

(12) BREVET D'INVENTION BELGE

(47) Date de publication : 02/12/2024

(21) Numéro de demande : BE2023/5346

(22) Date de dépôt : 28/04/2023

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : C25B 1/04, C25B 9/65, C25B 9/67, C25B 9/75

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM SA
SA
4100, SERAING
Belgique

(72) Inventeur(s) :

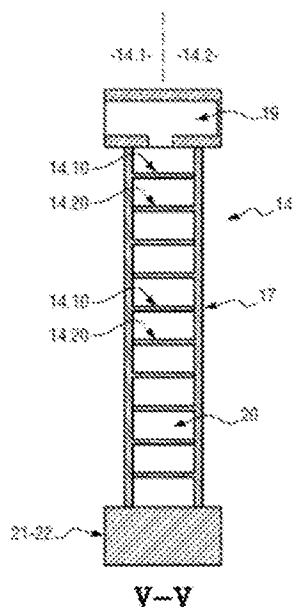
BORGUET Sébastien
4100 SERAING
Belgique

GERING Armand
4100 SERAING
Belgique

(54) Plaque bipolaire, cellule électrolytique et pile d'électrolyseur à circuit de refroidissement intégré

(57)Plaque bipolaire (14) pour cellule électrolytique (10), comprenant au moins un conduit d'adduction d'électrolyte, un premier conduit d'évacuation d'un premier produit d'électrolyse et un deuxième conduit d'évacuation d'un deuxième produit d'électrolyse (15), caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un volume creux (20), un conduit d'adduction (18) du volume creux (20) en fluide de refroidissement et un conduit d'évacuation (19) du fluide de refroidissement hors du volume creux (20). Cellule électrolytique et pile d'électrolyseur comprenant de telles plaques bipolaires.

Figure 5



Plaque bipolaire, cellule électrolytique et pile d'électrolyseur à circuit de refroidissement intégré

L'invention concerne le domaine de l'électrolyse et plus particulièrement la production d'hydrogène.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

L'architecture globale d'une pile d'électrolyseur (généralement désignée par le terme de « stack d'électrolyseur ») est usuellement constituée d'un bloc de cellules électrolytiques, qui sont empilées en série d'un point de vue électrique et en parallèle d'un point de vue fluïdique, et de joints d'étanchéité.

Chaque cellule électrolytique a pour but de favoriser l'électrolyse d'une solution électrolytique (eau alcaline, eau pure, eau non purifiée, sel, solution aqueuse de chlorure, solution aqueuse de bromure, solution aqueuse d'acide chlorhydrique, etc...). Par exemple, la fonctionnalité d'une pile d'électrolyseur est de favoriser la réaction de production de dihydrogène (H₂) et de dioxygène (O₂) gazeux résultant de la dissociation de l'eau après avoir injecté un courant électrique continu dans une solution alcaline, généralement de l'hydroxyde de potassium (KOH) ou de l'hydroxyde de sodium (NaOH).

Chaque cellule électrolytique, considérée comme une pièce principalement métallique et conductrice (mais dont certaines parties peuvent être non-métalliques), est composée généralement de deux plaques bipolaires, encadrant deux intercalaires (plus connus sous le terme anglais de « flow field material »), encadrant eux-mêmes deux électrodes généralement sous forme de plaques ou de grilles ou de tissus métalliques. Dans le cas d'une pile d'électrolyseur alcalin, lesdites électrodes sont généralement en nickel. Les deux électrodes (une cathode et une anode) sont séparées par une membrane (encore appelée diaphragme ou séparateur poreux dans le cas de la pile d'électrolyseur alcalin), qui assure

l'isolation électrique entre les deux électrodes, la séparation des gaz ainsi que la conduction ionique au sein de la cellule électrolytique.

L'intercalaire a deux fonctionnalités : i) fournir un chemin métallique de faible résistivité entre chaque plaque bipolaire et l'électrode associée et ii) permettre une circulation appropriée de la solution électrolytique pour le refroidissement de la pile d'électrolyseur et le transport des gaz générés.

Le nom de plaque bipolaire vient du fait que comme les cellules électrolytiques sont toutes accolées les unes aux autres, une plaque bipolaire N aura un potentiel :

- plus élevé par rapport à la plaque bipolaire N+1 en aval, de sorte que la plaque bipolaire N jouera le rôle d'anode au sein d'une cellule électrolytique définie par les plaques bipolaires N et N+1 ;

- plus faible par rapport à la plaque bipolaire N-1 en amont, de sorte que la plaque bipolaire N jouera le rôle de cathode au sein d'une cellule électrolytique définie par les plaques bipolaires N-1 et N.

Parmi les autres pièces métalliques, en plus des plaques bipolaires, sont répertoriées les plaques de distribution (qui permettent l'alimentation et la distribution électrique des cellules électrolytiques) ainsi que les plaques de fond (permettant de délimiter l'ensemble des cellules électrolytiques et d'assurer le serrage desdites cellules électrolytiques entre elles et leur étanchéité).

En effet, la pile d'électrolyseur se termine par deux plaques de fond situées juste avant la première cellule électrolytique et juste après la dernière cellule électrolytique empilées, en d'autres termes une plaque de fond est localisée en amont du bloc de cellules électrolytiques et l'autre plaque de fond est placée en aval de ce dernier en vue de délimiter physiquement les deux extrémités dudit bloc de cellules électrolytiques.

La solution électrolytique joue un triple rôle dans l'électrolyseur :

- assurer la conduction ionique au sein de la cellule électrolytique, la solution électrolytique présentant à cette fin une conductivité ionique élevée ;
- 5 - évacuer les bulles des gaz formant les produits d'électrolyse ;
- évacuer la chaleur générée par les surtensions au sein de chaque cellule électrolytique (on entend par surtension l'excès de tension par rapport à la tension thermoneutre qui est dissipée en chaleur et conduit à une
- 10 élévation de la température de la cellule électrolytique). Le circuit d'électrolyte est relié à un échangeur de chaleur permettant d'abaisser la température de la solution électrolytique à la sortie de la pile d'électrolyseur pour lui permettre d'assurer cette
- 15 fonction de refroidissement.

Il faut limiter les courants de fuite résultant de la conductivité ionique relativement importante de l'électrolyte. Ces courants de fuite doivent être compensés soit en augmentant la longueur du circuit d'électrolyte, soit en utilisant

20 des conduites en matériaux électriquement isolant dans les réseaux d'adduction d'électrolyte et d'évacuation des mélanges diphasiques. Or, la première solution est défavorable à l'égard de l'encombrement et du coût de la pile d'électrolyseur et les matériaux employés pour mettre en œuvre la

25 seconde solution sont généralement des matériaux polymères dont les propriétés imposent des limitations quant à la pression et à la température du fluide circulant dans les conduites. Ces deux solutions ne sont donc pas optimales.

OBJET DE L'INVENTION

30 Un but de l'invention est de proposer une pile d'électrolyseur ayant un rendement amélioré.

RESUME DE L'INVENTION

A cet effet, on prévoit, selon l'invention, une plaque bipolaire pour cellule électrolytique, comprenant au moins un

35 conduit d'adduction d'électrolyte, un premier conduit d'évacuation d'un premier produit d'électrolyse et un deuxième conduit d'évacuation d'un deuxième produit d'électrolyse. La

plaque bipolaire comprend au moins un volume creux, un conduit d'adduction du volume creux en fluide de refroidissement et un conduit d'évacuation du fluide de refroidissement hors du volume creux.

5 Ainsi, la fonction de refroidissement est assurée par un circuit de liquide caloporteur séparé des circuits d'adduction d'électrolyte et d'évacuation des produits d'électrolyse. Il est donc possible de dimensionner et gérer ces circuits au mieux en fonction de leurs fonctions respectives.

10 Il est en outre possible de simplifier l'installation en supprimant l'échangeur de chaleur électrolyte/eau de refroidissement (ou « lye cooler ») puisque l'eau de refroidissement est directement injectée dans la pile de cellules électrolytiques. Par ailleurs, l'utilisation d'un liquide caloporteur approprié permet de retirer de façon plus efficace

15 la chaleur générée que par l'utilisation de l'électrolyte, en particulier pour un fonctionnement à haute densité de courant. En effet, la chaleur spécifique de l'électrolyte KOH est d'environ 2.93 kJ/kg-K tandis que la chaleur spécifique de l'eau utilisée comme liquide caloporteur est d'environ 4.18 kJ/kg-K : il en résulte un gain de 42% de capacité thermique pour l'eau par rapport au KOH à un débit et une

20 différence de température donnés.

De préférence, les plaques bipolaires peuvent alors assurer un rôle d'échangeur thermique.

25

La pile d'électrolyseur selon l'invention peut éventuellement comprendre une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes :

- 30 - le conduit d'adduction et le conduit d'évacuation sont ménagés dans une zone périphérique externe de la plaque bipolaire ;
- le conduit d'adduction débouche sur des faces principales de la plaque bipolaire et le conduit d'évacuation débouche sur les faces principales de la plaque bipolaire ;
- 35 - des reliefs s'étendent entre les parois du volume creux pour empêcher un rapprochement desdites parois et/ou

augmenter la surface d'échange entre le fluide de refroidissement et la plaque bipolaire et/ou assurer un contact électrique entre les deux parois ;

- deux plaques réunies l'une à l'autre définissent entre elles le volume creux.

