



SPF Economie, PME, Classes
Moyennes & Energie
Office de la Propriété intellectuelle

(11) 1031984 B1

(47) Date de délivrance : 14/04/2025

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 14/04/2025

(21) Numéro de demande : BE2023/5760

(22) Date de dépôt : 18/09/2023

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : C25B 1/04, C25B 9/63, C25B 9/75, C25B 9/77, C25B 15/08

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM
SA
4100, SERAING
Belgique

(72) Inventeur(s) :

HAENECOUR Guilhem
4100 SERAING
Belgique

(54) Intercalaire pour une cellule électrolytique, cellule électrolytique et stack d'électrolyseur

(57) La présente invention se rapporte au domaine technique de l'électrolyse et plus particulièrement à la conception d'une cellule électrolytique. Les aspects particuliers de l'invention se rapportent à un intercalaire destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique, à une cellule électrolytique et à un stack d'électrolyseur. Un intercalaire (12) destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique (10) et définissant un espace (125) entre une plaque bipolaire (11) et une membrane (14), présente une forme générale rectangulaire et comprend des ouvertures d'alimentation (121) en électrolyte et d'extraction (1221, 1222) en mélange électrolyte/gaz communiquant avec l'espace (125). Selon l'invention, au moins une des ouvertures d'alimentation (121) ou d'extraction (1221, 1222) débouche dans l'espace (125) par une section évasée (123) à la surface de l'intercalaire (12).

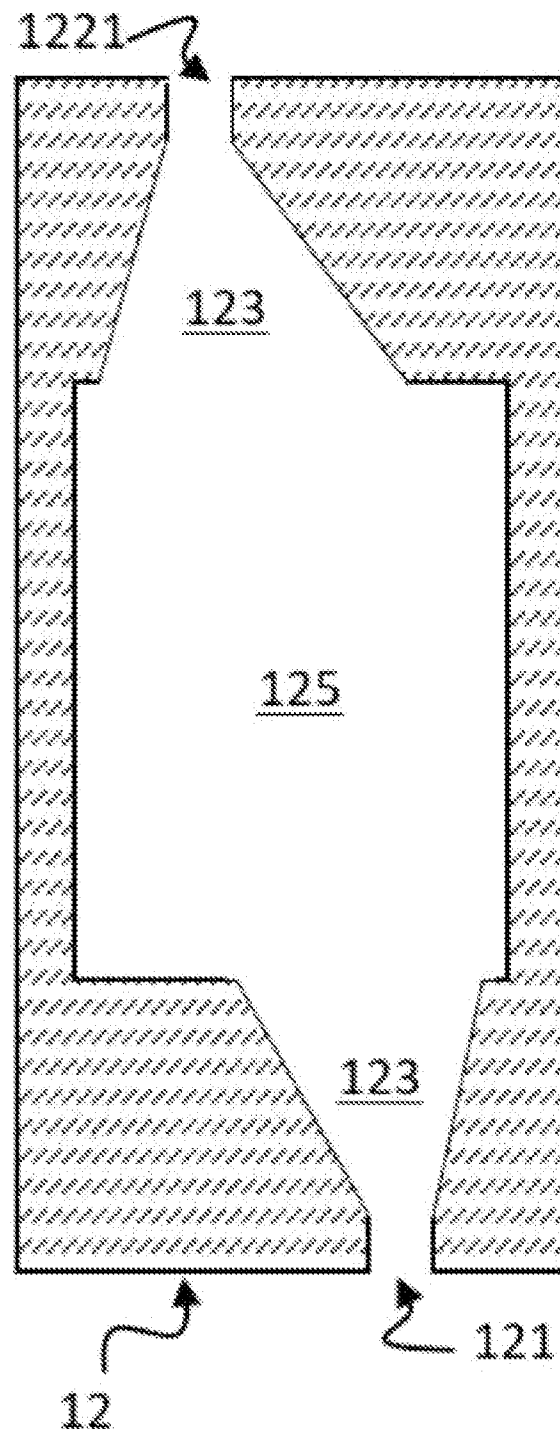


Fig. 4

Intercalaire pour une cellule électrolytique, cellule électrolytique et stack d'électrolyseur

[0001] Description

[0002] La présente invention se rapporte au domaine technique de l'électrolyse et plus particulièrement à la conception d'une cellule électrolytique. Les aspects particuliers de

5 l'invention se rapportent à un intercalaire destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique, à une cellule électrolytique et à un stack d'électrolyseur.

[0003] Indication de l'art antérieur

[0004] La nécessité de réduire la production de gaz à effet de serre et d'utiliser des énergies renouvelables est maintenant bien connue. Le dihydrogène est une alternative aux

10 hydrocarbures car il s'agit d'un vecteur énergétique facilement stockable, contrairement à l'électricité, et son oxydation dégage une énergie très importante (285 kJ/mole).

[0005] On connaît plusieurs façons de produire le dihydrogène gazeux ; la plus avantageuse consiste à électrolyser la molécule d'eau car il s'agit d'une réaction à haut rendement qui ne produit pas directement de CO₂ contrairement aux procédés utilisés massivement que sont le

15 reformage du méthane, du charbon et d'hydrocarbures.

[0006] On connaît trois grands types d'électrolyseurs pour l'électrolyse de l'eau :

- les électrolyseurs alcalins (AWE), qui se caractérisent par l'utilisation d'un électrolyte liquide qui permet le transfert des ions hydroxydes (OH⁻) de la cathode vers l'anode,

- les électrolyseurs à haute température, dont l'électrolyte est une céramique ; et

20 - les électrolyseurs à membrane (PEM), dont l'électrolyte est une membrane échangeuse d'ions à conduction protonique.

[0007] La présente invention concerne plus particulièrement un électrolyseur à membrane.

