

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

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) : SANTINI Clément, Guillaume et GHIO Florian, Sébastien.

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

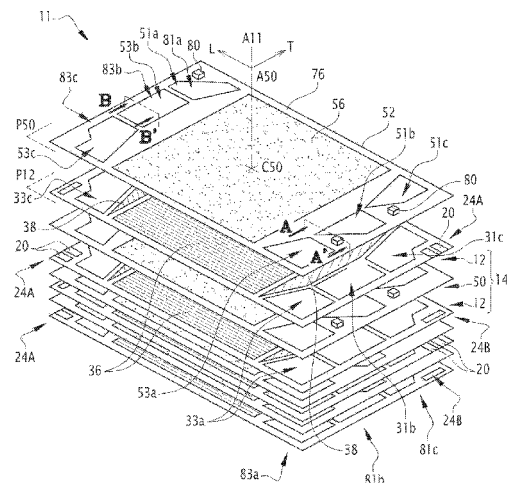
74 Mandataire(s) : Lavoix.

54 Empilement pour une pile à combustible, pile à combustible et véhicule associés.

57 Empilement pour une pile à combustible, pile à combustible et véhicule associés

La présente invention concerne un empilement (11), pour une pile à combustible (10), comprenant une plaque séparatrice (12), comprenant une zone périphérique (35) avec une paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c), la paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c) comprenant un orifice d'alimentation de plaque (31a, 31b, 31c) et un orifice d'évacuation de plaque (33a, 33b, 33c). La pile à combustible comprend un assemblage membrane-électrode (50), comprenant une partie périphérique (52), comprenant une paire d'orifices de l'assemblage (59a, 59b, 59c) avec un orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c) et un orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c). La paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c) est symétrique par rotation autour d'un axe central de plaque et une aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c) est inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c).

Figure pour l'abrégé: Figure 4



## Description

### **Titre de l'invention : Empilement pour une pile à combustible, pile à combustible et véhicule associés**

- [0001] La présente invention concerne un empilement pour une pile à combustible, ainsi qu'une pile à combustible et un véhicule associés.
- [0002] Dans le domaine des piles à combustible, il est connu de chercher à rendre le flux de gaz réactif et/ou de fluide de refroidissement uniforme, tout en optimisant la quantité de réactifs consommés, afin que les cellules de la pile à combustible fonctionnent de manière uniforme et optimale. A cette fin, CN107968210A décrit l'utilisation de plaques cathodique et anodique formant des plaques bipolaires et des assemblages membrane-électrodes avec des orifices d'alimentation et d'évacuation des fluides qui forment des galeries d'alimentation et d'évacuation des fluides. Les plaques anodique et cathodique et les assemblages membrane-électrodes comprennent des orifices d'alimentation et d'évacuation de gaz réactifs et de fluide réfrigérant disposés de part et d'autre des plaques anodiques, cathodiques et des assemblages membrane-électrode, ces orifices étant asymétriques par rapport au centre des plaques séparatrices et des assemblages membrane électrode respectivement.
- [0003] Toutefois, ces dispositions imposent la géométrie des orifices des plaques bipolaires, autrement dit la forme de ces orifices, ainsi que l'orientation des plaques bipolaires les unes par rapport aux autres. En effet, les plaques bipolaires doivent toutes être orientées dans le même sens pour pouvoir définir des galeries d'alimentation et d'évacuation dont la section est optimisée.
- [0004] Le but de l'invention est de résoudre les inconvénients de l'art antérieur en proposant un nouvel empilement pour une pile à combustible permettant d'optimiser le flux de fluide sans imposer de géométrie des orifices des plaques bipolaires ou d'orientation particulière des plaques bipolaires.
- [0005] A cet effet, l'invention a pour objet un empilement, pour une pile à combustible. L'empilement comprend une plaque séparatrice, s'étendant parallèlement à un plan médian, le plan médian étant perpendiculaire à une direction d'empilement, la plaque séparatrice comprenant une zone périphérique qui comprend une paire d'orifices de plaque, la paire d'orifices de plaque comprenant un orifice d'alimentation de plaque et un orifice d'évacuation de plaque, un même fluide fonctionnel circulant à travers l'orifice d'alimentation de plaque et l'orifice d'évacuation de plaque, et un champ de circulation, entouré par la zone périphérique. L'empilement comprend également un assemblage membrane-électrode, s'étendant parallèlement au plan médian, superposé à la plaque séparatrice et comprenant une partie centrale en regard du champ de cir-

culation selon la direction d'empilement, et une partie périphérique, entourant la partie centrale, en regard de la zone périphérique suivant la direction d'empilement, la partie périphérique comprenant une paire d'orifices de l'assemblage, la paire d'orifices de l'assemblage comprenant un orifice d'alimentation de l'assemblage et un orifice d'évacuation de l'assemblage, les orifices d'alimentation de l'assemblage et d'évacuation de l'assemblage étant respectivement superposés aux orifices d'alimentation et d'évacuation de plaque, le même fluide fonctionnel circulant à travers l'orifice d'alimentation de l'assemblage et l'orifice d'évacuation de l'assemblage, chaque orifice d'assemblage et de plaque délimitant une section, parallèlement au plan médian, les orifices d'alimentation superposés formant partie d'une galerie d'alimentation parallèle à la direction d'empilement, afin que le même fluide fonctionnel circulant dans la galerie d'alimentation alimente le champ de circulation, les orifices d'évacuation superposés formant partie d'une galerie d'évacuation, parallèle à la direction d'empilement, afin que le même fluide fonctionnel ayant été admis dans le champ de circulation depuis la galerie d'alimentation soit évacué par la galerie d'évacuation. En outre, dans l'empilement la paire d'orifice de plaque est symétrique par rotation de 180 degrés d'angle autour d'un axe central de plaque parallèle à la direction d'empilement et passant par le centre de plaque, et une aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage est inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage, le même fluide fonctionnel circulant à travers l'orifice d'alimentation de l'assemblage et l'orifice d'évacuation de l'assemblage.

[0006] Une idée à la base de l'invention est de prévoir que la plaque séparatrice soit symétrique par rapport au centre de plaque, au moins pour sa paire d'orifices de plaque, et que l'assemblage membrane-électrode soit asymétrique par rapport à un axe central de MEA, parallèle à la direction d'empilement et passant par le centre de MEA, au moins pour sa paire d'orifices de l'assemblage correspondant au même fluide fonctionnel. Pour chaque paire d'orifice de l'assemblage associée à un fluide fonctionnel donné, l'orifice d'alimentation est d'aire inférieure à l'aire de l'orifice d'évacuation, et les orifices d'alimentation et d'évacuation de chaque paire d'orifices de l'assemblage sont diamétralement opposés l'un par rapport à l'autre, ainsi l'assemblage membrane-électrode est asymétrique par rapport à un axe central de MEA parallèle à la direction d'empilement et passant par un centre de l'assemblage. La galerie d'alimentation formée en partie par chaque orifice d'alimentation de l'assemblage a donc une section inférieure à la galerie d'évacuation formée par chaque orifice d'évacuation de l'assemblage. Le flux de fluide est donc optimisé, et cela, indépendamment de la géométrie des orifices de plaque, ou de l'orientation des plaques séparatrices les unes par rapport aux autres.

[0007] Ces dispositions sont particulièrement avantageuses dans un cas où plusieurs plaques

séparatrices et plusieurs assemblages membrane-électrodes sont prévus dans l'empilement, en ce que l'on peut par exemple prévoir que toutes les plaques séparatrices sont identiques et disposées de façon alternée, en étant dans une position qui est d'une plaque séparatrice à la suivante, pivotée de 180 degrés d'angle par rapport à un axe central parallèle à la direction d'empilement A11 et passant par leur centre de plaque respectif, et que tous les assemblages membrane-électrodes sont identiques et disposés selon la même orientation les uns par rapport aux autres. La fabrication de l'empilement est alors facilitée, sans préjudice à l'optimisation des flux de fluide fonctionnels dans les galeries d'alimentation et d'évacuation.

- [0008] Suivant des aspects avantageux de l'invention, l'empilement comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :
- [0009] - L'aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage est inférieure à l'aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage d'un facteur compris entre 5% et 50%, de préférence entre 8% et 33%.
- [0010] - Chaque orifice de l'assemblage est délimité par un bord périphérique respectif, formé par la partie périphérique,
- [0011] - le bord périphérique de l'orifice d'alimentation de l'assemblage comprend une portion superposée et une portion en débord,
- [0012] - le bord périphérique de l'orifice d'évacuation de l'assemblage comprend une portion superposée et une portion en retrait,
- [0013] - la portion superposée de l'orifice d'alimentation de l'assemblage est de forme identique à celle de la portion superposée de l'orifice d'évacuation de l'assemblage, et
- [0014] - la portion en débord étant plus décalée vers l'intérieur de l'orifice d'alimentation de l'assemblage que ne l'est la portion en retrait vers l'intérieur de l'orifice d'évacuation de l'assemblage.
- [0015] - La portion superposée de l'orifice d'alimentation de l'assemblage est disposée entre la portion en débord et la partie centrale.
- [0016] - Le bord périphérique de l'orifice d'évacuation de l'assemblage forme des coins ;
- [0017] - le bord périphérique de l'orifice d'alimentation de l'assemblage forme des coins ;
- [0018] - la portion en retrait forme au moins l'un des coins du bord périphérique de l'orifice d'évacuation de l'assemblage ; et
- [0019] aucun des coins du bord périphérique de l'orifice d'alimentation de l'assemblage n'est formé par la portion en débord.
- [0020] - La partie centrale comprend une membrane polymère échangeuse de protons, la partie centrale étant entourée par la partie périphérique et étant superposée au champ de circulation selon la direction d'empilement.
- [0021] - La plaque séparatrice est une plaque bipolaire qui comprend une plaque polaire

anodique et une plaque polaire cathodique superposées.