L'invention concerne également une cellule électrolytique et une pile d'électrolyseur comprenant de telles plaques bipolaires.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

La figure 1 est une vue schématique éclatée d'une cellule électrolytique d'une pile d'électrolyseur selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;

La figure 2 est une vue schématique en perspective d'une plaque bipolaire de la cellule électrolytique représentée à la figure 1 ;

La figure 3 est une vue schématique d'une pile d'électrolyseur comprenant des cellules électrolytiques comme illustrées à la figure 1 ;

La figure 4 est une vue schématique de face d'une plaque bipolaire selon l'invention ;

La figure 5 est vue en coupe selon la ligne V-V de la plaque intermédiaire de la figure 4.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

En référence aux différentes figures, l'invention concerne une pile d'électrolyseur comportant une pile d'éléments s'étendant longitudinalement selon une direction générale A. Les différents éléments sont majoritairement formés par des cellules électrolytiques 10 qui seront décrites plus bas.

L'électrolyseur 1 comporte une pile ou bloc 2 de cellules électrolytiques 10 qui comprend une pluralité de cellules

électrolytiques 10 qui sont montées accolées deux-à-deux selon la direction générale A. Au sein du bloc 2, les cellules électrolytiques 10 sont montées en parallèle d'un point de vue fluide et en série d'un point de vue électrique.

5 Aux deux extrémités (selon la direction générale A) du bloc 2 de la pile d'électrolyseur 1 sont disposées deux plaques d'extrémité ou de fond 3 et 4.

Ces plaques de fond 3 et 4 forment des supports entre lesquels les cellules électrolytiques 10 sont comprimées afin
10 que la pile d'électrolyseur 1 soit étanche et de sorte qu'un contact électrique de bonne qualité soit créé à l'intérieur des cellules électrolytiques 10.

En outre, les plaques de fond 3 et 4 permettent de supporter les efforts générés par la pression interne au bloc 2 ainsi
15 que les efforts externes au bloc 2 nécessaires pour assurer la compression du bloc 2.

Les plaques de fond 3 et 4 peuvent jouer le rôle de conducteur électrique et de distributeur de courant.

De préférence, la pile d'électrolyseur 1 comporte une première plaque de distribution 5 associée à la première plaque
20 de fond 3 et une seconde plaque de distribution 6 associée à la seconde plaque de fond 4. Ce sont alors les plaques de distribution 5 et 6 qui vont ici jouer le rôle de conducteur électrique et de distributeur de courant.

25 La première plaque de distribution 5 (associée à la borne positive) est agencée en amont du bloc 2 et la seconde plaque de distribution 6 (associée à la borne négative) est agencée en aval dudit bloc 2.

Les notions " amont " et " aval " sont entendues selon le
30 sens conventionnel de circulation du courant à travers le bloc 2.

Une première des deux plaques de distribution, 5, est connectée à la borne positive de la pile d'électrolyseur 1. Alors, une portion de la face principale interne de la première plaque de fond 3 (face principale tournée vers le bloc
35 2 et notamment la plaque de distribution 5) est recouverte d'une pastille en matériau électriquement isolant. Ladite

portion est par exemple agencée au centre de ladite face principale interne.

La seconde des deux plaques de distribution, 6, est connectée à la borne négative de la pile d'électrolyseur 1. La seconde plaque de fond 4 sera au même potentiel et sert également de passerelle pour l'alimentation d'une solution électrolytique et l'échappement de cette même solution chargée des gaz formés lors de l'électrolyse dans le bloc 2.

Ainsi, des trous sont ménagés dans ladite seconde plaque de fond 4. Lesdits trous présentent souvent une section différente entre les deux faces principales de la seconde plaque de fond 4. Par exemple la face principale externe (celle tournée vers l'extérieur du bloc 2) comporte au moins un ou deux trou(s) (par exemple de formes cylindriques) pour l'alimentation en solution électrolytique et deux trous pour l'évacuation de produits de réaction électrolytique en plus de la solution électrolytique échauffée. Au moins trois ou quatre trous sont percés sur la face principale interne (opposée à la face principale externe) de ladite seconde plaque de fond 4 dans le même but, et par exemple des trous de forme oblongue pour améliorer la répartition ou la collecte des fluides. Par exemple les trous de la face principale externe sont équipés de brides appropriées pour le raccordement des tuyaux d'arrivée et de retour de la solution électrolytique. Par ailleurs, la pile d'électrolyseur 1 est ici alimentée en courant continu.

Par exemple la première plaque de distribution 5 présente par exemple un potentiel de plusieurs centaines volts alors que la seconde plaque de distribution 6 présente un potentiel de 0 volt (la pile d'électrolyseur 1 comprend typiquement entre 10 et 400, de préférence entre 100 et 350, cellules électrolytiques 10 ayant une tension de cellule de l'ordre de 2 volts et préférentiellement inférieure à 1,85 volt au point nominal en début de vie). L'alimentation (ou adduction) et les évacuations en solution électrolytique s'effectuent au niveau de la seconde plaque de distribution 6 et de la seconde plaque de fond 4, la seconde plaque de distribution

6 ayant un potentiel de 0 volt ce qui évite toute fuite de courant (le potentiel de la seconde plaque de distribution 6 étant celui de la terre).

5 A l'intérieur de la pile d'électrolyseur 1, le courant traverse la solution électrolytique au travers d'une membrane 11 qui sera introduite plus bas. Au sein du bloc 2 sont présents des joints d'étanchéité (qui seront décrits plus bas) : ces joints d'étanchéité sont choisis dans un matériau présentant une résistance électrique beaucoup plus impor-
10 tante que celle de la solution électrolytique.

La pile d'électrolyseur 1 comporte un joint d'étanchéité d'extrémité (non visible sur les figures) agencé entre la première plaque de distribution 5 et la première plaque de fond 3. Or, la première plaque de fond 3 est à la terre de
15 sorte que la différence de potentiel au niveau dudit joint d'étanchéité d'extrémité atteint la même valeur que la tension appliquée entre les bornes positive et négative de la pile d'électrolyseur 1, par exemple, sensiblement de 700 volts.

20 De ce fait, la première plaque de fond 3 est isolée électriquement du bloc 2.

Par exemple la pile d'électrolyseur 1 comporte une couche (non visible sur les figures) en matière électriquement isolante, couche agencée entre la première plaque de fond 3 et
25 la première plaque de distribution 5.

La couche est par exemple un disque rapporté ou un dépôt effectué sur la première plaque de fond 3 et/ou la première plaque de distribution 5.

La pile d'électrolyseur 1 comporte des moyens de fixation
30 des différentes cellules électrolytiques 10 entre elles par serrage commun.

Par exemple les moyens de fixation comportent une pluralité de tirants 7. Chaque tirant 7 s'étend rectilignement dans l'empilement de la pile d'électrolyseur 1. Chaque tirant 7
35 s'étend ainsi longitudinalement dans la pile d'électrolyseur 1 parallèlement à la direction générale A. Chaque tirant 7 est conformé en une tige.

Les tirants 7 s'étendent donc tous parallèlement entre eux. Les tirants 7 se positionnent sur le pourtour des différentes cellules électrolytiques 10. De préférence, les tirants 7 sont répartis tout autour du bloc 2 et de préférence à un intervalle régulier.

Les tirants 7 s'étendent à travers les plaques de fond 3 et 4 de la pile d'électrolyseur 1, au travers de trous spécifiques desdites plaques de fond 3 et 4, et présentent ainsi chacun deux extrémités externes au bloc 2.

De préférence, les tirants 7 sont recouverts en partie d'un manchon en matière électriquement isolante. Ceci permet d'éviter les courts-circuits entre les cellules électrolytiques 10 en cas de contact ou de projection. Par exemple le manchon s'étend sur tout le tronçon du tirant 7 agencé entre les deux plaques de fond 3 et 4.

De préférence, les extrémités des tirants 7 sont filetées. Par exemple, les filets des extrémités sont des filets roulés. Les filets roulés auront l'avantage de rendre l'usinage des tirants 7 plus aisé notamment si les tirants 7 sont d'une longueur importante et par exemple une longueur de plusieurs mètres.

Les moyens de fixation comportent également des écrous 8 vissés sur les extrémités des tirants 7.

Les écrous 8 permettent de contraindre les deux plaques de fond 3 et 4 entre elles, et donc les différentes cellules électrolytiques 10 entre elles, ce qui assure une bonne étanchéité de la pile d'électrolyseur de cellules électrolytiques 10.

