer l'étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2).

[Revendication 2] Pile à combustible (1) selon la revendication 1, dans laquelle au moins l'une des plaques de champ d'écoulement (10, 30) forme des orifices d'échange (19), formés au bord d'échange (11, 31) de la plaque de champ d'écoulement (10, 30), pour déboucher en surface de la face d'échange (5) et être recouverts par le collecteur extérieur (100), l'échange de fluide opérationnel entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2) étant effectué par l'intermédiaire des orifices d'échange (19).

[Revendication 3] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2) comprennent un bord secondaire (13, 33, 53, 73) respectif, parallèle au bord d'échange (11, 31, 51, 71) et étant relié au bord d'échange (11, 31, 51, 71) par l'encoche de centrage (12, 32, 52, 72).

[Revendication 4] Pile à combustible (1) selon la revendication 3, dans laquelle, pour au moins l'une des plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2), le bord d'échange (11, 31, 51, 71) est en saillie vers l'extérieur de l'empilement (2) par rapport au bord secondaire (13, 33, 53, 73).

[Revendication 5] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans laquelle, pour au moins l'une des plaques membrane-électrode (50), le bord secondaire (53) de la plaque membrane-électrode (50) est en saillie vers l'extérieur de l'empilement (2), par rapport au bord secondaire (13, 33) des plaques de champ d'écoulement (10, 30) adjacentes.

[Revendication 6] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle :

- les plaques de champ d'écoulement (10, 30) comprennent des plaques de champ d'écoulement primaires (10) et des plaques de champ d'écoulement secondaires (30) ;
- au moins l'une des plaques de champ d'écoulement primaires

(10) est adjacente à l'une des plaques de champ d'écoulement secondaires (30) pour former, avec ladite plaque de champ d'écoulement secondaire (30), une plaque bipolaire ; et

- pour au moins l'une des plaques bipolaires :
  - le bord d'échange (11) de la plaque de champ d'écoulement primaire (10) et le bord d'échange (31) de la plaque de champ d'écoulement secondaire (30) sont en affleurement mutuel, et
  - l'encoche de centrage (12) de la plaque de champ d'écoulement primaire (10) est en retrait vers l'intérieur de l'empilement (2) par rapport à l'encoche de centrage (32) de la plaque de champ d'écoulement secondaire (30).

[Revendication 7] Pile à combustible (1) selon la revendication 6, dans laquelle l'encoche de centrage (52) d'au moins l'une des plaques membrane-électrode (50) est en affleurement ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement (2), par rapport à l'encoche de centrage (32) de la plaque de champ d'écoulement secondaire (30) adjacente, et en saillie vers l'extérieur de l'empilement (2), par rapport à l'encoche de centrage (12) de la plaque de champ d'écoulement primaire (10) adjacente.

[Revendication 8] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, pour au moins l'une des plaques membrane-électrode (50), le bord d'échange (51) de la plaque membrane-électrode (50) est en saillie vers l'extérieur de l'empilement (2), par rapport au bord d'échange (11, 31) des plaques de champ d'écoulement (10, 30) adjacentes.

[Revendication 9] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'empilement (2) comprend en outre des joints périphériques (80), chaque joint périphérique (80) étant interposé entre l'une des plaques de champ d'écoulement (10, 30) et l'une des plaques membrane-électrode (50) suivant la direction d'empilement (Z2), chaque joint périphérique (80) comprenant :

- une portion de bord d'échange (81), qui est interposée entre le bord d'échange (11, 31) de la plaque de champ d'écoulement (10, 30) et le bord d'échange (51) de la plaque membrane-électrode (50) suivant la direction d'empilement (Z2), en étant

en affleurement avec le bord d'échange (11, 31) de ladite plaque de champ d'écoulement (10, 30) ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement (2) par rapport au bord d'échange (11, 31) de ladite plaque de champ d'écoulement (10, 30) ; et

- une portion en creux (82), qui est interposée entre l'encoche de centrage (12, 32) de la plaque de champ d'écoulement (10, 30) et l'encoche de centrage (52) de la plaque membrane-électrode (50) suivant la direction d'empilement (Z2), la portion en creux (82) étant en retrait vers l'intérieur de l'empilement (2) par rapport à l'encoche de centrage (52) de la plaque membrane-électrode (50) et étant en affleurement ou en retrait vers l'intérieur de l'empilement (2) par rapport à l'encoche de centrage (12, 32) de la plaque de champ d'écoulement (10, 30).

[Revendication 10] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle, pour au moins l'une des plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2), l'encoche de centrage (12, 32, 52, 72) présente un profil en forme d'arc de cercle, en projection dans un plan de projection (P2) qui est orthogonal à la direction d'empilement (Z2).

[Revendication 11] Pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle :

- les plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2) comprennent une plaque terminale (70), terminant l'empilement (2) suivant la direction d'empilement (Z2) ;
- une rainure transversale (8) est ménagée dans le bord d'échange (71) de la plaque terminale (70), la rainure transversale (8) étant reliée à la rainure de centrage (6) en débouchant dans l'encoche de centrage (72) de la plaque terminale (70) ; et
- le joint de collecteur (90) comprend une portion de joint transversale (92), qui est perpendiculaire à la direction d'empilement (Z2), qui est formée dans la rainure transversale (8) et qui est jointe à la portion de joint longitudinale (91), de sorte que la portion de joint transversale (92) est interposée entre la plaque terminale (70) et le collecteur extérieur (100) pour assurer l'étanchéité fluidique de la connexion fluidique

entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2).

