

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 079 676**

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

②① N° d'enregistrement national : **18 52655**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 M 8/025 (2018.01), H 01 M 8/025**

①②

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PLAQUE BIPOLAIRE A CANAUX ONDULES.

②② Date de dépôt : 27.03.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 04.10.19 Bulletin 19/40.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 07.01.22 Bulletin 22/01.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SYMBIOFCELL Société anonyme* —  
FR.

⑦② Inventeur(s) : *GUIMARD FABIEN* et *ROUYEYRE  
LUC.*

⑦③ Titulaire(s) : *SYMBIOFCELL Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *Cabinet Lavoix.*

FR 3 079 676 - B1



## TITRE

## PLAQUE BIPOLAIRE A CANAUX ONDULES

## DESCRIPTION

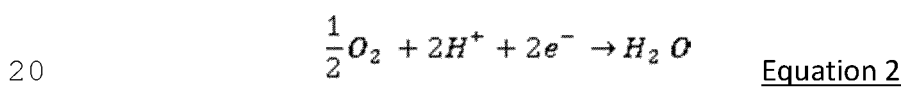
5 **DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR**

La présente demande concerne le domaine des piles à combustible et en particulier celui des piles à hydrogène notamment de type PEMFC (acronyme de « Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells » ou « Proton Exchange Membrane Fuel Cells »).

10 Elle vise en particulier un dispositif pour pile à combustible ayant une ou plusieurs plaques bipolaires de configuration améliorée.

Une pile 1 à combustible est un convertisseur d'énergie chimique en énergie électrique doté d'au moins une cellule électrochimique 2 comprenant une anode 4 séparée d'une cathode 6 par un électrolyte 8.

15 La cellule électrochimique d'une pile à hydrogène est généralement alimentée par deux gaz différents, le premier de l'hydrogène s'oxydant au contact de l'anode, le second de l'oxygène ou de l'air réduit au contact de la cathode selon les réactions électrochimiques suivantes :



L'oxydation produit des électrons circulant de l'anode 4 à la cathode 6 via un circuit 10 électrique externe à la cellule, de sorte qu'un élément 12 intégré à ce circuit électrique 10 puisse être alimenté en électricité par la pile.

25 La membrane 8 séparant les électrodes 4, 6 est généralement réalisée à partir de matériau poreux et électriquement isolant, mais conducteur ionique. Les cellules de piles à combustible de type PEMFC ont typiquement une électrolyte sous forme d'une membrane d'échange de protons à base de polymère, en particulier de fluoropolymère.

Une pile à combustible de type PEMFC se réalise typiquement par l'empilement de cellules élémentaires, chaque cellule étant formée entre une face d'une plaque bipolaire, d'un élément nommé AME (pour « assemblage membrane électrode » correspondant ici à l'empilement anode membrane cathode) et d'une face d'une autre plaque bipolaire.

Les plaques bipolaires ont plusieurs fonctions :

- L'approvisionnement en réactifs (hydrogène côté anode et air ou oxygène côté cathode) à travers des canaux sur les sites réactifs ;

- La collecte et la conduction du courant électrique de l'anode d'une cellule à la cathode de la cellule voisine ;

- La tenue mécanique des cellules élémentaires, ces dernières devant résister notamment à des contraintes mécaniques dues au serrage de l'empilement ;

- L'étanchéité aux gaz ;

- L'évacuation de la chaleur ;

- L'évacuation des gaz non consommés et de l'eau produite lors de la réaction.

Les plaques bipolaires sont pour cela généralement dotées de cannelures ou de canaux sur chaque face, les canaux d'une première face permettant l'alimentation en hydrogène, tandis que les canaux d'une deuxième face opposée à la première face permettent l'alimentation en oxygène.

Les réactants sont ainsi introduits vers les électrodes 4, 6 par l'intermédiaire des canaux d'alimentation présents dans les plaques bipolaires 13, ces canaux d'alimentation permettant également d'évacuer le produit des réactions électrochimiques. Le volume délimité par un canal d'alimentation et une électrode forme un compartiment anodique 14 lorsque l'électrode est l'anode, ou un compartiment cathodique 16, lorsque l'électrode est la cathode (figure 1).

Les performances d'une cellule électrochimique à hydrogène dépendent notamment du taux d'humidité de la membrane 8 : cette humidité permet une bonne conduction ionique des ions hydrogène à travers la membrane 8. L'hydratation de la membrane 8 est maintenue naturellement grâce à l'eau générée au niveau de la cathode.

Une fraction de l'eau générée à la cathode est transférée vers l'anode après diffusion au travers de la membrane 8.

Un phénomène d'accumulation d'eau dans les compartiments destinés à hydrogène peut alors se produire. Or un taux d'humidité ou une accumulation d'eau trop importante à l'anode est susceptible :

- d'être à l'origine d'une réduction de la surface active de l'anode et donc d'une augmentation de la densité de courant traversant ses zones encore actives,

- d'être à l'origine de surtensions à l'anode ce qui réduit la tension délivrée par la pile et par conséquent son rendement,

- de diminuer le courant pouvant être généré par la pile pour une tension à ses bornes imposée par le circuit externe, et par conséquent sa puissance,

- de créer une pénurie en hydrogène dans des zones noyées localisées ce qui peut entraîner une dégradation de la structure de pile et réduire sa durée de vie,

- d'augmenter de manière trop importante la diffusion d'azote de la cathode vers l'anode à l'origine d'une pénurie en hydrogène susceptible de dégrader la pile.

En d'autres termes, une stagnation d'eau, liquide, et une accumulation de gaz trop importants, notamment dans le compartiment anodique, dégrade les performances d'une cellule électrochimique.

Il se pose le problème de trouver un nouveau dispositif amélioré vis-à-vis d'inconvénients mentionnés ci-dessus.

## **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Un mode de réalisation de la présente invention prévoit une plaque conductrice bipolaire apte à être intercalée dans une structure de pile à combustible, ladite plaque comportant sur une première face externe, un premier réseau d'un ou plusieurs canaux de circulation de fluide agencés en parallèle et ayant chacun un cheminement sous forme d'une succession d'ondulations.

Cette forme particulière des canaux permet, en utilisant la force centrifuge, d'éviter la stagnation et la formation de bouchons d'eau et de favoriser ainsi

l'écoulement gazeux dans les canaux. Elle participe à l'obtention d'un meilleur rendement.

Les canaux comportent en outre avantageusement des portions de section transversale rétrécies. Une telle forme des canaux permet de créer localement des accélérations de gaz véhiculé par les canaux. Combinée à la forme ondulée, les portions rétrécies participent à une meilleure circulation de gaz dans les canaux.