De préférence, les moyens de fixation comportent également des moyens de précontrainte des deux plaques de fond 3 et 4 entre elles et donc des différentes cellules électrolytiques 10 entre elles. Lesdits moyens de précontrainte permettent également d'absorber les déformations et/ou les variations d'épaisseur des éléments constituant la pile d'électrolyseur 1, dues à la dilatation thermique ou aux variations des sollicitations mécaniques externes et internes à la pile

d'électrolyseur 1 (comme par exemple la pression interne à la pile d'électrolyseur).

Les moyens de précontrainte sont reçus sur les extrémités des tirants 7 de sorte à être agencés, pour une extrémité donnée, entre la plaque de fond (3 ou 4) la plus proche et les écrous 8 agencés sur la même extrémité.

Par exemple les moyens de fixation comportent des rondelles ressorts 9 telle que des rondelles Belleville. Les rondelles ressorts 9 sont reçues sur les extrémités des tirants 7.

Les rondelles ressorts 9 sont plus précisément ici disposées sur chaque tirant 7, au niveau de la partie externe dudit tirant 7, lorsque cette dernière a traversé la plaque de fond (3 ou 4) la plus proche.

Les moyens de fixation ainsi décrits permettent à la pile d'électrolyseur 1 de faire face notamment aux dilatations thermiques et/ou variations des sollicitations mécaniques externes et internes à la pile d'électrolyseur 1 (comme par exemple la pression interne à la pile d'électrolyseur 1).

Dans le cas présent, toutes les cellules électrolytiques de la pile d'électrolyseur 1 sont identiques entre elles de sorte que la description qui suit d'une cellule électrolytique est également applicable à la description des autres cellules électrolytiques.

Une telle cellule électrolytique 10 comporte une membrane centrale 11 qui est encadrée par deux électrodes 12a et 12b (une anode et une cathode, respectivement) qui sont elles-mêmes encadrées par deux intercalaires 16 (ou " flow field material " en anglais) qui sont eux-mêmes encadrés par deux plaques bipolaires 14. Les intercalaires 16 sont ici identiques mais peuvent être différents entre le côté anode et le côté cathode. Par ailleurs, la cellule électrolytique 10 comporte également un joint d'étanchéité 13 (dont on a déjà évoqué l'existence plus haut) qui est comprimé entre les deux plaques bipolaires 14 de la cellule électrolytique 10.

La membrane 11, les intercalaires 16 et les électrodes 12a et 12b étant connus de l'art antérieur, ils ne seront pas détaillés ici.

Les deux plaques bipolaires 14 d'une cellule électrolytique 10 étant identiques entre elles, la description qui suit de l'une des plaques bipolaires 14 est également applicable à l'autre des plaques bipolaires 14 de la même cellule électrolytique 10. La plaque bipolaire 14 est dans un matériau apte à endurer l'environnement corrosif régnant à l'intérieur de la cellule électrolytique 10. La plaque bipolaire 14 est par exemple à base de nickel et est par exemple en nickel ou en acier carbone nickelé.

Seront décrites successivement la structure externe de la plaque bipolaire 14 et sa structure interne.

La plaque bipolaire 14 est en outre conformée de sorte à présenter deux faces principales : une première face principale tournée vers l'intérieur de la cellule électrolytique 10 considérée et une seconde face principale tournée vers l'extérieur de la cellule électrolytique 10 considérée.

On verra par la suite que les plaques bipolaires 14 sont asymétriques (selon un plan de symétrie passant par le centre de la plaque bipolaire considérée). En conséquence, au sein d'une même cellule électrolytique 10, la première face de la plaque bipolaire 14 qui est en train d'être décrite est en regard d'une deuxième face d'une autre plaque bipolaire 14 identique à celle qui est en train d'être décrite. Au sein du bloc 2, toutes les plaques bipolaires 14 sont orientées de la même manière.

Par la suite on définit les axes X et Y qui forment un plan dans lequel s'étend l'une des faces principales de la plaque bipolaire 14 et l'axe Z qui est normal audit plan XY.

Lorsque la plaque bipolaire 14 est en place dans la cellule électrolytique 10 qui est elle-même en place dans la pile d'électrolyseur 1, l'axe Z est ici confondu avec la direction générale A.

L'épaisseur de la plaque bipolaire 14 (selon l'axe Z) est moins importante que ses autres dimensions.

La plaque bipolaire 14 est conformée de sorte à présenter une section transversale (dans un plan XY) dans une quel-

conque forme géométrique (de forme carrée, de forme rectangulaire, en disque, ...). La plaque bipolaire 14 présente ici une section transversale en disque.

5 Le pourtour externe de la plaque bipolaire 14 est défini par une première zone 21, une deuxième zone 22 et une troisième zone 23.

10 La première zone 21 s'étend ici sur toute la circonférence d'au moins l'une des faces principales de la plaque bipolaire 14. La première zone 21 est donc un anneau formant la périphérie externe de face principale.

15 La première zone 21 permet d'améliorer la résistance à la pression interne régnant au sein de la pile électrolytique 1 de la plaque bipolaire 14 et permet d'améliorer l'étanchéité de la cellule électrolytique 10 vis-à-vis de l'extérieur de la pile électrolytique 1. En particulier ladite première zone 21 permet de renforcer la résistance de la plaque bipolaire 14 notamment aux charges de pression radiale exercées sur la plaque bipolaire 14 (lorsque la cellule électrolytique 10 est agencée dans la pile d'électrolyseur 1). Par exemple la première zone 21 est dimensionnée pour répondre à la norme applicable aux réservoirs sous pression et par exemple à la norme PED 2014/68/EU.

25 La première zone 21 est de préférence texturée. Par exemple la première zone 21 comporte des rainures, des stries, des aspérités, un aspect rugueux, ... au niveau d'au moins l'une des faces principales de la plaque bipolaire 14 et de préférence au niveau des deux faces principales de la plaque bipolaire 14.

30 En revanche le bord circulaire de la plaque bipolaire 14 (soit la surface reliant les deux faces principales de la plaque bipolaire 14 entre elles) est bien lisse i.e. non texturé.

35 La deuxième zone 22 s'étend par ailleurs circonférentiellement de sorte à être bordée extérieurement par la première zone 21. La deuxième zone 22 est coaxiale à la première zone 21.

La deuxième zone 22 s'étend ici sur toute la circonférence d'au moins l'une des faces principales de la plaque bipolaire 14. La deuxième zone 22 est donc un anneau.

La deuxième zone 22 est lisse i.e. non texturée.

5 Cette deuxième zone 22 est localisée autour des canaux d'alimentation en électrolyte et des canaux d'évacuation des produits gazeux issus de l'électrolyse.

10 Cette deuxième zone 22 est moins épaisse (l'épaisseur étant considérée selon l'axe Z) que la première zone 21 (les différences d'épaisseur n'apparaissent pas sur les figures 4 et 5 qui sont très schématiques). Par exemple la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter au moins un épaulement entre la première zone 21 et la deuxième zone 22. De préférence, la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter
15 deux épaulements entre les premières zone 21 et la deuxième zone 22. Ces deux épaulements sont ici identiques et ménagés au niveau des deux faces principales de la plaque bipolaire 14.

20 La plaque bipolaire 14 est ainsi symétrique selon un plan de symétrie centrale parallèle aux axes X et Y au niveau de sa première zone 21 et de sa deuxième zone 22.

Le rétrécissement entre la première zone 21 et la deuxième zone 22 permet de réaliser une étanchéité différente entre les deux zones.

25 La troisième zone 23 s'étend par ailleurs circonférentiellement de sorte à être bordée extérieurement par la deuxième zone 22. La troisième zone 23 est coaxiale à la deuxième zone 22.

30 La troisième zone 23 s'étend ici sur toute la circonférence de la plaque bipolaire 14. La troisième zone 23 est un anneau.

35 Cette troisième zone 23 est moins épaisse (l'épaisseur étant considérée selon l'axe Z) que la deuxième zone 22. Par exemple la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter au moins un épaulement entre la deuxième zone 22 et la troisième zone 23.

De préférence, la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter un seul épaulement entre la deuxième zone 22 et la troisième zone 23. Cet épaulement est ménagé au niveau de la première face principale de la plaque bipolaire 14 soit celle
5 tournée vers l'intérieur de la cellule électrolytique 10. Cet épaulement permet de loger la membrane 11.

De préférence, la deuxième zone 22 et la troisième zone 23 s'étendent dans le prolongement l'une de l'autre au niveau de la deuxième face principale de la plaque bipolaire 14.

10 Il n'y a donc pas d'épaulement entre la deuxième zone 22 et la troisième zone 23 au niveau de la deuxième face principale.

On comprend donc que la deuxième face de la plaque bipolaire 14 est dépourvue d'un tel épaulement de sorte que la deuxième
15 face de l'autre plaque bipolaire 14 de la cellule électrolytique 10 considérée est dépourvue d'un tel épaulement. La membrane 11 est ainsi agencée entre les deux plaques bipolaires 14 de sorte à loger uniquement dans l'épaulement de l'une des deux plaques bipolaires 14.

20 La plaque bipolaire 14 est ainsi asymétrique selon un plan de symétrie central parallèle aux axes X et Y si l'on considère les trois zones précitées (ce qui n'est pas visible sur la figure 5 qui est très schématique).

