

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
29 septembre 2016 (29.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2016/150740 A1

- (51) Classification internationale des brevets :  
H01M 8/00 (2016.01) H01M 8/04014 (2016.01)  
H01M 8/0254 (2016.01) H01M 8/0267 (2016.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2016/055429
- (22) Date de dépôt international :  
14 mars 2016 (14.03.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1552304 20 mars 2015 (20.03.2015) FR
- (71) Déposant : PRAGMA INDUSTRIES [FR/FR]; ZA de la  
Négresse, 40 rue Chapelet, 64200 Biarritz (FR).
- (72) Inventeurs : ABADIE, Mario; 8 allée Louis de Foix,  
64600 Anglet (FR). FORTE, Pierre; 9 rue de la Barthe,  
64200 Biarritz (FR).
- (74) Mandataire : SCHMIT, Christian M.; IPSIDE, 7, 9, al-  
lées Haussman, 33300 Bordeaux (FR).

- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : CATHODIC SEPARATING BAND FOR WOUND FUEL CELL AND CELL COMPRISING SUCH A SEPARATING BAND

(54) Titre : BANDE SEPARATRICE CATHODIQUE POUR PILE A COMBUSTIBLE ENROULEE ET PILE COMPORTANT UNE TELLE BANDE SEPARATRICE

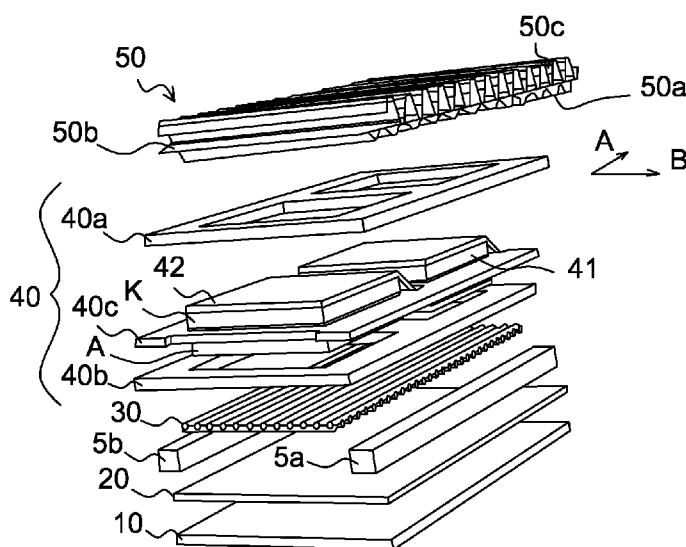


Fig.12

(57) Abstract : The present invention relates to a corrugated cathodic separating band (50) for a fuel cell which comprises a first corrugated strip (50a) on a first one of the surfaces thereof and a second corrugated strip (50c) on a second one of the surfaces thereof, said corrugated strips being arranged on the opposing surfaces of a smooth central strip (50b). The materials of the corrugated strips and the geometry of the corrugations are preferably suitable for withstanding the crushing or deformation of the corrugations during the winding of the cell and the use thereof.

(57) Abrégé : La présente invention concerne une bande séparatrice cathodique ondulée (50) pour pile à combustible qui comporte un premier feuillard ondulé (50a) sur une première de ses faces et un second feuillard ondulé (50c) sur seconde de ses faces, lesdits feuillets ondulés étant disposés sur les faces opposées d'un feuillard lisse central (50b). Les matériaux des feuillets ondulés et la géométrie des ondulations sont préférablement adaptés à résister à l'écrasement ou la déformation des ondulations lors du bobinage de la pile et de son utilisation.

WO 2016/150740 A1

**BANDE SEPARATRICE CATHODIQUE POUR PILE A COMBUSTIBLE ENROULEE ET PILE  
COMPORTANT UNE TELLE BANDE SEPARATRICE**

Domaine de l'invention

La présente invention concerne une bande séparatrice cathodique pour piles à combustibles du type enroulées comportant un complexe pourvu en particulier d'un feuillard de tension ou feuillard support, d'un conduit hydrogène, une bande porteuse de  
5 cellules électrochimiques en série et une bande séparatrice pourvue de canaux de passage d'air transversaux par rapport à l'axe longitudinal de la bande porteuse des cellules. L'invention concerne en outre la pile à combustible comportant une telle bande séparatrice.

Arrière plan technologique

10 Des exemples de piles à combustible enroulées sont par exemple décrits dans les documents EP 1 846 976 B1, EP 2 556 555 B1, WO 2011/124863 A1, WO 2013/164438 A1 et les demandes FR13 62685, FR13 62687 et FR13 62689 déposées le 16/12/2013 tous au nom de la demanderesse et incorporés ici par référence.

Pour obtenir un bon rendement avec de telles piles, la régularité de l'enroulement  
15 des couches, la régularité de la pression sur les cellules et sur les bandelettes traversant la bande porteuse et reliant les cellules électrochimiques de la bande porteuse en série et l'étanchéité au niveau du canal hydrogène sont des points primordiaux.

De même réaliser un bon refroidissement de la pile sans assécher les cellules est un point essentiel.

20 La présente invention propose de perfectionner la pile notamment pour la rendre plus performante sur ces deux points.

Brève description de l'invention

Pour ce faire la présente invention propose une bande séparatrice cathodique ondulée pour pile à combustible qui comporte un premier feuillard ondulé sur une première de ses faces et un second feuillard ondulé sur seconde de ses faces, lesdits feuilards ondulés étant disposés sur les faces opposées d'un feuillard lisse central.

5 Les feuilards ondulés sont avantageusement collés ou soudés sur le feuillard lisse.

Selon un mode de réalisation préféré, le premier feuillard ondulé destiné à être mis en contact avec les cathodes de la pile est métallique et recouvert côté cathodes par une couche isolante électrique.

10 La couche isolante électrique est avantageusement sous forme d'un film ou d'un revêtement de surface du premier feuillard.

Selon un mode de réalisation alternatif, le premier feuillard ondulé destiné à être mis en contact avec les cathodes de la pile est réalisé dans un matériau plastique isolant électrique. Ce matériau est avantageusement de conductivité thermique adaptée à autoriser une dissipation thermique suffisante côté face cathodique de la pile.

15 Le feuillard lisse est avantageusement réalisé en acier ou dans un alliage d'aluminium à faible coefficient d'allongement sous traction.

Le second feuillard ondulé destiné à se trouver sur la face de la bande séparatrice opposée à la face en contact avec les cathodes est préférablement métallique.

20 Le second feuillard ondulé peut notamment être réalisé en alliage d'aluminium ou en acier.

Les matériaux des feuilards ondulés et les ondulations sont avantageusement adaptés pour résister à l'écrasement ou la déformation des ondulations lors du bobinage de la pile et de son utilisation.

25 L'empilage des feuilards ondulés est adapté à résister, notamment par calcul des pentes des ondulations, calcul qui utilise le rapport du pas (P) et de la hauteur (h), de l'épaisseur des feuilards et/ou de la raideur du matériau, à une pression de 1 à 5 N/mm<sup>2</sup>.

30 Les ondulations des deux feuilards ondulés séparés par le feuillard lisse central ont avantageusement des pas (P<sub>a</sub>, P<sub>c</sub>) et/ou les hauteurs crête/crête (h<sub>a</sub>, h<sub>c</sub>) différents pour obtenir un débit d'air de refroidissement supérieur au débit d'air de réaction cathodique.

La hauteur du premier feuillard est avantageusement choisie entre 1mm et 3mm.

La hauteur du second feuillard est avantageusement choisie entre 1mm et 5mm.

L'épaisseur du feuillard lisse peut notamment être choisies entre 0,03mm et 0,3mm

Les épaisseurs des feuillards ondulés peuvent notamment être choisies entre  
5 0,05mm et 0,3mm

Le pas ( $P_a$ ) du premier feuillard est avantageusement choisi entre 1mm à 5mm.