[Revendication 12] Procédé, pour fabriquer la pile à combustible (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé comprenant :

- alors que les plaques (10, 30, 50, 70) de l'empilement (2) ne sont pas encore empilées et que le joint de collecteur (90) n'est pas encore formé, installation d'un rail de centrage (131), qui est parallèle à la direction d'empilement (Z2) et qui est apte à être reçu dans l'encoche de centrage (12, 32, 52, 72) respective des plaques (10, 30, 50, 70) ;
- empilement successif des plaques (10, 30, 50, 70) pour former l'empilement (2) alors que le rail de centrage (131) est installé, en guidant les plaques (10, 30, 50, 70) par coopération mécanique d'au moins l'une des encoches de centrage (12, 32, 52, 72) avec le rail de centrage (131), de sorte que le rail de centrage (131) assure un centrage des plaques (10, 30, 50, 70) transversalement par rapport à la direction d'empilement (Z2) ;
- retrait du rail de centrage (131), une fois que l'empilement (2) est achevé, en déplaçant le rail de centrage (131) à l'écart de l'empilement (2), transversalement par rapport à la direction d'empilement (Z2) ;
- mise en place du joint de collecteur (90), avec la portion de joint longitudinale (91) formée dans la rainure de centrage (6), une fois que l'empilement (2) a été achevé et que le rail de centrage (131) a été retiré ; et
- connexion fluidique du collecteur extérieur (100) à l'empilement (2), une fois que le joint de collecteur (90) a été mis en place, en rapportant le collecteur extérieur (100) contre l'empilement (2) de façon à recouvrir la face d'échange (5), avec interposition du joint de collecteur (90), y compris de la portion de joint longitudinale (91), entre l'empilement (2) et le collecteur extérieur (100), pour assurer l'étanchéité de la connexion fluidique entre le collecteur extérieur (100) et l'empilement (2).

[Revendication 13] Procédé selon la revendication 12, dans lequel :

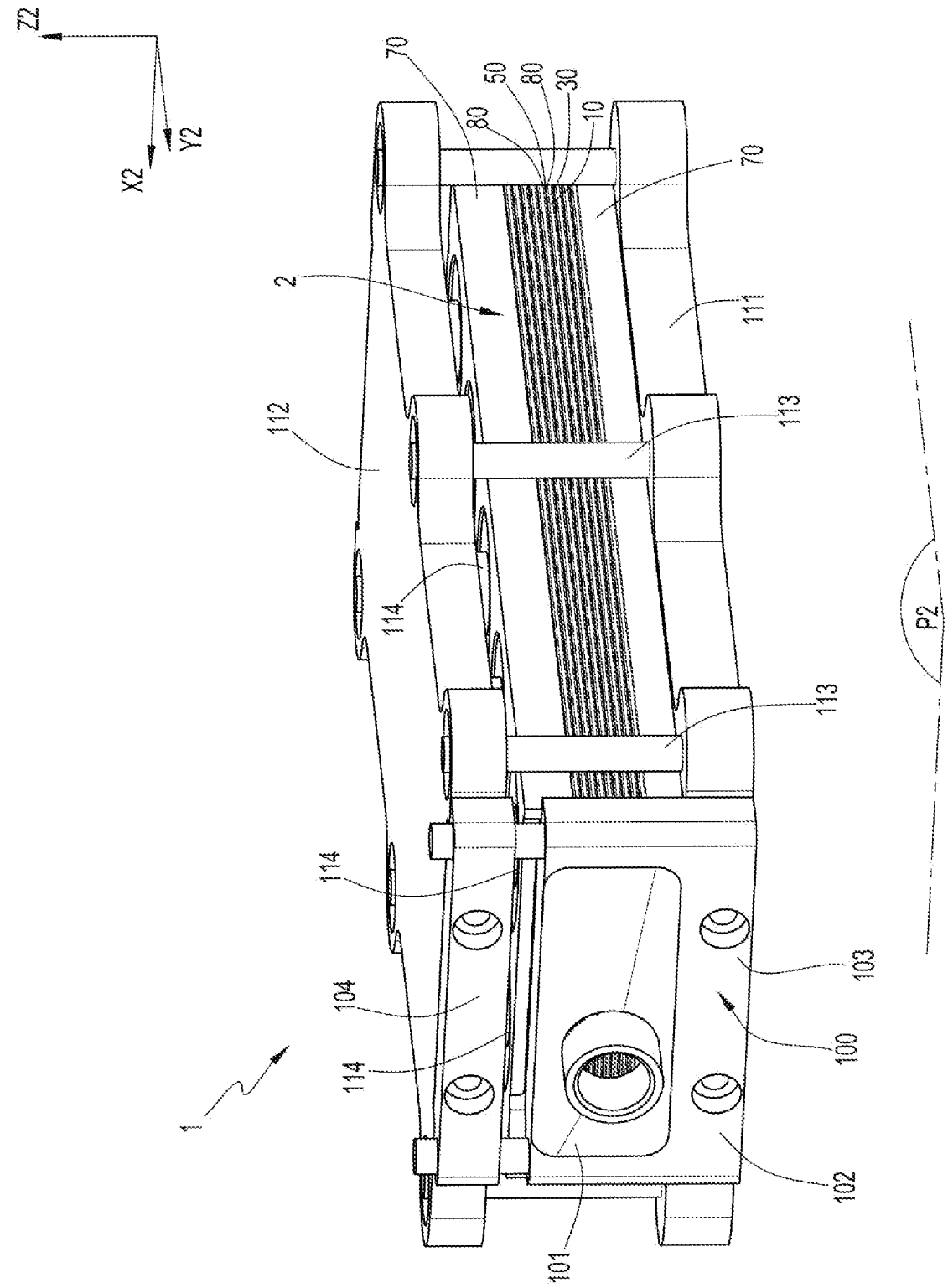
- l'installation du rail de centrage (131) comprend une fixation du rail de centrage (131) sur une plaque d'appui (111) appartenant à la pile à combustible (1) ;
- l'empilement successif des plaques (10, 30, 50, 70) comprend l'empilement de l'une des plaques (10, 30, 50, 70) contre la plaque d'appui (111) parallèlement à la direction d'empilement (Z2) ; et
- le retrait du rail de centrage (131) comprend une séparation du rail de centrage (131) de la plaque d'appui (111).

[Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, dans lequel la mise en place du joint de collecteur (90) comprend :

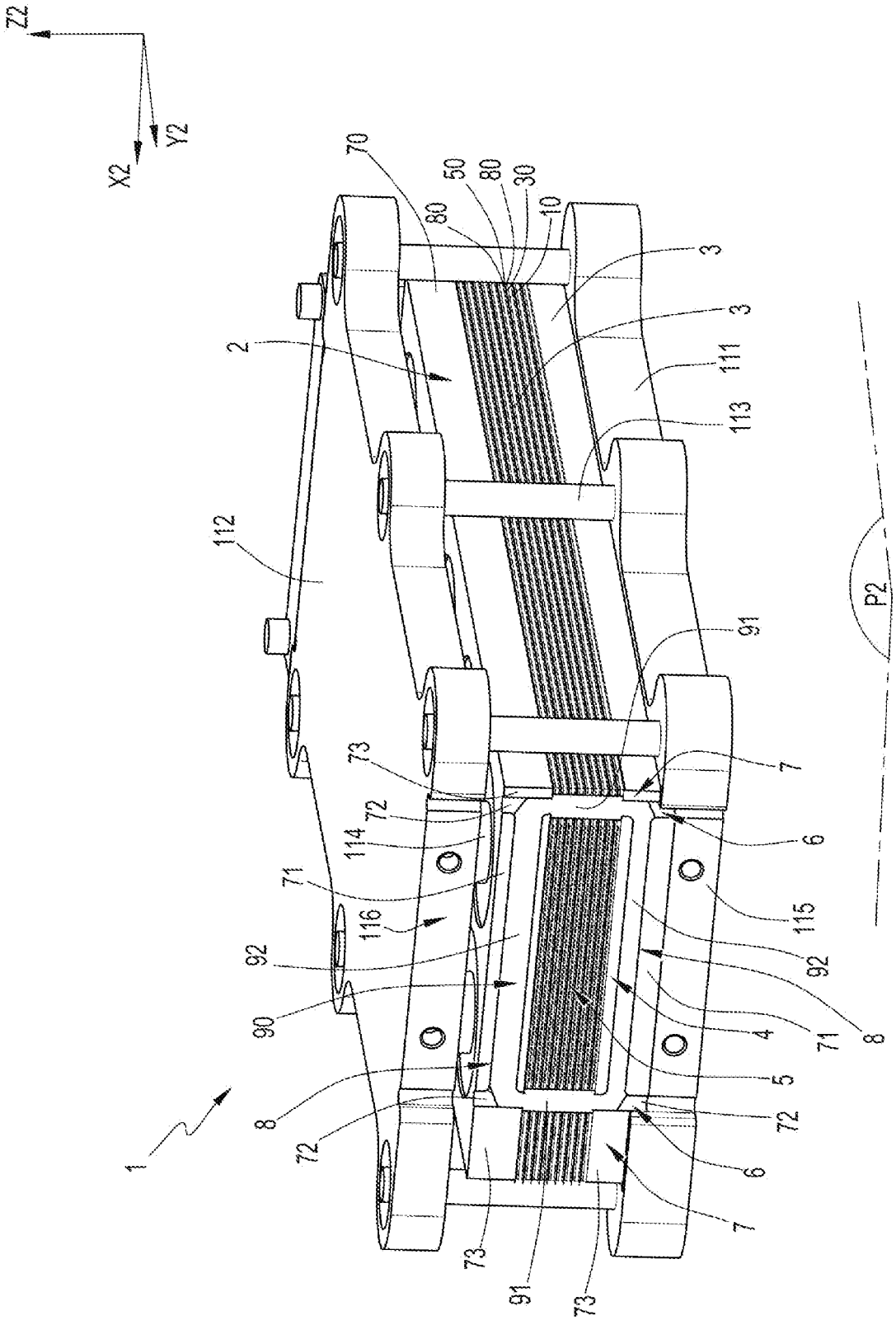
- application d'un premier cordon (95), en élastomère dans un état non réticulé, dans la rainure de centrage (6), pour former la portion de joint longitudinale (91) ; et
- réticulation in-situ de l'élastomère non-réticulé du premier cordon (95), alors que le premier cordon (95) a été appliqué.

[Revendication 15] Procédé selon la revendication 14, dans lequel la mise en place du joint de collecteur (90) comprend en outre, une fois que le premier cordon (95) a été appliqué : application d'un deuxième cordon (96), en élastomère dans un état non-réticulé sur le premier cordon (95), de sorte que le deuxième cordon (96) soit en saillie vers l'extérieur de l'empilement (2), par rapport à la face d'échange (5), l'élastomère du deuxième cordon (96) ayant une viscosité plus élevée, au moment où le deuxième cordon (96) est appliqué que la viscosité de l'élastomère du premier cordon (95), lorsque le premier cordon (95) est appliqué.