- [0022] - Cet empilement comprend plusieurs assemblages membrane-électrodes, et plusieurs plaques séparatrices, superposés alternativement dans la direction d'empilement.
- [0023] - Les plaques séparatrices sont identiques et, pour chaque plaque séparatrice dans l'empilement, la plaque séparatrice immédiatement successive dans l'empilement selon la direction d'empilement, est disposée, par rapport à ladite plaque séparatrice, dans une position pivotée de 180 degrés d'angle autour de l'axe central de plaque.
- [0024] - Cet empilement comprend en outre un élément de rigidification ou d'étanchéification, qui est interposé entre, d'une part, la partie périphérique de l'un des assemblages membrane-électrode, à proximité de la portion en débord, et, d'autre part, la partie périphérique de l'assemblage membrane-électrode immédiatement successive selon la direction d'empilement, à proximité de la portion en débord, l'élément de rigidification ou d'étanchéification traversant l'orifice d'alimentation de plaque de la plaque séparatrice qui sépare ces deux assemblages membrane-électrodes.
- [0025] - Les sections des orifices d'alimentation de l'assemblage formant partie d'une même galerie d'alimentation sont d'aire différente pour au moins deux assemblages membrane-électrodes différents de l'empilement.
- [0026] - Chaque plaque séparatrice comprend un connecteur, sur un bord périphérique de la plaque séparatrice, chaque connecteur étant configuré pour recevoir une broche d'un module de mesure, et pour chaque plaque séparatrice dans l'empilement, le connecteur de la plaque séparatrice et le connecteur de la plaque séparatrice immédiatement successive dans l'empilement selon la direction d'empilement, sont disposées symétriquement selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central.
- [0027] L'invention concerne également une pile à combustible comprenant un empilement comme décrit ci-dessus.
- [0028] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, la pile à combustible comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :
- [0029] - Cette pile à combustible comprend en outre une conduite d'alimentation en fluide fonctionnel, branchée à la galerie d'alimentation pour alimenter la galerie d'alimentation en fluide fonctionnel, et une conduite d'évacuation, branchée à la galerie d'évacuation pour évacuer le fluide fonctionnel de la galerie d'évacuation, les conduites d'alimentation et d'évacuations étant branchées à une même extrémité de l'empilement.
- [0030] L'invention concerne également un véhicule comprenant au moins une pile à combustible comme décrit ci-dessus.
- [0031] L'invention apparaîtra plus clairement à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins

dans lesquels :

- [Fig.1] la [Fig.1] représente une vue schématique en perspective d'une pile à combustible selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [Fig.2] la [Fig.2] représente une vue schématique d'un empilement de la pile à combustible de la [Fig.1] ;
- [Fig.3] la [Fig.3] représente une vue schématique et en perspective de la connexion entre les modules et les cellules de l'empilement de plaques bipolaires de la pile à combustible de la [Fig.1] ;
- [Fig.4] la [Fig.4] représente schématiquement, l'empilement de la [Fig.1], représenté en perspective partiellement éclatée;
- [Fig.5] la [Fig.5] est une vue de dessus d'une plaque bipolaire et d'un assemblage membrane-électrode
- [Fig.6] la [Fig.6] est une vue en coupe selon le plan A-A' de l'empilement de la pile à combustible de la [Fig.4]
- [Fig.7] la [Fig.7] est une vue en coupe selon le plan B-B' de l'empilement de la pile à combustible de la [Fig.4].
- [Fig.8] la [Fig.8] est une vue de dessus d'un assemblage membrane-électrode selon un autre mode de réalisation de l'invention.

[0032] Sur les figures 1 et 2, on a représenté une pile à combustible 10 conforme à un premier mode de réalisation de l'invention. La pile à combustible 10 est par exemple destinée à être utilisée dans un véhicule à moteur, en particulier à moteur électrique, l'énergie électrique alimentant le moteur étant essentiellement, si ce n'est totalement, fournie par la pile à combustible 10.

[0033] La pile à combustible 10 comprend un empilement 11 comprenant des plaques séparatrices, ici des plaques bipolaires 12.

[0034] Chaque plaque bipolaire 12 présente deux faces externes opposées : une face anodique et une face cathodique.

[0035] Chaque plaque bipolaire 12 est ici formée par deux plaques monopolaires 13, superposées, les deux plaques monopolaires 13 incluant une première plaque polaire 13A, ici une plaque cathodique, et une deuxième plaque polaire 13B, ici une plaque anodique. L'expression « deux plaques monopolaires 13 successives » désigne les deux plaques monopolaires cathodique 13A et anodique 13B associées pour former une même plaque bipolaire 12. Les plaques monopolaires 13 sont aussi appelées simplement « plaques polaires 13 ». Dans une telle plaque bipolaire 12 formée par deux plaques monopolaires 13, superposées, la plaque monopolaire anodique 13B forme la face anodique de la plaque bipolaire 12, et la plaque monopolaire cathodique 13A forme la face cathodique de la plaque bipolaire 12. Les faces anodiques et cathodiques de la plaque bipolaire 12 sont des faces externes de la plaque bipolaire 12.

- [0036] Les deux plaques monopolaires 13 sont assemblées l'une à l'autre de manière étanche. Chaque plaque bipolaire 12 présente une forme sensiblement plane qui s'étend selon un plan médian P12.
- [0037] Dans ce mode de réalisation, les deux plaques monopolaires 13 associées, qui forment une même plaque bipolaire 12, sont réalisées en métal et sont soudées ou collées l'une à l'autre, ou encore serrées l'une contre l'autre par une force de compression appliquée, selon la direction d'empilement A11, sur l'empilement 11.
- [0038] La pile 10 comporte une pluralité de cellules 14 réalisées sous forme d'un empilement de plaques bipolaires 12, une cellule 14 étant formée entre deux plaques bipolaires 12 consécutives. L'empilement 11, comprenant plusieurs plaques bipolaires 12 empilées, est ainsi constitué de plusieurs cellules 14 individuelles reliées électriquement en série. Pour chaque cellule individuelle 14, la pile à combustible 10 comprend aussi un assemblage membrane-électrode 50, appartenant à l'empilement 11, qui est intercalé entre les deux plaques bipolaires 12 associées à cette cellule 14. L'assemblage membrane-électrode 50 est aussi désigné par MEA 50 (abréviation de l'expression « *membrane-electrode assembly* »). Ainsi, l'empilement 11 comprend plusieurs plaques bipolaires 12 empilées et plusieurs MEA 50 empilées, une MEA 50 étant empilée entre deux plaques bipolaires 12 successives. En particulier, une MEA 50 est en contact d'une part avec la face cathodique d'une première plaque bipolaire 12, d'autre part avec la face anodique de la plaque bipolaire 12 suivante dans l'empilement 11, selon la direction d'empilement A11.
- [0039] Chaque plaque bipolaire 12 est ainsi commune à deux cellules 14 voisines. Chaque assemblage membrane-électrode 50 s'étend selon un plan moyen P50, qui est parallèle aux deux plans médians P12 associés aux plaques bipolaires 12 entre lesquelles est intercalé cet assemblage membrane-électrode 50.
- [0040] Les plaques bipolaires 12 et les MEA 50 sont empilées selon une direction d'empilement A11. La direction d'empilement A11 est orthogonale au plan médian P12 des plaques bipolaires 12 empilées et au plan moyen P50 des MEA 50. Autrement dit, le plan médian P12 est un plan transversal à la direction d'empilement A11. On définit aussi une direction longitudinale L et une direction transversale T, qui forment avec la direction d'empilement A11 un repère orthogonal. Pour chaque plaque bipolaire 12, on définit un centre de plaque C12 de cette plaque bipolaire 12, situé dans le plan médian P12.
- [0041] La pile à combustible 10 comprend aussi deux plaques terminales 16, qui sont agencées de part et d'autre de l'empilement 11. L'empilement 11 est pris en sandwich entre les deux plaques terminales 16 et est comprimé selon la direction d'empilement A11 entre les plaques terminales 16. Les plaques terminales 16 sont par exemple réalisées en aluminium.

- [0042] Des conduites d'alimentation 17a, 17b, 17c et d'évacuation 19a, 19b et 19c représentées en pointillés à la [Fig.1] sont reliées à la pile à combustible 10 au niveau d'une des plaques terminales 16. En particulier, les conduites d'alimentation 17a, 17b, 17c et d'évacuation 19a, 19b, 19c sont situées à une même extrémité de l'empilement 11. Les conduites d'alimentation 17a, 17b, 17c alimentent la pile à combustible 10 avec des fluides fonctionnels et les conduites d'évacuation 19a, 19b, 19c évacuent les fluides fonctionnels et des produits de réaction éventuellement formés dans la pile à combustible 10. Plus particulièrement, les fluides fonctionnels sont au nombre de trois : deux gaz réactifs et un fluide de refroidissement. Les gaz réactifs sont de l'hydrogène et de l'air. L'air peut éventuellement être remplacé par de l'oxygène. Les conduites d'alimentations 17a, 17b et 17c alimentent la pile à combustible 10 respectivement en hydrogène, en fluide de refroidissement et en air. Les conduites d'alimentation 19a, 19b et 19c évacuent respectivement l'hydrogène, le fluide de refroidissement et l'air éventuellement enrichi des produits de réaction de la pile à combustible 10.
- [0043] L'ordre et la disposition relative des conduites 17a, 17b, 17c, 19a, 19b et 19c montrée sur la [Fig.1] est donnée à titre d'exemple et peut être modifiée en fonction de l'application.
- [0044] Afin de mesurer les caractéristiques électriques des cellules 14, par exemple une tension électrique aux bornes d'une ou plusieurs cellules 14, des modules 18 de mesure d'au moins une caractéristique électrique des cellules 14 sont connectés à l'empilement 11 de plaques bipolaires 12. Chaque module 18 permet de surveiller l'état de l'empilement 11 afin d'adapter le fonctionnement du système de pile à combustible 10.
- [0045] Deux plaques monopolaires 13 successives, appartenant donc à une même plaque bipolaire 12, sont avantageusement disposées dos à dos et forment entre elles au moins une poche 20 sur un bord de la plaque bipolaire 12, par exemple sur un bord périphérique de la plaque bipolaire 12 qui s'étend parallèlement à la direction transversale T.
- [0046] Chaque poche 20 est configurée pour recevoir une broche 22 d'un module 18 de mesure de caractéristiques électriques des cellules 14.
- [0047] De manière plus générale, une plaque séparatrice peut comporter un connecteur électrique, mâle ou femelle, de préférence agencé sur un bord périphérique de la plaque séparatrice. La poche 20 est un exemple d'un tel connecteur électrique femelle.
- [0048] Les plaques bipolaires 12 sont identiques les unes aux autres. Dans l'exemple, deux plaques bipolaires 12 successives sont empilées tête bêche, c'est-à-dire que l'une des plaques bipolaires 12 est disposée par rapport à l'autre plaque bipolaire 12, dans une position qui est pivotée de 180 degrés d'angle par rapport à un axe central de plaque A12, parallèle à la direction d'empilement A11 et passant par le centre de plaque C12,

comme visible sur la [Fig.2]. Ainsi, dans l'exemple comprenant des modules 18 sur un seul côté de l'empilement 11, seule l'au moins une poche 20 d'une plaque bipolaire 12 sur deux affleure au voisinage des modules 18. De manière alternative, les modules 18 peuvent être situés de part et d'autre de l'empilement 11, de telle sorte que chaque poche 20 affleure au voisinage d'un module 18.

- [0049] Selon l'exemple représenté, chaque plaque bipolaire 12 forme exactement deux poches 20 de réception d'une broche 22 chacune. Pour chaque plaque bipolaire 12, les poches 20 de réception de cette plaque bipolaire 12 sont agencées au voisinage les unes des autres, formant une zone de connexion 24A de cette plaque bipolaire 12.
- [0050] Chaque plaque bipolaire 12 comprend aussi une zone complémentaire 24B. La zone complémentaire 24B de la plaque bipolaire 12 est une portion de plaque bipolaire 12 dans laquelle s'étend le matériau constitutif de la plaque, de préférence une portion lisse. Pour chaque plaque bipolaire 12, la zone complémentaire 24B est située symétriquement à l'opposé de la zone de connexion 24A par rapport à l'axe central de plaque A12, parallèle à la direction d'empilement A11 et passant par le centre de plaque C12 de cette plaque bipolaire 12. Ainsi, pour deux plaques bipolaires 12 consécutives quelconques de l'empilement 11, la zone de connexion 24A de l'une des deux plaques 12 est agencée en regard, selon la direction d'empilement A11, de la zone complémentaire 24B de l'autre plaque bipolaire 12. Pour trois plaques bipolaires 12 consécutives quelconques de l'empilement 11, la zone de connexion 24A de l'une des deux plaques 12, qui est située entre les deux autres plaques bipolaires 12 qui l'encadrent dans la direction d'empilement A11, est agencée en regard, selon la direction d'empilement A11, de la zone complémentaire 24B de chacune des deux autres plaques bipolaires 12 qui l'encadrent dans la direction d'empilement A11.
- [0051] Comme illustré en [Fig.2], l'empilement 11 comprend deux rangées 23 de zones de connexion 24A, chacune des rangées 23 s'étendant selon la direction d'empilement A11. Les deux rangées 23 sont situées symétriquement l'une de l'autre par rapport à l'axe central de plaque A12 parallèle à la direction d'empilement A11 et passant au centre de plaque C12 de chacune des plaques bipolaires 12. Dans l'exemple, les deux rangées 23 sont situées de part et d'autre d'un plan transversal de l'empilement, le plan transversal étant orthogonal à la direction longitudinale L. Dans l'exemple illustré, les modules 18 sont connectés à une seule des rangées 23, située sur le haut de la [Fig.2], l'autre rangée étant laissée inutilisée. En variante non représentée, d'autres modules du type des modules 18 sont connectés à l'autre rangée de zones de connexion 24A.
- [0052] Ce qui est valable pour une des rangées 23 de zones de connexion 24A est transposable à l'autre rangée 23 de zones de connexion 24A. Dans la suite, on décrit principalement la rangée 23 à laquelle sont connectées les modules 18.
- [0053] La deuxième poche 20 permet de faire de la mesure quatre fils par groupe de vingt

cellules 14. Elle est utilisée pour une mesure d'impédance. En particulier, chaque poche 20 est conformée pour coopérer avec ladite broche 22.