Le pas ( $P_c$ ) du second feuillard est avantageusement choisi entre 1mm à 8mm.

L'invention propose en outre une pile à combustible enroulée comportant un feuillard support, une bande de diffusion  $H_2$ , une bande porteuse comportant des cellules  
10 électrochimiques et une bande séparatrice cathodique ondulée à trois feuillards de l'invention, pour laquelle le premier feuillard ondulé, en contact avec les cathodes de la pile, réalise un passage d'air au niveau desdites cathodes et le second feuillard, en contact avec un feuillard support de la pile, réalise un passage d'air de refroidissement de la pile. Les ondulations du premier feuillard côté feuillard central contribuent aussi au passage  
15 d'air de refroidissement de la pile.

Un conduit de transport d'hydrogène dans lequel se trouve la bande de diffusion  $H_2$  étant constitué entre la bande isolante anodique et la face portant les anodes A de la bande porteuse, le conduit de transport d'hydrogène et la bande porteuse des cellules sont comprimés entre la bande séparatrice cathodique ondulée et le feuillard support.

20 Le rapport du débit d'air d'alimentation des cathodes, passant entre les ondulations du premier feuillard ondulé côté cathodes de la bande séparatrice, sur le débit d'air de refroidissement, passant dans les ondulations du second feuillard ondulé de l'autre côté du feuillard lisse central et entre les ondulations du premier feuillard ondulé et le feuillard lisse central, est avantageusement inférieur à 1 pour obtenir un bon  
25 refroidissement de la pile sans assécher les cathodes des cellules.

#### Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront apparents à la lecture de la description qui suit d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention en référence aux dessins qui représentent:

30 En figure 1: une vue schématique d'un complexe de réalisation d'une pile enroulée de l'invention;

en figure 2: une vue de côté d'un segment d'une bande séparatrice cathodique selon l'invention;

En figure 3: une vue éclaté de côté d'un assemblage d'un mandrin de bobinage d'une pile de l'invention;

5 En figure 4: une vue d'un détail de la réalisation d'un sous ensemble de raccordement d'une pile de l'invention;

En figure 5: une vue schématiques d'un début de bobinage sur mandrin adapté à la réalisation d'une pile selon l'invention;

10 En figure 6: une vue schématique d'une étape de réalisation d'une terminaison d'une pile selon l'invention;

En figure 7: une vue schématique d'un exemple de machine de bobinage d'une pile de l'invention;

#### Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

15 L'invention concerne une pile à combustible enroulée à partir d'un complexe qui comprend comme représenté en figure 1 un feuillard support 10, une bande isolante anodique 20, une bande de diffusion H<sub>2</sub> 30, ici sous forme d'une grille, une bande porteuse 40, comportant des cellules électrochimiques 41, qui est ici réalisée avec trois couches 40a, 40b, 40c.

20 Les cellules sont en série sur la bande et ont leurs anodes A d'un premier côté de la bande leurs cathodes K d'un second côté de la bande, une anode précédente étant reliée électriquement à une cathode suivante par des moyens d'interconnexion des cellules sous forme de bandelettes 42 qui traversent la bande par des passages étanches.

25 Un conduit de transport d'hydrogène est constitué entre la bande isolante anodique 20 et la face portant les anodes A de la bande porteuse 40 au moyen de cales d'épaisseur 5a, 5b longeant les anodes de la bande porteuse et reliant ladite face et ladite bande isolante anodique 20.

Dans le conduit se trouve la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 entre la bande isolante anodique 20 et la bande porteuse des cellules 40.

30 La bande isolante anodique 20 est séparée du feuillard support 10 qui a pour fonction de réguler la tension sur les cellules lors de l'enroulement.

la bande isolante anodique 20 par exemple équipée des cales 5a, 5b de la figure 4, la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et la bande porteuse 40 sont collées de manière à former un complexe garantissant l'étanchéité du canal de diffusion H<sub>2</sub>. Pour éviter que le complexe collé gondole ou se plisse, le collage se fait au niveau de l'enroulement de ces éléments  
5 sur le mandrin pendant l'enroulement de la pile plutôt qu'à plat. Ceci permet d'éviter en effet que l'épaisseur du complexe cause un différentiel de longueur entre sa couche externe et sa couche interne lors de l'enroulement du complexe.

L'invention propose une bande séparatrice cathodique ondulée 50 représentée en figure 2. Cette bande ondulée se trouve côté cathodes de la bande porteuse 40 comme  
10 représenté en figure 1. La bande séparatrice cathodique comporte deux faces. La première face est en contact avec les cathodes et réalise un passage d'air au niveau des cathodes de la bande porteuse pour le fonctionnement de la pile. La seconde face est en contact avec le feuillard support 10 et réalise un passage d'air de refroidissement de la pile. De retour à la figure 2, la bande séparatrice 50 comprend selon l'invention trois  
15 couches, constituées d'un premier feuillard ondulé 50a côté première face et d'un second feuillard ondulé 50c côté seconde face, les feuillets ondulés étant déposés et collés ou soudés sur les faces opposées d'un feuillard lisse central 50b pour éviter un glissement entre les couches et l'écrasement des feuillets par déformation des ondulations.

Préférentiellement les trois feuillets sont métallique. En particulier le feuillard lisse  
20 est réalisé en acier ou dans un alliage d'aluminium présentant un faible coefficient d'extension sous traction longitudinale.

Le feuillard ondulé 50c sur la face en contact avec le feuillard support 10 est par exemple réalisé en alliage d'aluminium pour permettre une bonne dissipation de la chaleur produite par la pile et un bon échange thermique avec l'air circulant entre les  
25 ondulations par convection, aspiration ou soufflage.

Dans le cas où le feuillard ondulé 50a en contact avec les cathodes est aussi métallique, il est recouvert par une couche isolante électrique 500 sous forme d'un film ou d'un revêtement de surface pour ne pas créer de court circuit entre ces cathodes.

Le feuillard ondulé 50a côté cathodes peut toutefois être un feuillard réalisé dans  
30 un matériau plastique isolant électrique mais offrant tout de même une conduction thermique suffisante pour refroidir la face cathodique de la pile.

Les matériaux utilisés pour les feuilards ondulés doivent en outre être suffisamment résistants pour éviter un écrasement ou une déformation des ondulations lors du bobinage de la pile et de son utilisation.

5 Cette constitution de la bande séparatrice ondulée en trois couches offre plusieurs avantages.

En premier lieu, la bande séparatrice 50 bien qu'elle soit ondulée, ne peut pas s'écraser et est rendue pratiquement incompressible sous les pressions obtenues lors de l'enroulement de la pile du fait que les deux feuilards ondulés 50a, 50c s'appuient sur le feuillard lisse central 50b ce qui les empêche de s'écraser par effet ressort au niveau des  
10 ondulations. Le feuillard lisse central évite aussi que la bande séparatrice ne s'allonge du fait de l'élasticité des feuilards ondulés lors de l'opération d'enroulement de la pile.

En second lieu, il est possible de faire varier le rapport d'air d'alimentation des cathodes passant entre les ondulations du premier feuillard ondulé 50a côté cathodes de la bande séparatrice par rapport au débit d'air de refroidissement passant dans les  
15 ondulations du second feuillard ondulé 50c de l'autre côté du feuillard lisse central 50b en choisissant des pas  $P_a$ ,  $P_c$  et des hauteurs crête/crête  $h_a$ ,  $h_c$  différents entre les ondulations des deux feuilards ondulés 50a, 50c séparés par le feuillard lisse central.

Le but de cette différenciation débit d'air refroidissement/débit d'air cathodique permet d'avoir un flux d'air de refroidissement important tout en limitant le flux d'air  
20 cathodique pour ne pas assécher les cellules.