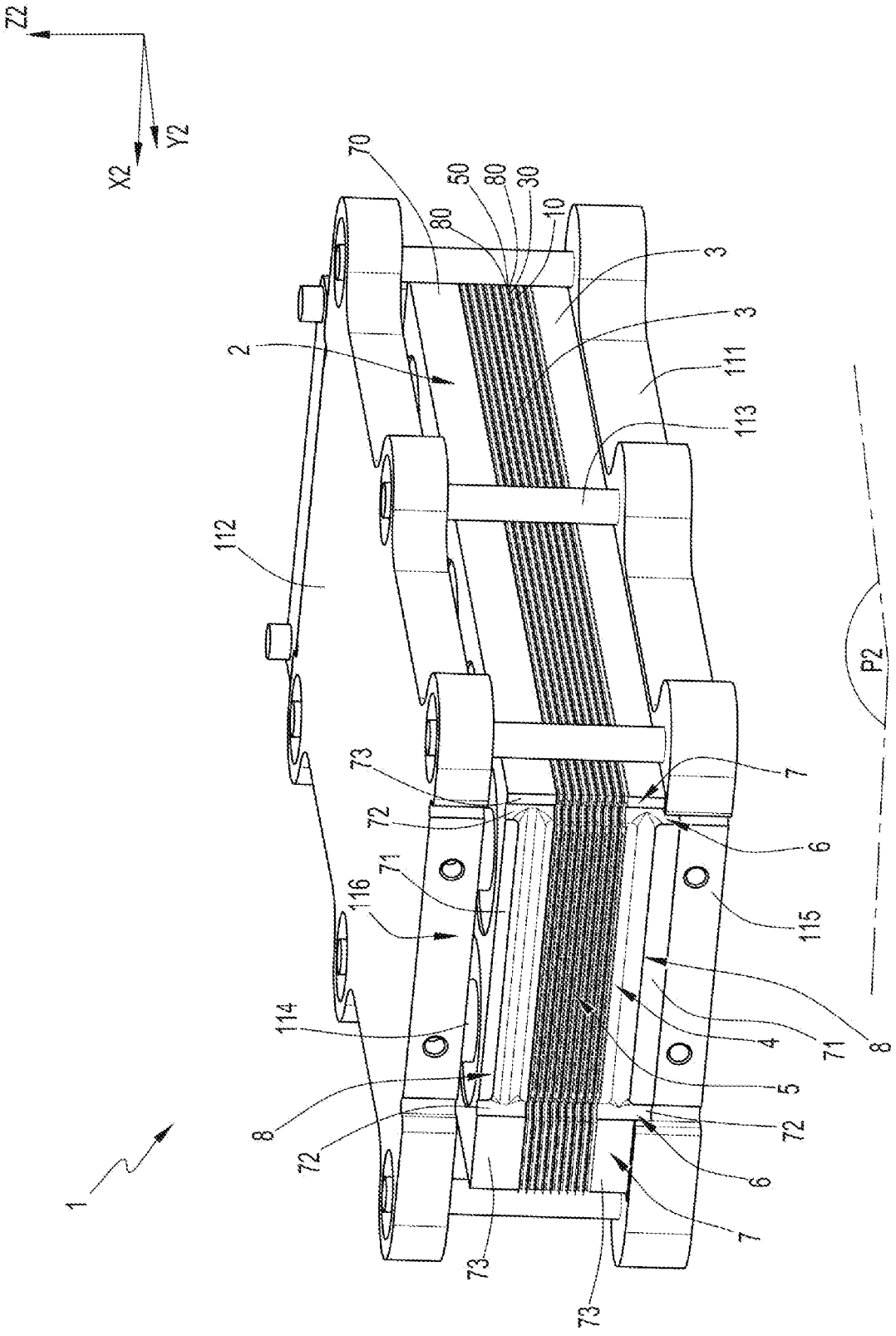
[Fig. 1]


Z2
Y2
X2
70
50
80
30
10
80
70
2
111
112
113
114
113
114
P2
103
104
100
114
1
102
101

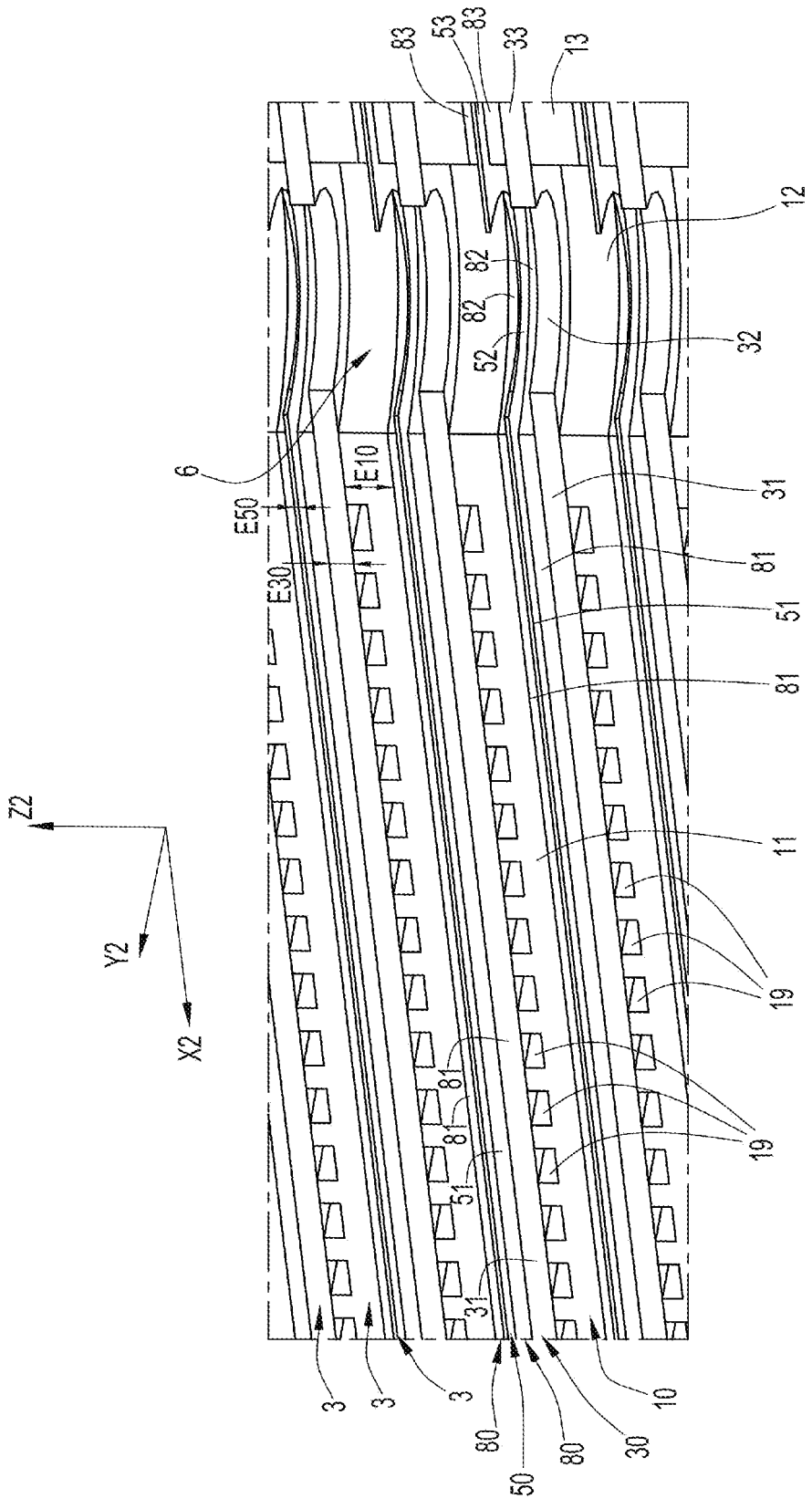
[Fig. 2]