[0008] Un dispositif d'électrolyse à membrane comprend généralement un empilement (appelé stack) de cellules électrolytiques au sein desquelles est conduite la réaction

25 d'électrolyse de l'eau. Les cellules électrolytiques sont assemblées électriquement en série et fluidiquement en parallèle. En faisant référence aux figures 1 à 3, une cellule électrolytique 10 comprend dans l'ordre, une plaque bipolaire 11, un espace 125 entouré d'un cadre intercalaire (ou simplement intercalaire) 12, une première électrode 131, en l'occurrence une cathode, une membrane 14, une seconde électrode 132, à savoir une anode, un second espace 125 entouré

30 d'un cadre intercalaire 12 et une deuxième plaque bipolaire 11. L'espace (parfois aussi appelé chambre d'électrode) entouré de l'intercalaire 12 est destiné à la circulation de l'électrolyte et des gaz d'électrolyse et permet, grâce à la circulation du fluide électrolytique, l'arrivée des réactifs (eau et ions hydroxydes) à la surface des électrodes 131 et 132. L'intercalaire 12 est généralement métallique et fournit un chemin de faible résistivité pour le courant électrique

35 entre chaque plaque bipolaire 11 et l'électrode 131 ou 132 qui y est accolée. Les électrodes 131, 132 sont généralement réalisées en métal dopé, par exemple en nickel, mais d'autres métaux conducteurs peuvent également être utilisés. La membrane 14 (aussi appelée

diaphragme ou séparateur poreux) assure l'isolation électrique entre les deux électrodes 131, 132 ainsi que le transport des protons ou des ions hydroxydes d'une électrode à l'autre tout en étant étanche aux gaz d'électrolyse. Les plaques bipolaires 11 (aussi appelées collecteur de courant) ont pour fonction de fournir le courant et d'évacuer les gaz de la cellule électrolytique

5 10. Les matériaux des plaques bipolaires 11 doivent donc posséder un niveau de conductivité électrique suffisant et une bonne inertie chimique vis-à-vis des fluides présents dans la cellule électrolytique 10 (électrolyte, acide, gaz). Les plaques bipolaires 11 les plus courantes sont réalisées en graphite, en matériau composite conducteur ou en métal (par exemple en acier inoxydable). Les plaques bipolaires 11 sont généralement munies de cannelures ou de reliefs

10 favorisant l'évacuation des gaz. L'électrolyte (solution alcaline d'eau) provenant d'une canalisation d'alimentation 15 est introduit dans l'espace 125 par une ouverture d'alimentation 121 dans l'intercalaire 12, le mélange électrolyte/gaz résultant est extrait de l'espace 125 par une deuxième ouverture d'extraction 1221 ou 1222 pratiquée dans l'intercalaire 12. Lorsqu'il s'agit de l'espace 125 disposé entre la plaque bipolaire 11 et la cathode 131, le mélange

15 électrolyte/gaz extrait par l'ouverture d'extraction 1221 est essentiellement composé de dihydrogène, H_2 , gazeux et le mélange est évacué dans la canalisation d'extraction 161. Lorsqu'il s'agit de l'espace 125 disposé entre l'anode 132 et la plaque bipolaire 11, le mélange électrolyte/gaz extrait par l'ouverture d'extraction 1222 est essentiellement composé de dioxygène, O_2 , gazeux et le mélange est évacué dans la canalisation d'extraction 162. Les

20 canalisations d'extraction 161 et 162 conduisent le mélange électrolyte/gaz vers des dispositifs de dégazage séparés (non représentés) permettant de récupérer respectivement le dihydrogène et le dioxygène. Dans l'espace 125, soit les électrodes 131, 132 sont contre la plaque bipolaire 11, soit un filet métallique, préférentiellement en nickel, est placé entre la plaque bipolaire 11 et les électrodes 131, 132.

25 [0009] Le stack d'électrolyseur comprend donc un empilement de telles cellules électrolytiques 10, la plaque bipolaire 11 terminant la première cellule électrolytique 10 constitue le début de la cellule électrolytique 10 suivante. Ainsi, la plaque bipolaire 11 de la première cellule électrolytique 10 (en amont de la suivante) possède un potentiel plus élevé que celui de la plaque bipolaire 11 de la deuxième cellule électrolytique 10 (en aval de la

30 précédente) et par voie de conséquence, sa surface en contact avec l'espace 125 jouxtant la cathode 131 joue le rôle d'anode 132. Inversement, la surface de la plaque bipolaire 11 en contact avec l'espace 125 jouxtant l'anode 132 joue le rôle de cathode 131.

[0010] Deux plaques de fond (non représentées) sont pourvues aux extrémités de la cellule électrolytique 10 et permettent d'assurer le serrage des cellules électrolytiques 10 entre elles

35 et leur étanchéité.

[0011] La présente invention est basée sur l'observation de plusieurs problèmes liés à cette conception des cellules électrolytiques 10. Un premier problème tient au fait que les

ouvertures d'alimentation 121, et d'extraction 1221, 1222 pratiquées dans l'intercalaire 12 pour l'alimentation en électrolyte et l'extraction en mélange électrolyte/gaz de l'espace 125 ne peuvent pas être disposées de manière symétrique par rapport à l'espace 125. Les ouvertures doivent impérativement être éloignées de la membrane 14 et sont donc disposées à proximité

5 de la plaque bipolaire 11 jouxtant l'espace 125. A défaut d'adopter une telle configuration, sous l'effet des pressions auxquelles la membrane 14 est soumise, cette dernière 14 très flexible se déforme au point de pénétrer les ouvertures d'alimentation 121 ou d'extraction 1221, 1222 avec pour conséquences que le débit d'alimentation ou d'extraction peut être réduit et que l'étanchéité de la membrane 14 peut être compromise et que les deux espaces 125 de part et

10 d'autre de la membrane 14 communiquent. Cette dernière conséquence pose des problèmes inacceptables pour la sécurité du personnel et de l'installation.

[0012] C'est pourquoi les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221, 1222 doivent impérativement être disposées à proximité de la plaque bipolaire 11 jouxtant l'espace 125. Du point de vue de l'électrolyse de l'eau, cette configuration est loin d'être idéale car les réactions

15 principales (décomposition de l'eau du côté de l'anode 132 avec formation de dioxygène et formation du dihydrogène du côté de la cathode 131) ont lieu à l'interface membrane 14/électrode 131, 132. L'électrolyte introduit dans la canalisation d'alimentation 15 à proximité de la plaque bipolaire 11 pénètre dans l'espace 125 au travers de l'ouverture d'alimentation 121 en vue de traverser l'espace 125 avant d'arriver à l'interface membrane 14/électrode 131,

20 132. De même, le gaz produit doit traverser l'espace 125 depuis l'interface membrane 14/électrode 131, 132 pour être extrait par l'ouverture d'extraction 1221 ou 1222. En outre, le gaz produit a tendance à s'accumuler à la membrane 14 sous forme de bulles et la circulation de l'électrolyte ne peut que faiblement entraîner ces bulles. Ces bulles de gaz ont un caractère électriquement isolant et il en résulte une perte de conductivité de l'installation.