En outre le pas  $P_a$  des ondulations du feuillard 50a en contact avec les cathodes va être choisi suffisamment petit pour réaliser plusieurs lignes de contact avec ces dernières, pour accroître la surface d'appui du feuillard sur les cathodes et pour garantir une bonne compression des cellules entre le feuillard support 10 et la bande séparatrice ondulée.

25 Par exemple, le rapport du pas  $P_a$  des ondulations du feuillard 50a en contact avec les cathodes sur le pas  $P_b$  des ondulations du feuillard 50c côté feuillard support peut être inférieur ou égal à 1.

Avoir un pas réduit côté cathodes au niveau du feuillard 50a et un pas plus grand côté refroidissement au niveau du feuillard 50c permet d'accroître la propension de la  
30 bande séparatrice à s'enrouler lorsque le feuillard 50a se trouve à l'intérieur de l'enroulement et le feuillard 50c à l'extérieur.

Il y a lieu de noter que les ondulations du premier feuillard ondulé 50a situées entre ce feuillard et le feuillard lisse participent au refroidissement de la pile dans une moindre mesure que les ondulations du second feuillard ondulé 50c.

La hauteur  $h_a$  est par exemple définie entre 1mm et 3mm alors que la hauteur  $h_b$  est définie entre 1mm et 5mm.

l'épaisseur E du feuillard lisse est de l'ordre de 0,03mm à 0,3mm.

Les épaisseurs des feuillets ondulés étant de l'ordre de 0,05mm à 0,3mm.

Le pas  $P_a$  du feuillard 50a est de l'ordre de 1mm à 5mm, le pas  $P_c$  du feuillard 50c étant de 1mm à 8mm. Le but étant d'obtenir un débit minimum suffisant en refroidissement et en air destiné à la réaction électrochimique tout en offrant une solidité suffisante du feuillard pour résister aux contraintes d'écrasement lors de l'enroulement et résister aux effets de la dilatation thermique des matériaux en utilisation.

Les épaisseurs des feuillets ondulés, la forme des ondulations et le matériau employé doivent permettre aux feuillets ondulés de résister à une pression de 1 à 5 N/mm<sup>2</sup> s'appliquant sur les faces opposées de la bande séparatrice.

La pile est enroulée à partir d'un mandrin central représenté en éclaté en figure 3. Le feuillard support 10 fixé à une bride de maintien centrale 11 va être le cœur de l'enroulement et être solidarisé à l'axe d'enroulement de la pile par la bride de maintien.

Le mandrin central comporte un premier sous ensemble 200 qui comporte la bride de maintien 11 éventuellement en deux parties pour emprisonner le début du feuillard support 10. Le mandrin comporte au dessus de la bride de maintien un deuxième sous ensemble 300 qui comporte un module compartiment H<sub>2</sub>/connexion électrique 70 regroupant un dispositif de raccordement fluidique répartiteur d'hydrogène H<sub>2</sub> 60 permettant d'apporter de l'hydrogène dans un canal étanche de la pile côté anodes et un premier contact électrique 61 de raccordement d'une première électrode de la pile, anode ou cathode.

Le module compartiment H<sub>2</sub>/connexion électrique 70 reçoit une première extrémité de début de la bande isolante anodique 20, une première extrémité de la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et une première extrémité de la bande porteuse 40 des cellules, comme représenté en figure 4, où les couches sont montrées écartées pour le besoin du dessin, alors qu'elles sont en réalité assemblées et collées de manière étanche sur le

dispositif de raccordement fluide pour réaliser le canal étanche transportant l'hydrogène aux anodes de la pile. La bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et la bande isolante anodique 20, avec ses cales 5a, 5b autour de la bande de diffusion H<sub>2</sub>, sont positionnées en face d'une lumière 62 de distribution d'hydrogène vue en pointillés pour débiter le canal qui va être réalisé entre la bande porteuse et la bande isolante anodique, ce canal contenant la bande de diffusion H<sub>2</sub>. La lumière 62 fait partie du dispositif de raccordement fluide répartiteur H<sub>2</sub> 60 qui reçoit par exemple un embout auquel un tube apporteur d'hydrogène non représenté est raccordé. Un dispositif presseur, tel que par exemple des rouleaux 1200a, 1200b aide au collage des couches du canal hydrogène.

10 De retour à la figure 3, au dessous de la bride de maintien 11, le mandrin comporte un troisième sous ensemble 400 comprenant un élément support cathode 74 sur lequel est fixée la bande séparatrice cathodique ondulée 50 par exemple au moyen d'agrafes ou autres moyens de fixations tels que des pions s'insérant dans des trous en fin de bande.

15 Les deuxième 300 et troisième 400 sous ensembles sont assemblés de part et d'autre du premier sous ensemble 200 pour former le mandrin autour duquel la pile est enroulée et le feuillard support est fixé au centre de l'enroulement en sorte d'assurer et de contrôler la tension de l'enroulement.

20 La surface extérieure du premier sous ensemble comportant le module compartiment H<sub>2</sub>/raccordement électrique, et du troisième sous ensemble sont complémentaires pour former la surface du mandrin de bobinage de la pile. Les diverses parties constituant le mandrin peuvent être collées ensemble ou comprendre des moyens d'assemblage tels que des clips portés par certains des éléments s'encliquetant dans des logements réalisés dans d'autres des éléments.

25 Les diverses couches de la pile, bande porteuse 40 assemblée avec au dessous la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et la bande isolante anodique 20, feuillard support 10 et bande séparatrice 50 sont positionnées angulairement sur le mandrin pour respecter l'ordre des couches de la pile lors du bobinage.

30 La figure 5 illustre le positionnement de l'ensemble 63, complexe regroupant la bande porteuse 40, la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et la bande isolante anodique 20 avec ses cales 5a, 5b; le positionnement du feuillard support 10 et le positionnement de la bande

séparatrice cathodique ondulée 50 autour du mandrin. Le mandrin, qui selon cette figure a effectué 3/4 de tour, comporte des décrochements 81, 82 et 83 permettant de rattraper:

- l'épaisseur de l'ensemble 63 pour le décrochement 81,
- 5 - l'épaisseur de la bande séparatrice ondulée 50, schématisée sur la figure selon son enveloppe, pour le décrochement 82 et,
- l'épaisseur du feuillard support 10 pour le décrochement 83.

Cette forme de mandrin comportant des décrochements permet d'obtenir dès le début du bobinage de la pile un enroulement homogène et d'épaisseur régulière.

10 La figure 6 représente schématiquement le raccordement d'un second module compartiment H<sub>2</sub>/connexion électrique 310 de terminaison de la pile.

Ce module 310 de terminaison de la pile enroulée permet le raccordement électrique de la fin de pile et permet de terminer le canal hydrogène.

15 Ce dispositif comporte de la même façon que le module compartiment H<sub>2</sub>/connexion électrique 70 de début de pile une lumière collectrice d'hydrogène en communication avec un second dispositif de raccordement fluïdique 60'.

Le second module compartiment H<sub>2</sub>/connexion électrique 310 est pourvu d'une face inférieure courbe épousant la surface de la fin de la pile et une face supérieure courbe sur laquelle vont appuyer des tours de terminaison de la pile.

20 Les bande isolante anodique 20, bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et bande porteuse 40 sont coupées sur un poste de réalisation du dispositif de terminaison de pile qui comporte ledit second module avant d'être raccordées sur ce dispositif de terminaison de pile. Le raccordement se fait en conservant l'étanchéité du canal H<sub>2</sub> qui est mis en communication avec le dispositif de raccordement fluïdique 60' alors que la dernière  
25 cellule de la bande est électriquement raccordée à un second contact électrique 61'. Une fois le raccordement fait, les terminaisons de bande et le second module s'appliquent sur la pile bobinée.

30 La bande séparatrice ondulée est ensuite coupée pour venir s'appliquer sur la fin de bande porteuse 40 apparente et, un ou plusieurs tours supplémentaires du feuillard support 10 sont effectués pour consolider et protéger la pile puis le feuillard support 10 est coupé et sa fin est par exemple collée sur l'extérieur de la pile.

