

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SYMBIO FRANCE Société par action
simplifiée à associé unique — FR.

72 Inventeur(s) : LECOANET Raphael, SANTINI Clé-
ment, Guillaume et ROBBE Mickaël, Didier, Joël.

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

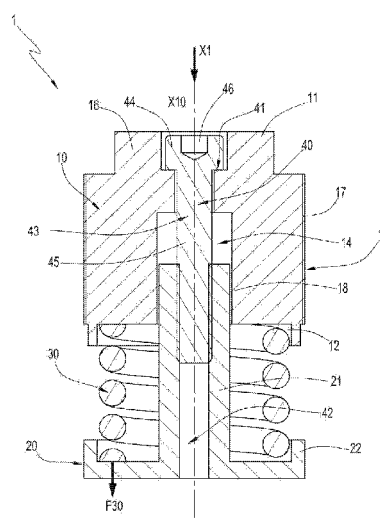
74 Mandataire(s) : Lavoix.

54 Cartouche et son utilisation, pour maintenir en compression un empilement de cellules électrochimiques.

57 Cartouche et son utilisation, pour maintenir en com-
pression un empilement de cellules électrochimiques

Cartouche (1) pour pile à combustible, comprenant : une
embase (10), pour retenir la cartouche en sens opposé de
la direction de compression (X1) lorsque que l'embase est
reçue dans un orifice de réception; un pied (20) coulissant
par rapport à l'embase, venant en appui contre un empile-
ment de la pile à combustible lorsque l'embase est reçue
dans l'orifice de réception; un ressort (30), qui prend appui
sur l'embase pour appliquer un effort presseur (F30) sur le
pied; et un système de maintien (40), avec des portions de
retenue primaire (41) et secondaire (42), aptes à être cou-
plées l'une avec l'autre lorsque la cartouche est dans une
configuration précontrainte, pour ainsi empêcher le coulis-
sement du pied, et à être découplées l'une de l'autre lorsque
la cartouche est dans une configuration libérée, autorisant
ainsi le coulisement du pied. L'invention vise à simplifier
une mise en compression de l'empilement de cellules élec-
trochimiques tout en améliorant la précision de cette mise
en compression.

Figure pour l'abrégié : Figure 2



Description

Titre de l'invention : Cartouche et son utilisation, pour maintenir en compression un empilement de cellules électrochimiques

- [0001] La présente invention concerne une cartouche et un système de compensation dimensionnelle, pour maintenir en compression un empilement de cellules électrochimiques appartenant à une pile à combustible, concerne une pile à combustible comprenant un tel sous ensemble de compression et concerne une utilisation d'une telle cartouche.
- [0002] Dans le domaine des piles à combustible, il est connu de mettre en compression un empilement de cellules électrochimiques entre deux plaques terminales, situées de part et d'autre de l'empilement suivant la direction d'empilement, et de protéger cet ensemble dans un carter. Pendant ses différentes phases de fonctionnement, l'empilement a tendance à se dilater et/ou à se contracter suivant la direction d'empilement, pour plusieurs raisons, notamment à cause d'effets thermiques et du vieillissement de l'empilement. Pour que cette dilatation et ou cette contraction puissent s'effectuer sans dégradation des cellules électrochimiques, il est connu de fixer une première plaque terminale par rapport au carter et de rendre mobile une deuxième plaque terminale par rapport au carter, parallèlement à la direction d'empilement.
- [0003] Pour maintenir l'empilement compressé malgré la mobilité de la deuxième plaque terminale, on applique un effort de compression sur cette deuxième plaque terminale à l'aide d'un système de compensation dimensionnelle, comprenant notamment un ou plusieurs ressorts. Il est connu de prévoir que les ressort assurent une traction de la deuxième plaque terminale en direction de la première à l'aide de tirants pour effectuer la compression de l'empilement. Comme autre solution, il est connu d'interposer en compression des ressorts entre la deuxième plaque terminale et une plaque fixe appartenant au carter, pour que les ressorts repoussent la deuxième plaque terminale en direction de la première pour ainsi assurer la compression de l'empilement. Dans les deux cas, la mobilité de la deuxième plaque terminale autorise une compensation de toute dilatation ou contraction de l'empilement selon la direction d'empilement, alors que l'empilement est maintenu compressé entre les deux plaques terminales sous l'action des ressorts.
- [0004] Ces solutions connues présentent plusieurs inconvénients. En général, les ressorts sont difficiles à installer ou l'assemblage de la pile à combustible est rendu difficile en lien avec la présence des ressorts, puisque lesdits ressorts sont conçus pour appliquer un effort pouvant aller jusqu'à plusieurs tonnes sur l'empilement. Par ailleurs, bien que l'empilement doive être compressé sous un effort dont la valeur doit être comprise

dans une plage de tolérance relativement restreinte, il est peu aisé d'obtenir une valeur précise pour la compression de l'empilement à l'aide des ressorts, les possibilités de réglage des ressorts étant en outre limitées, difficiles à mettre en œuvre ou inexistantes.