La troisième zone 23 est entièrement lisse (i.e. non texturée) ou partiellement lisse ou entièrement texturée. De préférence, la troisième zone 23 est texturée au niveau de la
25 première face principale de la plaque bipolaire 14. Ceci facilite le maintien en place de la membrane 11. Par exemple, au niveau de ladite première face principale, la troisième zone 23 comporte des rainures, des stries, des aspérités, un aspect rugueux, ...
30

De préférence, la troisième zone 23 est lisse au niveau de la deuxième face principale de la plaque bipolaire 14.

L'épaisseur de la plaque bipolaire 14 (selon l'axe Z) diminue donc au fur et à mesure des épaulements, au niveau de la
35 jonction entre les première et deuxième zones 21 et 22 mais également entre la deuxième zone 22 et la troisième zone 23

(ces différences d'épaisseur ne sont pas visibles sur les figures 4 et 5 qui sont très schématiques). La plaque bipolaire 14 est ainsi plus épaisse au niveau de sa première zone 21 que de sa deuxième zone 22 que de sa troisième zone 23.

Une portion centrale 24 de la plaque bipolaire 14 s'étend par ailleurs de sorte à être bordée extérieurement par la troisième zone 23. La portion centrale 24 est coaxiale à la troisième zone 23. La portion centrale 24 est pleine. La portion centrale 24 forme ainsi un plateau circulaire. Cette portion centrale 24 est moins épaisse (l'épaisseur étant considérée selon l'axe Z) que la troisième zone 23.

Par exemple la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter au moins un épaulement entre la troisième zone 23 et la portion centrale 24. De préférence, la plaque bipolaire 14 est conformée pour présenter deux épaulements entre la troisième zone 23 et la portion centrale 24. Ces deux épaulements sont ici identiques et ménagés au niveau des deux faces principales de la plaque bipolaire 14. La portion centrale 24 peut optionnellement présenter elle-même au moins un épaulement de sorte que son épaisseur (l'épaisseur étant considérée selon l'axe Z) rétrécisse en direction du centre de la plaque bipolaire 14. La portion centrale 24 est donc la partie la plus fine (l'épaisseur étant considérée selon l'axe Z) de la plaque bipolaire 14. La portion centrale 24 peut être lisse ou texturée.

La portion centrale 24 joue le rôle de collecteur de courant et va le transmettre aux intercalaires 16 qui sont de part et d'autre de celle-ci 24. En réalité, le rôle de ladite portion centrale 24 n'est pas réellement de supporter de hauts efforts de pression au contraire de la couronne externe de la plaque bipolaire 14. La portion centrale 24 a ainsi principalement pour rôle de servir de support aux composants empilés au sein de la cellule électrolytique 10 à savoir les intercalaires 16, les électrodes 12a et 12b et la membrane 11. Les efforts sont donc égaux sur les deux faces de la portion centrale 24.

Les plaques bipolaires 14 présentent par conséquent une géométrie particulière. L'épaisseur de chaque zone précitée varie entre l'une et l'autre de quelques dixièmes de millimètres à plusieurs millimètres. L'épaisseur d'une zone précitée présente également une valeur variable sous l'effet de la dilatation thermique de la plaque bipolaire 14 (la variabilité de l'épaisseur de chaque zone due à la dilatation thermique variant ainsi également d'une zone à une autre). Par ailleurs, la plaque bipolaire 14 comporte des conduits 15 la traversant de part en part. Ces conduits 15 sont dédiés à l'alimentation en solution électrolytique et à l'échappement des produits d'électrolyse.

Par exemple, la plaque bipolaire 14 comporte entre trois et six conduits 15. Les conduits 15 sont par exemple associés deux à deux, les couples de deux conduits 15 étant répartis de manière homogène sur la circonférence de la plaque bipolaire 14. En l'occurrence, la plaque bipolaire 14 comporte un couple de conduits 15 pour l'adduction d'électrolyte, un premier conduit 15 d'évacuation d'un premier produit d'électrolyse (un mélange diphasique d'électrolyte et de gaz dioxygène), un deuxième conduit 15 d'évacuation d'un deuxième produit d'électrolyse (un mélange diphasique d'électrolyte et de gaz dihydrogène).

Par exemple, au moins l'un des conduits 15 est ménagé dans la deuxième zone 22. Dans le cas présent, tous les conduits 15 sont ménagés dans la deuxième zone 22. Les conduits 15 peuvent présenter une section transversale circulaire, oblongue, ... ou d'une autre forme. Par exemple, au moins un des conduits 15 est de section transversale oblongue. Les conduits 15 sont raccordés au volume interne de la cellule électrolytique 10 par des rainures/lamages radiaux s'étendant des conduits 15 de la zone 22 à la portion centrale 24. La plaque bipolaire 14 comporte en outre un conduit d'adduction 18 d'eau de refroidissement et un conduit d'évacuation 19 d'eau de refroidissement. L'eau de refroidissement peut être remplacée par n'importe quel fluide caloporteur apte à

transporter des calories. Ces deux conduits 18, 19 s'étendent transversalement dans la partie 22 (parallèlement à la direction A) et ont des extrémités débouchant chacune sur une des faces principales de la plaque bipolaire 14 (le conduit d'adduction 18 et le conduit d'évacuation 19 débouchent sur des faces opposées). Les conduits 18, 19 communiquent via un piquage transversal avec un volume creux 20 situé à l'intérieur de la plaque bipolaire 14 et sont reliés l'un à l'autre via ce volume creux 20.

Plus précisément, la plaque bipolaire 14 est ici formée par la réunion de deux plaques 14.1, 14.2. Chaque plaque 14.1, 14.2 a une forme de disque avec une bordure annulaire plus épaisse destinée à former les parties 21 et 22 et dans laquelle sont formés les conduits 18, 19. La partie centrale de chaque plaque 14.1, 14.2, sur sa face tournée vers l'autre plaque 14.2, 14.1, comprend des reliefs 14.10, 14.20 (picots, plots, nervures,...) pour prendre appui sur l'autre plaque 14.2, 14.1 sans empêcher la circulation d'eau de refroidissement dans le volume creux 20 du conduit d'adduction 18 jusqu'au conduit d'évacuation 19. Les reliefs permettent de s'opposer à une déformation de la partie centrale de la plaque bipolaire 14. Les reliefs permettent également un contact électrique aussi franc et parfait que possible entre les deux demi plaques bipolaires 14.1 et 14.2. Les plaques 14.1, 14.2 sont fixées l'une à l'autre par soudage, collage, boulonnage ou tout autre mode de fixation avec ou sans interposition d'un joint d'étanchéité en fonction du mode de fixation. En variante, seule une première des plaques 14.1, 14.2 a une forme de disque avec une bordure annulaire plus épaisse destinée à former les parties 21 et 22 et dans laquelle sont formés les conduits 18, 19 ; la deuxième des plaques 14.1, 14.2 a une forme de disque qui est engagée dans la bordure annulaire plus épaisse de la première plaque. Comme déjà indiqué au sein de la cellule électrolytique 10, les deux plaques bipolaires 14 compriment entre elles un joint d'étanchéité 13.

Il convient de noter qu'au sein de la pile d'électrolyseur 1, toutes les plaques bipolaires 14 sont séparées deux à deux par un joint d'étanchéité 13 (puisque chaque plaque bipolaire 14 joue le rôle de cathode pour une cellule électrolytique 10 et d'anode pour une autre cellule électrolytique 10 immédiatement adjacente).

De façon avantageuse les deux plaques bipolaires 14 comprennent entre elles un unique joint d'étanchéité 13.

De façon avantageuse tous les joints d'étanchéité 13 des cellules électrolytiques 10 sont identiques au sein du bloc 2 de sorte que la description qui suit de l'un des joints d'étanchéité 13 est également applicable aux autres joints d'étanchéité 13 des autres cellules électrolytiques 10.

Les principales fonctionnalités du joint d'étanchéité 13 sont les suivantes : i) assurer l'étanchéité de chaque cellule électrolytique 10 vis-à-vis de l'extérieur de la pile d'électrolyseur 1, ii) assurer l'étanchéité des canaux véhiculant un gaz qui est généré au sein du bloc 2 vis-à-vis de ceux véhiculant un autre gaz généré au sein du bloc 2, iii) assurer l'étanchéité des chambres sièges des réactions d'électrolyse où sont générés les deux gaz précités pour les isoler les unes des autres mais également assurer l'étanchéité vers les canaux cités juste avant, iv) agir comme une couche d'isolation électrique entre deux plaques bipolaires 14 adjacentes et v) définir l'épaisseur à laquelle sont comprimées les cellules électrolytiques 10 selon la direction Z. De préférence, le joint d'étanchéité 13 est conformé de sorte à présenter une section transversale (selon un plan de coupe transversal) carrée ou rectangulaire.

Le joint d'étanchéité 13 est donc dit " joint plat ".

De préférence le joint d'étanchéité 13 est conformé de manière correspondante à la forme de la couronne 25 de la plaque bipolaire 14 associée.