Un exemple de machine de fabrication de piles à combustible enroulées permettant de réaliser le bobinage de la pile de l'invention est schématisée à la figure 7.

La machine comporte un dispositif de bobinage central 100, des dévidoirs de bandes 1010, 1020, 1030, 1040, 1050 répartis angulairement autour du dispositif de bobinage central et des postes de travail 1110, 1120, 1130 sur les bandes entre les dévidoirs et le dispositif de bobinage central. Les dévidoirs sont à tension contrôlée pour permettre un bobinage régulier des diverses couches de la pile, le dévidoir 1010 distribuant le feuillard support étant contrôlé en tension en fonction de la rotation du dispositif de bobinage pour assurer la compression constante sur les couches de la bande porteuse des cellules.

Pour récupérer d'éventuels films de protection des bandes, des enrouleurs 1021, 1041 et 1051 sont prévus.

Un premier poste de travail 1110 comporte des moyens 1110a de pose de la bride de maintien sur le feuillard support 10 et des moyens 1110b de coupe de la fin dudit feuillard. Un deuxième poste de travail 1120 comporte des moyens 1120a d'une part d'assemblage du premier sous ensemble 300 pour réaliser la connexion électrique et le raccordement  $H_2$  du cœur de pile et d'autre part d'assemblage du second module compartiment  $H_2$ /connexion électrique 310 pour réaliser le raccordement de fin de pile. Ce poste comporte en outre des moyens de coupe 1120b des bande isolante anodique 20, bande de diffusion  $H_2$  30 et bande porteuse 40 en fin de réalisation de la pile. Un troisième poste de travail 1130 comporte des moyens 1130a de réalisation du troisième sous ensemble avec la bande séparatrice cathodique ondulée 50 et de moyens de coupe 1130b pour couper cette bande séparatrice en fin de bande.

Le positionnement angulaire des dérouleurs 1010, 1020, 1030, 1040 et 1050 par rapport au poste central est déterminé pour assurer de l'espace pour les postes de travail intermédiaires, poste permettant l'assemblage des dispositifs de connexion de début et de fin de pile, postes de coupe des bandes et feuillards constitutifs de la pile et poste d'assemblage du conduit au contact de l'enroulement positionné pour assurer que l'encollage de la bande porteuse et du conduit  $H_2$  se fasse sur le point de contact avec le mandrin.

Le bobinage 600 est effectué sur le nombre de tours nécessaires pour obtenir la tension électrique voulue de la pile.

Les bandes à positionner sont déroulées alors qu'une tension contrôlée du feuillard support par un dispositif de régulation de la tension 1100 asservie par rapport au rayon du mandrin permet d'appliquer une pression homogène sur les électrodes portées par la bande support de sorte que les cellules électrochimiques sont comprimées entre le feuillard support 10 et la bande séparatrice ondulée 50 pour améliorer le contact électrique entre les couches des cellules électrochimiques et accroître le rendement de la pile. Le feuillard support agit ici comme un feuillard de compression. La bande séparatrice cathodique formant une bande d'appui pour les cellules comprimées par le feuillard support.

Pour permettre l'asservissement de la tension du feuillard support 10, un capteur tel qu'un capteur optique ou un détecteur à contact tel que schématisé sous la référence 1001 en figure 7 mesure en continu le rayon de la pile en cours de bobinage et asservit le moteur entraînant le mandrin au niveau de l'enrouleur 1000 et l'effort résistif appliqué par le dispositif frein 1100 au dérouleur 1010 du feuillard support 10.

L'enrouleur 1000 et le dérouleur 1010, dérouleur du feuillard support 10, sont réglés pour réaliser la tension de l'enroulement de la pile comme vu précédemment. Les dérouleurs 1020, 1030, 1040 respectivement dérouleur de la bande isolante anodique 20 équipée des cales d'épaisseur 21, de la bande de diffusion H<sub>2</sub> 30 et de la bande porteuse 40 sont réglés pour garder ces bandes suffisamment tendues pendant l'enroulement pour correctement les guider, éviter des défauts d'homogénéité de l'enroulement, assurer le bon assemblage des parties constitutives du conduit hydrogène et maintenir l'épaisseur du conduit hydrogène constante. Le dérouleur 1050 règle la tension de la bande séparatrice cathodique ondulée.

Le feuillard support 10 et la bande séparatrice cathodique ondulée 50 sont réalisés dans des matériaux conducteurs thermiques adaptés à être bobinés et préférablement des matériaux métalliques pour éviter toute extension de ces éléments lors du bobinage.

La bande isolante anodique 20 est avantageusement réalisée au moyen d'un film plastique peu extensible comme par exemple un film de polyimide ou aramide, la bande de diffusion H<sub>2</sub> est notamment réalisée en matériau plastique et comporte sous forme

d'un tissu à mailles larges ou une grille qui peut comporter des fils de trame et des fils de chaîne, la bande porteuse 40 est un complexe multicouche.

L'invention définie par les revendications n'est pas limitée à l'exemple représenté et notamment comme vu plus haut le pas des ondulations des feuillets ondulés peuvent

5 être adaptés selon les besoins en refroidissement ou en flux d'air cathodique.

REVENDICATIONS

---

- 1 - Bande séparatrice cathodique ondulée (50) pour pile à combustible caractérisée en ce qu'elle comporte un premier feuillard ondulé (50a) sur une première de ses faces et un second feuillard ondulé (50c) sur seconde de ses faces, lesdits feuilards  
5 ondulés étant disposés sur les faces opposées d'un feuillard lisse central (50b).
- 2 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon la revendication 1 pour laquelle, pour s'opposer à l'écrasement de la bande séparatrice lors du bobinage de la pile et de son utilisation, au moins l'un des feuilards ondulés est réalisé en matériau métallique et les ondulations des deux feuilards ondulés (50a, 50c) s'appuient sur le  
10 feuillard lisse central (50b).
- 3 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon la revendication 2 pour laquelle l'empilage des feuilards ondulés est adapté à résister à une pression de 1 à 5 N/mm<sup>2</sup>.
- 4 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon la revendication 1, 2 ou 3  
15 pour laquelle les feuilards ondulés (50a, 50c) sont collés ou soudés sur le feuillard lisse (50b).
- 5 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 pour laquelle le premier feuillard ondulé (50a) destiné à être mis en contact avec les cathodes de la pile est métallique et recouvert côté cathodes par une  
20 couche isolante électrique.
- 6 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon la revendication 5 pour laquelle la couche isolante électrique (500) est sous forme d'un film ou d'un revêtement de surface du premier feuillard.
- 7 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des  
25 revendications 1 à 4 pour laquelle le premier feuillard ondulé (50a) destiné à être mis en contact avec les cathodes de la pile est réalisé dans un matériau plastique isolant électrique de conductivité thermique adaptée à autoriser une dissipation thermique côté face cathodique de la pile.

8 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle le feuillard lisse (50b) est réalisé en acier ou dans un alliage d'aluminium.

5 9 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle le second feuillard ondulé (50c) destiné à se trouver sur la face de la bande séparatrice opposée à la face en contact avec les cathodes est métallique.

10 10 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon la revendication 9 pour laquelle le second feuillard ondulé (50c) est réalisé en alliage d'aluminium ou en acier.

11 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle les ondulations des deux feuillets ondulés (50a, 50c) séparés par le feuillard lisse central ont des pas ( $P_a$ ,  $P_c$ ) et/ou les hauteurs crête/crête ( $h_a$ ,  $h_c$ ) différents.

15 12 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle la hauteur ( $h_a$ ) du premier feuillard est entre 1mm et 3mm et la hauteur ( $h_b$ ) du second feuillard est entre 1mm et 5mm.

13 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle l'épaisseur (E) du feuillard lisse (50c) est de 0,03mm et 0,3mm et les épaisseurs des feuillets ondulés entre 0,05mm et 0,3mm.