[0005] C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention, en proposant des nouvelles solutions pour simplifier une mise en compression d'un empilement de cellules électrochimiques tout en améliorant la précision de cette mise en compression.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet une cartouche, pour maintenir en compression, suivant une direction de compression, un empilement de cellules électrochimiques appartenant à une pile à combustible, la cartouche comprenant une embase, par l'intermédiaire de laquelle la cartouche est configurée pour être retenue en sens opposé de la direction de compression, lorsque que l'embase est reçue dans un orifice de réception solidaire de, ou appartenant à, la pile à combustible. La cartouche comprend aussi un pied, qui est disposé dans la direction de compression par rapport à l'embase, en étant coulissant par rapport à l'embase parallèlement à la direction de compression, et qui est configuré pour venir en appui contre l'empilement suivant la direction de compression lorsque l'embase est reçue dans l'orifice de réception. La cartouche comprend aussi un ressort, qui prend appui sur l'embase pour appliquer un effort presseur sur le pied suivant la direction de compression. La cartouche comprend aussi un système de maintien, qui comprend une portion de retenue primaire, solidaire de l'embase, et une portion de retenue secondaire, solidaire du pied, la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire étant configurées pour : être couplées l'une avec l'autre lorsque la cartouche est dans une configuration précontrainte, la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire ainsi couplées empêchant le coulisement du pied par rapport à l'embase suivant la direction de compression ; et être découplées l'une de l'autre lorsque la cartouche est dans une configuration libérée, la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire ainsi découplées autorisant le coulisement du pied par rapport à l'embase suivant la direction de compression.

[0007] Grâce à la cartouche de l'invention, la mise en compression de l'empilement est facilement réalisable, en ce que le pied de la cartouche peut avantageusement être mis en appui contre l'empilement et l'embase peut être insérée dans l'orifice de réception pour y être retenue, alors que la cartouche est en configuration précontrainte, où l'action du ressort sur le pied est contenue par le système de maintien. Autrement dit, la possibilité de mettre individuellement la cartouche en configuration précontrainte, notamment, alors que la cartouche est hors de la pile à combustible, permet d'obtenir que le montage du ressort dans la pile à combustible, effectué par montage de la cartouche, se fait alors que le ressort est déjà précontraint dans la cartouche et ne risque pas d'être

accidentellement relâché, tant que la cartouche n'est pas par ailleurs interposée entre l'empilement et l'orifice de réception. Une fois la cartouche en place, on peut aisément mettre la cartouche en configuration libérée en libérant les portions de retenue primaire et secondaire l'une de l'autre, pour que l'effort de compression généré par le ressort soit transmis à l'empilement par l'intermédiaire du pied, alors que le pied est en appui contre l'empilement et que la cartouche est retenue par l'orifice de réception. Par ailleurs, le fait de pouvoir mettre la cartouche en configuration précontrainte permet de déterminer à l'avance la valeur de l'effort de compression qui sera ensuite appliqué sur l'empilement, en ce que le réglage de la valeur de l'effort de compression peut être effectué au moment de la mise en configuration précontrainte de la cartouche, c'est-à-dire, en amont de la mise en place de la cartouche dans la pile à combustible.

- [0008] Selon des aspects avantageux, mais non obligatoires de l'invention, une ou plusieurs des caractéristiques suivantes peuvent être incorporées, prises isolément ou selon toutes combinaisons techniquement admissibles.
- [0009] De préférence, le système de maintien est configuré pour permettre un réglage d'une position de maintien du pied, définie par rapport à l'embase et pour laquelle le système de maintien empêche le pied de coulisser, parmi une plage continue de positions du pied suivant la direction de compression, afin de régler la valeur de l'effort presseur appliquée par le ressort.
- [0010] De préférence, le système de maintien comprend un organe de maintien, par l'intermédiaire duquel la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire sont couplées, lorsque la cartouche est en configuration précontrainte.
- [0011] De préférence, l'organe de maintien comprend une tête et un corps fileté.
- [0012] De préférence, la portion de retenue primaire forme un épaulement.
- [0013] De préférence, la portion de retenue secondaire forme un fut taraudé parallèle à la direction de compression, la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire étant couplées l'une avec l'autre lorsque la tête est en appui contre l'épaulement suivant la direction de compression et que le corps fileté est engagé avec le fut taraudé.
- [0014] De préférence, l'embase forme un filetage extérieur, pour que la cartouche puisse être retenue en sens opposé de la direction de compression par engagement du filetage extérieur avec un filetage intérieur formé par l'orifice de réception, lorsque l'embase est reçue dans l'orifice de réception.
- [0015] De préférence, le ressort est un ressort de compression interposé entre l'embase et le pied suivant la direction de compression.
- [0016] L'invention a également pour objet un système de compensation dimensionnelle comprenant la cartouche telle que définie ci-avant et une paroi de support, distincte de la cartouche et formant l'orifice de réception, l'orifice de réception étant conformé

pour recevoir l'embase de sorte que, lorsque l'embase est ainsi reçue, le pied de ladite cartouche dépasse de la paroi de support suivant la direction de compression et l'embase est accessible à partir d'une face extérieure de la paroi de support, alors à l'opposé du pied.