- [0054] Chaque module 18 comporte ici dix broches 22 alignées configurées pour connecter dix poches 20 au dit module 18, soit vingt cellules 14, et une broche supplémentaire 25 pour connecter la deuxième poche 20 de l'une des vingt cellules 14, comme visible sur la [Fig.3]. Les dix broches 22 alignées permettent de mesurer entre deux broches 22 consécutives la tension aux bornes de deux cellules 14 consécutives. Les broches 22, 25 d'un module 18 sont de préférence identiques.
- [0055] Dans le mode de réalisation représenté, chaque zone de connexion 24A comprend deux poches 20, une des poches 20 étant associée à une des broches 22 du module 18, tandis que l'autre poche 20 est configurée pour recevoir la broche supplémentaire 25.
- [0056] L'exemple représenté comprend deux modules 18, cependant la pile à combustible 10 n'est pas limitée à deux modules mais peut en comprendre davantage, par exemple dix modules 18 pour connecter deux cents cellules 14. De manière analogue, le nombre de broches 22 pour chaque module 10 n'est pas limitatif.
- [0057] La broche supplémentaire 25 est disposée sensiblement parallèlement à l'alignement de broches 20 et de préférence à une extrémité longitudinale du module 18. Par exemple, la broche supplémentaire 25 est configurée pour injecter du courant dans la poche 20 dans laquelle elle est reçue, et permet ainsi de réaliser une mesure d'impédance sur vingt cellules 14.
- [0058] En référence à la [Fig.4], chaque plaque bipolaire 12 comprend des orifices d'alimentation de plaque 31a, 31b et 31c et des orifices d'évacuation de plaque 33a, 33b et 33c. Dans l'exemple, une rangée de trois orifices de plaque 31a, 33b et 33c est située d'une part de la plaque bipolaire 12 par rapport à la direction transversale T, les trois orifices de plaque 31a, 33b et 33c étant alignés dans la direction transversale T. Une autre rangée, comprenant trois autres orifices de plaque 31c, 31b et 33a, est située d'autre part de la plaque bipolaire 12, les trois autres orifices de plaque 31c, 31b et 33a étant également alignés dans la direction transversale T. Ainsi, dans l'exemple chacune des deux rangées est ménagée à proximité d'une extrémité longitudinale respective de la plaque bipolaire 12. Cependant, une autre disposition des orifices est possible avec par exemple une paire d'orifices, ou plusieurs, situées le long des bords longitudinaux de la plaque bipolaire. Les orifices de plaque 31a, b, c et 33a, b et c sont des orifices traversant la plaque bipolaire 12, selon l'axe d'empilement A11. Chaque plaque bipolaire 12 comprend une zone périphérique 35, trois champs de circulation 36 et six champs d'homogénéisation 38.
- [0059] La zone périphérique 35 s'étend sur tout le pourtour de la plaque bipolaire 12, et comprend ici les orifices de plaque 31a, b, c et 33a, b, c, les champs d'homogénéisation 38 et les champs de circulation 36. Les orifices de plaque 31a, b, c,

33a, b et c, sont situés dans la zone périphérique, les champs d'homogénéisation 38 et les champs de circulation 36 sont entourés par la zone périphérique 35. La zone périphérique 35 s'étend dans un plan perpendiculaire à la direction d'empilement A11, c'est-à-dire dans un plan parallèle au plan médian P12.

[0060] Un premier champ de circulation 36 est formé sur la face anodique de la plaque bipolaire 12, et s'étend, entre deux premiers champs d'homogénéisation 38 dans la direction longitudinale L, sur la face anodique de la plaque bipolaire 12. Les deux premiers champs d'homogénéisation 38 sont respectivement disposés entre le premier champ de circulation 36 et les orifices de plaque 31a, b, c, respectivement les orifices de plaque 33a, b et c, selon la direction longitudinale L. De l'hydrogène circule depuis l'orifice d'alimentation de plaque 31a à travers un des deux premiers champs d'homogénéisation, le premier champ de circulation 36, l'autre parmi les deux premiers champs d'homogénéisation 38 jusqu'à l'orifice d'évacuation de plaque 33a. Ainsi, l'orifice d'alimentation de plaque 31a est destiné à l'injection d'hydrogène, et l'orifice d'évacuation de plaque 33a, à l'évacuation d'hydrogène, éventuellement enrichi de produits de réaction.

[0061] Un deuxième champ de circulation 36 est formé sur la surface cathodique de la plaque bipolaire 12. Il s'étend entre deux deuxièmes champs d'homogénéisation 38, dans la direction longitudinale L sur la face cathodique de la plaque bipolaire 12. Les deux deuxièmes champs d'homogénéisation 38 sont disposés respectivement entre le deuxième champ de circulation 36 et les orifices de plaque 31a, b, c, respectivement les orifices de plaque 33a, b et c, selon la direction longitudinale L. De l'air circule depuis l'orifice d'alimentation de plaque 31c à travers un des deux deuxièmes champs d'homogénéisation 38, le deuxième champ de circulation 36, l'autre deuxième champ d'homogénéisation 38, jusqu'à l'orifice d'évacuation de plaque 33c. Ainsi, l'orifice d'alimentation de plaque 31c est destiné à l'injection d'air, et l'orifice d'évacuation de plaque 33c, à l'évacuation d'air, éventuellement enrichi de produits de réaction.

[0062] Un troisième champ de circulation 36 est formé à l'intérieur de la plaque bipolaire 12. Il s'étend entre les deux derniers champs d'homogénéisation 38, dans la direction longitudinale L, entre les deux plaques polaires 13 de la plaque bipolaire 12. Les deux derniers champs d'homogénéisations 38 sont respectivement disposés entre le troisième champ de circulation 36 et les orifices de plaque 31a, b, c, respectivement les orifices de plaque 33a, b et c, selon la direction longitudinale L. Du fluide de refroidissement circule depuis l'orifice d'alimentation de plaque 31b à travers un des deux derniers champs d'homogénéisation 38, le troisième champ de circulation 36, le dernier champ d'homogénéisation 38, jusqu'à l'orifice d'évacuation de plaque 33b. Ainsi, l'orifice d'alimentation de plaque 31b est destiné à l'injection de fluide de refroidissement, et l'orifice d'évacuation de plaque 33b, à son évacuation.

- [0063] Chaque champ d'homogénéisation 38 comporte généralement des canaux, qui relient l'un des orifices de plaque 31a, b, c ou 33a, b ou c au champ de circulation 36. Dans l'exemple illustré, les canaux des champs d'homogénéisation 38 sont similaires et formés de la même façon que ceux du champ de circulation 36, hormis pour leur orientation, ici en éventail. Cette géométrie permet de répartir le fluide fonctionnel dans l'ensemble du champ de circulation 36, ou de récupérer le fluide fonctionnel du champ de circulation 36 pour ensuite l'évacuer par l'orifice d'évacuation de plaque 33a, b ou c correspondant au champ de circulation 36.
- [0064] Pour chaque gaz réactif ou fluide de refroidissement, et donc pour chaque champ de circulation de fluide de la cellule, les deux champs d'homogénéisation 38 sont symétriques selon une symétrie axiale, soit selon une rotation à 180 degrés d'angle, par rapport à l'axe central de plaque A12, tant dans la géométrie des champs d'homogénéisation 38 que dans la disposition des canaux des champs d'homogénéisation 38.
- [0065] Les orifices d'alimentation de plaque 31a, b, c sont délimités respectivement chacun par un bord périphérique 37a, b, c, et les orifices d'évacuation de plaque 33a, b et c sont délimités respectivement chacun par un bord périphérique 41a, b, et c, les bords périphériques 37a, b, c et 41a, b, c étant fermés.
- [0066] Les orifices d'alimentation de plaque 31a, 31b et 31c sont situés symétriquement à l'opposé par rapport à l'axe central de plaque A12, par rapport respectivement aux orifices d'évacuation de plaque 33a, 33b et 33c. Les orifices de plaque 31a et 33a, 31b et 33b et 31c et 33c forment respectivement des paires d'orifices de plaque 39a, 39b et 39c. Ainsi, la plaque bipolaire 12 comprend trois paires d'orifices de plaque 39a, b et c, dans lesquelles circulent respectivement de l'hydrogène, du fluide de refroidissement et de l'air. Une paire d'orifice de plaque 39a, 39b et 39c est donc associée à un fluide fonctionnel donné.
- [0067] Pour chaque paire d'orifices de plaque 39a, b ou c, les deux orifices de plaque 31a, b ou c et 33a, b ou c appartenant à la paire d'orifices de plaque 39a, b ou c sont de géométrie symétrique, autrement dit de forme symétrique, selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central de plaque A12. Pour chaque paire d'orifices de plaque 39a, b ou c, les deux orifices de plaque 31a, b ou c et 33a, b ou c ont notamment une aire identique et les bords périphériques 37a, b ou c et 41a, b ou c ont une forme symétrique selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central de plaque A12. Les orifices de plaque 31a, b, c et 33a, b, c appartenant à des paires d'orifices de plaque 39a, b, c différentes peuvent avoir des aires différentes, ainsi que montré sur les figures 4 à 6.
- [0068] Dans l'exemple illustré, la MEA 50 comprend une partie périphérique 52, des orifices d'alimentation de l'assemblage 51a, b et c, des orifices d'évacuation de

l'assemblage 53a, b et c, et une partie centrale 56. La partie périphérique 52 s'étend dans un plan perpendiculaire à la direction d'empilement A11, parallèle au plan médian P12. La partie périphérique 52 s'étend sur tout le pourtour de la MEA 50, et comprend les orifices de l'assemblage 51a, b, c, 53a, b, c et la partie centrale 56, qui sont situés au sein de la partie périphérique 52. Les orifices d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c sont respectivement délimités chacun par un bord périphérique 57a, 57b et 57c, et les orifices d'évacuation de l'assemblage 53a, b et c sont respectivement délimités chacun par un bord périphérique 61a, 61b et 61c, les bords périphériques 57a, b, c et 61a, b, c étant fermés. Ici, les bords périphériques 57a, b, c et 61a, b, c sont des lignes brisées formant des polygones avec des coins, par exemple quatre coins. De manière plus générale, les bords périphériques 57a, b, c et 61a, b, c sont des courbes fermées.