25 [0013] Un autre problème qui se pose est lié à la dimension des ouvertures d'alimentation 121 en électrolyte et d'extraction 1221, 1222 du mélange électrolyte/gaz. Pour des raisons techniques, on fait en sorte que la section de passage des ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221, 1222 soient plus petites que les sections de passage des canalisations d'alimentation 15 en électrolyte ou d'extraction 161, 162 en mélange électrolyte/gaz dans

30 lesquelles elles débouchent respectivement. Ces différences de section de passages provoquent une différence de pression entre l'espace 125 et les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1222, 1221 qui, à son tour, permet la circulation de l'électrolyte depuis la canalisation d'alimentation 15 vers l'espace 125, puis vers les canalisations d'extraction 161 ou 162. Malheureusement, cette différence de pression est défavorable en termes de circulation

35 de l'électrolyte et des gaz au sein de l'espace 125 de la cellule électrolytique 10.

[0014] Il serait donc souhaitable de fournir une solution permettant d'introduire l'électrolyte et d'extraire le mélange électrolyte/gaz de ou dans l'espace 125 de manière à ce que

l'électrolyte puisse mieux interagir avec l'électrode 131, 132 (élimination des bulles de gaz générées à la surface de l'électrode 131, 132, réduction du chemin et du temps de convection de l'électrolyte dans l'espace 125).

[0015] Exposé de l'invention

5 [0016] Selon l'invention, ces problèmes sont résolus grâce à une forme particulière du cadre de l'intercalaire. Ainsi, l'invention se rapporte selon un premier de ses aspects à un intercalaire destiné à être utilisé dans une cellule d'électrolyseur alcalin, l'intercalaire présentant une forme générale parallélépipédique, avec deux côtés longs définissant une hauteur de l'intercalaire, deux côtés courts définissant une largeur de l'intercalaire, les côtés courts et les
10 côtés longs définissant un plan de l'intercalaire et la direction perpendiculaire au plan de l'intercalaire définissant une épaisseur de l'intercalaire, l'intercalaire présentant un évidement entre ses côtés longs et ses côtés courts sur toute son épaisseur, l'évidement de l'intercalaire définissant un espace, l'intercalaire présentant une forme générale rectangulaire ou circulaire et comprenant dans les côtés courts des ouvertures d'alimentation en électrolyte et
15 d'extraction en mélange électrolyte/gaz communiquant avec un espace comprenant certains constituants spécifiques de l'électrolyseur. Au moins une des ouvertures d'alimentation ou d'extraction débouche dans l'espace par une section évasée. Conformément à l'invention, la section évasée s'étend le long de l'épaisseur de l'intercalaire dans un plan décalé angulairement d'un angle α (α) inférieur à 90° par rapport au plan de l'intercalaire et en ce
20 qu'elle rejoint une arête du côté court adjacente à l'espace. La forme évasée permet d'éviter ou, à tout le moins, de réduire significativement, la différence de pression entre l'espace 125 et les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 122, 1221. Le décalage angulaire de celle-ci permet d'avoir la petite base de la section évasée en forme de trapèze à proximité de la plaque bipolaire du point de vue de l'épaisseur de l'intercalaire. Ceci afin que cette petite base vienne
25 rejoindre une portion cylindrique des ouvertures d'alimentation et d'extraction. Ces portions cylindriques rejoignent quant à elles les canaux d'alimentation et d'extraction. Encore plus avantageusement, la grande base de la section évasée en forme de trapèze affleure à la surface de l'intercalaire. De la sorte, l'électrolyte peut être injecté tangentiellement à l'électrode et à l'interface électrode/membrane (apportant ainsi en permanence de l'électrolyte frais au
30 contact de l'électrode) et/ou le mélange électrolyte/gaz peut être extrait au niveau de l'interface électrode/membrane (permettant ainsi de déloger les bulles de gaz formées à l'électrode), le tout sans risquer des problèmes d'étanchéité pour l'électrolyseur ou la cellule électrolytique.

[0017] Avantageusement, l'angle α (α) est compris entre 10° et 40° . Avantageusement, la
35 section évasée présente une forme trapézoïdale et débouche dans l'espace à l'interface électrode/membrane.

[0018] Selon un mode de réalisation préféré, l'ouverture présentant une forme trapézoïdale

possède également une partie cylindrique (au sens géométrique du terme). Ainsi, il est aisé de connecter cette ouverture aux canalisations d'alimentation en électrolyte et d'extraction en mélange électrolyte/gaz préexistants.

5 [0019] Avantageusement, les ouvertures d'alimentation et d'extraction ne débouchent pas l'une en face de l'autre dans l'espace. Par exemple, elles peuvent être décalées d'une distance de maximum 3 cm, de préférence de maximum 10 mm.

[0020] De préférence, les deux ouvertures d'alimentation et d'extraction débouchent dans l'espace par une section évasée. Ainsi l'effet technique maximum peut être obtenu.

10 [0021] Selon un mode de réalisation avantageux, la section cylindrique de l'ouverture d'alimentation possède une section de passage inférieure à la section de passage de l'ouverture d'extraction.

[0022] Suivant un autre de ses aspects, l'invention concerne une cellule électrolytique comprenant deux plaques bipolaires, deux électrodes, une membrane et deux intercalaires, au moins un des deux intercalaires étant tel que défini ci-dessus et l'intercalaire étant disposé de sorte qu'au moins une des ouvertures d'alimentation en électrolyte et d'extraction en mélange électrolyte/gaz communiquant avec l'espace soit disposée contre la membrane.

[0023] Une telle cellule électrolytique ne présente plus les inconvénients observés avec les cellules électrolytiques de l'art antérieur.

20 [0024] Selon un troisième aspect, l'invention concerne un stack d'électrolyseur contenant une pluralité de cellules électrolytiques telles que définies ci-avant ainsi que deux plaques de fond, une canalisation d'alimentation en électrolyte et des canalisations d'extraction en mélange électrolyte/gaz.

25 [0025] Avantageusement, au moins une des ouvertures, de préférence deux d'entre elles, possède une section de passage proche, de préférence identique, à la section de passage des canalisations d'extraction.

[0026] Très avantageusement, on peut disposer les canalisations d'alimentation et d'extraction dans l'intercalaire. Ainsi l'assemblage de l'empilement est extrêmement rapide.