Dans le cas présent, le joint d'étanchéité 13 est globalement conformé en un anneau, la plaque bipolaire 14 associée étant en forme de disque.

On note que le joint d'étanchéité 13 est percé d'une pluralité de trous.

Ceci permet d'assurer l'alimentation du bloc 2 en électrolyte et l'évacuation des produits d'électrolyse hors du bloc 2, ainsi que l'alimentation en eau de refroidissement et l'évacuation de l'eau de refroidissement. Par exemple, les trous ménagés dans le joint d'étanchéité 13 correspondent à ceux réalisés dans la zone 22 de la plaque bipolaire 14.

Le joint d'étanchéité 13 est conformé pour présenter un diamètre (de sa section transversale) le plus constant possible sur toutes ses circonférences interne et externe et/ou une épaisseur (selon l'axe Z) la plus constante possible sur tout son tronçon (mais également d'un joint d'étanchéité 13 à un autre).

Ceci permet d'améliorer l'efficacité des cellules électrolytiques 10 de la pile d'électrolyseur 1.

En particulier, ceci permet d'avoir des faces du joint d'étanchéité 13 le plus parallèle possible entre elles et aux faces principales des plaques bipolaires 14 en regard.

Ceci permet encore davantage d'améliorer l'étanchéité de l'ensemble.

La tolérance sur les dimensions du joint d'étanchéité 13 dépendra de l'application pour laquelle il est destiné (par exemple la tolérance est de +/-0,1 millimètre en épaisseur).

Comme nous l'avons dit, et comme plus visible à la figure 3c, le joint d'étanchéité 13 est comprimé entre deux plaques bipolaires 14 adjacentes et plus précisément entre les deux pourtours externes des faces principales en regard desdites plaques bipolaires 14 et plus précisément entre les deux couronnes en regard desdites plaques bipolaires 14.

Du fait de la géométrie particulière des plaques bipolaires 14 au niveau de leur pourtour externe, et notamment de leur couronne, les plaques bipolaires 14 en comprimant le joint d'étanchéité 13 viennent le déformer à son tour de sorte à délimiter et caractériser ledit joint d'étanchéité 13 en trois portions distinctes.

En revanche, le joint d'étanchéité 13 n'est pas comprimé entre les portions centrales 24 desdites deux plaques bipolaires 14.

Le diamètre du joint d'étanchéité 13 (selon une section transversale) est tel que le joint d'étanchéité 13 s'étend depuis le bord latéral des plaques bipolaires 14 jusqu'au raccordement entre les troisièmes zones 23 et les portions centrales 24 (en dépassant de préférence des troisièmes zones 23).

Ainsi, chaque portion du présent joint d'étanchéité 13 remplit une fonction d'étanchéité distincte et est caractérisée par un niveau de compression spécifique, ce dernier variant d'une portion à l'autre. La conséquence physique et mécanique est la réduction d'épaisseur variable dudit joint d'étanchéité 13 selon la portion considérée.

Ainsi lorsque le joint d'étanchéité 13 est à l'état de repos, il se présente sous une forme annulaire classique et d'épaisseur initiale sensiblement unique.

Lorsque le joint d'étanchéité 13 est comprimé entre deux plaques bipolaires 14 :

- entre les premières zones 21 des deux plaques bipolaires 14, le joint d'étanchéité 13 présente une première portion correspondante texturée du fait qu'il épouse la géométrie desdites premières zones 21 ;
- entre les deuxièmes zones 22 des deux plaques bipolaires 14, le joint d'étanchéité 13 présente une deuxième portion correspondante lisse, le joint d'étanchéité 13 ayant alors également une épaisseur plus importante qu'au niveau de sa première portion ;
- entre les troisièmes zones 23 des deux plaques bipolaires 14 et la membrane 11, le joint d'étanchéité 13 présente une troisième portion correspondante lisse et/ou rainurée.

Au niveau de sa première portion, le joint d'étanchéité 13 est directement comprimé entre les deux premières zones 21 (sans composant intermédiaire).

Au niveau de sa deuxième portion, le joint d'étanchéité 13 est directement compressé entre les deux deuxièmes zones 22 (sans composant intermédiaire).

5 En revanche, au niveau de sa troisième portion, le joint d'étanchéité 13 n'est pas directement compressé entre les deux troisièmes zones 23. En effet, la membrane 11 est également présente entre ces deux troisièmes zones 23. En conséquence, le joint d'étanchéité 13 est compressé sur l'une de ses faces directement par l'une des troisièmes zones 23 et sur l'autre de ses faces directement par la membrane 11
10 qui est elle-même directement compressée par la troisième zone 23 de la plaque bipolaire 14 en vis-à-vis.

Au niveau de sa troisième portion, le joint d'étanchéité 13 présente alors une épaisseur sensiblement inférieure à celle
15 de sa deuxième portion, la membrane 11 comblant le reste de l'espace entre les deux troisièmes zones 23. L'étanchéité de la membrane 11 est ainsi obtenue.

Le joint d'étanchéité 13 est ainsi réparti sur toute sa hauteur (selon l'axe X) entre ses trois portions et donc
20 entre les trois zones des couronnes.

En conséquence, la partie de la cellule électrolytique 10 située au niveau des premières zones 21 des deux plaques bipolaires 14 et de la première portion du joint d'étanchéité 13 permet d'éviter à la solution électrolyte ou aux gaz de
25 sortir de la pile d'électrolyseur 1, autrement dit elle est dédiée à assurer l'étanchéité de la cellule électrolytique 10 par rapport à l'environnement extérieur. Elle assure par exemple une étanchéité supérieure ou égale à 10^{-3} milligrammes par mètre par seconde - $\text{mg}/(\text{m}^*\text{s})$ lorsque l'étanchéité est mesurée par l'intermédiaire d'un gaz hélium - et de
30 préférence une étanchéité supérieure ou égale à 10^{-4} $\text{mg}/(\text{m}^*\text{s})$.

Cette première partie est caractérisée par la présence de textures sur les plaques bipolaires 14 dans lesquelles le
35 joint d'étanchéité 13 se déforme. En particulier, le joint d'étanchéité 13 peut, en se déformant, remplir les creux des

premières portions des plaques bipolaires 14 et ainsi renforcer l'étanchéité de la cellule électrolytique 10. En effet ces textures constituent un obstacle supplémentaire aux gaz et autres substances en présence, pour trouver le chemin

5 vers l'extérieur de la pile d'électrolyseur 1. Cette présence de textures joue également un rôle qui favorise le frottement entre les cellules électrolytiques 10 et donc l'auto-maintien de la pluralité de cellules électrolytiques 10 empilées pour former le bloc 2. Cet avantage est renforcé lorsque le

10 bloc 2 se retrouve à l'horizontal en fonctionnement. Par exemple, la compression du joint d'étanchéité 13 est telle que le joint d'étanchéité 13 atteint, au niveau de la première partie, une épaisseur (selon l'axe Z) maximale de 94% et de préférence, de 78% et, de préférence encore, de

15 75% de son épaisseur de départ (quand il est dans son état de repos à plat sur une surface plane sans contrainte externe). L'épaisseur de départ est par exemple égale ou supérieure à 3,0 millimètres. De préférence, cette épaisseur de départ ne dépasse pas 3,5 millimètres. En variante, on

20 peut utiliser un joint d'étanchéité plus fin. La deuxième partie de la cellule électrolytique 10 située au niveau des deuxième zones 22 des deux plaques bipolaires 14 et de la deuxième portion du joint d'étanchéité 13 permet d'éviter un échange entre les canaux véhiculant le dihydrogène et le dioxygène dans la cellule électrolytique 10 ou

25 depuis la cellule électrolytique 10 elle-même (à partir de la troisième zone 23 et de la portion centrale 24) vers lesdits canaux. Par exemple, la compression du joint d'étanchéité 13 est

30 telle que le joint d'étanchéité 13 atteint, au niveau de la deuxième partie, une épaisseur (selon l'axe Z) comprise entre 92 et 97 % de son épaisseur de départ (quand il est dans son état de repos à plat sur une surface plane sans contrainte externe) et, de préférence, une épaisseur de 92 % de son

35 épaisseur de départ. Dans tous les cas, le joint d'étanchéité 13 est moins comprimé qu'au niveau de la première partie et

présente donc une épaisseur plus importante qu'au niveau de la première partie.

L'élargissement du joint d'étanchéité 13 entre les premières zones 21 et les deuxièmes zones 22 permet de réaliser une étanchéité différente entre les premières zones 21 et les deuxièmes zones 22. L'étanchéité entre les premières zones 21 et les deuxièmes zones 22 est quoi qu'il en soit de bonne qualité.

La troisième partie de la cellule électrolytique 10 située au niveau des troisièmes zones 23 des deux plaques bipolaires 14 et de la troisième portion du joint d'étanchéité 13 permet d'accueillir la membrane 11 comme cela a déjà été indiqué. Cette troisième partie assure donc l'étanchéité entre les compartiments anodiques et cathodiques de la cellule électrolytique 10.