- [0017] De préférence, l'orifice de réception et l'embase sont conformés pour que l'embase puisse être reçue dans l'orifice de réception par insertion de la cartouche dans l'orifice de réception suivant la direction de compression, l'orifice de réception, le ressort et le pied étant conformés pour que le ressort et le pied puissent franchir l'orifice de réception lors de l'insertion de l'embase dans l'orifice de réception suivant la direction de compression.
- [0018] De préférence, l'orifice de réception et l'embase sont conformés pour que l'embase puisse être reçue dans l'orifice de réception par insertion de la cartouche dans l'orifice de réception en sens opposé de la direction de compression.
- [0019] De préférence, l'orifice de réception et l'embase sont configurés pour permettre un réglage d'une position de support de l'embase, définie par rapport à la paroi de support et pour laquelle l'embase est retenue lorsque l'embase est reçue dans l'orifice de réception, parmi une plage continue de positions de l'embase suivant la direction de compression.
- [0020] L'invention a également pour objet une pile à combustible comprenant le système de compensation dimensionnelle tel que défini ci-avant, dans lequel la cartouche est en configuration libérée et l'embase est reçue dans l'orifice de réception de sorte à être retenue par rapport à la paroi de support, en sens opposé de la direction de compression. La pile à combustible comprend aussi une paroi d'appui, la paroi d'appui et la paroi de support étant fixement rattachées l'une à l'autre, la paroi d'appui étant disposée dans la direction de compression par rapport à la paroi de support. La pile à combustible comprend aussi l'empilement de cellules électrochimiques, qui est disposé entre la paroi de support et la paroi d'appui en étant en appui contre la paroi d'appui suivant la direction de compression, le ressort de la cartouche appliquant l'effort presseur sur l'empilement par l'intermédiaire du pied, suivant la direction de compression, en prenant appui sur l'embase, le pied étant en appui suivant la direction de compression contre l'empilement.
- [0021] De préférence, la paroi de support et la paroi d'appui appartiennent à un carter de la pile à combustible, l'empilement étant reçu à l'intérieur du carter, le carter comprenant en outre une paroi longitudinale reliant la paroi de support à la paroi d'appui.
- [0022] L'invention concerne aussi une utilisation de la cartouche telle que définie ci-avant, l'utilisation comprenant : une application d'un effort de compression initiale sur l'empilement à l'aide d'un organe presseur distinct de la cartouche, suivant la direction de compression, alors que l'empilement est en appui contre une paroi d'appui suivant

la direction de compression ; une insertion de la cartouche dans l'orifice de réception alors que la cartouche est en configuration précontrainte, jusqu'à ce que l'embase soit reçue dans l'orifice de réception pour être retenue en sens opposé de la direction de compression ; et une mise en configuration libérée de la cartouche et un relâchement de l'effort de compression initiale, alors que l'embase est reçue dans l'orifice de réception et que le pied est en appui contre l'empilement suivant la direction de compression, pour que le ressort, prenant appui sur l'embase, applique l'effort presseur sur l'empilement par l'intermédiaire du pied, suivant la direction de compression.