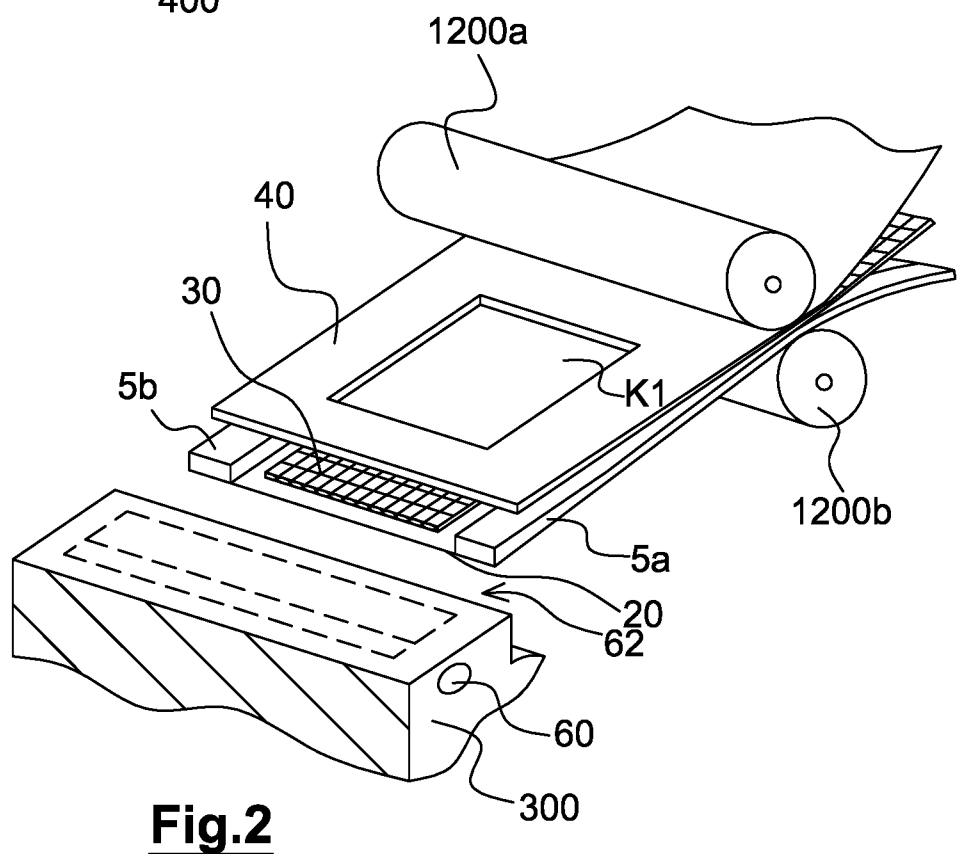
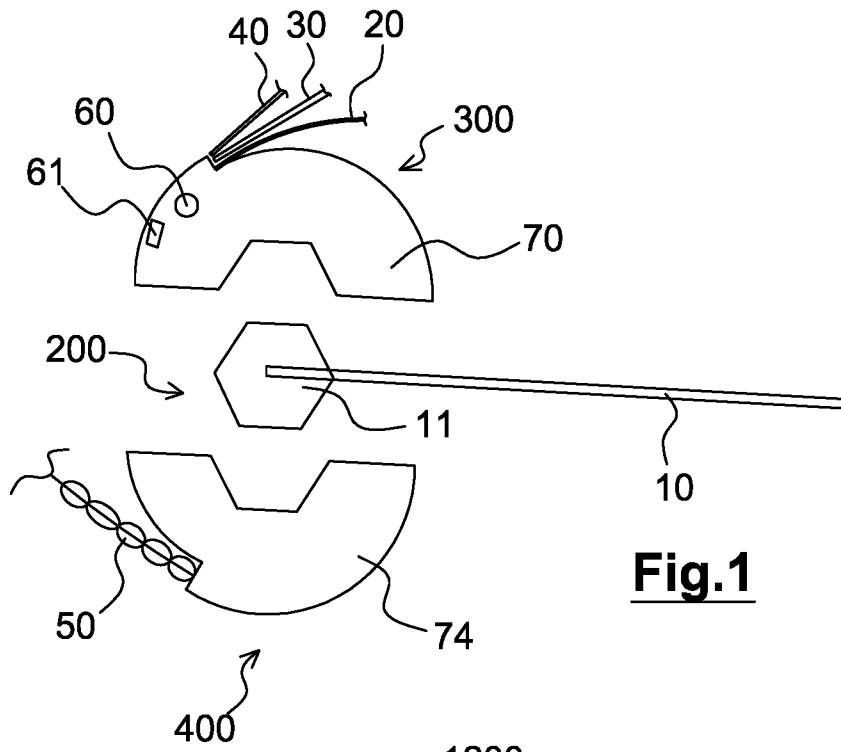
20 14 - Bande séparatrice cathodique ondulée selon l'une quelconque des revendications précédentes pour laquelle le pas ( $P_a$ ) du premier feuillard (50a) est de 1mm à 5mm et le pas ( $P_c$ ) du second feuillard (50c) est de 1mm à 8mm.

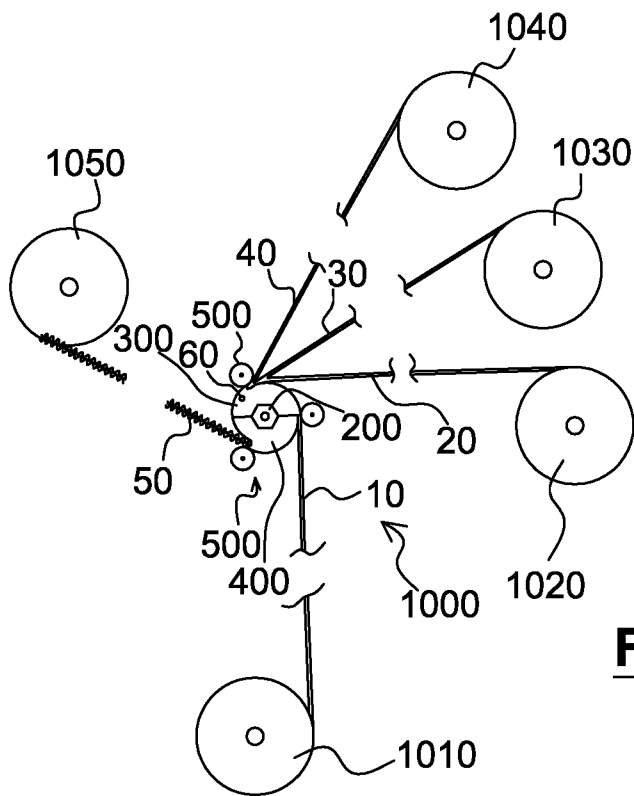
25 15 - Pile à combustible enroulée comportant un feuillard support (10), une bande de diffusion  $H_2$  (30), une bande porteuse (40), comportant des cellules électrochimiques (41) et une bande séparatrice cathodique ondulée (50) selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour laquelle le premier feuillard ondulé (50a) en contact avec les cathodes de la pile réalise un passage d'air au niveau desdites cathodes et le second feuillard (50c) est en contact avec un feuillard support (10) de la pile et réalise un passage d'air de refroidissement de la pile.