[0069] Les orifices d'alimentation et d'évacuation de l'assemblage 51a, b, c et 53a, b, c de la MEA 50 sont pratiqués dans l'assemblage membrane-électrode 50 pour permettre la circulation des fluides fonctionnels au travers de la MEA 50 suivant la direction d'empilement A11. Chaque ouverture d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c prolonge l'un des orifices d'alimentation de plaque 31a, b ou c de la plaque bipolaire 12 suivant la direction d'empilement A11. De manière similaire, chaque orifice d'évacuation de l'assemblage 53a, b, c prolonge respectivement l'un des orifices d'évacuation de plaque 33a, b ou c suivant la direction d'empilement A11. Autrement dit, les orifices d'alimentation de plaque 31a, b, c sont respectivement en regard avec les orifices d'alimentation de l'assemblage 51a, b et c dans la direction d'empilement A11. De même, les orifices d'évacuation de plaque 33a, b, c sont respectivement en regard des orifices d'évacuation de l'assemblage 53a, b et c dans la direction d'empilement A11. Chaque orifice d'alimentation et d'évacuation de l'assemblage 51a, b, c et 53a, b et c délimite une section, parallèlement au plan de la MEA P50.

[0070] De manière similaire à ce qui a été décrit pour la plaque bipolaire 12, les orifices de l'assemblage 51a, b, c et 53a, b, c, situés symétriquement à l'opposé l'un de l'autre par rapport à un axe central de MEA A50 parallèle à la direction d'empilement A11 et passant par un centre de MEA C50, forment respectivement des paires d'orifices de l'assemblage 59a, b, c. Ainsi, la MEA 50 comprend trois paires 59a, 59b et 59c d'orifices de l'assemblage. De l'hydrogène circule dans la paire d'orifices de l'assemblage 59a, du fluide de refroidissement dans la paire d'orifices de l'assemblage 59b et de l'air, éventuellement enrichi en produits de réaction dans la paire d'orifices de l'assemblage 59c. Pour au moins une paire donnée d'orifices de l'assemblage 59a, b, c, éventuellement pour plusieurs paires ou même pour chaque paire d'orifices de l'assemblage 59a, b, c, les deux orifices de l'assemblage 51a, b, ou c et 53a, b ou c de cette paire donnée d'orifices de l'assemblage 59a, b, c sont d'aire différente, une aire

de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a, b ou c est inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a, b ou c.

- [0071] Autrement dit, pour au moins une paire donnée d'orifices de l'assemblage 59a, b, c, les deux orifices de l'assemblage 51a, b ou c et 53a, b ou c appartenant à cette paire d'orifices de l'assemblage 59a, b, c sont asymétriques par rapport à l'axe central de MEA A50.
- [0072] Pour au moins une paire d'orifices de l'assemblage 59a, b, c, l'aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a, b ou c est avantageusement inférieure à l'aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a, b ou c d'un facteur compris entre 5% et 50%, et de préférence compris entre 8% et 33%. Le facteur de réduction entre les aires des sections des orifices d'alimentation et d'évacuation de l'assemblage 51a, b, c et 53a, b, c peut être différent d'une paire d'orifices de l'assemblage 59a, b, c à l'autre. Par exemple, le facteur de réduction de l'aire pour la paire d'orifices de l'assemblage 59a peut être compris entre 5% et 20%, le facteur de réduction de l'aire pour la paire d'orifices de l'assemblage 59b peut être compris entre 15% et 35% et le facteur de réduction de l'aire pour la paire d'orifices de l'assemblage 59c peut être compris entre 10% et 30%. Cela permet notamment d'ajuster les conditions de débit pour chaque fluide fonctionnel et de s'assurer d'une part de conditions de réactions optimales pour les deux gaz réactifs, et d'autre part d'un refroidissement optimal par le fluide de refroidissement.
- [0073] Les bords périphériques 41a, b, c et 61a, b, c des orifices d'évacuation de plaque et de l'assemblage 33a, b, c et 53a, b, c qui sont superposés dans l'empilement 11 peuvent ne pas coïncider exactement, de sorte que l'aire de la section des orifices d'évacuation de l'assemblage 53a, b ou c est par exemple inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de plaque 33a, b ou c. Pour autant, les bords périphériques 41a, b, c et 61a, b, c des orifices d'évacuation de plaque et de l'assemblage 33a, b, c et 53a, b, c superposés peuvent avoir la même forme. Par exemple, une forme du bord périphérique 61a de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a peut être une homothétie de facteur inférieur à 1 d'une forme du bord périphérique 41a de l'orifice d'évacuation de plaque 33a. Cette disposition est particulièrement avantageuse car elle limite le risque de courts circuits entre deux plaques bipolaires 12.
- [0074] Le bord périphérique 57a, b, c de chaque orifice d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c comprend une portion superposée et une portion en débord, c'est-à-dire que chacun comprend respectivement une portion superposée 64a, 64b, 64c et une portion en débord 65a, 65b et 65c. Le bord périphérique 61a, b, c de chaque orifice d'évacuation de l'assemblage 53a, b, c comprend une portion superposée et une portion en retrait, c'est-à-dire que chacun comprend respectivement une portion superposée 68a, 68b, 68c et une portion en retrait 69a, 69b, 69c. L'explication suivante

est donnée pour la paire 59a, mais est également valable pour les paires 59b et 59c. La portion superposée 64a de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a est de forme identique à celle de la portion superposée 68a de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a après une rotation de 180 degrés d'angle autour de l'axe central de MEA A50. Autrement dit, les portions superposées 64a et 68a sont symétriques selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central de MEA A50. A contrario, la portion en débord 65a est plus en débord vers l'intérieur de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a que ne l'est la portion en retrait 69a vers l'intérieur de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a. En particulier, si les orifices d'alimentation et d'évacuation de l'assemblage 51a et 53a étaient superposés de telle sorte que les bords superposés 64a et 68a coïncident, la portion en débord 65a serait décalée vers l'intérieur de l'orifice par rapport à la portion en retrait 69a, comme visible en comparant les figures 6 et 7. La portion en débord 65a est donc plus décalée vers l'intérieur de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a que ne l'est la portion en retrait 69a vers l'intérieur de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a. Autrement dit, la portion en débord 65a permet de former un orifice d'alimentation de l'assemblage 51a d'aire inférieure à celle de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a, et ce sont la portion en débord 65a et la portion en retrait 68a qui sont asymétriques l'une par rapport à l'autre. Ainsi, les deux orifices de l'assemblage 51a, b, ou c et 53a, b ou c d'une paire donnée d'orifices de l'assemblage 59a, b, c sont donc de forme différente, au sens de géométrie différente, en plus d'être d'aire différente, comme mentionné précédemment.

[0075] La portion en débord 65a est, sur l'exemple des figures 4 et 5, une ligne droite reliant deux extrémités de la portion superposée 64a. En particulier, la portion en débord 65a ne forme pas de coins, contrairement à la portion en retrait 68a qui est une ligne brisée, avec une ou des brisures formant un ou plusieurs coins. Ainsi, la portion en débord 65a ne forme aucun des coins du bord périphérique 57a. Plus précisément, la portion en débord 65a forme des coins du bord périphérique 57a seulement par son intersection avec la portion superposée 64a, mais ne forme pas à elle seule un ou plusieurs coins du bord périphérique 57a.

[0076] La forme en ligne droite permet de conserver une géométrie du bord périphérique 57a qui est la plus simple possible, afin de limiter les pertes de charge et d'optimiser la circulation des fluides fonctionnels, ici l'air, au travers des orifices d'alimentation de l'assemblage 51a.

[0077] La portion superposée 64a est idéalement située entre la portion en débord 65a et la partie centrale 56. Ainsi, la portion en débord 65a est la portion du bord périphérique 57a qui est la plus éloignée de la partie centrale 56. Cela permet d'éloigner de potentielles turbulences de la partie centrale 56 et de limiter des disparités d'alimentation qui pourraient en résulter.

- [0078] La partie centrale 56 est en regard du champ de circulation 36 et recouvre complètement le champ de circulation 36 selon la direction d'empilement A11. Un pourtour périphérique de la partie centrale 56 peut éventuellement chevaucher un pourtour intérieur de la partie périphérique 52, comme cela se comprend de la description qui suit.
- [0079] En référence aux figures 4 à 6, la partie centrale 56 comprend une membrane 58, qui est une membrane polymère échangeuse de protons. La membrane 58 s'étend parallèlement au plan médian P12, en regard du champ de circulation 36 selon la direction d'empilement A11, et est sensiblement plane. La membrane 58 est préférentiellement coplanaire avec la partie périphérique 52. La membrane 58 peut être recouverte d'une couche de catalyseur sur ses deux faces parallèles au plan médian P12. Dans l'exemple illustré, la membrane 58 s'étend au-delà du champ de circulation 36, notamment dans le cas où la partie centrale 56 chevauche une partie de la partie périphérique 52.
- [0080] La membrane 58 de chaque MEA 50 est prise entre deux couches de diffusion de gaz 77, dite aussi GDL, acronyme de l'anglais « Gas Diffusion Layer », visibles figures 6 et 7. Chaque couche de diffusion de gaz 77 s'étend parallèlement au plan médian P12 et est interposée entre la partie centrale 56 de la MEA 50 et la plaque bipolaire 12 en regard, suivant la direction d'empilement A11.
- [0081] La MEA 50 comprend avantageusement un cadre de maintien 76 pour supporter la partie centrale 56, en particulier pour supporter la membrane 58. Le cadre de maintien 76 forme alors la partie périphérique 52. Dans l'exemple de la [Fig.5], le cadre de maintien 76 pince un pourtour périphérique externe de la membrane 58, dans la direction d'empilement A11, afin de maintenir la membrane 58. Le cadre de maintien 76 enserre alors toute une partie de la membrane 58 qui chevauche la partie périphérique 52 selon la direction d'empilement A11.
- [0082] En variante non illustrée, à la place du cadre de maintien 76, on pourrait prévoir qu'une même membrane, telle que la membrane 58, forme à la fois la partie centrale 56 et la partie périphérique 52. Le cadre de maintien 76 est préférentiellement constituée de deux demi-cadres de formes sensiblement identiques qui sont destinés à venir en appui plan l'un contre l'autre, et qui sont, par exemple, réalisés en film polymère, par exemple en poly(téréphtalate d'éthylène), connu sous l'abréviation PET, ou en poly(naphtalate d'éthylène), connu sous l'abréviation PEN. Dans ce dernier cas, les deux demi-cadres sont par exemple assemblés l'un à l'autre par collage.
- [0083] Dans l'exemple illustré, chaque couche de diffusion de gaz 77 recouvre entièrement la partie centrale 56 en regard, en particulier recouvre la membrane 58, et déborde avantageusement sur la partie périphérique 52, à savoir sur le pourtour intérieur du cadre de maintien 76 pinçant la membrane 58. La couche de diffusion de gaz 77 est avantageusement formée d'un matériau poreux, et permet au gaz réactif de diffuser

depuis les champs de circulation 36 jusqu'à la membrane 58 lorsque la cellule 14 est en fonctionnement. Notamment, l'une des deux GDL 77 est en contact avec la face cathodique d'une des plaques bipolaires 12 de l'empilement 11, ainsi de l'air peut diffuser à travers la GDL 77 jusqu'à atteindre la membrane 58, et l'autre GDL 77 est en contact avec la face anodique de la plaque bipolaire 12 suivante dans l'empilement, permettant à de l'hydrogène de diffuser au travers de la GDL 77 jusque à la membrane 58. La partie centrale 56, prise entre les GDL 77, s'étend selon le plan moyen P50.