- [0023] De préférence, si une seule cartouche est prévue, l'effort de compression initiale présente une valeur supérieure à une valeur de l'effort presseur obtenue alors que la cartouche est en configuration précontrainte avant que le pied vienne en appui contre l'empilement. Alternativement, de préférence, si d'autres cartouches sont prévues en plus de ladite cartouche, l'effort de compression initiale présente une valeur supérieure à une somme des valeurs des efforts presseurs obtenus alors que les cartouches sont en configuration précontrainte, avant que leur pied respectif vienne en appui contre l'empilement.
- [0024] De préférence, l'utilisation comprend en outre, préalablement à l'application de l'effort de compression initiale : une mise en appui de l'empilement contre la paroi d'appui suivant la direction de compression ; et une fixation d'une paroi de support à la paroi d'appui, l'orifice de réception étant formé au travers de la paroi de support, la fixation de la paroi de support étant effectuée alors que l'empilement est en appui contre la paroi d'appui suivant la direction de compression, de sorte que la paroi d'appui soit disposée dans la direction de compression par rapport à la paroi de support et que l'empilement soit disposé entre la paroi de support et la paroi d'appui.
- [0025] De préférence, l'insertion de la cartouche dans l'orifice de réception est effectuée alors que la fixation de la paroi de support à la paroi d'appui a déjà été effectuée, l'insertion de la cartouche dans l'orifice de réception étant effectuée suivant la direction de compression, alors que l'effort de compression initiale est appliqué, jusqu'à ce que le pied vienne en appui contre l'empilement suivant la direction de compression.
- [0026] De préférence, la fixation de la paroi de support à la paroi d'appui est effectuée alors que l'insertion de la cartouche dans l'orifice de réception a déjà été effectuée, de sorte que l'embase est déjà reçue dans l'orifice de réception lors de la fixation de la paroi de support la paroi d'appui.
- [0027] De préférence, l'insertion de la cartouche dans l'orifice de réception est effectuée jusqu'à ce que l'embase soit dans une position reculée suivant la direction de compression, par rapport à la paroi de support.
- [0028] De préférence, l'utilisation comprend un déplacement de l'embase par rapport à la

paroi de support, selon la direction de compression, depuis la position reculée jusqu'à une position d'accostage, dans laquelle le pied vient en appui contre l'empilement suivant la direction de compression, le déplacement de l'embase étant effectué alors que l'embase est reçue dans l'orifice de réception, alors que la fixation de la paroi de support a été effectuée, alors que l'effort de compression initiale est appliqué et avant d'effectuer la mise en configuration libérée de la cartouche.

- [0029] De préférence, l'utilisation comprend en outre, préalablement à l'insertion de la cartouche, une mise en configuration précontrainte de la cartouche en couplant la portion de retenue primaire avec la portion de retenue secondaire, afin de porter l'effort presseur à une valeur souhaitée pour le maintien en compression de l'empilement.
- [0030] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière des exemples illustrés conformes à son principe, décrits en référence aux dessins annexés suivants.
- [0031] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective d'une cartouche constituant une partie d'un système de compensation dimensionnelle selon un premier mode de réalisation de l'invention, la cartouche étant en configuration précontrainte.
- [0032] [Fig.2] La [Fig.2] est une coupe longitudinale de la cartouche de la [Fig.1].
- [0033] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en perspective d'une coupe longitudinale d'une pile à combustible comprenant plusieurs cartouches, notamment celle des figures 1 et 2, les cartouches étant en configuration libérée.
- [0034] [Fig.4] La [Fig.4] est une coupe similaire à celle de la [Fig.3], où la pile à combustible est en cours de fabrication, selon un premier mode d'utilisation de la cartouche des figures précédentes.
- [0035] [Fig.5] La [Fig.5] est une coupe similaire à celle de la [Fig.4], montrant une étape suivante de la fabrication pour le premier mode d'utilisation de la cartouche.
- [0036] [Fig.6] La [Fig.6] est une coupe similaire à celle des figures 4 et 5, où le système de compensation dimensionnelle est montré seul, dans une étape de fabrication de la pile à combustible, selon un deuxième mode d'utilisation de la cartouche des figures précédentes, la cartouche étant dans une position reculée.
- [0037] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en perspective d'une cartouche, constituant une partie d'un système de compensation dimensionnelle, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, la cartouche étant en configuration précontrainte.
- [0038] [Fig.8] La [Fig.8] est une coupe longitudinale de la cartouche de la [Fig.7].
- [0039] [Fig.9] La [Fig.9] est une coupe schématique d'une pile à combustible en cours de fabrication, comprenant le système de compensation dimensionnelle, avec plusieurs cartouches, notamment celle des figures 6 et 7, où les cartouches sont dans une position reculée.
- [0040] Les figures 1 et 2 montrent une cartouche 1, qui comprend une embase 10, un pied

20, un ressort 30 et un système de maintien 40. La cartouche 1 présente un sens d'utilisation, en définissant une direction de compression X1, fixe par rapport à l'embase 10, et dirigée de l'embase 10 vers le pied 20. La cartouche 1 est géométriquement traversée par un axe central X10, parallèle à la direction de compression X1.