Avantageusement, les portions de section transversale rétrécie sont réparties de manière régulière, autrement dit périodique selon une période prédéterminée dans le cheminement desdits canaux. De préférence, les portions de section transversale rétrécie sont réparties au niveau de sommets ou de zones en creux desdites ondulations.

La plaque conductrice bipolaire peut également comporter sur une deuxième face externe opposée à ladite première face externe, un deuxième réseau de canaux de circulation de fluide également sous forme d'une succession d'ondulations.

Les canaux du deuxième réseau comportent également de préférence des portions de section transversale rétrécie.

Un mode de réalisation particulier prévoit que les ondulations des canaux du deuxième réseau peuvent être agencées en décalage de phase voire avantageusement en opposition de phase par rapport aux ondulations des canaux dudit premier réseau de canaux.

Le deuxième réseau comporte typiquement un nombre de canaux plus important que le premier réseau.

Selon une possibilité de mise en œuvre de la plaque conductrice bipolaire dans laquelle ladite première face externe est une face d'une première tôle assemblée à une deuxième tôle dont une face forme ladite deuxième face externe, les canaux du premier réseau étant des cannelures pratiquées dans la première tôle, les canaux du deuxième réseau étant des cannelures pratiquées dans la deuxième tôle, les cannelures du premier réseau et les cannelures du deuxième réseau étant en appui les unes contre les autres en plusieurs points, les cannelures du premier réseau étant

agencées par rapport aux cannelures du deuxième réseau de sorte à ménager un volume pour le passage de fluide caloporteur.

La présente invention concerne également une structure de pile à combustible dotée d'une ou plusieurs plaque(s) conductrice(s) bipolaire(s) telle(s) que définie(s) plus haut.

Un mode de réalisation de la présente invention prévoit en particulier une structure pour pile à combustible comprenant :

- au moins un assemblage membrane électrode,
- une première plaque bipolaire, située d'un premier côté de l'assemblage membrane électrode et muni d'un réseau de canaux anodiques sous forme d'une succession d'ondulations,
- une deuxième plaque bipolaire située d'un deuxième côté de l'assemblage membrane électrode et muni d'un réseau de canaux cathodiques sous forme d'une succession d'ondulations, les ondulations du réseau de canaux cathodiques étant en opposition de phase par rapport aux ondulations des canaux anodiques ou ayant un cheminement présentant des rayons de courbures inversés par rapport à un cheminement des canaux anodiques.

Une telle configuration permet également une meilleure répartition d'eau de part et d'autre de la membrane et d'améliorer ainsi le rendement d'une cellule dotée de telles plaques.

La présente invention vise également un véhicule doté d'une pile à combustible comprenant au moins une plaque conductrice bipolaire telle que définie plus haut.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

D'autres détails et caractéristiques de l'invention apparaîtront de la description qui va suivre, faite en regard des figures annexées suivantes.

Les parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références de façon à faciliter le passage d'une figure à une autre. Les

différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement à échelle uniforme afin de rendre les figures plus lisibles.

La figure 1 illustre de manière schématique une pile à combustible et ses plaques bipolaires.

5 Les figures 2A-2B illustrent une plaque conductrice bipolaire munie de réseaux de canaux anodiques et cathodiques de forme légèrement ondulée.

La figure 3 illustre une configuration particulière de canaux anodiques ou cathodiques sous formes de succession d'ondulations et avec des portions de sections rétrécies.

10 Les figures 4A-4B illustrent un assemblage de tôles formant une plaque conductrice bipolaire à canaux cathodiques et anodiques ondulés et agencés de manière à former des zones d'appuis entre les tôles permettant une tenue mécanique améliorée ainsi que des espaces ménagés entre les tôles pour permettre le déplacement d'un fluide caloporteur.

15 La figure 5 illustre une configuration particulière des cheminements en ondulations des canaux anodiques par rapport aux cheminements en ondulations des canaux cathodiques situés sur des faces opposées et appartenant à une même plaque conductrice bipolaire.

20 Les figures 6A-6B illustrent une configuration en opposition de phase des canaux anodiques d'une plaque conductrice bipolaire par rapport aux canaux cathodiques d'une autre plaque conductrice bipolaire, ces deux plaques conductrices étant agencées de part et d'autre d'une même structure AME ;

25 Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Les figures 2A, 2B présentent respectivement une première face 20A externe et une deuxième face 20B externe, opposée à la première face 20A d'une plaque conductrice bipolaire 20 telle que mise en œuvre suivant un mode de réalisation de la présente invention. Cette plaque 20, à base d'un matériau conducteur de l'électricité et de préférence apte à résister à la corrosion peut être un matériau métallique tel qu'un acier inoxydable, par exemple de type 316L de la norme AISI correspondant à la référence Z2CND17-12 de la norme Afnor NF A 35573. La plaque 20 comporte sur sa première face externe 20A des cannelures formant des canaux 31 fluidiques et sur sa deuxième face externe 20B des cannelures formant des canaux 41 fluidiques.

La plaque conductrice bipolaire 20 est apte à être intégrée à une pile à combustible formée d'un empilement de cellules électrochimiques comportant typiquement une pluralité de plaques bipolaires superposées de même type. Dans un empilement par exemple de 230 cellules, on peut prévoir 229 plaques conductrices bipolaires telle que celle qui va être décrite, et 2 plaques conductrices d'extrémité de part et d'autre de l'empilement. Dans un empilement par exemple de 70 cellules, on peut prévoir par exemple 69 plaques conductrices bipolaires telles que celle qui va être décrite, et 2 plaques conductrices d'extrémité de part et d'autre de l'empilement.

La plaque conductrice bipolaire 20 peut être réalisée en une seule pièce ou, comme dans l'exemple illustré sur les figures 2A, 2B, être le résultat d'un assemblage de plusieurs pièces telles que des tôles 30, 40 disposées l'une contre l'autre et assemblées.

La première face 20A de la plaque 20 (figure 2A) comporte en particulier un premier réseau de canaux 31 de circulation de fluide agencés en parallèle. Les canaux 31 sont ici des canaux anodiques dans lesquels de l'hydrogène est destiné à circuler. Les cannelures ainsi que d'autres motifs en creux formés dans la plaque 20, ici dans la tôle 30, peuvent être réalisés par diverses techniques telles que le moulage ou l'emboutissage ou l'estampage voire par usinage. Par exemple, une technique d'usinage par jet d'eau peut être mise en œuvre pour définir les cannelures.