On note donc que la membrane 11 comme le joint d'étanchéité 13 sont alors comprimés entre les deux plaques bipolaires 14 au niveau de cette troisième partie : le joint d'étanchéité 13 se superpose ainsi à la membrane 11 sur cette partie de la cellule électrolytique 10.

Ceci assure une très bonne étanchéité autour de la membrane 11 sur son périmètre et en direction des conduits d'adduction et d'évacuation des fluides.

La troisième portion du joint d'étanchéité 13 définit ainsi une troisième zone de compression visant à maintenir la membrane 11 et à assurer son étanchéité sur son périmètre.

Par exemple, la compression du joint d'étanchéité 13 est telle que le joint d'étanchéité 13 atteint, au niveau de la troisième partie, une épaisseur (selon l'axe Z) comprise entre 86 à 92 % de son épaisseur de départ (quand il est dans son état de repos à plat sur une surface plane sans contrainte externe) et, de préférence, une épaisseur comprise entre 88 et 92% de son épaisseur de départ et, de préférence encore, une épaisseur de 90 % de son épaisseur de départ.

Selon un autre aspect, le joint d'étanchéité 13 est en matière homopolymère ou en matière copolymère et par exemple en matière thermoplastique.

Par exemple, le joint d'étanchéité 13 est dans un matériau
5 de type polytétrafluoroéthylène ou polytétrafluoroéthène (communément abrégé PTFE ou plus connu sous la dénomination commerciale Teflon - marque déposée) ou FKM (plus connu sous la dénomination commerciale Viton - marque déposée).

De préférence, le matériau est en, ou à base de, ou de type,
10 polytétrafluoroéthylène ou polytétrafluoroéthène additionné d'au moins une charge. Par exemple la charge est de la fibre de verre.

Par exemple, ledit matériau est du polytétrafluoroéthylène renforcé. Par exemple, le polytétrafluoroéthylène renforcé
15 est du polytétrafluoroéthylène renforcé en fibres de verre ou le polytétrafluoroéthène renforcé est du polytétrafluoroéthène renforcé en fibres de carbone.

Les propriétés de joint d'étanchéité 13 décrit sont définies ci-après :

- 20 - bon comportement du matériau et conservation de ses bonnes propriétés mécaniques à la température de fonctionnement de la cellule électrolytique 10 qui est pourtant importante (typiquement de l'ordre de 90 à 95 degrés Celsius) et ce sur le long terme ;
- 25 - résistance à l'environnement corrosif à l'intérieur de la cellule électrolytique 10 et ce sur le long terme ;
- bonnes propriétés d'étanchéité ;
- bonnes propriétés d'isolation électrique (données par une bonne résistance électrique) et ce même à la température
30 de fonctionnement et au contact de la solution d'électrolyte ;
- peu de fluage permet une bonne longévité de la pile d'électrolyseur 1 de cellules électrolytiques 10 ;
- léger comportement de fluage tout de même afin d'épouser
35 au mieux les particularités géométriques de la zone 21 d'assise du joint d'étanchéité 13 ;
- uniformité de l'épaisseur (selon l'axe Z).

Selon une option, le joint d'étanchéité d'extrémité agencé entre la première plaque de distribution 5 et la première plaque de fond 3 est dans le même matériau que le joint d'étanchéité 13 d'une cellule électrolytique 10 qui vient
5 d'être décrit. Le joint d'étanchéité d'extrémité est par exemple identique audit joint d'étanchéité 13. Ledit joint d'étanchéité d'extrémité est optionnellement en matière homopolymère ou en matière copolymère et par exemple en matière thermoplastique.

10 Selon une option, la couche en matériau électriquement isolant entre la première plaque de fond 3 et la première plaque de distribution 5 est dans le même matériau que celui du joint d'étanchéité d'extrémité agencé entre la première
15 plaque de distribution 5 et la première plaque de fond 3.

Selon une option, la couche en matériau électriquement isolant entre la première plaque de fond 3 et la première plaque de distribution 5 est dans le même matériau que celui dudit
20 joint d'étanchéité 13. Ladite couche est optionnellement en matière homopolymère ou en matière copolymère et par exemple en matière thermoplastique.

Selon une option, le joint d'étanchéité d'extrémité agencé entre la seconde plaque de distribution 6 et la seconde plaque de fond 4 est dans le même matériau que celui dudit
25 joint d'étanchéité 13 d'une cellule électrolytique 10 qui vient d'être décrit. Ledit joint d'étanchéité d'extrémité est par exemple identique audit joint d'étanchéité 13. Ledit joint d'étanchéité d'extrémité est optionnellement en matière homopolymère ou en matière copolymère et par exemple en matière thermoplastique.

30 Selon une option, la pastille agencée sur la face interne de la première plaque de distribution 5 est une couche de matériau directement rapportée sur la première plaque de distribution 5 ou est formée par dépôt de poudre, comme un fluoropolymère et notamment l'éthylène-chlorotrifluoroéthylène tel que celui produit sous la marque Halar par la
35 société SOLVAY.

La cellule électrolytique 10 ainsi décrite présente une très bonne étanchéité du fait de la compression spécifique du joint d'étanchéité 13 entre les plaques bipolaires 14.

5 On note par ailleurs que la cellule électrolytique 10 est rendue étanche grâce à un unique joint d'étanchéité 13 et ce avec trois zones d'étanchéité et de compression différentes. Le recours à un joint d'étanchéité 13 unique en matière plastique (et non plus en élastomère comme dans l'art antérieur) permet en outre d'améliorer l'étanchéité de de la
10 pile d'électrolyseur.

En effet le joint d'étanchéité 13 résiste mieux, et ce même sur une longue durée, à l'environnement corrosif régnant à l'intérieur de la pile d'électrolyseur 1.

15 Le joint d'étanchéité 13 est ainsi dans un matériau dur et résistant aux fortes compressions mécaniques auxquelles est soumis la pile d'électrolyseur 1.

On va à présent décrire un procédé d'assemblage de la pile d'électrolyseur 1.

20 Selon une première étape, on construit individuellement des sous-ensembles, chaque sous-ensemble étant composé en assemblant deux intercalaires 16 et deux électrodes 12a, 12b de part et d'autre d'une plaque bipolaire 14. Chaque sous-ensemble constitue à proprement parler deux demi-cellules électrolytiques 10 accolées.

25 Dans une deuxième étape, lesdits sous-ensembles sont empilés successivement, séparés l'un de l'autre par une membrane 11 et un joint d'étanchéité 13, formant lesdites cellules électrolytiques 10 connectées électriquement en série. La dernière cellule électrolytique 10 d'une extrémité du bloc 2
30 est couverte par la seconde plaque de distribution 6, elle-même recouverte par la seconde plaque de fond 4 et la dernière cellule électrolytique 10 de l'autre extrémité du bloc 2 est couverte par la première plaque de distribution 5, elle-même recouverte par la première plaque de fond 3, délimitant ainsi la pile d'électrolyseur 1. On veille à mettre
35 en regard les conduits 15, 18, 19 de chaque plaque bipolaire 14 en regard des conduits 15, 18, 19 des plaques bipolaires

14 adjacentes. On notera que la plaque de fond négative est également équipée de trous et brides supplémentaires, spécifiques au circuit de refroidissement intégré.

5 Lors d'une troisième étape, la pile d'électrolyseur 1 nouvellement assemblée est mise en compression grâce aux tirants 7, écrous 8 et rondelles ressorts 9.

10 Un tel montage avec des plaques de distribution 5 et 6 épaisses et des plaques bipolaires 14 planes permet une homogénéité du courant dans toutes les cellules électrolytiques 10 de la pile d'électrolyseur 1 alors que la tension est différente aux bornes de chaque cellule électrolytique 10 et que le courant n'est connecté qu'à un ou des point(s) à la périphérie de chaque plaque de distribution 5 et 6.

15 En outre, les plaques bipolaires 14 sont bien parallèles entre elles au sein du bloc 2 grâce à leur forme particulière et au bon serrage de chaque joint d'étanchéité 13. Ceci améliore encore davantage l'homogénéité du courant dans toutes les cellules électrolytiques 10.

20 Le procédé d'assemblage doit idéalement permettre notamment à chaque joint d'étanchéité 13 :

- de se déformer suivant la géométrie imposée par les plaques bipolaires 14 l'enserrant,
- de s'enfoncer dans les textures des premières zones 21 afin de les combler,
- 25 - de faire vieillir volontairement et prématurément le matériau le composant,
- d'éliminer au mieux le comportant plastique le composant,
- de faire entrer son matériau dans une plage de comportement élastique (centrée sur un point de fonctionnement de
- 30 la pile d'électrolyseur 1).
- d'atteindre la valeur de serrage désirée réunissant à la fois les étanchéités voulues ainsi que les contacts électriques entre les différents composants permettant d'at-
- 35 teindre les performances énergétiques envisagées.

Le point de fonctionnement nominale de la pile d'électrolyseur 1 est par exemple de 85 degrés Celsius sous 3 Mégapascals.

5 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention telle que définie par les revendications.