30 [0027] Avantageusement, l'intercalaire déborde en hauteur les autres éléments de la cellule électrolytique (les plaques bipolaires, les électrodes et la membrane). Dans ce cas, on peut avantageusement placer un joint entre deux intercalaires consécutifs tels que définis ci-dessus. Le joint peut être réalisé en toute matière permettant d'assurer l'étanchéité de l'empilement et résistant aux conditions de fonctionnement de la cellule électrolytique, de préférence en élastomère et de manière encore plus préférée en un caoutchouc EPDM (éthylène-propylène-diène monomère). Le joint présente une forme générale rectangulaire ou cylindrique

35 correspondant à la périphérie de l'intercalaire. L'intérieur du joint est découpé de la même manière que l'intercalaire. Ainsi, dans le cas où la section évasée d'une ouverture d'alimentation ou d'extraction affleure à la surface de l'intercalaire, le joint possède également

une découpe présentant une section évasée en forme de trapèze correspondante. Dans une telle configuration, trois joints sont présents pour trois pièces, à savoir la première électrode, la membrane et la deuxième électrode. De plus, l'électrode est à cheval dans l'espace et son joint. Cette configuration assure le positionnement parfait et le maintien de manière rigide de

5 l'assemblage des deux électrodes et de la membrane et résout ainsi les problèmes de perte d'étanchéité, de bouchage des ouvertures d'alimentation et d'extraction.

[0028] Les performances du stack d'électrolyseur s'en voient fortement améliorées.

[0029] Brève description des figures

[0030] L'invention va maintenant être décrite au moyen des figures qui n'ont d'autre but que
10 celui d'illustrer la présente invention. Ces figures représentent schématiquement :

[0031] Fig. 1, une cellule électrolytique de l'art antérieur

[0032] Fig. 2, un intercalaire de l'art antérieur

[0033] Fig. 3, un empilement de cellules électrolytiques de l'art antérieur

[0034] Fig. 4, un intercalaire selon l'invention

15 [0035] Fig. 5, une vue en coupe de l'intercalaire de la Fig. 4 suivant un plan perpendiculaire au plan de l'intercalaire de la Fig. 4 et prise en son milieu.

[0036] Fig. 6 une vue en coupe d'un intercalaire suivant un autre mode de réalisation de l'invention selon la même orientation que celle de l'intercalaire de la Fig. 5

[0037] Détail d'un mode de réalisation

20 [0038] Les figures 4 et 5 montrent une coupe d'un intercalaire 12 selon un mode de réalisation de l'invention. On y voit un intercalaire 12 destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique 10 et définissant un espace 125 entre une plaque bipolaire 11 et une membrane 14. Cet espace 125 est appelé à contenir la cathode 131 et l'anode 132 ainsi que toutes les espèces réactives intervenant dans la réaction d'électrolyse, à savoir la solution d'électrolyte, les ions et les gaz
25 produits par l'électrolyse. L'intercalaire 12 présente une forme générale rectangulaire ou circulaire et comprend une ouverture d'alimentation 121 en électrolyte et une ouverture d'extraction 1221 ou 1222 en mélange électrolyte/gaz inclinées le long de l'épaisseur de l'intercalaire 12 et communiquant avec l'espace 125. En l'occurrence, on a (arbitrairement) représenté l'intercalaire 12 disposé du côté de la cathode 131 où le dihydrogène est produit
30 par l'électrolyse. Ainsi l'ouverture d'extraction 1221 du mélange électrolyte/gaz communique avec la canalisation d'extraction 161 du mélange électrolyte/dihydrogène (non représentée sur ces figures). Bien entendu, l'intercalaire 12 présent de l'autre côté de l'assemblage électrode 131/membrane 14 présente une configuration similaire. Comme on peut le voir, au moins une des ouvertures d'alimentation 121 ou d'extraction 1221, 1222 (en l'occurrence, les deux)
35 débouche dans l'espace 125 par une section évasée 123 de forme trapézoïdale.

[0039] On voit à la figure 5, une vue en coupe du même intercalaire 12 présenté à la figure 4 suivant un plan perpendiculaire au plan de l'intercalaire 12 de la figure 4 et prise en son milieu.

Pour faciliter la compréhension de l'invention, on a également représenté à la figure 5 la plaque bipolaire 11 et la cathode 131 qui, avec l'intercalaire 12 définissent l'espace 125. Cet espace 125 est alimenté par une ouverture d'alimentation 121 qui communique avec la canalisation d'alimentation 15 en électrolyte qui n'est pas représentée sur cette figure. De même, l'électrolyte et le gaz d'électrolyte produits (en l'occurrence du dihydrogène (l'approche est similaire en ce qui concerne le dioxygène)) sont extraits de la cellule électrolytique 10 par l'ouverture d'extraction 1221. Les deux ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 présentent une partie évasée 123. On a représenté dans la partie haute de la figure, un mode de réalisation dans lequel la partie évasée 123 affleure à la surface de l'intercalaire 12 et permet donc l'extraction du mélange électrolyte/dihydrogène tangentielllement à l'électrode 131, ce qui améliore fortement l'efficacité de l'élimination des bulles de gaz à la surface de cette dernière 131. On a représenté dans la partie basse une partie évasée 123 qui est légèrement en retrait par rapport à la surface de l'intercalaire 12. Bien que cette configuration permette de faire circuler l'électrolyte dans l'espace 125 de manière très favorable, puisque le jet d'électrolyte débouchant dans l'espace 125 est dirigé vers la surface de l'électrode 131, cette configuration est moins préférée que celle où la partie évasée 123 affleure à la surface de l'intercalaire 12. Bien entendu, on comprend que les deux configurations peuvent être identiques ou différentes (affleurement des deux côtés, affleurement du côté de l'alimentation et pas du côté de l'extraction et vice-versa, pas d'affleurement du tout). La configuration préférée est celle dans laquelle il y a deux parties évasées 123 et chacune d'elles affleure à la surface de l'intercalaire 12 du côté de l'électrode 131. On voit également que la partie évasée 123 s'étend le long de l'épaisseur de l'intercalaire 12 rejoignant l'interface électrode 131/membrane 14 dans un plan décalé angulairement d'un angle α (α) inférieur à 90° par rapport au plan de l'intercalaire 12 le long de l'épaisseur de l'intercalaire 12 rejoignant l'interface électrode 131/membrane 14, en l'occurrence, l'angle α est d'environ 35° .