- [0084] Des joints 79, interposés entre les plaques bipolaires 12 et la MEA 50 dans la direction de l'empilement A11, permettent aux fluides fonctionnels de circuler uniquement dans les champs de circulation 36 qui leur sont dédiés, par exemple le champ réactif 36 de la face cathodique de la plaque bipolaire 12 l'air ou l'oxygène, et le champ réactif 36 de la face anodique de la plaque bipolaire 12 pour l'hydrogène, et empêchent les fluides fonctionnels de se mélanger.
- [0085] L'empilement 11 peut comprendre en outre des entretoises 80, ainsi que représenté sur les figures 4 à 6. Une entretoise 80 donnée est associée à une portion en débord 65a, b ou c donnée de la MEA 50. Ces entretoises 80 sont interposées selon la direction d'empilement A11 entre les parties périphériques 52 de deux MEA 50 successives dans l'empilement 11, à proximité de la portion en débord 65a, b ou c de la MEA 50 à laquelle elle est associée, de manière à être en regard de celui des orifices d'alimentation de plaque 31a, b ou c, qui appartient à la plaque bipolaire 12 séparant ces deux MEA 50, et qui correspond à l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c. De préférence, une telle entretoise 80 présente une dimension axiale telle qu'elle traverse celui des orifices d'alimentation de plaque 31a, b ou c de la plaque bipolaire 12 qui sépare ces deux MEA 50 et qui est en regard de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c associé. Lorsque la pile 10 est en fonctionnement, idéalement, chaque entretoise 80 est en appui contre les deux MEA 50 entre lesquelles elle est interposée. Les entretoises 80 permettent de limiter voire éliminer une potentielle vibration de la partie périphérique 52, notamment des portions en débord 65a, b et c, due à la circulation des fluides fonctionnels au travers des orifices d'alimentation 51a, b et c. Ces entretoises 80 sont par exemple des plots qui sont apposés sur la MEA 50, en matériau identique à celui formant les joints, ou qui viennent de matière avec la partie périphérique 52.
- [0086] Selon une variante non représentée, il peut y avoir plusieurs entretoises 80 par portion en débord 65a, b ou c.
- [0087] Selon une autre variante non représentée, les entretoises peuvent s'étendre depuis un élément d'étanchéification, libre ou porté par la MEA, l'élément d'étanchéification étant interposé entre une MEA de l'empilement et la plaque bipolaire en appui contre cette MEA dans la direction d'empilement. Plus précisément, les entretoises s'étendent

depuis l'élément d'étanchéification vers l'intérieur de l'orifice de l'assemblage le plus proche. De préférence, une telle entretoise traverse l'un des orifices d'alimentation de plaque 51a, b ou c de la plaque bipolaire 12 qui sépare deux MEA 50 successives dans l'empilement 11. Lorsque la pile 10 est en fonctionnement, chaque entretoise est en appui contre les deux MEA 50 entre lesquelles elle est interposée. L'élément d'étanchéification est par exemple un joint, qui empêche au fluide réactif de circuler le long de la partie périphérique 52 à proximité de la portion en débord 65a, b ou c.

[0088] Selon une autre variante non représentée, les entretoises forment des paires d'entretoises, de telle sorte que deux entretoises d'une paire d'entretoises sont alignées dans la direction d'empilement et portées par la MEA, de part et d'autre de la MEA dans la direction d'empilement. De préférence, une telle entretoise est en appui contre la MEA et contre l'entretoise portée par la MEA suivante dans l'empilement.

[0089] Dans l'empilement 11, les orifices d'alimentation de plaque et de l'assemblage 31a, b, c et 51a, b, c et les orifices d'évacuation de plaque et de l'assemblage 33a, b, c et 53a, b, c forment ensemble respectivement des galeries d'alimentation 81a, 81b, 81c et d'évacuation 83a, 83b et 83c, internes à l'empilement 11, aussi dits « *internal manifold* » en anglais. En particulier, trois galeries d'alimentation 81a, b, c et trois galeries d'évacuation 83a, b, c sont formées respectivement par les orifices d'alimentation de plaque et de l'assemblage 31a, b, c et 51a, b, c et par les orifices d'alimentation de plaque et de l'assemblage 33a, b, c et 53a, b et c. De la même manière que pour les orifices, on définit des paires de galeries 89a, 89b et 89c, correspondant aux paires 39a, b, c et 59a, b, c des orifices de plaque 31a, b, c et 33 a, b, c et de l'assemblage 51a, b, c et 53a, b, c. La description suivante ne décrit que la galerie d'alimentation 81a et la galerie d'évacuation 83a, mais est applicable aux galeries d'alimentation 81b et 81c et d'évacuation 83b et 83c. Des sections utiles de la galerie d'alimentation 81a sont définies par la plus petite section des orifices formant la galerie d'alimentation 81a, c'est-à-dire la section des orifices d'alimentation de l'assemblage 51a. Des sections utiles de la galerie d'évacuation 83 sont définies par les sections des orifices d'évacuation de l'assemblage 53a, selon les plans P50. Ainsi, pour la paire de galerie 89a, les aires des sections utiles de la galerie d'alimentation 81a sont inférieures aux aires des sections utiles de la galerie d'évacuation 83a, conséquence du fait que l'aire de la section de chaque orifice d'alimentation de l'assemblage 51a est inférieure à l'aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a.

[0090] Selon une variante non représentée, au sein d'un même empilement, les orifices d'alimentation de l'assemblage définissant ensemble une même galerie d'alimentation n'ont pas tous la même section. Par exemple, deux orifices d'alimentation de l'assemblage différents ont une aire de leur section différente. Ainsi, la galerie d'alimentation a des sections utiles variables le long de son extension selon la direction

d'empilement. Les MEA sont par exemple organisées de telle sorte que les aires des sections des orifices d'alimentation de l'assemblage sont croissantes dans le sens de circulation de l'un des fluides fonctionnels. Cela permet de mieux optimiser le flux de fluide fonctionnel, puisqu'en plus d'adapter l'aire des sections utiles des galeries d'alimentation, la section utile est adaptée le long d'une même galerie.

- [0091] Les galeries d'alimentation 81a, b, c sont respectivement reliées aux conduites d'alimentation 17a, b, c, qui alimentent les galeries d'alimentation 81a, b et c respectivement en hydrogène, en fluide de refroidissement et en air, et les galeries d'évacuation 83a, b, c sont respectivement reliées aux conduites d'évacuation 19a, b, c qui évacuent l'hydrogène, le fluide de refroidissement et l'air et éventuellement les produits de réaction, ce qui permet à la pile 10 de fonctionner et notamment de générer de l'électricité.
- [0092] La [Fig.8] présente une forme de réalisation alternative d'une MEA 150. Les aspects de la MEA 150 qui sont identiques à ceux de la MEA 50 décrite dans les figures 1 à 6 sont référencés avec les mêmes signes de référence et ne sont pas décrits à nouveau en détail. La MEA 150 peut être utilisée de manière identique à la MEA 50, notamment en remplacement de la MEA 50 dans l'empilement 11.
- [0093] La MEA 150 diffère de la MEA 50 en ce qu'elle comprend des orifices d'alimentation de l'assemblage 151a, b, c, qui remplacent les orifices d'alimentation de l'assemblage 51a, b, c. Les orifices d'alimentation 151a, b, c sont respectivement délimités par un bord périphérique 157a, b, c, qui remplace les bords périphériques 57a, b, c. Les bords périphériques 157a, b, c sont des lignes brisées fermées, chaque bord périphérique 157a, b, c formant un polygone avec des coins.
- [0094] Les orifices d'alimentation 151a, b, c sont pratiqués dans l'assemblage membrane électrode 150. Chaque orifice d'alimentation de l'assemblage 151a, b et c délimite une section, parallèlement à un plan de la MEA P150.
- [0095] Comme pour la MEA 50, dans la MEA 150, les orifices de l'assemblage 151a, b, c et 53a, b et c, qui sont situés symétriquement à l'opposé l'un de l'autre par rapport à un axe central de MEA A150 parallèle à la direction d'empilement A11 et passant par un centre de MEA C150, forment des paires d'orifices de l'assemblage 159a, 159b et 159c, qui remplacent respectivement les paires d'orifices de l'assemblage 59a, b et c et sont respectivement similaires aux paires d'orifices de l'assemblage 59a, b et c. Ainsi, la MEA 150 comprend trois paires d'orifices de l'assemblage 159a, 159b et 159c. La description suivante ne décrit que la paire d'orifices 159a, mais cette description est valable pour les paires 159b et 159c. Pour la paire d'orifices de l'assemblage 159a, les deux orifices de l'assemblage 151a et 53a sont de géométrie différente avec, en particulier, une aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 151a qui est inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a.

- [0096] Autrement dit, pour au moins une paire d'orifices de l'assemblage 159a, les deux orifices de l'assemblage 151a et 53a appartenant à cette paire d'orifices de l'assemblage 159a sont asymétriques par rapport à l'axe central A150. L'aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 151a est inférieure à l'aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a d'un facteur identique à ce qui a été décrit pour la MEA 50.
- [0097] Le facteur de réduction entre les aires des sections des orifices d'alimentation et d'évacuation de l'assemblage 151a, b, c et 53a, b et c peut être différent pour les différentes paires d'orifices de l'assemblage 159a, 159b et 159c, ainsi que décrit pour la MEA 50.
- [0098] Le bord périphérique 157a, b, c de chaque orifice d'alimentation de l'assemblage 151a, b, c comprend respectivement une portion superposée 164a, 164b, 164c et une portion en débord 165a, 165b, 165c. L'explication suivante est donnée pour la paire 159a, mais est également valable pour les paires 159b et 159c. La portion superposée 164a de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 151a est de forme identique à celle de la portion superposée 68a de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a après une rotation de 180 degrés d'angle autour de l'axe central A150. Autrement dit, les portions superposées 164a et 68a sont symétriques selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central A150. La portion en débord 165a est plus décalée vers l'intérieur de l'orifice d'alimentation de l'assemblage 151a que ne l'est la portion en retrait 69a vers l'intérieur de l'orifice d'évacuation de l'assemblage 53a. Contrairement au mode de réalisation précédent illustré par la MEA 50, la portion en débord 165a de la MEA 150 est une ligne brisée formant un ou plusieurs coins. Selon une variante non représentée, la portion en débord peut être une ligne courbe.
- [0099] Ainsi, les galeries d'alimentation 81a, b, c et d'évacuation 83a, b et c ont leurs sections utiles optimisées. Cela est réalisé grâce aux MEA 50 ou 150, et ne dépend pas de l'orientation des plaques bipolaires 12, qui sont agencées dans l'empilement 11 en étant symétriques selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central A12 pour permettre l'utilisation des modules 18. Il est donc possible de combiner l'utilisation de modules 18 dont les broches 22, 25 sont insérées dans les poches 20, afin de surveiller l'état de l'empilement 11, avec des galeries d'alimentation 81 optimisées afin d'améliorer un rendement de la pile 10.
- [0100] Les modes de réalisation et les variantes mentionnées ci-dessus peuvent être combinés entre eux pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

## Revendications

[Revendication 1]

Empilement (11), pour une pile à combustible (10), l'empilement (11) comprenant :