Z2
Y2
X2
70
50
80
30
10
80
3
3
2
111
113
112
91
P2
73
7
72
114
6
71
116
115
92
92
90
4
71
8
5
8
72
72
6
7
73
91
73
1

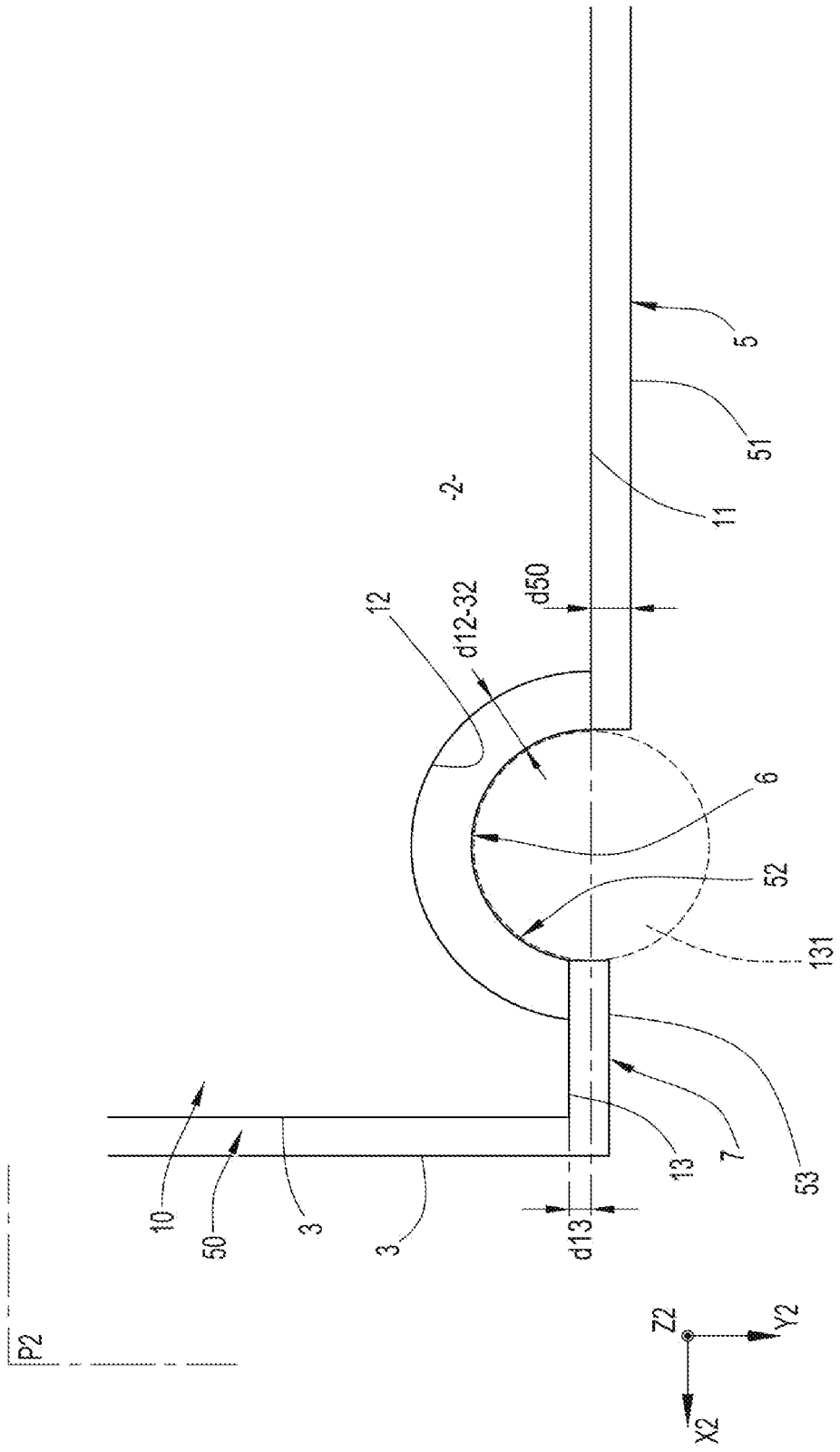
[Fig. 3]