[0040] On voit également sur les figures 4 et 5 que les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 possèdent, outre la section évasée 123, une section cylindrique débouchant dans la partie évasée 123. On voit aussi sur ces figures que les deux ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 ne débouchent pas dans l'espace 125 l'une en face de l'autre.

Avantageusement, le décalage entre les bouches des ouvertures 121 et 1221 est inférieur à 3 cm et de préférence inférieur à 10 mm. En l'occurrence, le décalage est de 4 mm. Ainsi, le flux d'électrolyte dans l'espace 125 est rendu plus homogène.

[0041] La figure 6 montre un mode de réalisation préféré de l'invention. On voit sur cette figure que l'intercalaire 12 déborde en hauteur les autres éléments de la cellule électrolytique 10, à savoir les plaques bipolaires 11, les électrodes 131, 132 et la membrane 14. On a disposé la canalisation d'alimentation 15 en électrolyte et les canalisations d'extraction 161 et 162 en mélange électrolyte/gaz sont disposées dans l'intercalaire 12. Ceci facilite grandement le

montage. Les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 s'étendent respectivement des canalisations d'alimentation 15 et d'extraction 161 vers l'espace 125. Après une courte section cylindrique partant des canalisations d'alimentation 15 et d'extraction 161, les ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 présentent chacune une section évasée 123 s'étendant jusqu'à l'espace 125.

[0042] On voit également qu'au moins une des ouvertures d'alimentation 121 ou d'extraction 1221 (en l'occurrence, les deux) possède une section de passage proche à la section de passage de la canalisation d'extraction 161. Les deux ouvertures d'alimentation 121 et d'extraction 1221 possèdent une section de passage identique à la section de passage de la canalisation d'extraction 161.

[0043] Un joint 17 est présent sur le côté de l'intercalaire 12 et est disposé entre cet intercalaire 12 et l'intercalaire 12 consécutif (non représenté) de la cellule électrolytique 10. On a représenté deux configurations particulières de l'intercalaire 12. La partie supérieure montre l'intercalaire 12 surplombant partiellement le joint 17 alors que la partie basse montre un joint 17 s'étendant substantiellement sur toute la hauteur de l'intercalaire 12.

[0044] L'intérieur du joint 17 est découpé de la même manière que celle de l'intercalaire 12 (il présente approximativement la forme de l'intercalaire de la figure 3). Ainsi, dans le cas où la section évasée 123 d'une ouverture d'alimentation 121 ou d'extraction 1221 affleure à la surface de l'intercalaire 12, le joint 17 possède également une découpe présentant une section évasée correspondante. L'assemblage des deux électrodes 131, 132 et de la membrane 14 est ainsi disposé à l'intérieur de la découpe du joint 17. Cette configuration assure le positionnement parfait et le maintien de manière rigide de l'assemblage des deux électrodes 131, 132 et de la membrane 14.

[0045] **Liste des références des dessins :**

25	10	Cellule électrolytique
	11	Plaque bipolaire
	12	Intercalaire
	121	Ouverture d'alimentation en électrolyte
	1221	Ouverture d'extraction du mélange électrolyte dihydrogène
30	1222	Ouverture d'extraction du mélange électrolyte dioxygène
	123	Section évasée de l'ouverture
	125	Espace
	131	Electrode (cathode)
	132	Electrode (anode)
35	14	Membrane
	15	Canalisation d'alimentation en électrolyte
	161	Canalisation d'extraction du mélange électrolyte/dihydrogène

- 162 Canalisations d'extraction du mélange électrolyte/dioxygène
- 17 Joint
- α Angle d'inclinaison de la partie évasée par rapport au plan de l'intercalaire

Revendications

1. Intercalaire (12) destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique (10), l'intercalaire (12) présentant une forme générale parallélépipédique, avec deux côtés longs définissant une hauteur de l'intercalaire, deux côtés courts définissant une largeur de l'intercalaire, les côtés courts et les côtés longs définissant un plan de l'intercalaire et la direction perpendiculaire au plan de l'intercalaire définissant une épaisseur de l'intercalaire, l'intercalaire présentant un évidement entre ses côtés longs et ses côtés courts sur toute son épaisseur, l'évidement de l'intercalaire définissant un espace (125), l'intercalaire (12) présentant une forme générale rectangulaire et comprenant dans les côtés courts des ouvertures d'alimentation (121) en électrolyte et d'extraction (1221, 1222) en mélange électrolyte/gaz communiquant avec l'espace (125), au moins une des ouvertures d'alimentation (121) ou d'extraction (1221, 1222) débouchant dans l'espace (125) par une section évasée (123), **caractérisé en ce que** la section évasée (123) s'étend le long de l'épaisseur de l'intercalaire (12) dans un plan décalé angulairement d'un angle alpha (α) inférieur à 90° par rapport au plan de l'intercalaire (12) et en ce qu'elle rejoint une arête du côté court adjacente à l'espace (125).
2. Intercalaire (12) suivant la revendication 1, dans lequel la section évasée (123) présente une forme trapézoïdale.
3. Intercalaire (12) suivant l'une des revendications précédentes dans lequel au moins une des ouvertures d'alimentation (121) ou d'extraction (1221, 1222) possède également une section cylindrique débouchant dans la partie évasée en forme de trapèze (123) au niveau de la petite base du trapèze, de sorte que cette partie cylindrique est inclinée le long de l'épaisseur de l'intercalaire (12) et connecte à une de ses extrémités la section évasée en forme de trapèze (123) par le biais de la section cylindrique et à l'autre, le canal d'alimentation (121) ou d'extraction (1221, 1222).
4. Intercalaire (12) suivant l'une des revendications précédentes dans lequel les deux ouvertures d'alimentation (121) et d'extraction (1221, 1222) débouchent dans l'espace (125) par une section évasée (123).
5. Intercalaire (12) suivant la revendication 3 dans lequel les ouvertures d'alimentation (121) et d'extraction (1221, 1222) ne débouchent pas l'une en face de l'autre dans l'espace (125).
6. Intercalaire (12) suivant la revendication précédente dans lequel les ouvertures d'alimentation (121) et d'extraction (1221, 1222) sont décalées d'une distance de maximum 3 cm, de préférence de maximum 10 mm.