- [0041] L'embase 10 présente une extrémité proximale 11, une extrémité distale 12, une paroi périphérique 13 et, de préférence, un conduit central 14, visible sur la [Fig.2], qui sont fixes les uns par rapport aux autres. L'axe X10 traverse les extrémités 11 et 12, l'extrémité 12 étant dans la direction X1 par rapport à l'extrémité 11. La paroi 13 entoure l'axe X10 et relie les extrémités 11 et 12. La paroi 13 est préférentiellement de forme cylindrique à base circulaire, centrée sur l'axe X10. Le conduit central 14, s'il est prévu, traverse avantageusement l'embase depuis l'extrémité 11 jusqu'à l'extrémité 12 en étant centré sur l'axe X10.
- [0042] De préférence, l'embase 10 comprend une tête d'actionnement 16, formée à son extrémité proximale 11. La tête d'actionnement 16 vise à être actionnée par une personne, préférentiellement à l'aide d'un outil, ou par une machine, pour mettre l'embase en rotation autour de l'axe X10. Par exemple, comme illustré, la tête d'actionnement 16 est formée par une terminaison à six pans centrée sur l'axe X10, pour être actionnée par une clé six pans.
- [0043] De préférence, la paroi périphérique 13 porte un filetage extérieur 17, par exemple à partir de la tête 16 jusqu'à l'extrémité 12. Le filetage 17 est centré sur l'axe X10, c'est-à-dire est orienté dans le sens de la direction X1.
- [0044] Le pied 20 est coulissant par rapport à l'embase 10, en étant guidé dans ce coulisement par l'embase 10, suivant la direction X1.
- [0045] Pour cela, par exemple, le pied 20 comprend une jambe de coulisement 21, qui est reçue à coulisement dans un conduit de coulisement 18 formé par le conduit central 14. La jambe de coulisement 21 et le conduit de coulisement 18 sont ici centrés sur l'axe X10. Le conduit de coulisement 18 est formé par une partie du conduit central 14 débouchant à l'extrémité 12. La jambe de coulisement 21 entre dans le conduit 18 par l'extrémité 12.
- [0046] Le pied 20 est conçu pour venir en appui, suivant la direction X1, contre une surface à presser, perpendiculaire à la direction X1.
- [0047] Pour cela, par exemple, le pied 20 comprend un patin d'appui 22. Le patin d'appui 22 est ici fixe par rapport à la jambe de coulisement 21 et est formé dans la direction X1 par rapport à la jambe de coulisement 21. Quelle que soit la position du pied 20 par rapport à l'embase 10 pour son coulisement, le patin d'appui 22 est disposé dans la direction X1 par rapport à l'extrémité distale 12 de l'embase 10, et forme ainsi une extrémité distale de la cartouche 1. Le patin d'appui 22 forme par exemple une surface

axiale discoïde, tournée dans la direction X1, pour venir en appui suivant la direction X1. De préférence, le patin d'appui 22 est de forme générale discoïde. De préférence, le patin d'appui 22 présente un diamètre extérieur inférieur ou égal à celui de la paroi périphérique 13, ce qui, comme expliqué ci-après, permet une insertion de la cartouche 1 suivant la direction X1 lors de la fabrication de la pile 50. De préférence, plus généralement, le pied 20 présente un encombrement radial inférieur à celui de l'embase 10, autour de l'axe X10.

- [0048] Le ressort 30 prend appui sur l'embase 10 pour appliquer un effort presseur F30 sur le pied 20 suivant la direction X1, par élasticité du ressort 30. De préférence, le ressort 30 est un ressort qui agit en compression, suivant la direction X1. Ici le ressort 30 est un ressort hélicoïdal, centré sur l'axe X10. Le ressort 30, qu'il soit hélicoïdal ou non, est préférentiellement configuré pour que la valeur de l'effort presseur F30 qu'il produit dépende d'une valeur d'allongement du ressort 30, mesurée suivant l'axe X1, pour permettre un réglage de la valeur de l'effort presseur F30 par réglage de la valeur d'allongement. Par « allongement », on entend une variation de longueur du ressort 30, mesurée d'une extrémité à l'autre du ressort 30 parallèlement à la direction X1. Dans le cas d'un ressort de compression, l'effort F30 augmente lorsque l'on réduit la longueur du ressort de compression. Ainsi, on augmente l'effort F30 pour une valeur d'allongement négative.
- [0049] Par exemple, afin d'appliquer l'effort F30 sur le pied 20 tout en prenant appui sur l'embase 10, on prévoit que, parallèlement à la direction X1, le ressort 30 est interposé entre l'extrémité distale 12 de l'embase et le patin d'appui 22. L'extrémité 12 et le patin 22 forment respectivement des parois d'appui en regard l'une de l'autre, recevant chacune une extrémité respective appartenant au ressort 30. Le ressort 30 est par exemple disposé autour de la jambe 21.
- [0050] Radialement par rapport à l'axe X10, le ressort 30 présente avantageusement un encombrement radial inférieur à celui de l'embase 10, en particulier à la paroi 13, et aussi, dans l'exemple, à celui du patin d'appui 22. Autrement dit, radialement, le ressort 30 et le pied 20 ne dépassent pas de l'embase 10.
- [0051] Comme expliqué ci-après, la cartouche 1 est configurée pour basculer entre une configuration précontrainte, montrée sur les figures 1, 2 et 5, et une configuration libérée, montrée sur la [Fig.3], grâce au système de maintien 40.
- [0052] De préférence, le conduit 14 forme un épaulement axial 41, disposé à l'extrémité 11, ou entre l'extrémité 11 et le conduit de coulissement 18, et tourné en sens opposé de la direction X1. L'épaulement est centré sur l'axe X10. L'épaulement 41 est par exemple formé sur un col intérieur appartenant au conduit 14. L'épaulement axial 41 forme une portion de retenue primaire appartenant au système de maintien 40 et étant solidaire de l'embase 10.