Z2
Y2
X2
70
50
80
30
10
80
3
3
2
111
113
112
P2
73
7
72
6
71
116
115
114
4
8
71
8
5
72
72
6
7
73
73
73
1

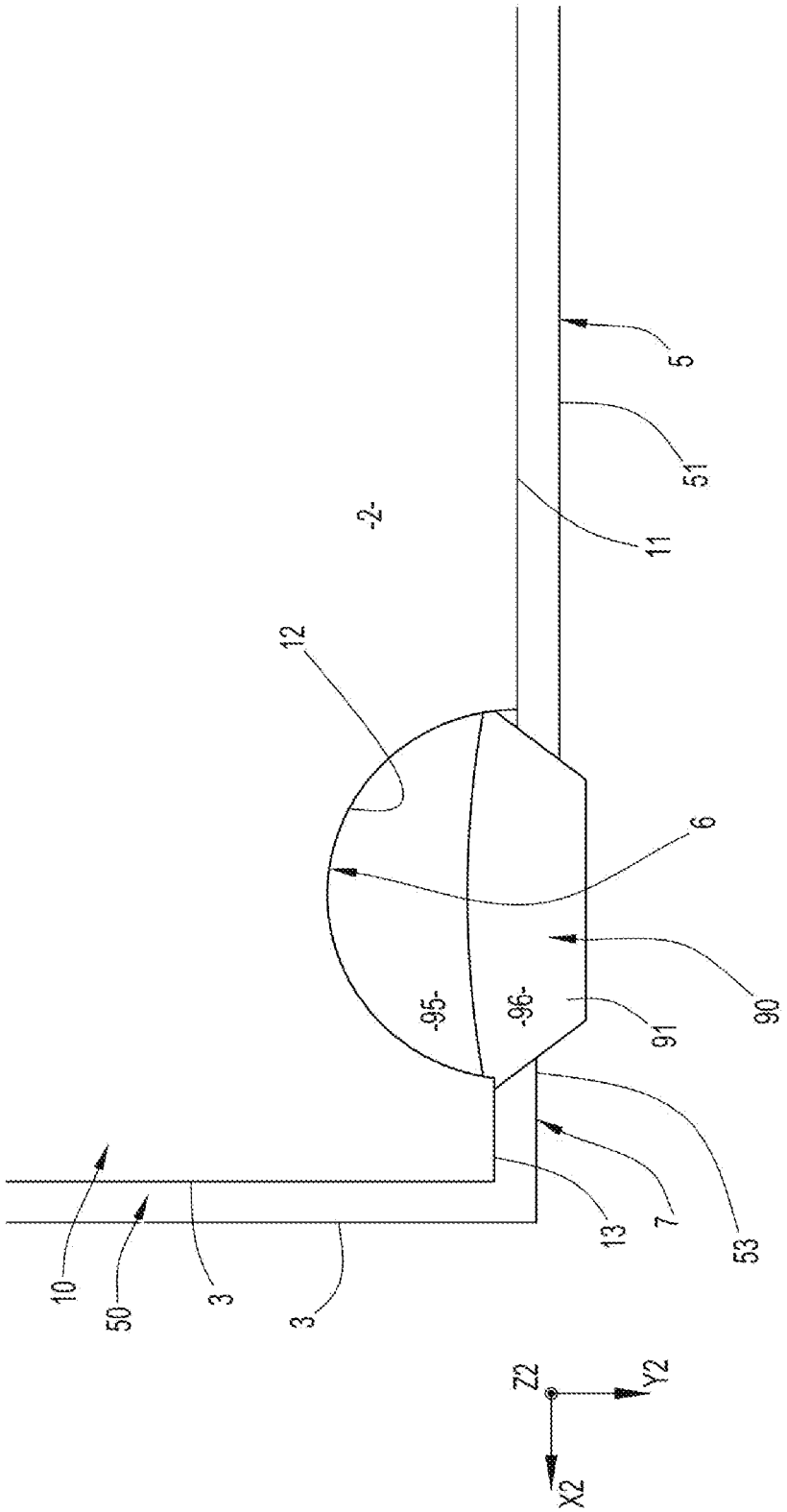
[Fig. 4]