7. Intercalaire (12) suivant l'une quelconque des revendications 3 à 5 dans lequel la section cylindrique de l'ouverture d'alimentation (121) possède une section de passage inférieure à la section de passage de l'ouverture d'extraction (1221, 1222).
- 5 8. Intercalaire (12) suivant l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'angle alpha (α) est compris entre 10 et 40°.
9. Cellule électrolytique (10) comprenant deux plaques bipolaires (11), deux électrodes (131, 132), une membrane (14) et deux intercalaires (12), au moins un des deux intercalaires (12) étant tel que défini à l'une quelconque des revendications précédentes, l'intercalaire étant disposé de sorte qu'au moins une des ouvertures d'alimentation (121) en électrolyte et d'extraction (1221, 1222) en mélange électrolyte/gaz communiquant avec l'espace (125) soit disposée contre la membrane (14).
10
10. Cellule électrolytique (10) suivant la revendication 9 dans laquelle les intercalaires (12) débordent en hauteur les autres éléments de la cellule électrolytique (10).
11. Cellule électrolytique (10) suivant l'une des revendications 9 ou 10 dans laquelle un joint (17) est présent entre les deux intercalaires (12).
15
12. Cellule électrolytique (10) suivant l'une des revendications 10 ou 11 dans lequel le joint (17) présente une forme générale rectangulaire correspondant à une périphérie de l'intercalaire (12), l'intérieur du joint (17) étant découpé de la même manière que celle de l'intercalaire (12) autour de l'espace (125) et dans laquelle, les deux électrodes (131, 132) et la membrane (14) sont disposées à l'intérieur de la découpe du joint (17).
20
13. Stack d'électrolyseur contenant une pluralité de cellules électrolytiques (10) telles que définies à l'une des revendications 9 à 12, deux plaques de fond, une canalisation d'alimentation (15) en électrolyte et des canalisations d'extraction (161, 162) en mélange électrolyte/gaz.
- 25 14. Stack d'électrolyseur suivant la revendication précédente dans lequel au moins une des ouvertures d'alimentation (121) et d'extraction (1221, 1222) possède une section de passage proche, de préférence identique à la section de passage des canalisations d'extraction (161, 162).
15. Stack d'électrolyseur suivant la revendication précédente dans lequel toutes les ouvertures d'alimentation (121) et d'extraction (1221, 1222) possèdent une section de passage proche, de préférence identique à la section de passage des canalisations d'extraction (161, 162).
30

16. Stack d'électrolyseur suivant l'une des revendications 13 à 15 dans lequel les électrodes (131, 132) sont logées dans l'espace (125) soit contre une plaque bipolaire (11), soit connectées électriquement à une plaque bipolaire (11) par un filet métallique entre l'électrode (131, 132) et la plaque bipolaire (11), ledit filet métallique étant
- 5 préférentiellement en nickel.