Sur la première face externe 20A de la plaque 20, les canaux 31 juxtaposés s'étendent chacun le long d'un axe qui est parallèle à un axe longitudinal Y de la plaque 20 autrement dit le long d'un axe parallèle au plus grand côté de la plaque 20. Les canaux 31 fluidiques ont chacun un cheminement sous forme d'une succession  
5 d'ondulations autrement dit formant une suite de régions courbes qui peuvent être réparties avantageusement de manière périodique de part et d'autre d'un axe donné parallèle à l'axe longitudinal Y, en réalisant une succession de sommets 31a et de creux 31b. Les canaux 31 du premier réseau fluidique sont de préférence disposés en phase les uns par rapport aux autres, de sorte que les sommets 31a et creux d'ondulation 31b d'un  
10 canal 4 coïncident dans un même plan orthogonal à la plaque 20 avec respectivement les sommets 31a et creux 31b d'ondulation des autres canaux.

La forme ondulée des canaux 31 permet de favoriser une évacuation de l'eau produite dans une cellule électrochimique et d'éviter un phénomène de stratification susceptible de créer un blocage de réactants dans les canaux ou une  
15 saturation en eau au niveau de couches de diffusion d'une structure d'assemblage membrane-électrode apte à être accolée à la plaque bipolaire. La forme des canaux 31 via un cheminement ondulant guidant l'écoulement des réactants permet, en utilisant la force centrifuge, d'éviter la stagnation et la formation de bouchons liquides et de favoriser ainsi l'écoulement gazeux.

20 Les changements de direction des régions courbes permettent d'évacuer plus efficacement les gouttes d'eau qui pourraient stagner et de casser leur stratification.

On prévoit de préférence un pas des motifs formants les ondulations et une amplitude de ces motifs (autrement dit une amplitude des creux 31b et sommets  
25 31a) suffisamment faibles et un rayon de courbure suffisamment élevés pour que les canaux 31 comportent essentiellement de légères ondulations autrement dit ayant une forme proche de celles de canaux droits.

Une gamme de rayon de courbure des ondulations permettant de maximiser un contact entre la première face 20A de la plaque bipolaire 20 et un

assemblage AME tout en maximisant les performances électriques d'une cellule dotée de cet assemblage AME, est par exemple choisi entre 20 mm et 50 mm.

Comme on peut le voir sur la vue partielle agrandie de la figure 3, les canaux 31 peuvent comporter également des portions 33 localisées de sections transversales rétrécies. Le rétrécissement dépend du niveau de pertes de charge souhaité afin de permettre une évacuation des gouttelettes d'eau. Une perte de charge de l'ordre de plusieurs dizaines de mbar, par exemple de l'ordre de 20 mbar de pertes de charge peut être prévue.

Les canaux 31 sont ainsi pourvus de zones avec une section transversale donnée et comportent des portions 33 localisées de section transversale plus faible que la section transversale donnée. Le rétrécissement peut être prévu de sorte à avoir une section transversale au moins divisée par 2. Les portions 33 rétrécies d'un canal 31 ont dans ce cas une section transversale au moins 2 fois plus faible que celle du reste du canal.

Les portions 33 de section restreinte au sein d'un canal 31 fluide permettent de créer localement des accélérations du gaz véhiculé par ce canal et d'obtenir ainsi une augmentation de la perte de charge du canal 31 afin de mieux évacuer les gouttelettes d'eau.

Les portions 33 rétrécies d'un canal 31 sont de préférence réparties de manière périodique tout au long d'une surface active dans laquelle s'étend ce canal 31.

Avantageusement, les portions 33 rétrécies peuvent être disposées au niveau de creux 31b et/ou de sommets 31a des ondulations.

La forme ondulée des canaux 31 combinée à la présence de portions 33 de section rétrécie permettent d'éviter des phénomènes d'engorgement en eau des cellules et d'augmenter ainsi la durée de vie de la pile. Cette configuration particulière permet d'obtenir une meilleure gestion de la quantité d'eau au sein d'une cellule électrochimique et d'améliorer ainsi ses performances.

Comme suggéré précédemment, la plaque bipolaire 20 peut être réalisée par assemblage de plusieurs tôles 30, 40. Le premier réseau de canaux 31 fluidiques est dans ce cas formé sur une face avant 30A d'une première tôle 30

correspondant à la première face externe 20A de la plaque 20, tandis que le deuxième réseau de canaux 41 fluidiques est formé sur une face avant 40A d'une deuxième tôle 40 correspondant à la deuxième face externe 20B de la plaque 20. La première tôle 30 et la deuxième 40 sont ainsi assemblées au niveau de leurs faces arrière 30B, 40B, opposées  
5 respectivement à leurs faces avant 30A, 40A.

Les canaux ou cannelures défini(e)s sur la face avant 30A de la première tôle 30 forment sur la face arrière 30B de cette tôle 30, des zones bosselées 131. Ces zones bosselées 131 prennent appui, en plusieurs points comme on peut le voir sur la vue en coupe transversale de la figure 4A, sur d'autres zones bosselées 141 formées sur la  
10 face arrière 40B de la deuxième tôle 40, et correspondant respectivement aux canaux ou cannelures défini(e)s sur la face avant 40A de cette deuxième tôle 40.

Dans l'épaisseur de la plaque bipolaire 20, entre les faces arrière 30B, 40B des tôles 30, 40 des espaces 150 sont toutefois ménagés comme on peut le voir sur la vue en coupe transversale de la figure 4A pour permettre de délimiter des passages pour  
15 un fluide, en particulier un liquide de refroidissement, également appelé liquide caloporteur entre les tôles 30, 40. Le liquide caloporteur peut être de l'eau.

Dans l'exemple de configuration particulier illustré sur les figures 2A-2B, l'entrée et la sortie de liquide caloporteur, sont réalisées à l'aide d'ouvertures 28 disposées au niveau d'un grand côté de la plaque 20. La plaque bipolaire 20, d'aspect qui  
20 peut être sensiblement rectangulaire, comporte également sur chaque petit côté du rectangle une ouverture 24 d'entrée ou de sortie d'air, tandis que sur des coins opposés de la plaque 20 figurent des ouvertures 26 d'entrée ou de sortie d'hydrogène. Ces ouvertures 26 sont généralement de plus petite dimension que les ouvertures 24 d'entrée/sortie d'air.