83
53
83
33
13
12
82
82
52
32
6
E50
E10
E30
31
81
51
81
11
19
19
81
81
51
31
3
3
3
80
50
80
30
10
Z2
Y2
X2

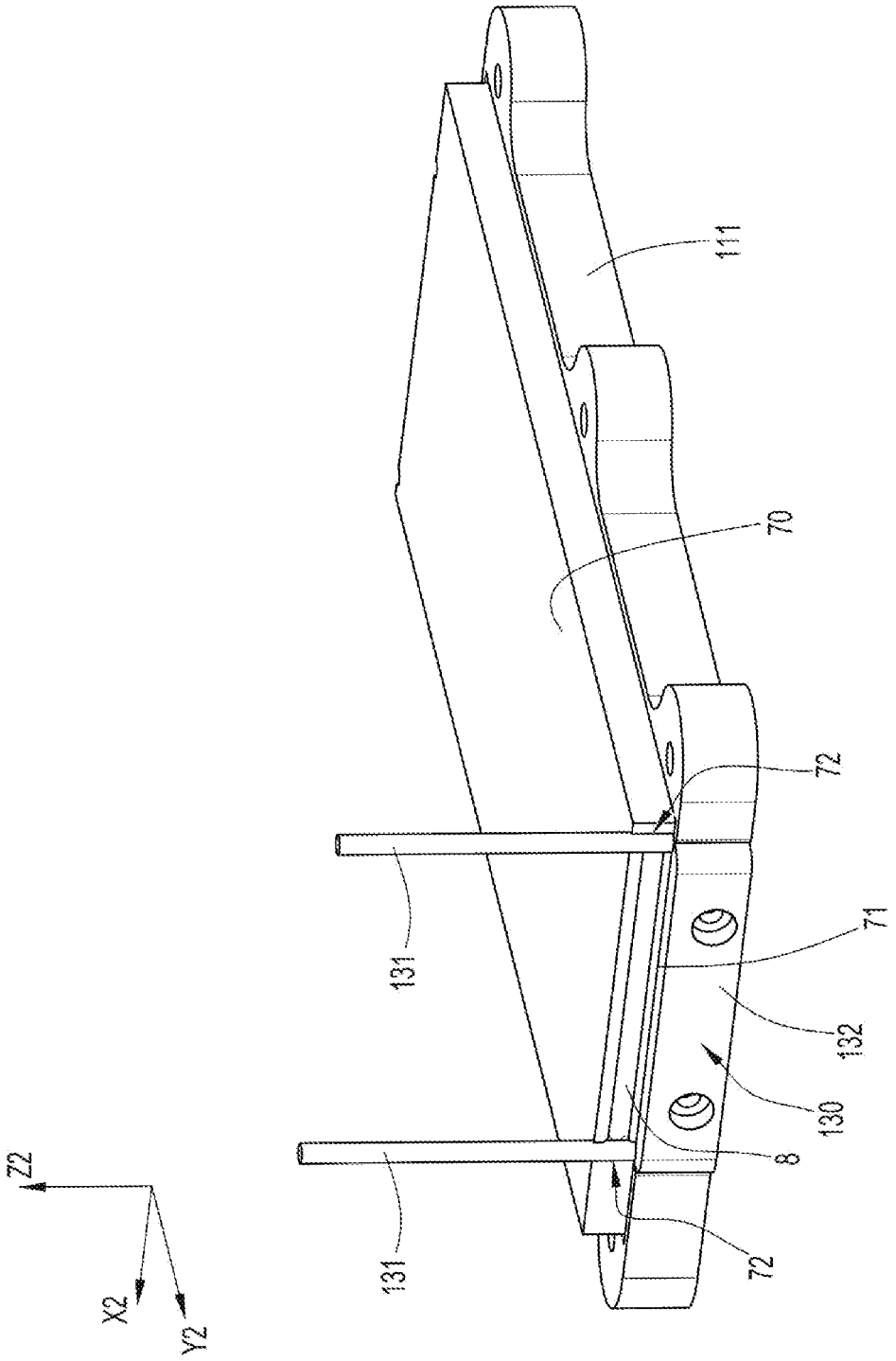
[Fig. 5]



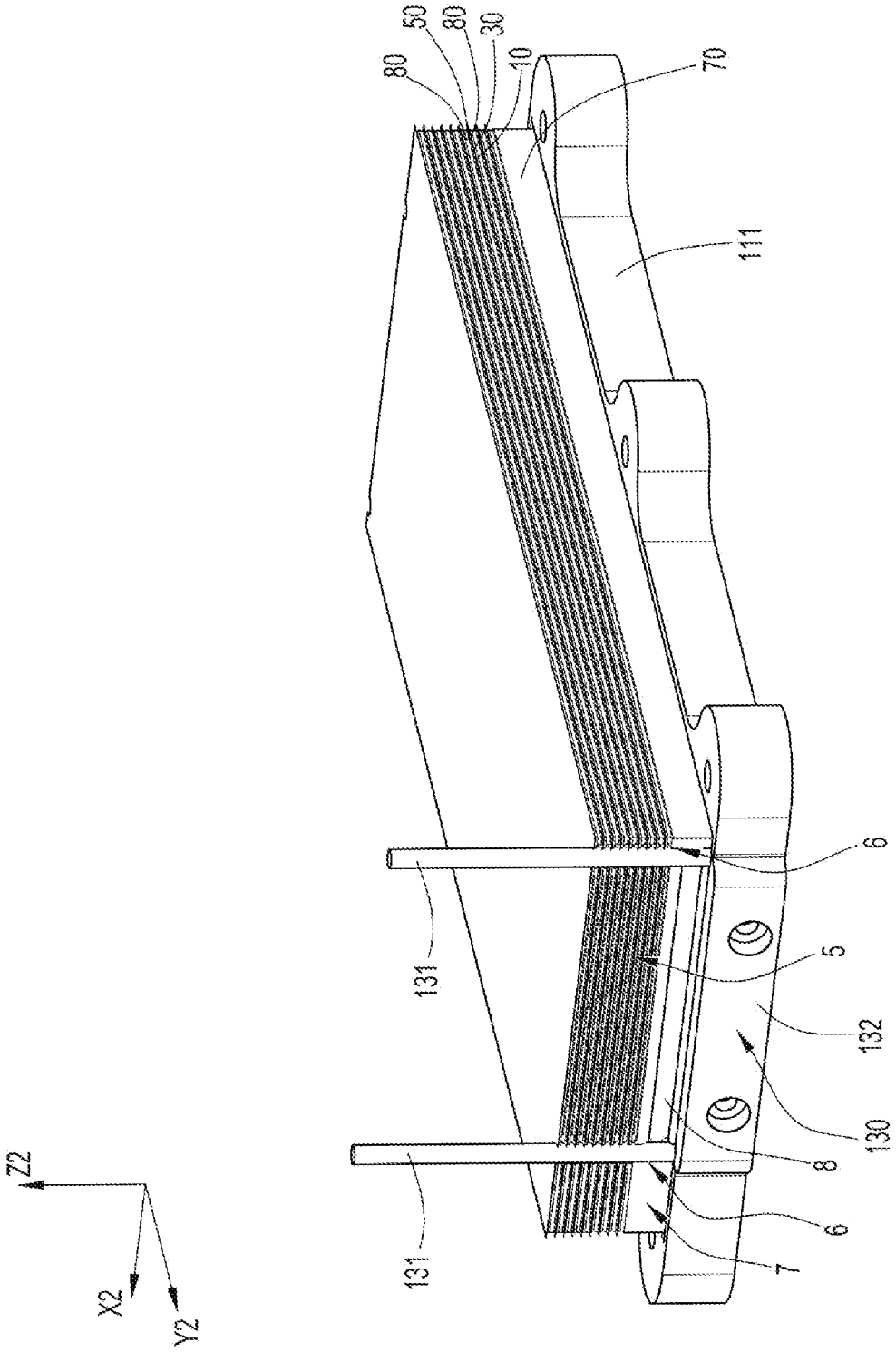
[Fig. 6]