30 16 - Pile à combustible enroulée selon la revendication 15 pour laquelle un conduit de transport d'hydrogène dans lequel se trouve la bande de diffusion  $H_2$  (30) est constitué entre la bande isolante anodique (20) et la face portant les anodes A de la

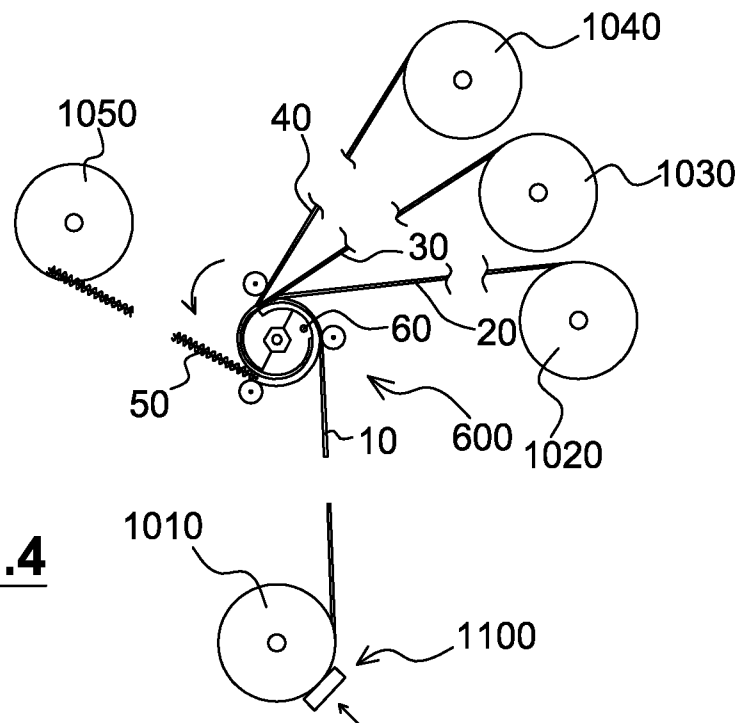
bande porteuse (40) et pour laquelle le conduit de transport d'hydrogène et la bande porteuse des cellules (40) sont comprimés entre la bande séparatrice cathodique ondulée (50) et le feuillard support (10).

- 17 - Pile à combustible enroulée selon la revendication 16 ou 17 pour laquelle
- 5 le rapport du débit d'air d'alimentation des cathodes, passant entre les ondulations du premier feuillard ondulé (50a) côté cathodes de la bande séparatrice, sur le débit d'air de refroidissement, passant dans les ondulations du second feuillard ondulé (50c) de l'autre côté du feuillard lisse central (50b) et entre les ondulations du premier feuillard ondulé et le feuillard lisse central, est inférieur à 1.