Comme indiqué précédemment, la deuxième face 20B de la plaque conductrice bipolaire 20 comporte également des cannelures formant cette fois des canaux cathodiques dans lesquels de l'air ou de l'oxygène est destiné à circuler. Un deuxième réseau de canaux 41 de circulation juxtaposés agencés en parallèle est ainsi  
25 ménagé sur la deuxième face 20B de la plaque bipolaire 20. Les canaux 41 peuvent avoir des dimensions semblables à celle des canaux 31 de la première face. Typiquement, on  
30

prévoit un nombre de canaux 41 cathodiques plus important que le nombre de canaux 31 anodiques. Les canaux 41 s'étendent chacun le long d'un axe parallèle à l'axe longitudinal  $A_y$  et sont également chacun sous forme d'une succession d'ondulations autrement dit d'une suite de régions courbes. Les canaux 41 du deuxième réseau réalisent des ondulations en une successions de régions courbes formant des sommets 41a et des creux 41b de part et d'autre d'un axe parallèle à l'axe longitudinal  $A_y$  de la plaque 20.

Les canaux 41 du deuxième réseau fluïdique sont avantageusement disposés en phase les uns par rapport aux autres.

Les ondulations des canaux 41 du deuxième réseau peuvent avoir une forme semblable à celles des canaux du premier réseau et éventuellement avoir une amplitude et une fréquence égales, respectivement à l'amplitude et à la fréquence des ondulations du premier réseau.

Les canaux 41 du deuxième réseau comportent également de préférence des portions localisées de sections transversales rétrécies. Ces portions localisées sont avantageusement réparties de manière périodique le long du parcours des canaux 41. Typiquement, comme sur le premier réseau de canaux, on peut prévoir les portions rétrécies du deuxième réseau 41 disposées au niveau des creux 41b et/ou sommets 41a des ondulations.

Selon une possibilité d'agencement particulier illustré sur la figure 5, donnant une vue de dessus d'une portion de la deuxième face 20B de la plaque bipolaire 20, on peut prévoir avantageusement que le deuxième réseau de canaux 41 cathodiques et le premier réseau de canaux 31 présentant un déphasage l'un par rapport à l'autre, si l'on considère comme plan de référence un plan orthogonal au plan principal de la plaque.

Par « plan principal » de la plaque 20, on entend un plan parallèle passant par la plaque 20 et parallèle au plan  $[O ; x ; y]$  du repère orthogonal  $[O ; x ; y ; z]$  donné sur la figure 5.

Cet agencement en décalage de phase des canaux 31 du premier réseau vis-à-vis des canaux 41 du deuxième réseau permet, notamment lorsque cette plaque 20 est sous forme d'un assemblage de tôles 30, 40, de pouvoir assurer le passage de fluide

caloporteur entre les tôles 30, 40 tout en maintenant des zones d'appuis suffisantes entre les tôles 30, 40 pour permettre d'assurer une bonne rigidité mécanique de l'assemblage de tôles.

Or, une telle rigidité est importante aussi bien pour la tenue mécanique  
5 de la pile à combustible dans laquelle la plaque bipolaire est susceptible d'être intégrée que pour les performances électriques de cette pile.

L'agencement des réseaux de canaux sur les deux faces opposées 20A et 20B peut être avantageusement avec des rayons de courbures inversés entre le cheminement des canaux 31 sur la première face et le cheminement des canaux 41 sur la  
10 deuxième face. Dans un tel agencement dit « en opposition de phase » un ou plusieurs sommets 31a respectivement d'un ou plusieurs canaux 31 du premier réseau situés sur la première face 20A de la plaque 20 se trouvent dans un même plan orthogonal à la plaque 20 qu'un ou plusieurs creux 41b respectivement d'un ou plusieurs canaux 41 du deuxième réseau situés sur une deuxième face 20B de la plaque 20.

Une configuration en décalage de phase voire en opposition de phase  
15 de canaux du premier réseau et du deuxième réseau est utile en particulier dans une structure telle qu'illustrée sur les figures 6A et 6B dotée d'au moins deux plaques bipolaires 20.1, 20.2 du même type que celle décrite précédemment, et disposées de part et d'autre d'une structure d'assemblage membrane électrode (AME).

La structure AME est de manière classique, composée d'une couche  
20 d'électrolyte 113 classiquement formée d'une membrane telle qu'une membrane polymère solide, imperméable aux gaz et adaptée pour conduire les protons de l'anode vers la cathode tout en empêchant un passage d'électrons de l'une à l'autre des électrodes.

La structure AME peut être également dotée de couches de diffusion  
25 ayant pour fonction d'assurer l'approvisionnement en gaz réactif pour des couche actives d'électrodes et d'assurer une conduction électrique entre une plaque conductrice bipolaire et une couche active d'électrode. Les électrodes de la structure AME sont une anode 111 contre laquelle le premier réseau de canaux 31 est disposé et une cathode 112

contre laquelle le deuxième réseau de canaux 41, en décalage de phase voire en opposition de phase par rapport au premier réseau, est placé.

L'agencement est tel que les canaux 31 d'une première plaque 20.1 bipolaire disposés contre une face d'une structure AME forment des ondulations aux rayons de courbures inversés ou en opposition de phase par rapport aux ondulations respectivement d'un ou plusieurs canaux 41 d'une deuxième plaque 20.2 disposés contre une autre face de cette même structure AME et opposée à la face contre laquelle la première plaque est disposée.

Le déphasage ou décalage entre les deux réseaux est pris par rapport à un plan orthogonal au plan principal de la plaque.

Cette disposition des canaux 31 anodiques du premier réseau d'une plaque conductrice bipolaire 20.1 située du premier côté d'un AME par rapport aux canaux 41 cathodiques d'un deuxième réseau d'une autre plaque conductrice bipolaire 20.2 situé d'un deuxième côté opposé de l'AME, permet d'éviter une accumulation intempestive d'eau et participe à une meilleure circulation de l'eau permettant ainsi d'améliorer les performances électriques de la cellule électrochimique formée par association de ces plaques bipolaires et de la structure d'AME.

**REVENDEICATIONS**

1. Plaque conductrice bipolaire (20, 20.1, 20.2) apte à être intercalée dans une structure de pile à combustible, ladite plaque comportant sur une première face externe (20A), un premier réseau d'un ou plusieurs canaux (31) de circulation de fluide agencés en parallèle et ayant chacun un cheminement sous forme d'une succession d'ondulations de part d'autre d'un axe parallèle à un axe longitudinal de la plaque, la plaque conductrice bipolaire comportant sur une deuxième face externe (20B) opposée à ladite première face externe (20A), un deuxième réseau de canaux (41) de circulation de fluide chacun sous forme d'une succession d'ondulations de part d'autre d'un axe parallèle à un axe longitudinal ( $A_V$ ) de ladite plaque, les ondulations des canaux (41) dudit deuxième réseau étant en décalage de phase ou en opposition de phase par rapport aux ondulations des canaux dudit premier réseau de canaux (31), et le deuxième réseau comportant un nombre de canaux plus important que le nombre de canaux dudit premier réseau.