Le ou les joints d'étanchéité d'extrémité pourra (pourront) être différent(s) des joints d'étanchéité 13.

10 La pile d'électrolyseur 1 pourra être assemblée différemment de ce qui a été décrit.

La pile d'électrolyseur 1 pourra être utilisée à l'horizontale, à la verticale ou dans une toute autre position. La pile d'électrolyseur pourra être assemblée à l'horizontale,
15 à la verticale ou dans une toute autre position. De préférence, la pile d'électrolyseur 1 sera assemblée verticalement et utilisée horizontalement.

On pourra n'avoir qu'un seul conduit 15 associé à l'adduction de la solution électrolytique et un seul conduit 15 associé
20 à l'évacuation de chaque produit d'électrolyse. On préférera toutefois avoir deux conduits 15 associés à l'adduction de la solution électrolytique et/ou deux conduits 15 associés à l'évacuation de chaque produit d'électrolyse pour des questions de redondance dans l'éventualité où l'un des conduits
25 15 viendrait à se boucher. De manière générale, la plaque de distribution 5, 6 pourra ne comporter qu'un seul conduit 15 débouchant à chacune de ses extrémités sur l'une respective des faces principales de la plaque de distribution 5, 6.

De la même manière, on préférera avoir deux rainures associées à chaque extrémité de chaque conduit 15 pour des questions de redondance.
30

On pourra avoir un nombre différent de conduits d'adduction 18 et de conduit d'évacuation 19.

La plaque bipolaire 14 peut comprendre tout type de relief s'étendant entre les parois du volume creux 20 pour empêcher
35 un rapprochement desdites parois et/ou augmenter la surface

d'échange entre le fluide de refroidissement et la plaque bipolaire 14.

Les différents conduits 18, 19 pourront ne pas être identiques entre eux.

5 Les différentes rainures pourront ne pas être identiques entre elles.

Les deux plaques de distribution 5, 6 associées chacune à une extrémité du bloc 2 pourront être différentes et non identiques entre elles comme cela a été évoqué plus haut.

10 La plaque de distribution 5, 6 pourra ne comporter qu'un seul renforcement et non deux comme ce qui a été indiqué.

La plaque de distribution 5, 6 pourra comporter au moins un conduit 15 ne débouchant pas à au moins l'une de ses extrémités sur le pourtour externe de la face principale associée (et par exemple débouchant dans la zone centrale de ladite face principale et par exemple dans le renforcement éventuellement présent sur ladite face principale).

Par exemple, la plaque de distribution 5, 6 pourra comporter au moins un conduit 15 débouchant au moins à une de ses extrémités dans un renforcement de ladite plaque de distribution 5, 6. Optionnellement, le conduit 15 sera débouchant au moins à une de ses extrémités à une position suffisamment proche du pourtour externe d'une des faces principales pour permettre une vidange complète ou quasi-

25 complète (vidange d'un liquide et/ou d'un gaz) présent dans l'espace entre la plaque de distribution 5, 6 considérée et la plaque de fond 3, 4 en regard. Optionnellement, ce conduit 15 pourra être ménagé de sorte à être débouchant à une première extrémité dans le renforcement de la première face principale de la plaque de distribution 5, 6 et à être débouchant à une deuxième extrémité dans le renforcement de la deuxième face principale de ladite plaque de distribution 5, 6 de sorte à mettre les deux renforcements en

communication.

La pile d'électrolyseur 1 peut comprendre trois électrodes,
à savoir deux cathodes d'extrémité et une anode centrale.

5 Les rondelles ressorts 9 peuvent être placées aux deux extrémités du tirant ou à une seule de ces extrémités et/ou être remplacées par tout organe élastique de compression.

REVENDICATIONS

1. Plaque bipolaire (14) pour cellule électrolytique (10), comprenant au moins un conduit d'adduction d'électrolyte, un premier conduit d'évacuation d'un premier produit d'électrolyse et un deuxième conduit d'évacuation d'un deuxième produit d'électrolyse (15), caractérisée en ce qu'elle comprend deux plaques (14.1, 14.2) réunies l'une à l'autre pour définir entre elles au moins un volume creux (20), chacune des deux plaques (14.1, 14.2) réunies l'une à l'autre ayant une forme de disque avec une bordure annulaire plus épaisse formant une zone périphérique externe (22) de la plaque bipolaire (14), un conduit d'adduction (18) du volume creux (20) en fluide de refroidissement et un conduit d'évacuation (19) du fluide de refroidissement hors du volume creux (20) étant ménagés dans la zone périphérique externe (22).

2. Plaque bipolaire (14) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le conduit d'adduction (18) débouche sur des faces principales de la plaque bipolaire (14) et le conduit d'évacuation (19) débouche sur les faces principales de la plaque bipolaire (14).

3. Plaque bipolaire (14) selon l'une des revendications précédentes, comprenant des reliefs s'étendant entre les parois du volume creux (20) pour empêcher un rapprochement desdites parois et/ou augmenter la surface d'échange entre le fluide de refroidissement et la plaque bipolaire (14) et/ou assurer un contact électrique entre les deux parois.

4. Cellule électrolytique (10) comprenant au moins une plaque bipolaire (14) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

5. Pile d'électrolyseur (1) comprenant des cellules électrolytiques (10) selon la revendication précédente, le conduit d'adduction d'électrolyte, le premier conduit d'évacuation du premier produit d'électrolyse et le deuxième conduit d'évacuation du deuxième produit d'électrolyse (15) de

chaque plaque bipolaire (14.1 et 14.2) étant intégrés respectivement à un réseau d'adduction d'électrolyte, à un premier réseau d'évacuation du premier produit d'électrolyse et à un deuxième réseau d'évacuation du deuxième produit d'électrolyse, s'étendant le long de la pile d'électrolyseur (1) ;
5 et le conduit d'adduction (18) de fluide de refroidissement et le conduit d'évacuation (19) de fluide de refroidissement étant intégrés respectivement à un réseau d'adduction de fluide de refroidissement et à un réseau d'évacuation de
10 fluide de refroidissement s'étendant le long de la pile d'électrolyseur (1).