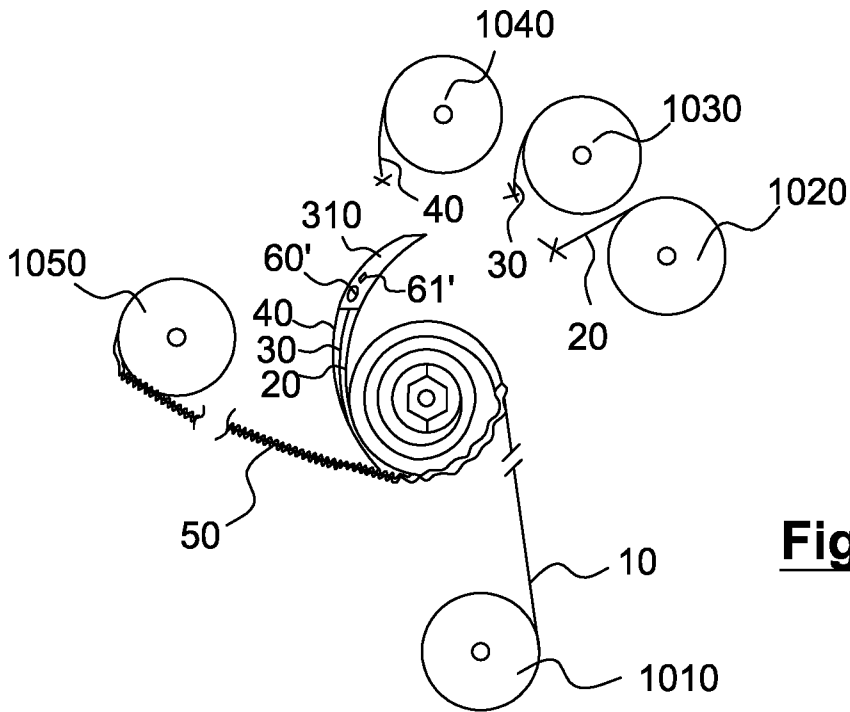




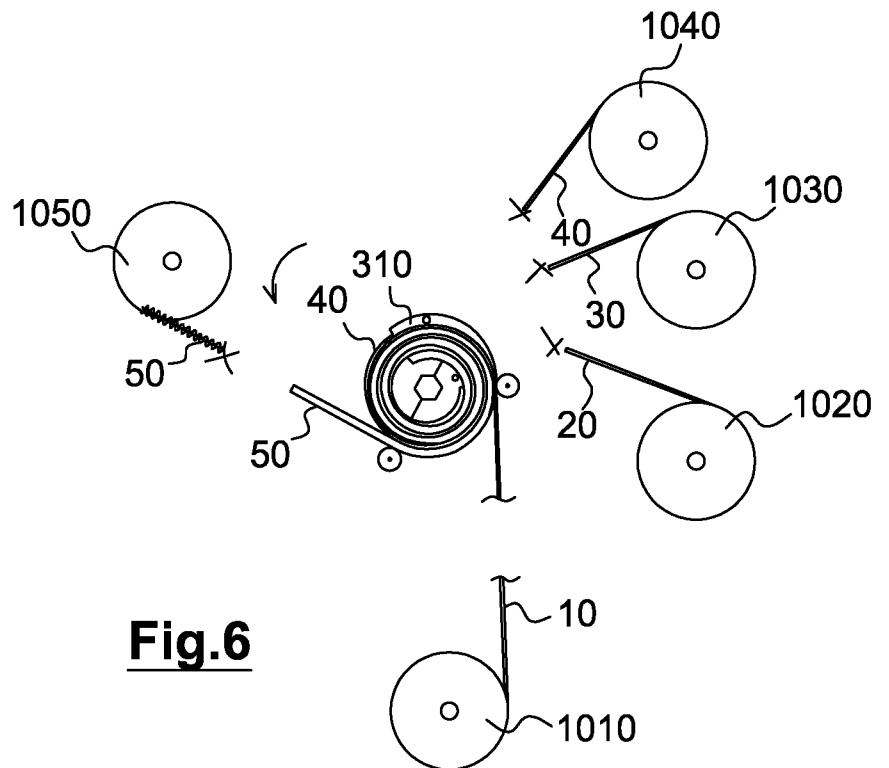
**Fig.3**



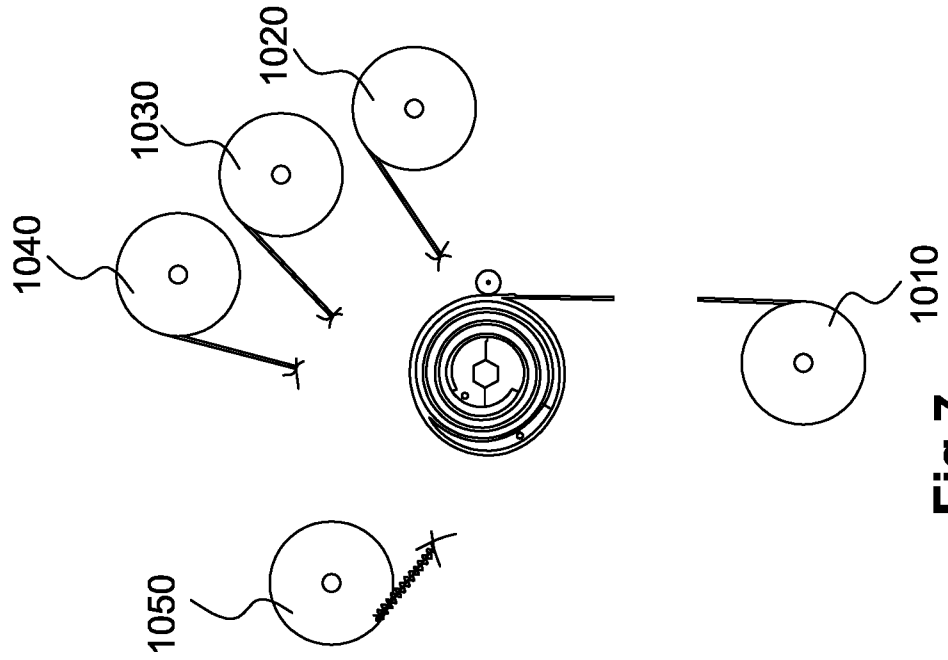
**Fig.4**



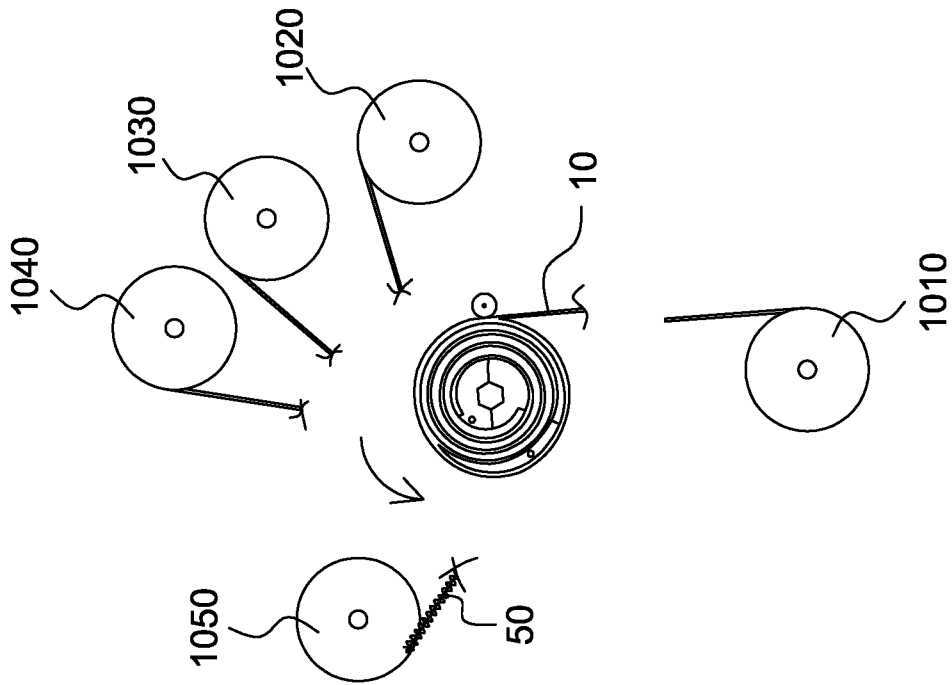
**Fig.5**



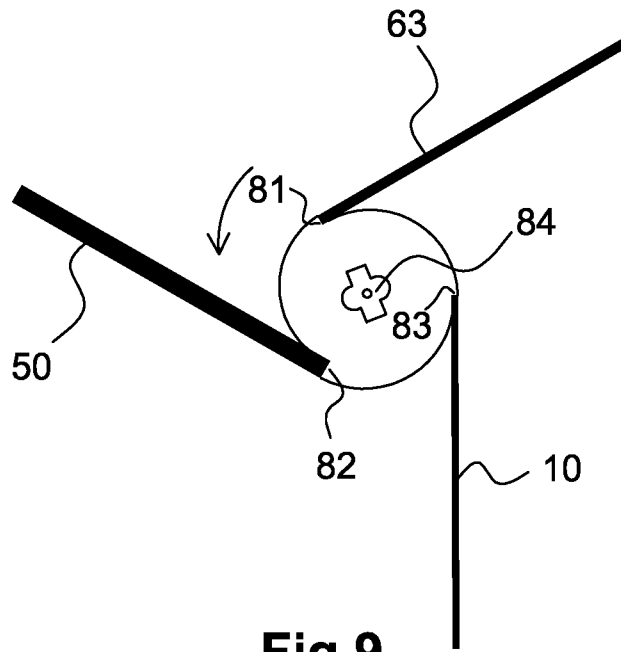
**Fig.6**



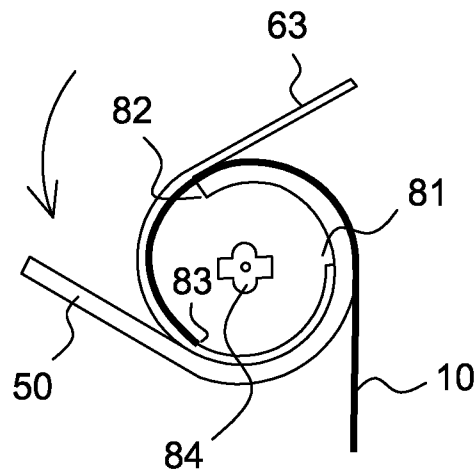
**Fig. 7**



**Fig. 8**

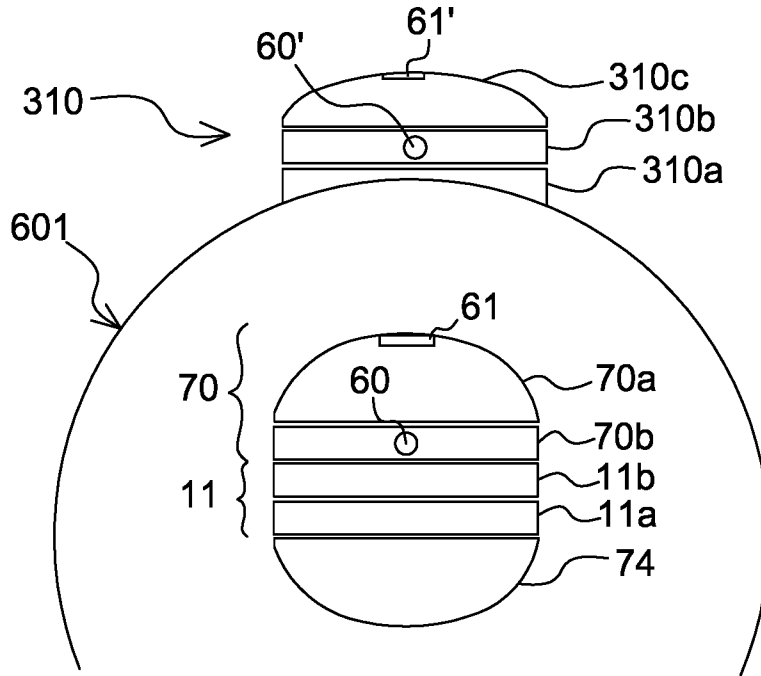


**Fig.9**

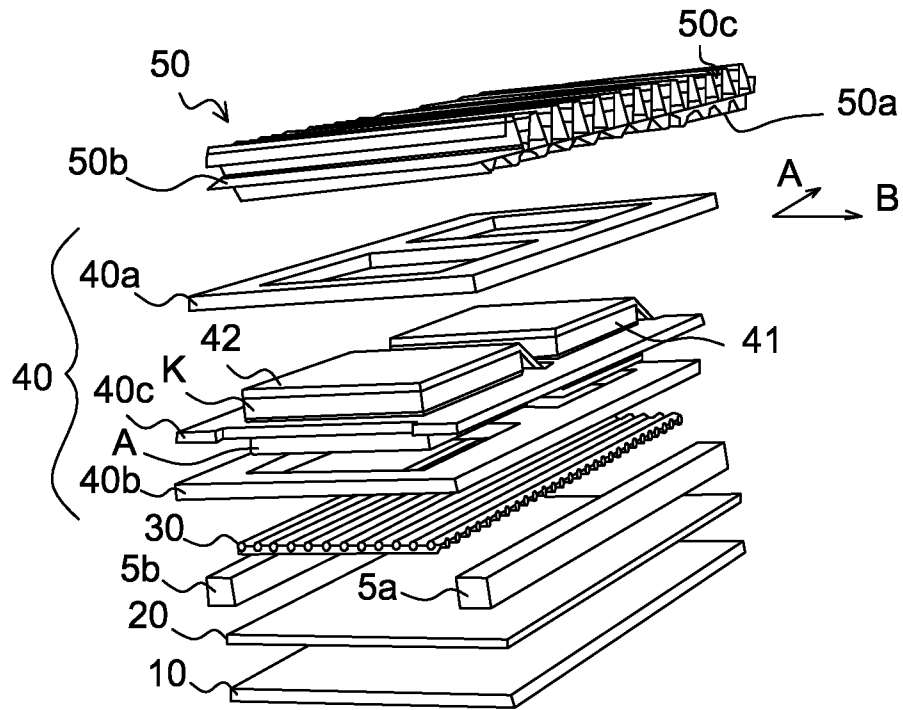


**Fig.10**

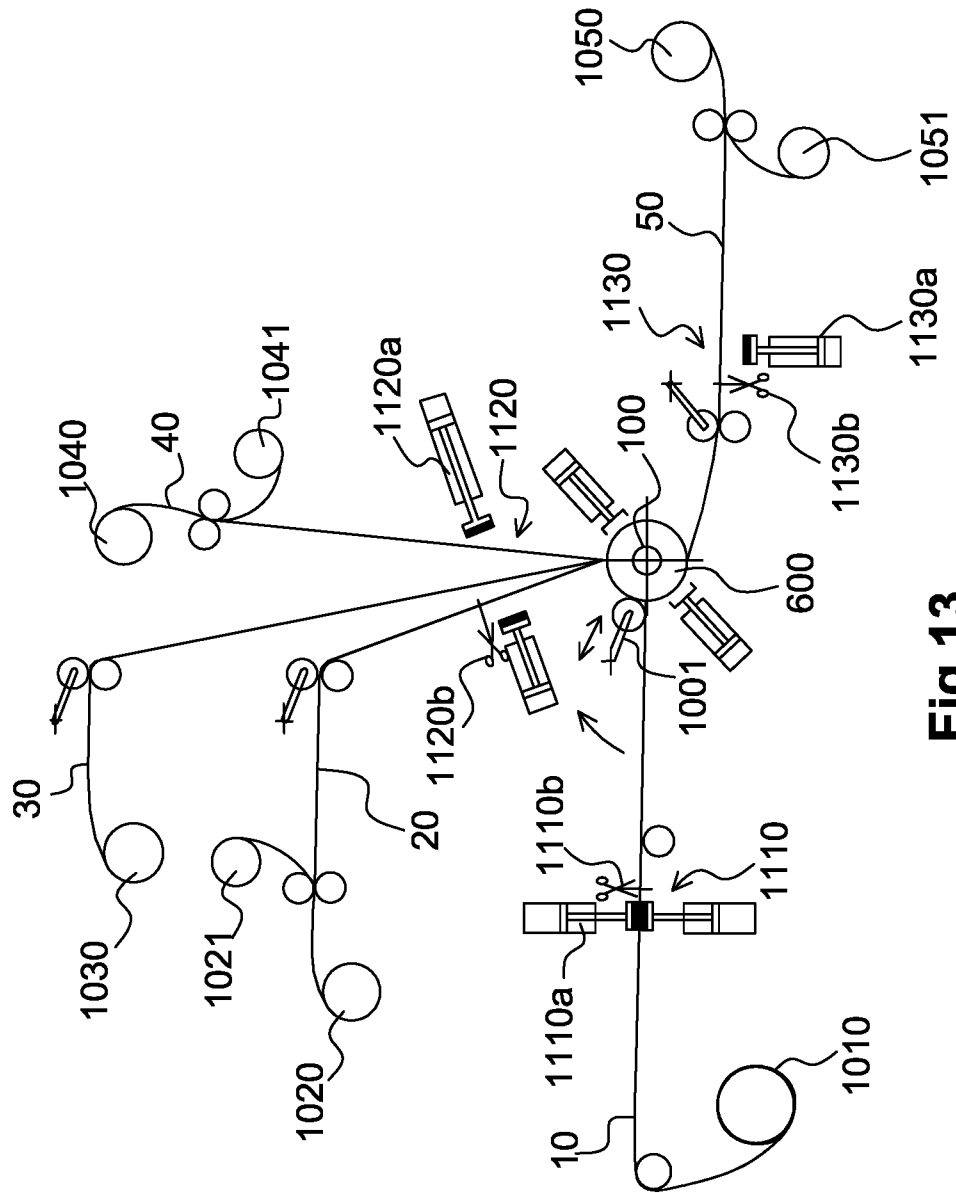
6/7



**Fig.11**



**Fig.12**



**Fig.13**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/055429

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01M8/00 H01M8/0254 H01M8/04014 H01M8/0267  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H01M  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/124863 A1 (PRAGMA IND [FR]; FORTE PIERRE [FR]; LEPILLER CATHERINE [FR]) 13 October 2011 (2011-10-13) cited in the application claims 1-10 -----	1-17
A	WO 2011/124850 A1 (PRAGMA IND [FR]; FORTE PIERRE [FR]; LEPILLER CATHERINE [FR]) 13 October 2011 (2011-10-13) cited in the application column 6, line 28 - column 7, line 23 -----	1-17
A	WO 2009/142994 A1 (BALLARD POWER SYSTEMS [CA]; BALLARD MATERIAL PRODUCTS INC [US]; MEDINA) 26 November 2009 (2009-11-26) claims 1-9 figures 2,3A,3B -----	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>22 April 2016</b>	Date of mailing of the international search report <b>03/05/2016</b>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Haering, Christian</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055429

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2011124863	A1	13-10-2011	CA 2820409 A1	13-10-2011
			EP 2556553 A1	13-02-2013
			FR 2958800 A1	14-10-2011
			US 2014134512 A1	15-05-2014
			WO 2011124863 A1	13-10-2011
-----				
WO 2011124850	A1	13-10-2011	CA 2819382 A1	13-10-2011
			EP 2556555 A1	13-02-2013
			FR 2958799 A1	14-10-2011