15

2. Plaque conductrice bipolaire selon la revendication 1, lesdits canaux comportant des portions (33) de section transversale rétrécie.

3. Plaque conductrice selon la revendication 2, lesdites portions de section transversale rétrécie étant réparties de manière périodique dans le cheminement desdits canaux, en particulier au niveau de sommets (31a) ou de zones en creux (31b) desdites ondulations.

4. Plaque conductrice bipolaire selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la première face externe (20A) est une face avant (30A) d'une première tôle (30) assemblée à une deuxième tôle (40) dont une face avant (40A) forme la deuxième face externe (20B), les canaux du premier réseau étant des cannelures pratiquées dans la première tôle, les canaux du deuxième réseau étant des cannelures pratiquées dans la deuxième tôle, les cannelures du premier réseau et les cannelures du deuxième réseau comportant des zones (131,141) de contact, les cannelures du premier réseau étant

30

agencées par rapport aux cannelures du deuxième réseau de sorte à ménager un volume (150) pour le passage de fluide caloporteur entre une première ouverture (28) située au niveau d'un premier bord externe de la plaque et une deuxième ouverture (28) située au niveau d'un deuxième bord externe de la plaque opposé au premier bord.

5

5. Structure pour pile à combustible comprenant :
- au moins un assemblage membrane électrode,
  - une plaque bipolaire (20.1) selon l'une des revendications 1 à 4.

10

6. Structure pour pile à combustible comprenant :
- au moins un assemblage membrane électrode (AME),
  - une première plaque bipolaire (20.1) selon l'une des revendications 1 à

4, située d'un premier côté dudit assemblage membrane électrode, la première plaque étant munie d'un réseau de canaux anodiques sous forme d'une succession d'ondulations,

15

- une deuxième plaque bipolaire (20.2) selon l'une des revendications 1 à 7, située d'un deuxième côté de l'assemblage membrane électrode et muni les ondulations des canaux cathodiques étant en opposition de phase ou ayant des rayons de courbures inversés par rapport aux ondulations des canaux anodiques.

20

7. Véhicule doté d'une pile à combustible comprenant au moins une plaque conductrice bipolaire selon l'une des revendications 1 à 4.