- une plaque séparatrice (12), s'étendant parallèlement à un plan médian (P12), le plan médian (P12) étant perpendiculaire à une direction d'empilement (A11), la plaque séparatrice (12) comprenant :
  - un champ de circulation (36), et
  - une zone périphérique (35) qui entoure le champ de circulation (36) et qui comprend une paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c), la paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c) comprenant un orifice d'alimentation de plaque (31a, 31b, 31c) et un orifice d'évacuation de plaque (33a, 33b, 33c), les orifices d'alimentation (31a, 31b, 31c) et d'évacuation de plaque (33a, 33b, 33c) de la paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c) étant reliés fluidiquement par le champ de circulation (36), de telle sorte qu'un fluide fonctionnel circulant à travers l'orifice d'alimentation de plaque (31a, 31b, 31c) circule également à travers l'orifice d'évacuation de plaque (33a, 33b, 33c) de la paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c), et
- un assemblage membrane-électrode (50 ; 150), s'étendant parallèlement au plan médian (P12), étant superposé à la plaque séparatrice (12) et comprenant :
  - une partie centrale (56) en regard du champ de circulation (36) selon la direction d'empilement (A11), et
  - une partie périphérique (52), entourant la partie centrale (56), en regard de la zone périphérique (35) suivant la direction d'empilement (A11), la partie périphérique (52) comprenant une paire d'orifices de l'assemblage (59a, 59b, 59c ; 159a, 159b, 159c), la paire d'orifices de l'assemblage (59a, 59b, 59c ; 159a, 159b, 159c) comprenant un orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) et un orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c),

les orifices d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b , 151c) et d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c) étant respectivement superposés aux orifices d'alimentation et d'évacuation de plaque (31a, 31b, 31c, 33a, 33b, 33c), de telle sorte que le fluide fonctionnel circulant à travers l'orifice d'alimentation (31a, 31b, 31c) de plaque et d'évacuation de plaque (33a, 33b, 33c) circule également à travers l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b , 151c) et à travers l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c), chaque orifice d'assemblage et de plaque (51a, 51b, 51c, 53a, 53b, 53c, 31a, 31b, 31c, 33a, 33b, 33c ; 151a, 151b, 151c) délimitant une section, parallèlement au plan médian (P12),

les orifices d'alimentation de plaque et de l'assemblage (31a, 31b, 31c, 51a, 51b 51c ; 151a, 151b, 151c) superposés formant partie d'une galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) parallèle à la direction d'empilement (A11), afin que le fluide fonctionnel circulant dans la galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) alimente le champ de circulation (36), les orifices d'évacuation (33a, 33b, 33c, 53a, 53b, 53c) superposés formant partie d'une galerie d'évacuation (83a, 83b, 83c), parallèle à la direction d'empilement (A11), afin que le fluide fonctionnel ayant été admis dans le champ de circulation (36) depuis la galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) soit évacué par la galerie d'évacuation (83a, 83b, 83c), l'empilement (11) étant caractérisé en ce que :

- la paire d'orifices de plaque (39a, 39b, 39c) est symétrique par rotation de 180 degrés d'angle autour d'un axe central de plaque (A12) parallèle à la direction d'empilement (A11) et passant par le centre de plaque (C12), et
- une aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) est inférieure à une aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c).

- [Revendication 2] Empilement (11) selon la revendication 1, dans lequel, l'aire de la section de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) est inférieure à l'aire de la section de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c) d'un facteur compris entre 5% et 50%, de préférence entre 8% et 33%.
- [Revendication 3] Empilement (11) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel :
- chaque orifice de l'assemblage (51a, 51b, 51c, 53a, 53b, 53c ; 151a, 151b, 151c) est délimité par un bord périphérique (57a, 57b, 57c, 61a, 61b, 61c ; 157a, 157b, 157c) respectif, formé par la partie périphérique (52),
  - le bord périphérique (57a, 57b et 57c ; 157a, 157b, 157c) de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) comprend une portion superposée (64a, 64b, 64c ; 164a, 164b, 164c) et une portion en débord (65a, 65b et 65c ; 165a, 165b, 165c),
  - le bord périphérique (61a, 61b, 61c) de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c) comprend une portion superposée (68a, 68b, 68c) et une portion en retrait (69a, 69b, 69c),
  - la portion superposée (64a, 64b, 64c ; 164a, 164b, 164c) de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) est de forme identique à celle de la portion superposée (68a, 68b, 68c) de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c), et
  - la portion en débord (65a, 65b et 65c ; 165a, 165b, 165c) étant plus décalée vers l'intérieur de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) que ne l'est la portion en retrait (69a, 69b, 69c) vers l'intérieur de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c).
- [Revendication 4] Empilement (11) selon la revendication 3, dans lequel la portion superposée (64a, 64b, 64c ; 164a, 164b, 164c) de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) est disposée entre la portion en débord (65a, 65b et 65c ; 165a, 165b, 165c) et la partie centrale (56).
- [Revendication 5] Empilement (11) selon la revendication 3 ou 4, dans lequel :
- le bord périphérique (61a, 61b, 61c) de l'orifice d'évacuation

- de l'assemblage (53a, 53b, 53c) forme des coins ;
- le bord périphérique (57a, 57b et 57c ) de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c) forme des coins ;
- la portion en retrait (69a, 69b, 69c) forme au moins l'un des coins du bord périphérique (61a, 61b, 61c) de l'orifice d'évacuation de l'assemblage (53a, 53b, 53c); et
- aucun des coins du bord périphérique (57a, 57b et 57c) de l'orifice d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c) n'est formé par la portion en débord (65a, 65b et 65c).

- [Revendication 6] Empilement (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la partie centrale (56) comprend une membrane polymère échangeuse de protons (58), la partie centrale (56) étant entourée par la partie périphérique (52) et étant superposée au champ de circulation (36) selon la direction d'empilement (A11).
- [Revendication 7] Empilement (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la plaque séparatrice (12) est une plaque bipolaire (12) qui comprend une plaque polaire anodique (13B) et une plaque polaire cathodique (13A) superposées.
- [Revendication 8] Empilement (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant plusieurs assemblages membrane-électrodes (50), et plusieurs plaques séparatrices (12), superposés alternativement dans la direction d'empilement (A11).
- [Revendication 9] Empilement (11) selon la revendication 8, dans lequel les plaques séparatrices (12) sont identiques et, pour chaque plaque séparatrice (12) dans l'empilement (11), la plaque séparatrice (12) immédiatement successive dans l'empilement (11) selon la direction d'empilement (A11), est disposée, par rapport à ladite plaque séparatrice (12), dans une position pivotée de 180 degrés d'angle autour de l'axe central de plaque (A12).
- [Revendication 10] Empilement (11) selon l'une des revendications 8 ou 9, qui comprend en outre un élément de rigidification (80) ou d'étanchéification, qui est interposé entre, d'une part, la partie périphérique (52) de l'un des assemblages membrane-électrode (50 ; 150), à proximité de la portion en débord (65a, 65b et 65c ; 165a, 165b, 165c), et, d'autre part, la partie périphérique (52) de l'assemblage membrane-électrode (50 ; 150) immédiatement successive selon la direction d'empilement (A11), à proximité

de la portion en débord (65a, 65b et 65c ; 165a, 165b, 165c), l'élément de rigidification (80) ou d'étanchéification traversant l'orifice d'alimentation de plaque (31a, 31b, 31c) de la plaque séparatrice (12) qui sépare ces deux assemblages membrane-électrodes (50 ; 150).

[Revendication 11] Empilement (11) selon l'une des revendications 8 à 10, dans lequel les sections des orifices d'alimentation de l'assemblage (51a, 51b, 51c ; 151a, 151b, 151c) formant partie d'une même galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) sont d'aire différente pour au moins deux assemblages membrane-électrodes (50 ; 150) différents de l'empilement (11).

[Revendication 12] Empilement (11) selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans lequel chaque plaque séparatrice (12) comprend un connecteur (20), sur un bord périphérique (21) de la plaque séparatrice (12), chaque connecteur (20) étant configuré pour recevoir une broche (22) d'un module (18) de mesure, et pour chaque plaque séparatrice (12) dans l'empilement (11), le connecteur (20) de la plaque séparatrice (12) et le connecteur(20) de la plaque séparatrice (12) immédiatement successive dans l'empilement (11) selon la direction d'empilement (A11), sont disposées symétriquement selon une symétrie axiale par rapport à l'axe central (A12).

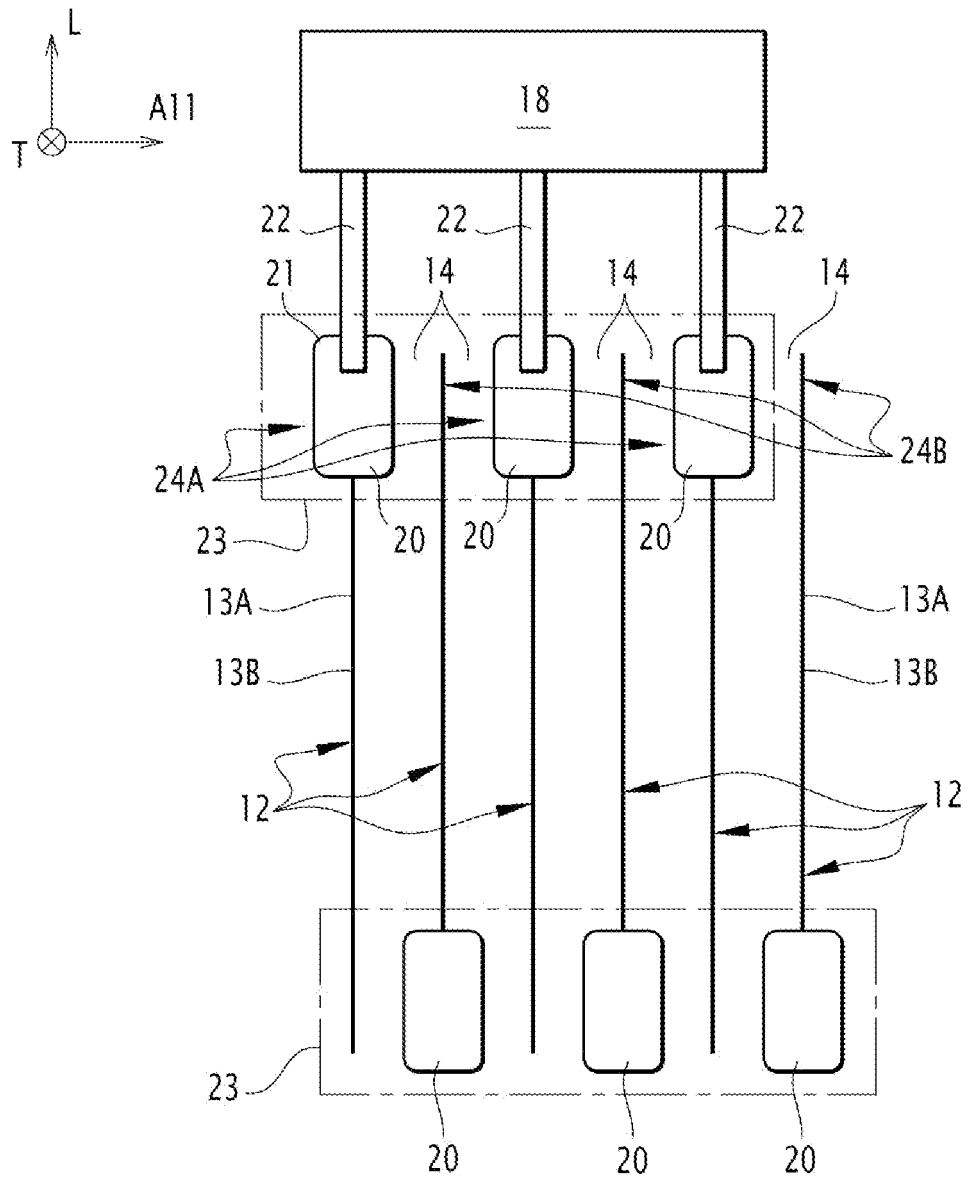
[Revendication 13] Pile à combustible (10) comprenant un empilement (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Revendication 14] Pile à combustible (10) selon la revendication 13, comprenant en outre une conduite d'alimentation (17a, 17b, 17c) en fluide fonctionnel, branchée à la galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) pour alimenter la galerie d'alimentation (81a, 81b, 81c) en fluide fonctionnel, et une conduite d'évacuation (19a, 19b, 19c), branchée à la galerie d'évacuation (83a, 83b, 83c) pour évacuer le fluide fonctionnel de la galerie d'évacuation (83a, 83b, 83c), les conduites d'alimentation et d'évacuations (81a, 81b, 81c, 83a, 83b, 83c) étant branchées à une même extrémité de l'empilement (11).