			US 2014065511 A1	06-03-2014
			WO 2011124850 A1	13-10-2011
-----				
WO 2009142994	A1	26-11-2009	NONE	
-----				

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055429

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01M8/00 H01M8/0254 H01M8/04014 H01M8/0267 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) 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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2011/124863 A1 (PRAGMA IND [FR]; FORTE PIERRE [FR]; LEPILLER CATHERINE [FR]) 13 octobre 2011 (2011-10-13) cité dans la demande revendications 1-10 -----	1-17
A	WO 2011/124850 A1 (PRAGMA IND [FR]; FORTE PIERRE [FR]; LEPILLER CATHERINE [FR]) 13 octobre 2011 (2011-10-13) cité dans la demande colonne 6, ligne 28 - colonne 7, ligne 23 -----	1-17
A	WO 2009/142994 A1 (BALLARD POWER SYSTEMS [CA]; BALLARD MATERIAL PRODUCTS INC [US]; MEDINA) 26 novembre 2009 (2009-11-26) revendications 1-9 figures 2,3A,3B -----	1-17
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 international 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 international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international 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 internationale a été effectivement achevée 22 avril 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 03/05/2016
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 Haering, Christian

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055429

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2011124863	A1	13-10-2011	CA 2820409 A1 13-10-2011
			EP 2556553 A1 13-02-2013
			FR 2958800 A1 14-10-2011
			US 2014134512 A1 15-05-2014
			WO 2011124863 A1 13-10-2011
-----			
WO 2011124850	A1	13-10-2011	CA 2819382 A1 13-10-2011
			EP 2556555 A1 13-02-2013
			FR 2958799 A1 14-10-2011
			US 2014065511 A1 06-03-2014
			WO 2011124850 A1 13-10-2011
-----			
WO 2009142994	A1	26-11-2009	AUCUN
-----			