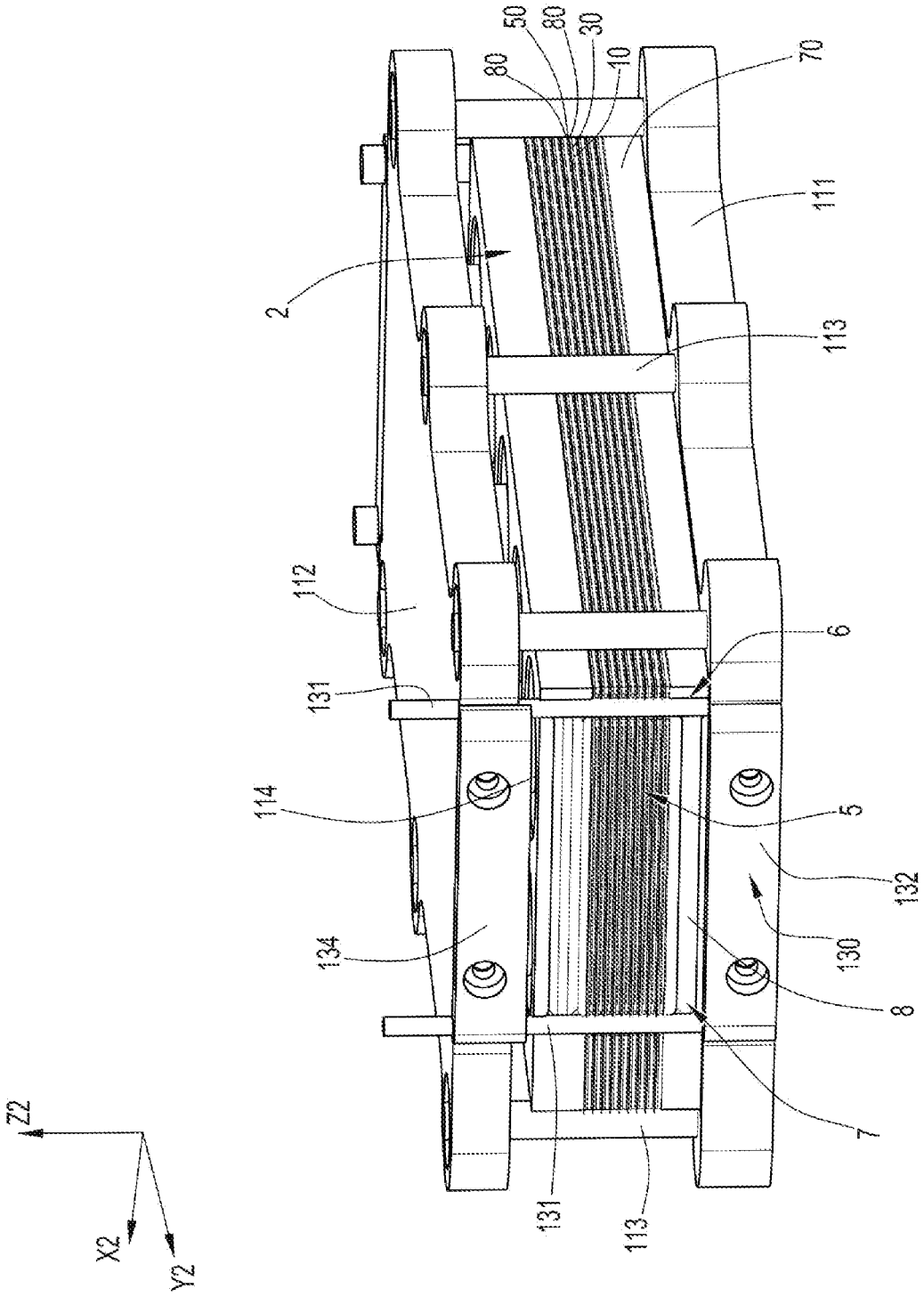
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]


50
80
30
10
80
70
111
2
113
112
6
131
114
5
132
130
134
8
7
131
113
Z2
X2
Y2

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 913983
FR 2213668

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2011/207024 A1 (BOGUMIL TODD D [US] ET AL) 25 août 2011 (2011-08-25) * figures 2-8 * * alinéas [0008] - [0010], [0034] - [0041], [0049] - [0051] * -----	1-3,10, 12,13	H01M 8/02 H01M 8/026
A	US 2006/141325 A1 (HANSELL ERIC [US] ET AL) 29 juin 2006 (2006-06-29) * figures 1,2a,2b,4a,4b * * alinéas [0053] - [0059] * -----	1-15	
A	US 2002/164514 A1 (KELLEY DANA A [US] ET AL) 7 novembre 2002 (2002-11-07) * figures 2,5,6 * * alinéas [0025] - [0038] * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01M

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
29 septembre 2023	Jacquinot, Patrick

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2213668 FA 913983

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **29-09-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011207024 A1	25-08-2011	CN 102163732 A	24-08-2011
		DE 102011011036 A1	03-11-2011
		US 2011207024 A1	25-08-2011
		US 2014370407 A1	18-12-2014
US 2006141325 A1	29-06-2006	EP 1839366 A2	03-10-2007
		EP 2712003 A1	26-03-2014
		JP 2008530723 A	07-08-2008
		KR 20070087672 A	28-08-2007
		KR 20120139850 A	27-12-2012
		US 2006141325 A1	29-06-2006
		WO 2006071349 A2	06-07-2006
US 2002164514 A1	07-11-2002	CN 1615556 A	11-05-2005
		EP 1374329 A1	02-01-2004
		JP 4316887 B2	19-08-2009
		JP 2004522263 A	22-07-2004
		US 2002164514 A1	07-11-2002
		WO 02071523 A1	12-09-2002