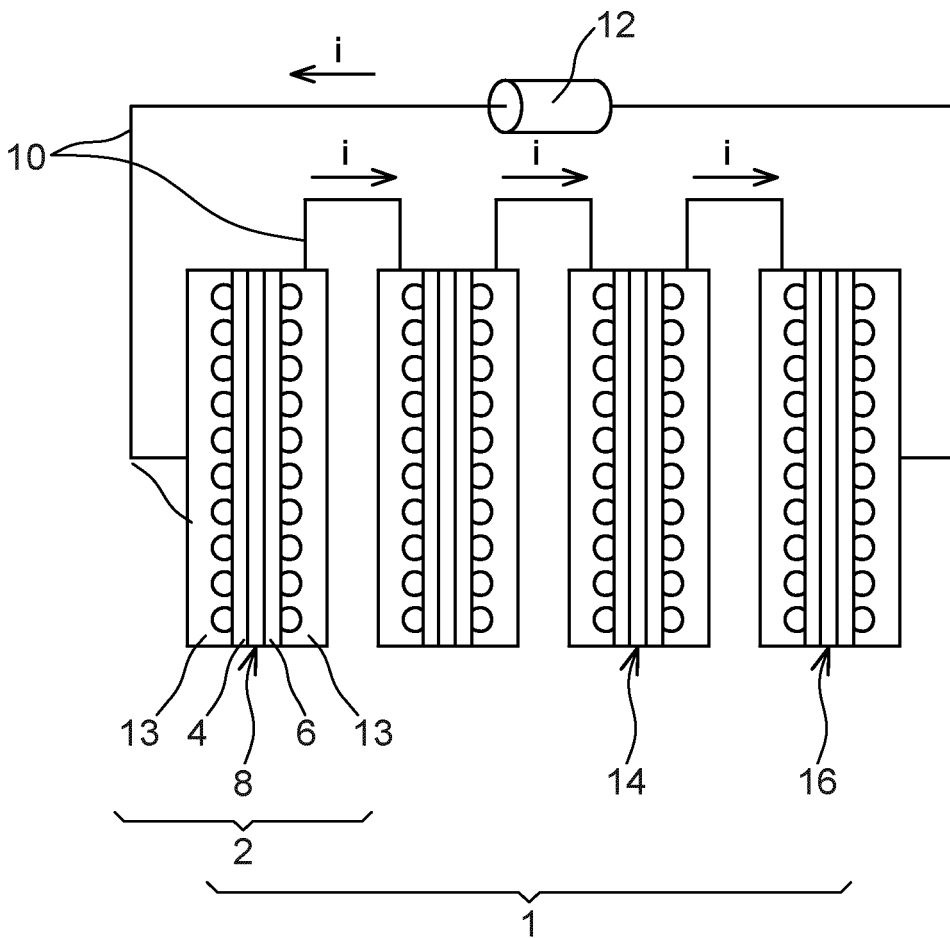


FIG.1

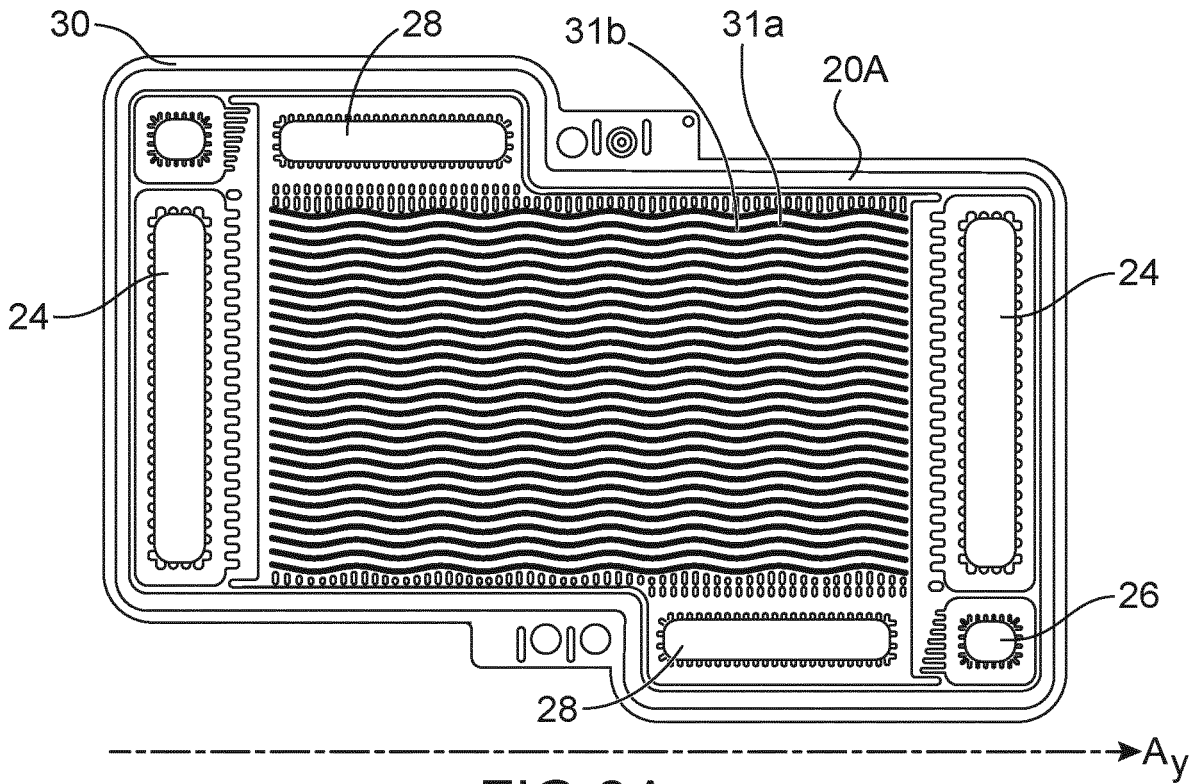


FIG. 2A

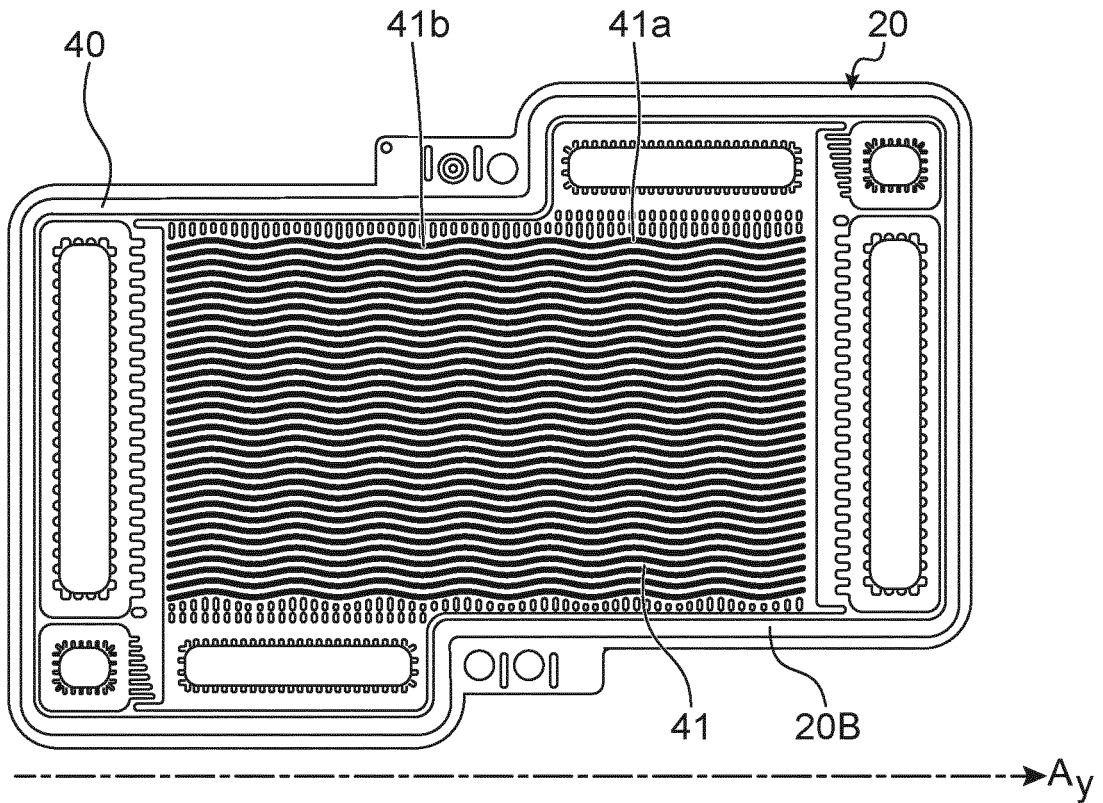


FIG. 2B

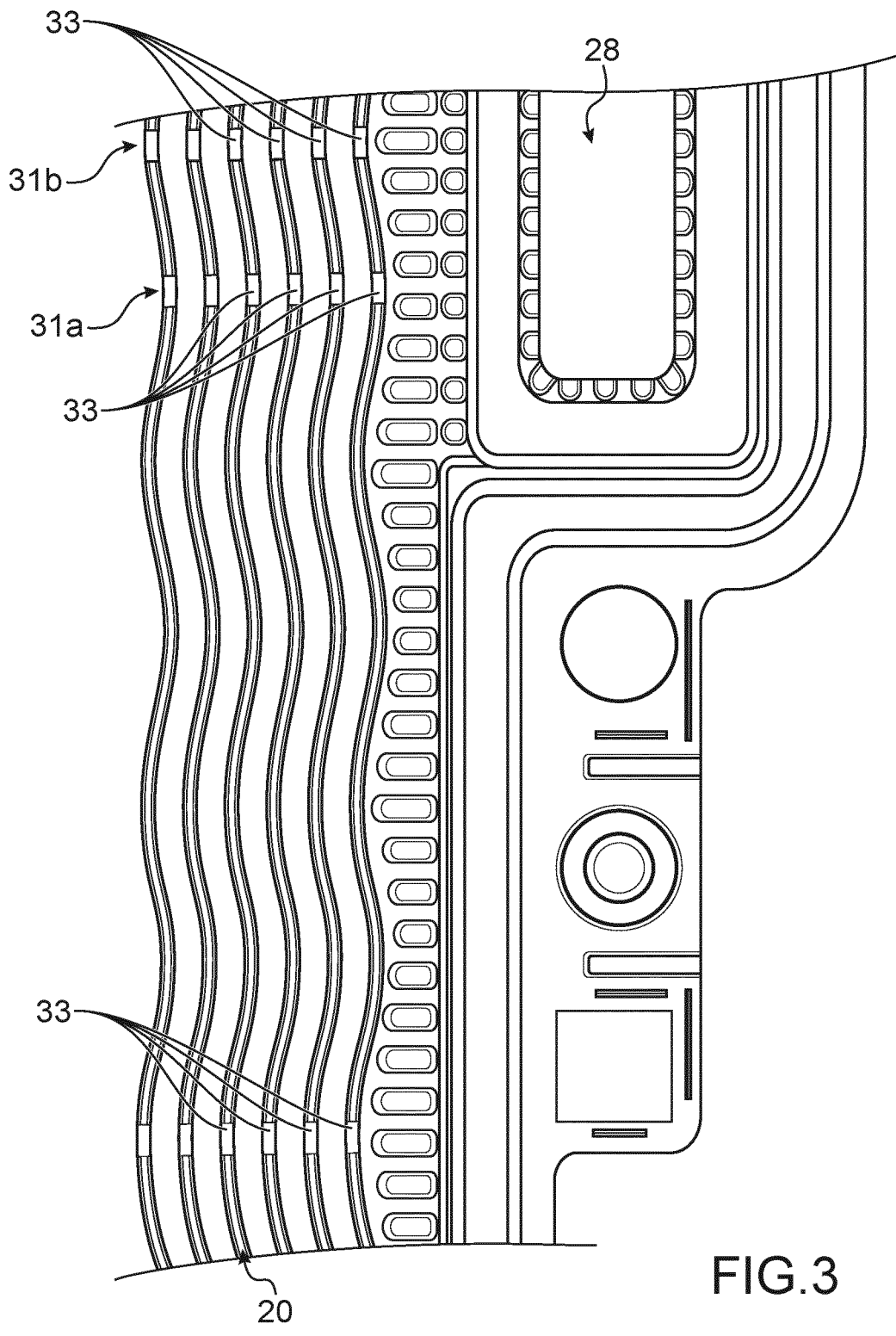


FIG.3

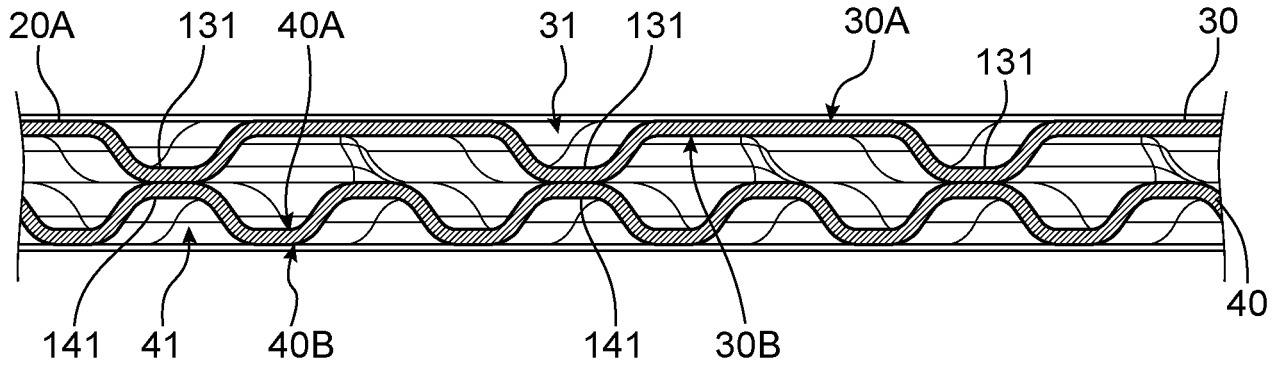


FIG.4A

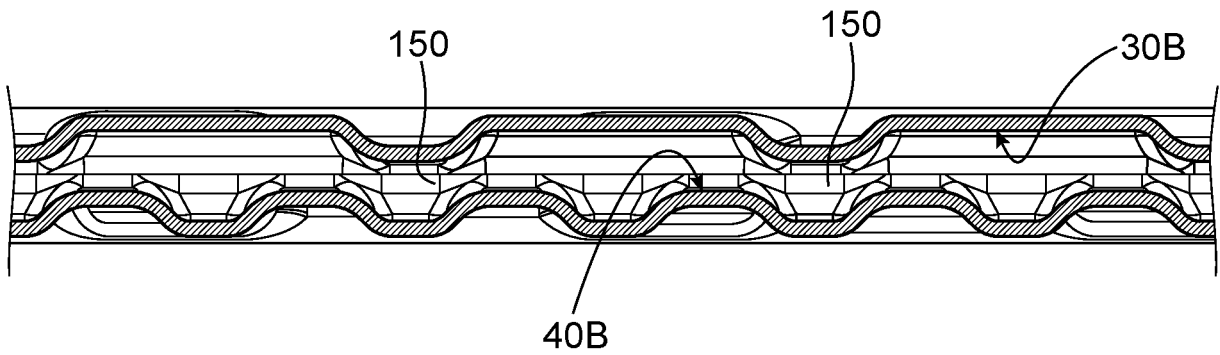


FIG.4B

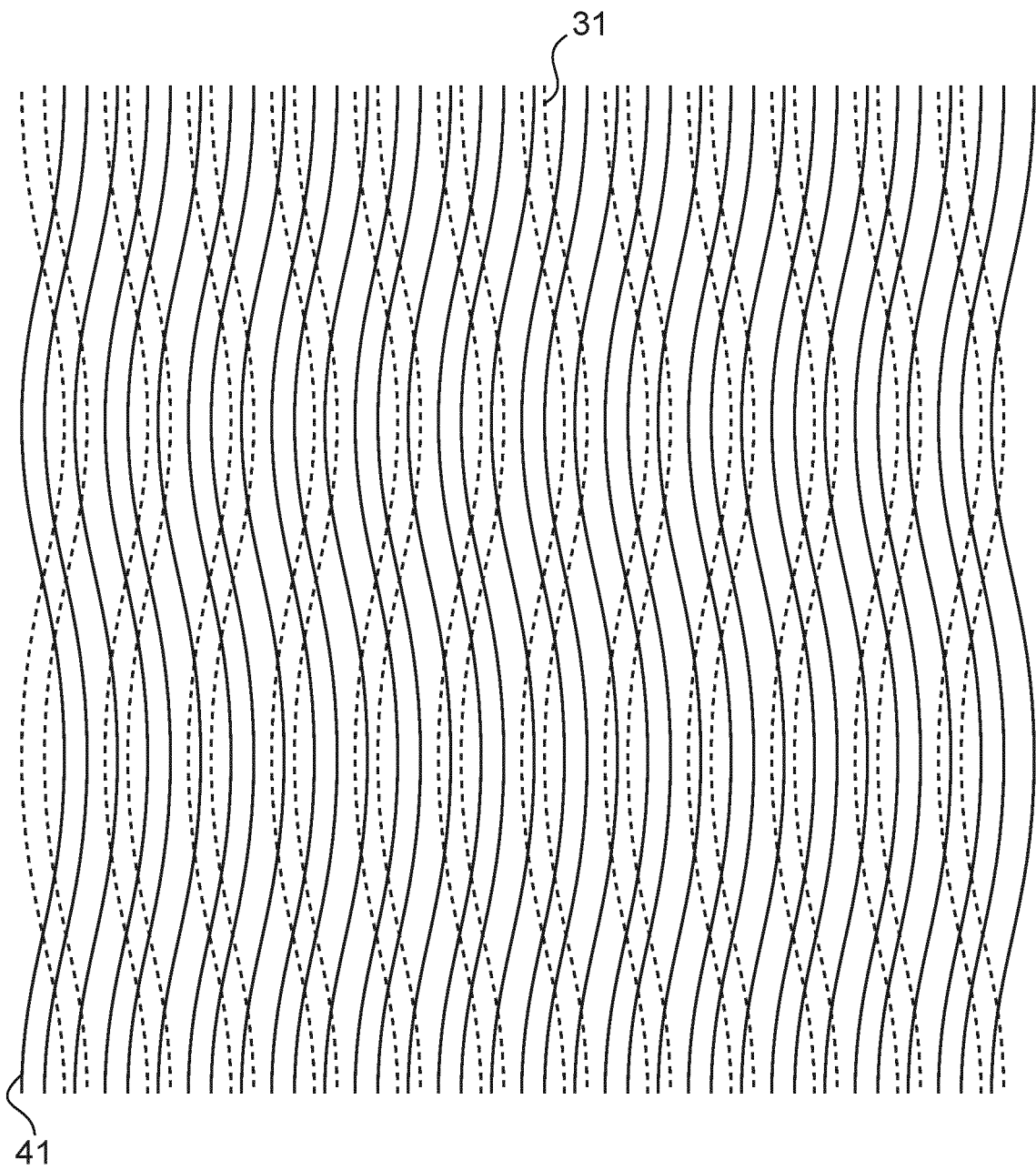


FIG. 5

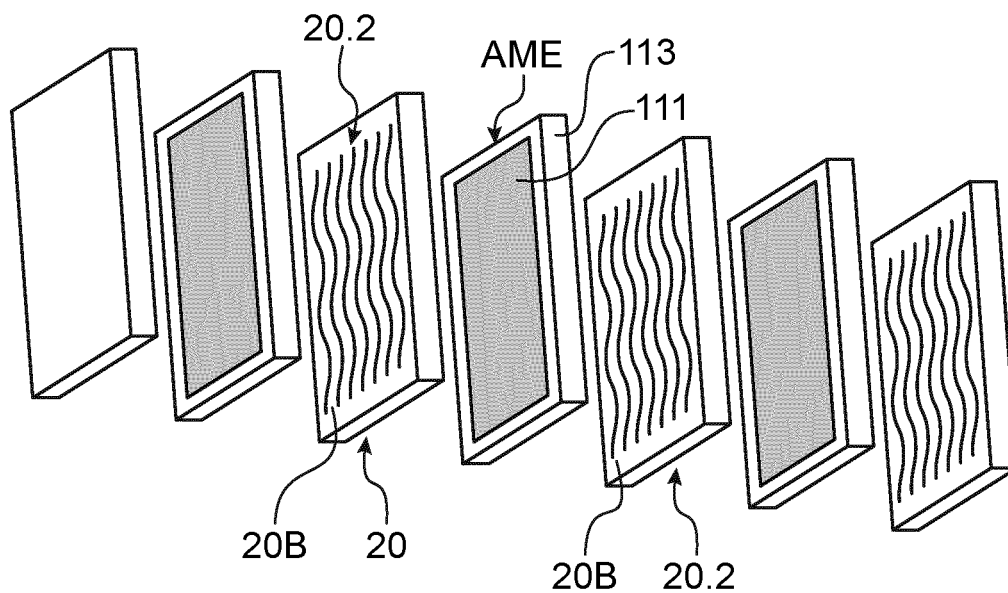