- [0053] De préférence, un fut taraudé 42 est ménagé dans la jambe 21 en étant centré sur l'axe X10 et en débouchant de la jambe 21 en direction de l'embase 10. Dans le présent exemple, le fut 42 traverse même le pied 20 de part en part. Le fut taraudé 42 est parallèle à la direction X1. Le fut taraudé 42 est disposé dans l'axe de l'épaule 41. Le fut taraudé forme une portion de retenue secondaire appartenant au système de maintien 40 et étant solidaire du pied 20.
- [0054] De préférence, le système de maintien 40 comprend en outre une vis 43, avec une tête 44 et un corps fileté 45. La vis 43 constitue avantageusement un organe de maintien appartenant au système de maintien 40 et qui interagit avec la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire.
- [0055] En configuration précontrainte, la vis 43 est reçue dans le conduit central 14 et dans le fut taraudé 42, comme visible sur les figures 2, 3 et 5. La vis 43 assure un couplage mutuel de la portion de retenue primaire avec la portion de retenue secondaire, en ce que la vis 43 est en appui, suivant la direction X1, contre l'épaule 41, par l'intermédiaire de la tête 44, et en ce que le corps fileté 45 est engagé dans le fut taraudé 42 selon une liaison vis-écrou. La liaison vis-écrou est de préférence non réversible, au sens que l'effort imposé par le ressort ne permet pas de déclencher une rotation relative entre la vis 43 et le pied 20. Dans la configuration précontrainte, le corps fileté 45 est dirigé suivant la direction de compression X1, alors que la tête 44 est dirigée à l'opposé et la vis est avantageusement coaxiale avec l'axe X10. Ce couplage mutuel de la portion de retenue primaire avec la portion de retenue secondaire par l'intermédiaire de l'organe de maintien fait que le système de maintien 40 empêche le coulisement du pied 20 par rapport à l'embase 10, dans la direction X1, en dépit de l'effort presseur F30 appliqué par le ressort sur le pied 20 alors que le ressort prend appui sur l'embase 10. Dans le cas présent, l'engagement du corps fileté 45 dans le fut taraudé 42 fait que la vis 43 est rendue solidaire du pied, alors que, dans le même temps, la tête 44 est maintenue en appui contre l'épaule 41 de l'embase dans la direction de compression X1, du fait de l'effort F30, qui est transmis à la vis 43 par l'intermédiaire du pied 20. La configuration précontrainte permet ainsi de garder le ressort 30 précontraint, le ressort 30 appliquant l'effort F30.
- [0056] Le système de maintien 40 du présent exemple permet un réglage d'une position du pied 20 par rapport à l'embase 10 suivant la direction de compression X1, dite « position de maintien », pour laquelle le système de maintien 40 empêche le pied 20 de coulisser. En effet, en vissant ou en dévissant la vis 43 dans le fut taraudé 42, la position de maintien dans laquelle le pied 20 est retenu par la vis 43 est modifiée. En vissant, on rapproche le pied 20 de l'embase 10, alors que, en dévissant, le pied 20 est éloigné de l'embase 10. La position de maintien dans laquelle le pied 20 est maintenu par le système de maintien 40 peut donc être choisie parmi une plage continue de

positions du pied 20 suivant la direction X1. Dans le présent exemple, cette plage continue correspond à la course de vissage de la vis 43 dans le fut taraudé 42, parallèlement à la direction X1.