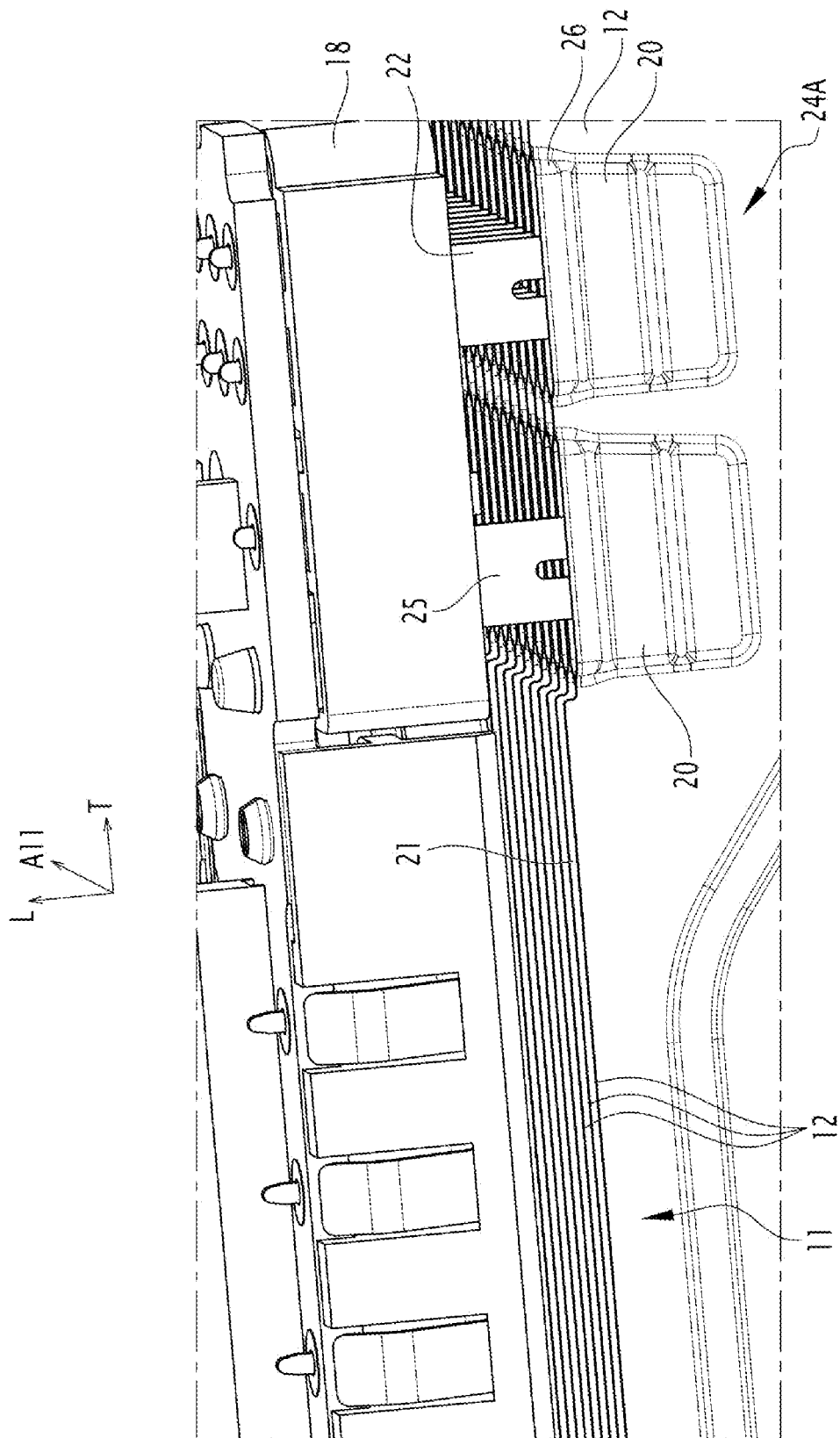
[Revendication 15] Véhicule comprenant au moins une pile à combustible (10) selon la revendication précédente.



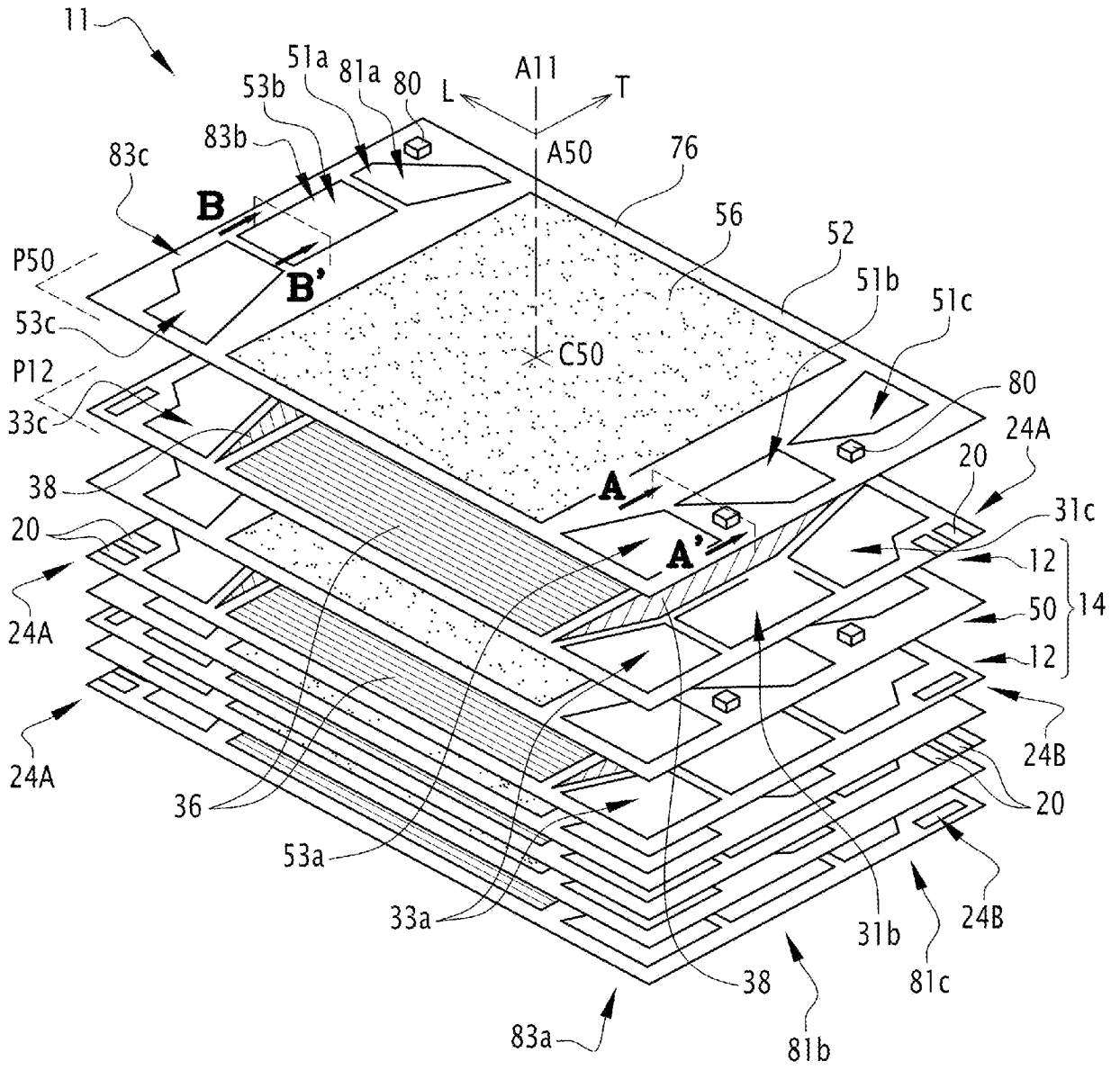
[Fig. 2]



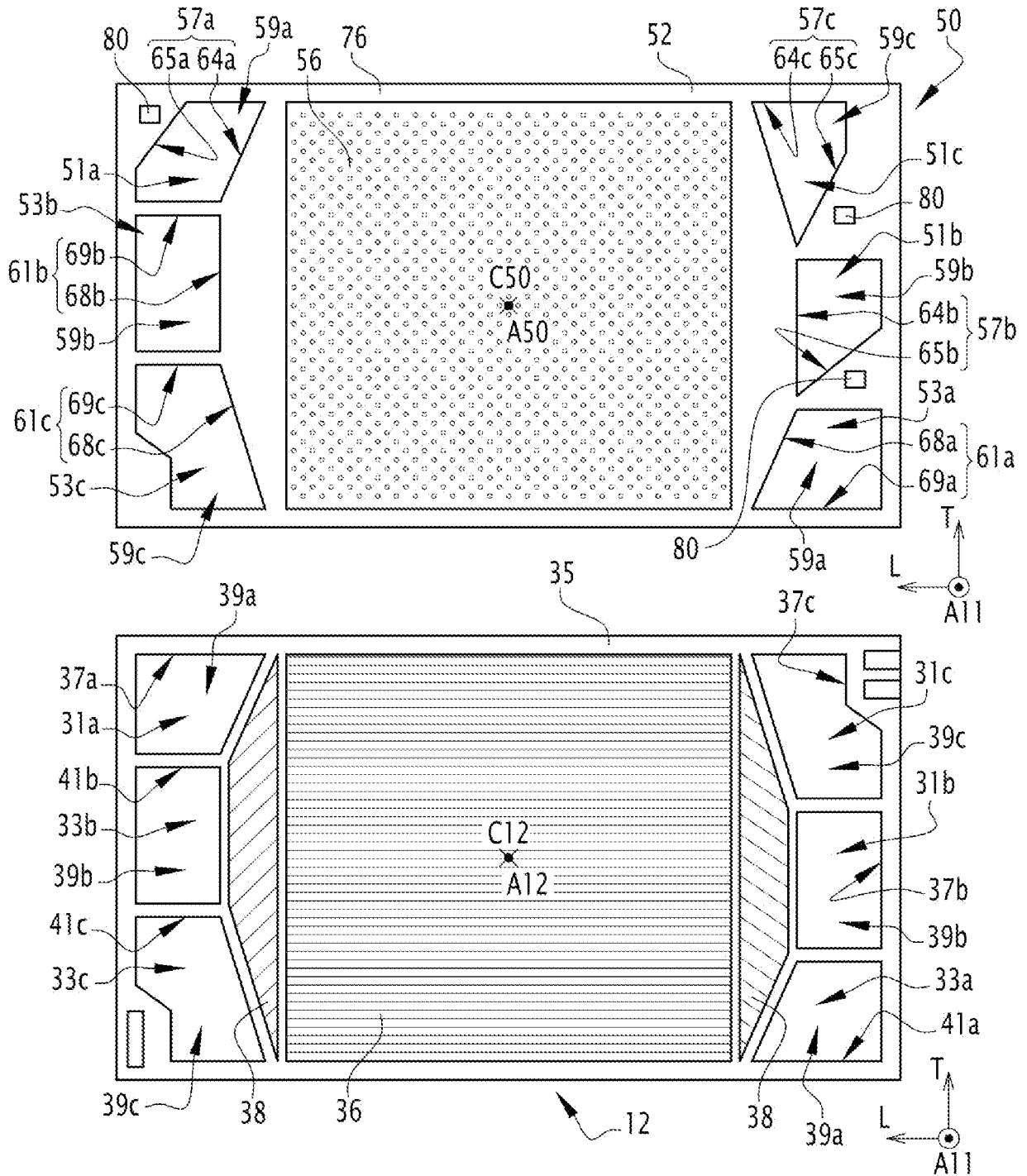
[Fig. 3]