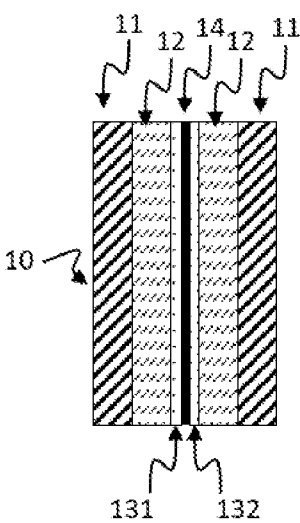


Fig. 1 – Art antérieur

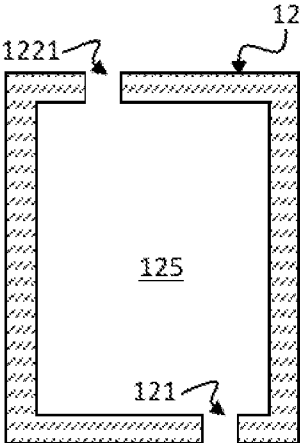


Fig. 2 – Art antérieur

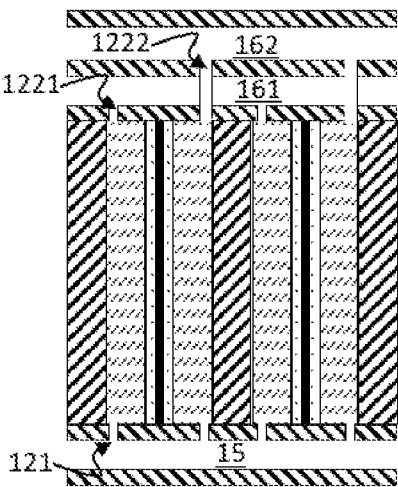


Fig. 3 – Art antérieur

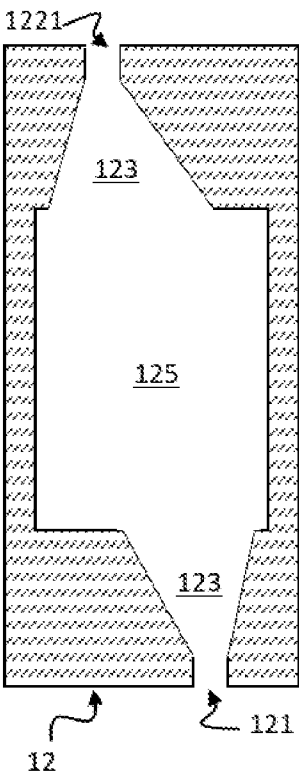


Fig. 4

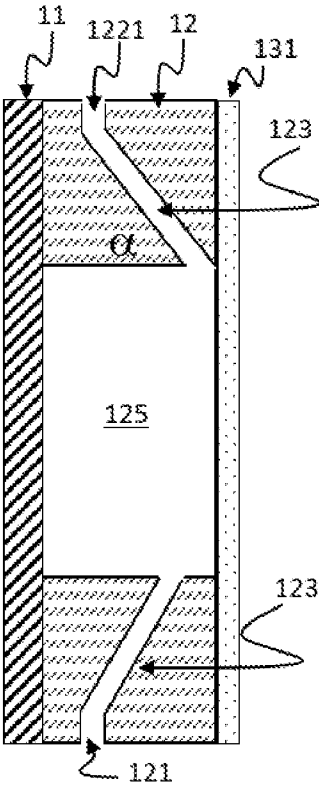


Fig. 5

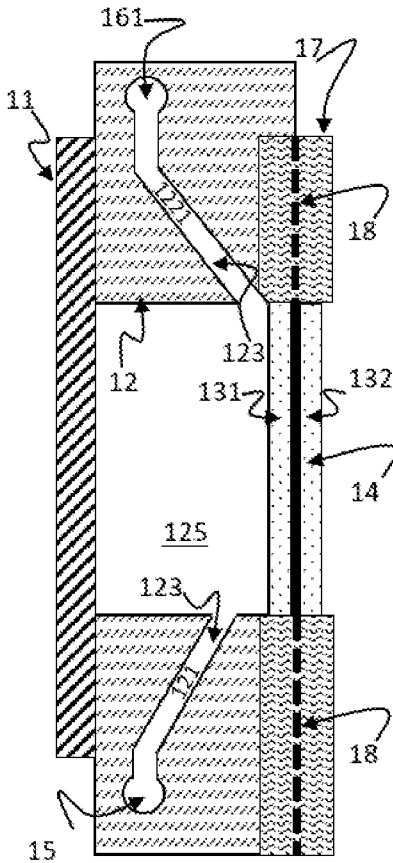


Fig. 6

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE T0513-BE-P
Demande nationale belge n° 202305760	Date du dépôt 18-09-2023
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM	
Date de la requête d'une recherche de type international 30-09-2023	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN84801
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche	
II. DOMAINES RECHERCHES	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
IPC	Voir rapport de recherche
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. ☐ IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. ☐ ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

BE 202305760

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE		
INV. C25B1/04	C25B9/63	C25B9/75 C25B9/77 C25B15/08
ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C25B H01M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 339 324 A (HAAS RICHARD M) 13 juillet 1982 (1982-07-13)	1-7, 11-15, 18
Y	* colonne 6, lignes 9-26; figure 5 *	8-10
A	* colonne 6, lignes 50-67; figures 8, 9 * -----	16, 17
X	US 3 222 270 A (ERNEST EDWARDS GEORGE) 7 décembre 1965 (1965-12-07)	1-7, 11-18
Y	* colonne 4, ligne 61 - colonne 5, ligne 44; figures 1-3 * -----	8-10
X	EP 0 122 736 B1 (REILLY TAR & CHEM CORP [US]) 7 février 1990 (1990-02-07)	1-7, 11-18
Y	* revendications 1-32; figures 1-4 * -----	8-10
X	EP 0 882 815 A1 (WESTERN PACIFIC COMPANY INC LT [RU]) 9 décembre 1998 (1998-12-09)	1-7, 11-15, 18
Y	* abrégé; revendication 1; figure 1 *	8-10
A	----- -/-	16, 17
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
° Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
13 mars 2024		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Desbois, Valérie

C.(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie °	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP 2022 151588 A (HONDA MOTOR CO LTD) 7 octobre 2022 (2022-10-07) * alinéas [0013], [0014], [0016], [0018]; figure 1 * * alinéas [0020], [0021]; figures 1, 2 * * alinéas [0022], [0024], [0025], [0029] - [0031]; figures 2, 3, 4, 5 * -----	8-10
Y	US 2023/110742 A1 (ECHIGO MITSUAKI [JP] ET AL) 13 avril 2023 (2023-04-13) * alinéas [0060] - [0062]; figure 1 * * alinéas [0064], [0072] - [0075], [0078], [0079]; figures 2-11 * * alinéas [0162], [0165], [0167]; figure 16 * -----	8-10
A	EP 3 770 303 B1 (ZENTRUM FUER SONNENENERGIE UND WASSERSTOFF FORSCHUNG BADEN WUERTTEMBER) 6 juillet 2022 (2022-07-06) * alinéas [0028] - [0029]; figure 1 * -----	1-18

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202305760

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4339324	A	13-07-1982	AUCUN
US 3222270	A	07-12-1965	CH 389578 A 31-03-1965
		DE 1421051 A1 26-06-1969	
		DK 105980 C 05-12-1966	
		ES 247601 A1 16-06-1959	
		FI 41014 B 30-04-1969	
		GB 845043 A 17-08-1960	
		NL 125501 C 13-03-2024	
		NL 237121 A 13-03-2024	
		SE 334866 B 10-05-1971	
		US 3222270 A 07-12-1965	
		US B230799 I5 13-03-2024	
EP 0122736	B1	07-02-1990	CA 1234779 A 05-04-1988
			EP 0122736 A1 24-10-1984
			JP H0823076 B2 06-03-1996
			JP S59197585 A 09-11-1984
EP 0882815	A1	09-12-1998	AU 3711097 A 22-06-1998
			EP 0882815 A1 09-12-1998
			ES 2135361 T1 01-11-1999
			RU 2100285 C1 27-12-1997
			WO 9823793 A1 04-06-1998
JP 2022151588	A	07-10-2022	AUCUN
US 2023110742	A1	13-04-2023	CN 115349188 A 15-11-2022
			JP 7444683 B2 06-03-2024
			JP 2021163655 A 11-10-2021
			KR 20220160533 A 06-12-2022
			US 2023110742 A1 13-04-2023
			WO 2021201195 A1 07-10-2021
EP 3770303	B1	06-07-2022	DK 3770303 T3 26-09-2022
			EP 3770303 A1 27-01-2021
			ES 2927767 T3 10-11-2022
			PT 3770303 T 06-10-2022



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN84801	Date du dépôt(jour/mois/année) 18.09.2023	Date de priorité (jour/mois/année)	Demande n° BE202305760
Classification internationale des brevets (CIB) INV. C25B1/04 C25B9/63 C25B9/75 C25B9/77 C25B15/08			
Déposant JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- ☒ Cadre n° I Base de l'opinion
- ☐ Cadre n° II Priorité
- ☐ Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- ☐ Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- ☒ Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- ☐ Cadre n° VI Certains documents cités
- ☐ Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- ☒ Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Juillet 2022)	Examineur Desbois, Valérie
--	-------------------------------

OPINION ÉCRITE

Demande n°
BE202305760

Cadre n° I Base de l'opinion

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée sur la base d'un listage des séquences
 - a. ☐ faisant partie de la demande telle que déposée.
 - b. ☐ remis postérieurement à la date du dépôt aux fins de la recherche,

☐ accompagné d'une déclaration selon laquelle le listage des séquences ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée.
3. ☐ En ce qui concerne la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande, la présente opinion a été effectuée dans la mesure où une opinion valable pouvait être formulée en l'absence d'un listage des séquences conforme à la norme ST.26 de l'OMPI.
4. Commentaires complémentaires :

Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	6, 8-10, 12
	Non :	Revendications	1-5, 7, 11, 13-18
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-18
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-18
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

voir feuille séparée

Ad point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1 Il est fait référence aux documents suivants :

- D1 US 4 339 324 A (HAAS RICHARD M) 13 juillet 1982 (1982-07-13)
- D2 US 3 222 270 A (ERNEST EDWARDS GEORGE) 7 décembre 1965 (1965-12-07)
- D3 EP 0 122 736 B1 (REILLY TAR & CHEM CORP [US]) 7 février 1990 (1990-02-07)
- D4 EP 0 882 815 A1 (WESTERN PACIFIC COMPANY INC LT [RU]) 9 décembre 1998 (1998-12-09)
- D5 JP 2022 151588 A (HONDA MOTOR CO LTD) 7 octobre 2022 (2022-10-07)
- D6 US 2023/110742 A1 (ECHIGO MITSUAKI [JP] ET AL) 13 avril 2023 (2023-04-13)

2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'étant pas nouveau.