- [0057] Cette possibilité de réglage de la position de maintien du pied 20 permet de régler la valeur de l'effort presseur F30, en ce que chaque position de maintien correspond à une valeur d'allongement distincte pour le ressort 30, dont dépend la valeur de l'effort presseur F30. En configuration précontrainte, on peut donc choisir, par réglage du système de maintien 40, la valeur de l'effort F30 appliquée par le ressort 30 sur le pied.
- [0058] Pour mettre la cartouche 1 en configuration libérée, on découple la portion de retenue primaire de la portion de retenue secondaire, de préférence en retirant l'organe de maintien. Dans le présent exemple, on retire la vis 43, notamment en désengageant le corps fileté 45, par dévissage, du fut taraudé 42. La [Fig.3] montre la cartouche 1 en configuration libérée, où la vis 43 est absente. En configuration libérée, le pied 20 est donc autorisé à coulisser par rapport à l'embase 10, notamment sous l'action de l'effort F30, car le pied n'est plus retenu par le système de maintien 40. Alors, le pied 20 est apte à transmettre l'effort presseur F30 sur une surface à presser, contre laquelle le pied 20 est en appui suivant la direction de compression X1, lorsque l'embase 10 est par ailleurs retenue en sens inverse de la direction X1.
- [0059] De préférence, une extrémité de la vis 43, située au niveau de la tête 44, porte une empreinte 46, par exemple une empreinte en creux à six pans, pour qu'une personne, à l'aide d'un outil, ou une machine, puisse actionner la vis 43 en rotation autour de l'axe X10.
- [0060] La [Fig.3] montre une pile à combustible 50 équipée de la cartouche 1 des figures 1 et 2. La pile à combustible 50 comporte aussi d'autres cartouches 1' identiques à la cartouche 1. On peut prévoir que la pile à combustible 50 soit équipée d'une seule cartouche 1, ou de plusieurs cartouches 1.
- [0061] La pile à combustible 50 comprend un empilement 51 de cellules électrochimiques 52, qui ne sont pas individuellement représentées par souci de simplification, ainsi qu'un carter 60. Les cartouches 1 servent à maintenir en compression l'empilement 51 suivant la direction de compression X1 durant toute la vie de la pile.
- [0062] L'empilement 51 comporte par exemple entre 200 et 500 cellules 52. Chaque cellule électrochimique 52 est par exemple constituée d'une anode et d'une cathode, séparées par une membrane polymère permettant le passage de protons de l'anode à la cathode. Lors de l'utilisation de la pile 50, chaque anode de l'empilement 51 est alimentée en combustible, par exemple du dihydrogène, et chaque cathode de l'empilement 51 est alimentée en comburant, par exemple de l'oxygène ou de l'air.
- [0063] Pour former l'empilement 51, les cellules électrochimiques 52 sont empilées, c'est-à-dire superposées, selon une direction d'empilement, qui est ici parallèle à la

direction de compression X1, lorsque la cartouche 1 est intégrée à la pile 50. De préférence, lorsque la pile 50 est en fonctionnement, par exemple dans un véhicule, la direction d'empilement et la direction de compression X1 sont approximativement horizontales.

- [0064] Le carter 60 entoure et protège l'empilement 51. Le carter 60 comprend une paroi transversale 61, dite « paroi de support », une paroi longitudinale 62 et une paroi transversale 63, dite « paroi de d'appui ». Ici, les parois 61 et 63 sont perpendiculaires à la direction X1 et la paroi longitudinale 62 est parallèle à la direction X1. La paroi longitudinale 62 est une paroi périphérique, qui entoure l'empilement 51, et qui relie les parois 61 et 63 entre elles, en y étant attaché à leur périmètre respectif. L'empilement 51 est aussi disposé entre les parois 61 et 63, qui sont préférentiellement sensiblement planes, la paroi 63 étant disposée dans la direction X1 par rapport à la paroi 61. Dans l'ensemble, les parois 61, 62 et 63 sont disposées pour que le carter 60 ait une forme générale parallélépipédique.
- [0065] Dans le présent exemple, la paroi de support 61 et la paroi d'appui 63 sont amovibles par rapport à la paroi longitudinale 62. En variante, on peut prévoir que la paroi de support 61 est fixée à demeure ou forme une même pièce avec la paroi longitudinale 62, de sorte que les parois 61 et 62 forment un sous-ensemble qui est rapporté sur la paroi 63, laquelle est amovible vis-à-vis de ce sous-ensemble. En variante encore, on peut prévoir que les parois 62 et 63 sont fixées à demeure ou forment une même pièce, alors que la paroi 61 est fixée de façon amovible sur ce sous-ensemble. Quelle que soit la situation, on prévoit avantageusement que la paroi 61 soit amovible vis-à-vis de la paroi 63, soit par exemple en ce que la paroi 61 est amovible par rapport à la paroi 62, soit en ce que la paroi 62 est amovible par rapport à la paroi 63, soit les deux à la fois, comme dans le présent exemple.
- [0066] La paroi d'appui 63 sert ici de plaque terminale fixe pour l'empilement 51, en ce que l'empilement 51 est en appui, suivant la direction X1, contre la paroi d'appui 63, sans interposition d'élément élastique de compensation dimensionnelle. Toutefois, on pourrait prévoir que l'empilement 51 comprend une plaque terminale fixe distincte, par l'intermédiaire de laquelle l'empilement 51 viendrait en appui contre la paroi d'appui 63. De préférence, la paroi d'appui 63 comporte des ouvertures qui peuvent être traversées par des connecteurs, non-représentés, prévus pour être raccordés à des conduits de circulation de fluides, permettant ainsi d'alimenter l'empilement 51 avec le combustible, le comburant, un fluide de refroidissement éventuel, et d'évacuer les produits de réaction s'il y en a.
- [0067] La paroi de support 61 supporte chaque cartouche 1 par l'intermédiaire de son embase 10 respective. En particulier, pour chaque cartouche 1 à équiper, la paroi de support 61 ménage un orifice de réception 64 respectif, qui traverse la paroi de support

61 de part en part, parallèlement à la direction de compression X1. L'embase 10 de chaque cartouche 1 est reçue dans l'un de ces orifices 64. Si plusieurs cartouches sont prévues, elles sont alors réparties sur la superficie de la paroi de support 61.