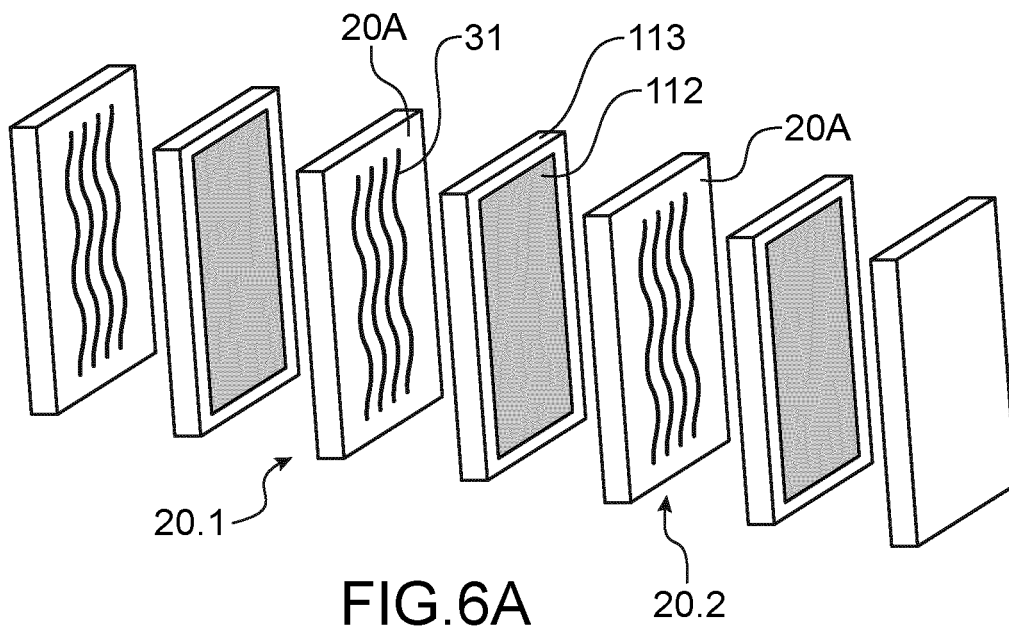


FIG. 6B

# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

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

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

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

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

JP 2008 282777 A (HONDA MOTOR CO LTD)  
20 novembre 2008 (2008-11-20)

JP 2010 251068 A (HONDA MOTOR CO LTD)  
4 novembre 2010 (2010-11-04)

JP 2014 026822 A (HONDA MOTOR CO LTD)  
6 février 2014 (2014-02-06)

US 2016/211533 A1 (ISHIDA KENTARO [JP] ET  
AL) 21 juillet 2016 (2016-07-21)

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

NEANT

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

NEANT