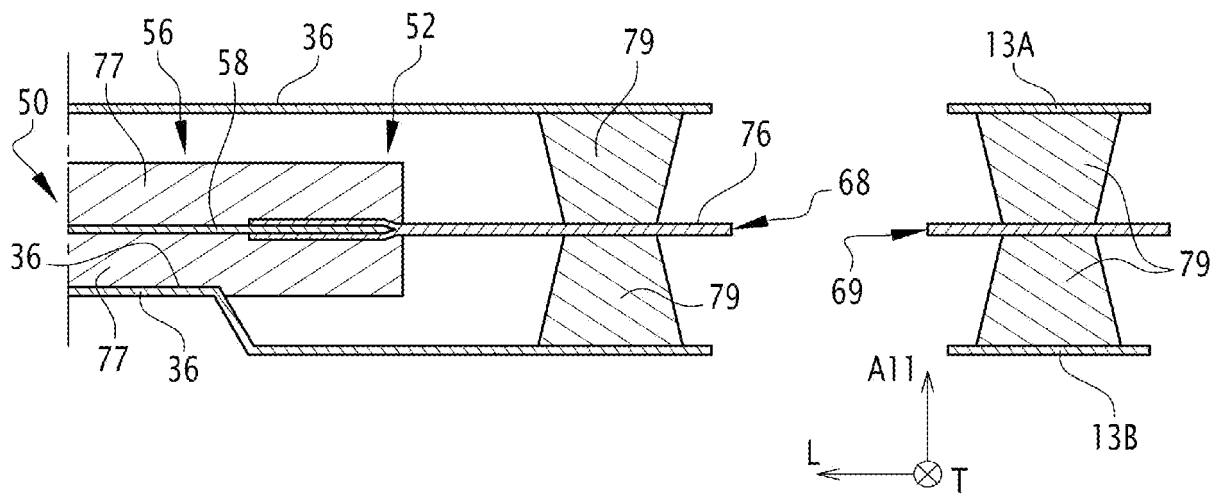
[Fig. 4]



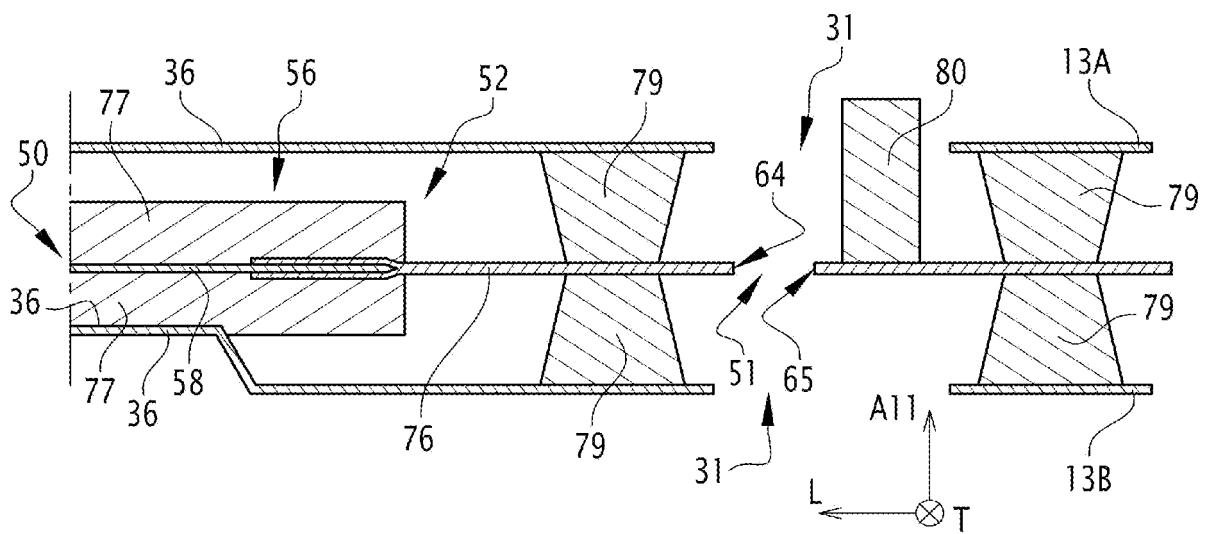
[Fig. 5]



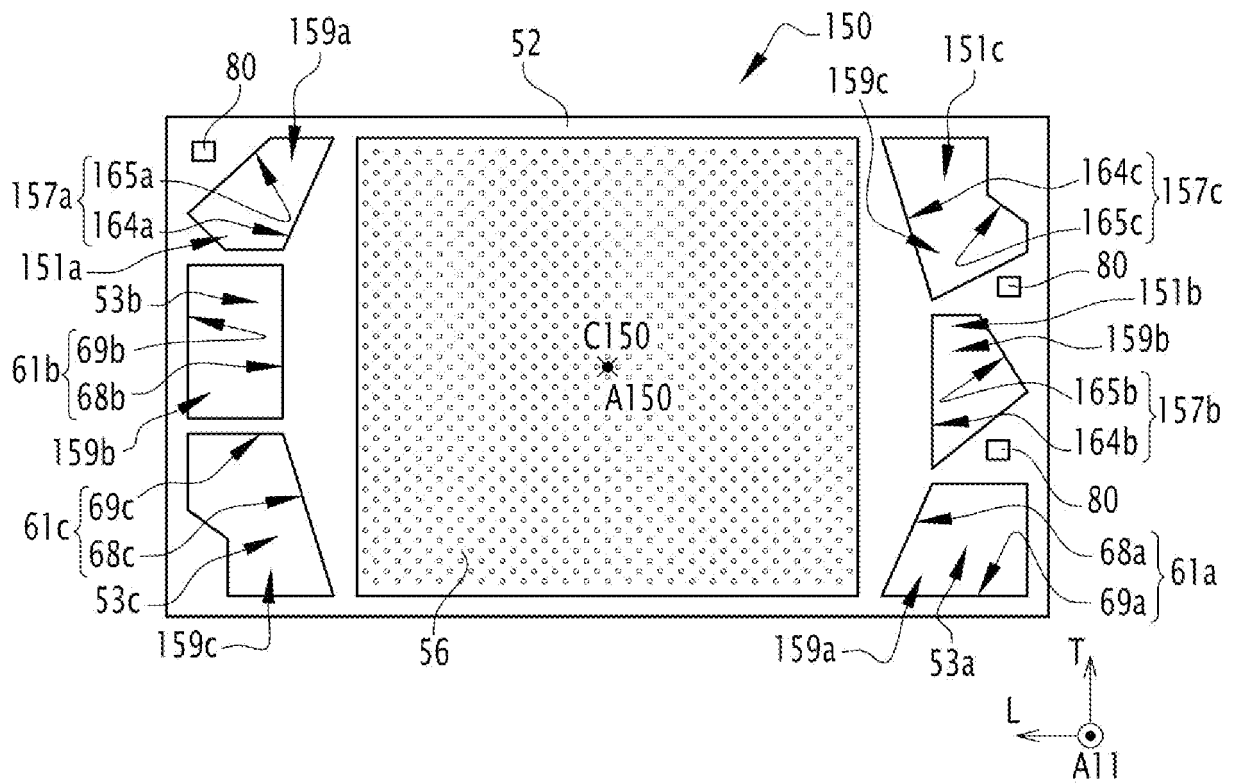
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 918159**  
**FR 2303828**

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		
<b>A</b>	<p>US 2020/075966 A1 (LEE JONG HO [KR] ET AL) 5 mars 2020 (2020-03-05) * figure 3 * * alinéas [0046] - [0049] * -----</p>	1-15	<p>B60L 50/70 H01M 8/02 H01M 8/0258 H01M 8/24</p> <hr/> <p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>H01M</p>
<b>A</b>	<p>US 2019/305351 A1 (LEE JONG HO [KR] ET AL) 3 octobre 2019 (2019-10-03) * figures 19-20 * * alinéas [0150] - [0151] * -----</p>	1-15	
<b>A</b>	<p>US 2003/215694 A1 (NOMURA KEN [JP] ET AL) 20 novembre 2003 (2003-11-20) * figure 1 * * alinéa [0032] * -----</p>	1-15	
<b>A</b>	<p>EP 3 748 748 A1 (SHANGHAI SUNBRIDGE POWER TECH CO LTD [CN]) 9 décembre 2020 (2020-12-09) * figure 21A * * alinéa [0208] * -----</p>	1-15	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>23 octobre 2023</b>		<b>Haering, Christian</b>	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2303828 FA 918159**

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 **23-10-2023**  
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
<b>US 2020075966 A1</b>	<b>05-03-2020</b>	<b>JP 6804068 B2</b>	<b>23-12-2020</b>
		<b>JP 2020038821 A</b>	<b>12-03-2020</b>
		<b>KR 102017486 B1</b>	<b>04-09-2019</b>
		<b>US 2020075966 A1</b>	<b>05-03-2020</b>
-----			
<b>US 2019305351 A1</b>	<b>03-10-2019</b>	<b>KR 102027764 B1</b>	<b>04-10-2019</b>
		<b>US 2019305351 A1</b>	<b>03-10-2019</b>
-----			
<b>US 2003215694 A1</b>	<b>20-11-2003</b>	<b>CA 2428839 A1</b>	<b>16-11-2003</b>
		<b>DE 10321946 A1</b>	<b>08-01-2004</b>
		<b>JP 4245308 B2</b>	<b>25-03-2009</b>
		<b>JP 2003331870 A</b>	<b>21-11-2003</b>
		<b>US 2003215694 A1</b>	<b>20-11-2003</b>
-----			
<b>EP 3748748 A1</b>	<b>09-12-2020</b>	<b>CN 111788729 A</b>	<b>16-10-2020</b>
		<b>CN 111788730 A</b>	<b>16-10-2020</b>
		<b>EP 3748748 A1</b>	<b>09-12-2020</b>
		<b>EP 3748749 A1</b>	<b>09-12-2020</b>
		<b>JP 7171747 B2</b>	<b>15-11-2022</b>
		<b>JP 2021512472 A</b>	<b>13-05-2021</b>
		<b>JP 2021516846 A</b>	<b>08-07-2021</b>
		<b>KR 20200111196 A</b>	<b>28-09-2020</b>
		<b>KR 20200111258 A</b>	<b>28-09-2020</b>
		<b>US 2020365928 A1</b>	<b>19-11-2020</b>
		<b>US 2021043948 A1</b>	<b>11-02-2021</b>
		<b>WO 2019148338 A1</b>	<b>08-08-2019</b>
<b>WO 2019148711 A1</b>	<b>08-08-2019</b>		
-----			