D1, D2, D3 et D4 (voir passages cités dans le rapport de recherche) divulguent un intercalaire destiné à être utilisé dans une cellule électrolytique et définissant un espace entre une plaque bipolaire et une membrane, l'intercalaire présentant une forme générale rectangulaire et comprenant des ouvertures d'alimentation en électrolyte et d'extraction en mélange électrolyte/gaz communiquant avec l'espace tel qu'au moins une des ouvertures d'alimentation ou d'extraction débouche dans l'espace par une section évasée.

Il est à noter que selon le libellé de la revendication 1, la plaque bipolaire et la membrane ne font pas partie de l'objet de la revendication 1.

- 3 Les revendications dépendantes 2-18 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées.
- 3.1 D1 divulgue l'objet des **revendications 2-5, 11, 13-15, 18**.
- 3.2 D2 divulgue l'objet des **revendications 2-4, 7, 11, 13-18**.
- 3.3 D3 divulgue l'objet des **revendications 2-4, 11, 15-18**.
- 3.4 D4 divulgue l'objet des **revendications 2-4, 11, 15, 18**.
- 3.5 Les **revendications 5-7** définissent chacune une légère modification de construction de l'intercalaire mentionné dans la revendication 3. Ces modifications sont chacune une pratique courante de l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles. Par conséquent, l'objet de la revendications 5-7 n'implique pas d'activité inventive.
- 3.6 Les **revendications 12-14** définissent chacune une légère modification de construction de la cellule électrolytique mentionnée dans la revendication 11. Ces modifications sont chacune une pratique courante de l'homme du métier, notamment parce que les avantages qui en résultent sont aisément prévisibles. Par conséquent, l'objet de la revendications 12-14 n'implique pas d'activité inventive.
- 3.7 Les caractéristiques des **revendications dépendantes 8-10** ont déjà été employées dans le même but dans un intercalaire (cf. voir D5 et D6, passages citées dans le rapport de recherche), y compris en combinaison avec une ouverture évasée. Ainsi, l'idée de donner aux conduits d'alimentation ou d'extraction une inclinaison dans l'épaisseur de la plaque intercalaire pour optimiser un écoulement est connue. Cependant, dans D5 et D6, les plaques intercalaires ne définissent pas le même espace entre une plaque bipolaire et une membrane que l'espace défini par D1-D4, ainsi dans D5 et D6 les fluides circulent d'une face principale à l'autre et non depuis la tranche de l'intercalaire vers l'espace (comme dans les documents D1-D4).

Cependant, comme indiqué au point VIII, certaines surfaces et dimensions de l'intercalaire ne sont pas clairement définies par les revendications, ce qui laisse planer une incertitude quant à la portée exacte des revendications, en particulier par rapport aux éléments de la revendication 8-10. Ainsi, les caractéristiques

qui définissent la direction d'écoulement par rapport aux surface de l'intercalaire n'étant pas claires, l'objet des revendications 8-10 n'implique pas d'activité inventive.

Ad point VIII

Certaines observations relatives à la demande

4 Les revendications 3-18 ne sont pas claires.

4.1 La formulation "inclinée le long de l'épaisseur" de la **revendication 3** est vague et ne définit pas clairement par rapport à quel axe ou plan la section est inclinée.

En outre, le libellé de la revendication 3 introduit deux fois "une section cylindrique" (lignes 2-3 et ligne 16), alors qu'il semble s'agir de la même caractéristique.

Enfin le terme "canal d'alimentation ou d'extraction" n'a pas d'antécédent, et il n'est donc pas clair s'il appartient ou non à l'objet de la revendication 3.

Comme aucune des revendications dépendantes de la revendication 3 ne clarifie ces aspects, les revendications 3-18 ne sont pas claires.

4.2 La formulation "s'étend le long de l'épaisseur de l'intercalaire" de la **revendication 8** est vague et ne permet pas de déterminer clairement la portée de l'objet de la revendication car il n'est pas précisé quelle dimension de la section évasée s'étend le long de quelle dimension de l'épaisseur de l'intercalaire.

De plus, l'objet de la **revendication 8** est défini par rapport au "plan de l'intercalaire". Or, le "plan" de l'intercalaire n'est pas défini, car il n'est nulle part explicitement mentionné que l'intercalaire est plan. En outre, s'il est implicite que l'intercalaire plan, il est défini par plusieurs plans, et il n'est pas précisé de quel plan il s'agit.

Comme aucune des revendications dépendantes de la revendication 8 ne clarifie ces aspects, les revendications 8-18 ne sont pas claires.

4.3 Le terme "surface de l'intercalaire" de la **revendication 10** n'a pas d'antécédent, et il n'est donc pas clair de quelle surface il s'agit.

Comme aucune des revendications dépendantes de la revendication 10 ne clarifie ces aspects, les revendications 10-18 ne sont pas claires.

- 4.4 L'objet des **revendications 13 et 14** dépend de l'une ou l'autre des revendications 11 et 12. Or, il semble que pour que le joint soit présent entre deux intercalaires, donc sans élément intermédiaire, la configuration de la cellule doive nécessairement être selon la revendication 12 seulement.
- 4.5 La formulation de la **revendication 14** est ambiguë, car elle requiert d'un côté que la forme du joint corresponde à la périphérie de l'intercalaire, et en même temps que le bord interne du joint corresponde à la partie de l'intercalaire entourant l'espace, donc dans ce cas, la forme du joint doit correspondre à toute la surface de l'intercalaire. Ainsi, le terme "périphérie" qui n'a pas d'antécédent, pourrait avoir deux sens: la bordure externe de l'intercalaire (sens commun) ou toute la surface de l'intercalaire.

Comme aucune des revendications dépendantes de la revendication 14 ne clarifie ces aspects, les revendications 14-18 ne sont pas claires.