Figure 1

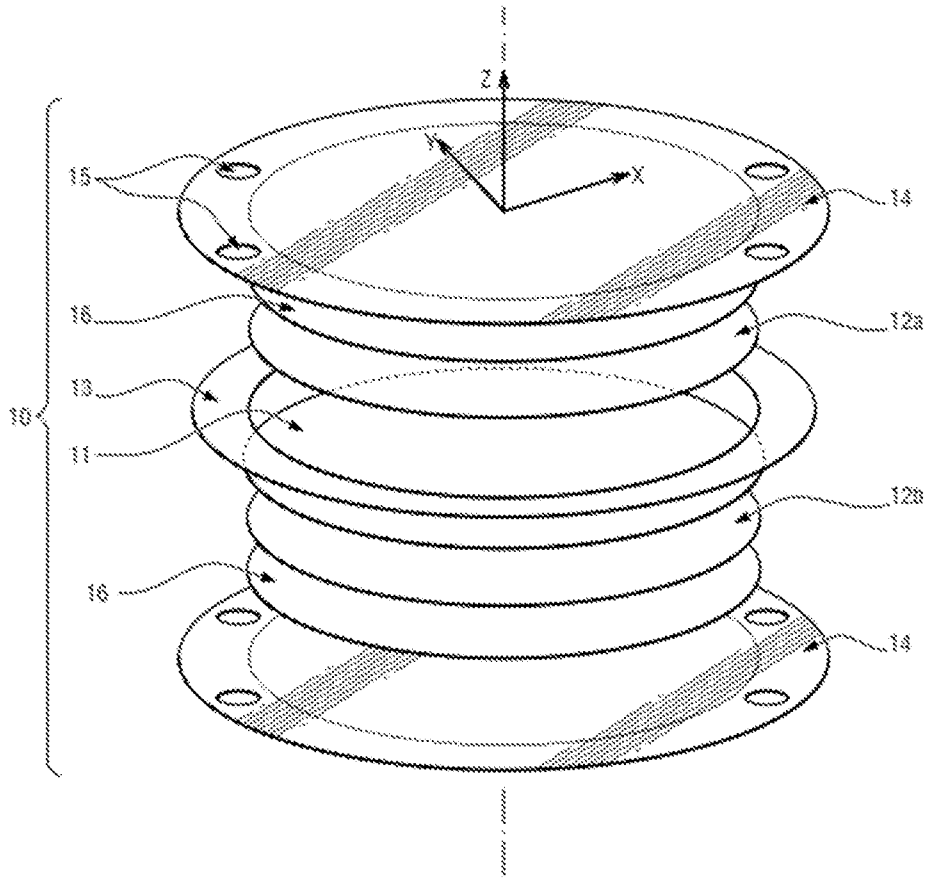


Figure 2

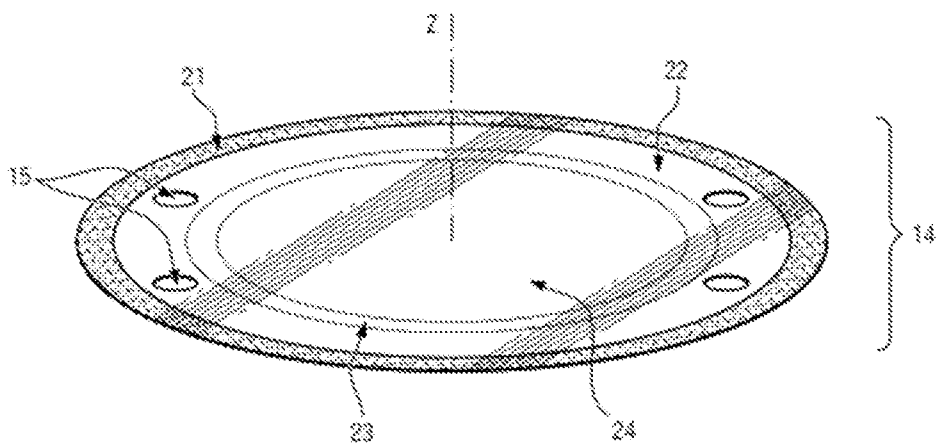


Figure 3

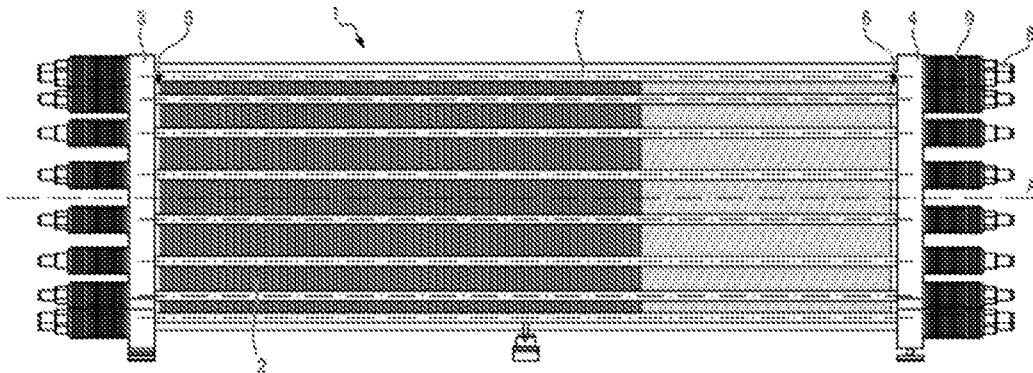


Figure 4

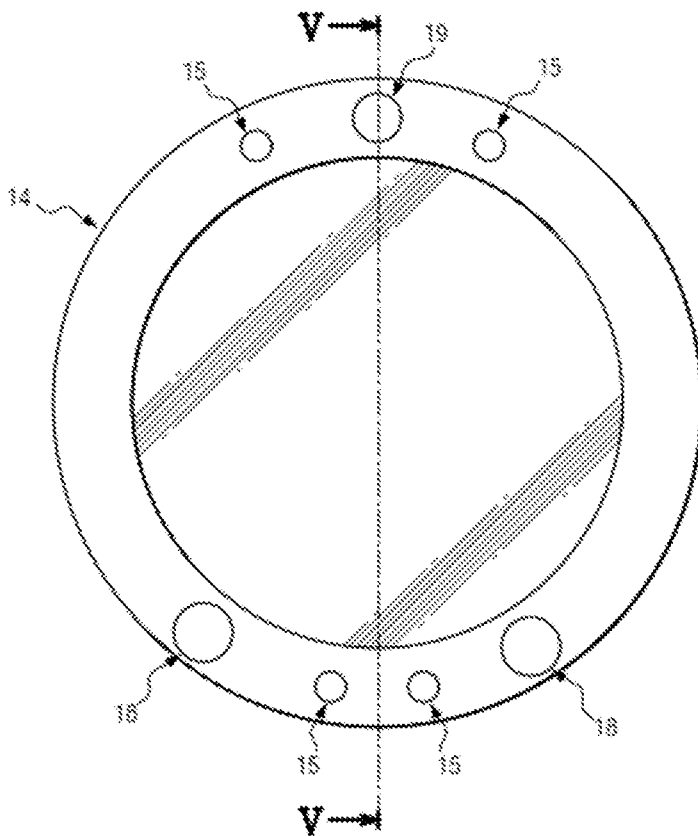
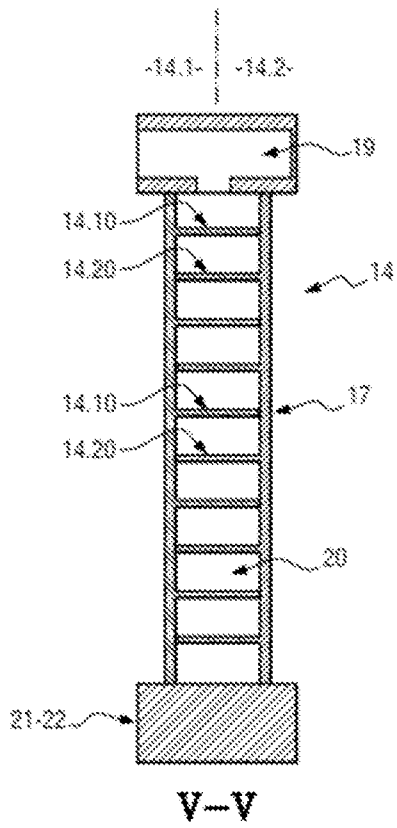


Figure 5



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 LPBOET0008BE00
Demande nationale belge n° 202305346	Date du dépôt 28-04-2023
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom) JOHN COCKERILL HYDROGEN BELGIUM	
Date de la requête d'une recherche de type international 06-05-2023	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN83792
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. <input type="checkbox"/> IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C25B1/04 C25B9/65 C25B9/67 C25B9/75
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

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	DE 10 2009 016635 A1 (ELCOMAX GMBH [DE]) 14 octobre 2010 (2010-10-14) * alinéas [0075] - [0082]; figures 8, 11 * * alinéa [0001] * -----	1-7
X	US 2022/298651 A1 (KITAGAWA RYOTA [JP] ET AL) 22 septembre 2022 (2022-09-22) * alinéas [0035], [0036], [0051], [0052]; figure 4 * -----	1-7
X	US 11 618 956 B2 (AIRBUS DEFENCE & SPACE GMBH [DE]) 4 avril 2023 (2023-04-04) * colonne 1, lignes 22-47 * * colonne 7, ligne 48 - colonne 8, ligne 23; figure 3 * -----	1-7

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	"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
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	"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
"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)	"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
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets
"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	

Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 15 janvier 2024	Date d'expédition du rapport de recherche de type international
--	---

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
--	---

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n

BE 202305346

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102009016635 A1	14-10-2010	DE 102009016635 A1	14-10-2010
		EP 2417662 A2	15-02-2012
		WO 2010115495 A2	14-10-2010

US 2022298651 A1	22-09-2022	CN 115110102 A	27-09-2022
		EP 4060086 A1	21-09-2022
		JP 2022143968 A	03-10-2022
		US 2022298651 A1	22-09-2022

US 11618956 B2	04-04-2023	DE 102018129887 A1	28-05-2020
		EP 3660187 A2	03-06-2020
		ES 2920650 T3	08-08-2022
		US 2020168920 A1	28-05-2020



OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN83792	Date du dépôt (<i>jour/mois/année</i>) 28.04.2023	Date de priorité (<i>jour/mois/année</i>)	Demande n° BE202305346
Classification internationale des brevets (CIB) INV. C25B1/04 C25B9/65 C25B9/67 C25B9/75			
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
--	-------------------------------

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	
	Non : Revendications	1-7
Activité inventive	Oui : Revendications	
	Non : Revendications	1-7
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications	1-7
	Non : Revendications	

2. Citations et explications

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 suivant :

- D1 DE 10 2009 016635 A1 (ELCOMAX GMBH [DE]) 14 octobre 2010 (2010-10-14)
- D2 US 2022/298651 A1 (KITAGAWA RYOTA [JP] ET AL) 22 septembre 2022 (2022-09-22)
- D3 US 11 618 956 B2 (AIRBUS DEFENCE & SPACE GMBH [DE]) 4 avril 2023 (2023-04-04)

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

D1 (alinéas [0001], [0075] - [0082]; figures 8, 11), D2 (alinéas [0035], [0036], [0051], [0052]; figure 4) et D3 (colonne 1, lignes 22-47; colonne 7, ligne 48 - colonne 8, ligne 23; figure 3) divulguent une plaque bipolaire pour cellule électrolytique, comprenant au moins un conduit d'adduction d'électrolyte, un premier conduit d'évacuation d'un premier produit d'électrolyse et un deuxième conduit d'évacuation d'un deuxième produit d'électrolyse, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un volume creux, un conduit d'adduction du volume creux en fluide de refroidissement et un conduit d'évacuation du fluide de refroidissement hors du volume creux.

3 Les revendications dépendantes 2-7 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.

D1, D2 et D3 divulguent également l'objet des revendications 2-7.