- [0068] De préférence, lorsque l'embase 10 est reçue dans l'orifice 64, son extrémité proximale 11 est accessible depuis une face extérieure 66 de la paroi de support 61. La face extérieure 66 donne avantageusement sur l'extérieur du carter 60 et est à l'opposé de l'empilement 51. Le pied 20 dépasse alors de la paroi 61 suivant la direction X1. La paroi de support 61 comporte aussi une face intérieure 69, opposée à la face extérieure 66, donnant sur l'intérieur du carter 60 face à l'empilement 51. La face extérieure 66 est tournée en sens opposé de la direction X1, alors que la face intérieure 69 est tournée dans la direction X1.
- [0069] De préférence, chaque orifice 64 présente un filetage intérieur 65, formé en son sein. Lorsque l'embase 10 est reçue dans l'orifice 64 correspondant, le filetage extérieur 17 de l'embase 10 est engagé dans le filetage intérieur 65 de l'orifice 64. Autrement dit, on opère une liaison vis/écrou entre l'embase 10 et l'orifice 64 via les filetages 17 et 65. De ce fait, lorsque l'embase 10 est reçue dans l'orifice de réception 64, la cartouche 1 est retenue par la paroi de support 61, au moins en sens opposé de la direction X1, mais aussi, ici, dans le sens de la direction X1. La liaison vis-écrou entre l'embase 10 et l'orifice 64 est de préférence non réversible, au sens que l'effort imposé par le ressort 30 sur l'embase 10 ne permet pas de déclencher une rotation relative entre l'embase 10 et l'orifice 64.
- [0070] Les filetages 17 et 65, lorsqu'ils sont engagés l'un dans l'autre, permettent un réglage d'une position de support de l'embase 10, définie par rapport à la paroi de support 61, suivant la direction X1, pour laquelle l'embase 10 est retenue par la paroi 61. Le réglage de la position de support peut être effectué parmi une plage continue de positions de l'embase 10 suivant la direction de compression X1, la plage de positions correspondant ici à la course de vissage du filetage 17 dans le filetage 65. En d'autres termes, en vissant et en dévissant l'embase 10 dans l'orifice 64, on ajuste la position de support de l'embase 10 par rapport à la paroi 61, parallèlement à la direction X1.
- [0071] Pour actionner l'embase en rotation autour de l'axe X10 et ainsi effectuer le vissage et/ou le dévissage pour régler la position de support de l'embase 10, on peut avantageusement utiliser la tête d'actionnement 16, depuis l'extérieur du carter 60, en particulier depuis la face extérieure 66.
- [0072] A l'une de ses extrémités, opposée à la paroi d'appui 63, l'empilement 51 comprend avantageusement une plaque terminale mobile 53, parfois appelée « plaque ressort ». Lorsque l'embase 10 est reçue dans l'orifice 64 et que la cartouche 1 est en configuration libérée, le pied 20 de la cartouche 1 vient en appui contre la plaque terminale mobile 53. Ainsi, l'effort presseur F30 respectif de chaque cartouche 1 est appliqué,

par l'intermédiaire de leur pied 20 respectif, sur l'empilement 51, suivant la direction X1.

- [0073] Durant l'utilisation de la pile 50, alors que l'empilement 51 est susceptible de se dilater et de se contracter parallèlement à la direction X1, le pied 20 reste maintenu en appui contre l'empilement suivant la direction X1 sous l'action du ressort 30, en couissant si nécessaire par rapport à l'embase 10 pour s'adapter à cette dilation ou contraction. L'embase 10 reste fixe, en étant retenue par l'orifice de réception 64 au sein duquel l'embase 10 est reçue. La paroi de support 61 portant l'orifice 64 est quant à elle fixement rattachée à la paroi d'appui 63 opposée, via la paroi longitudinale 62. Alors que l'empilement 51 vient en appui contre la paroi 63 suivant la direction X1, l'empilement 51 est comprimé entre les pieds 20 et la paroi d'appui 63 et reprend en compression l'effort presseur F30 appliqué par le ressort 30 de chaque cartouche 1.
- [0074] La paroi de support 61 et la ou les cartouches 1 constituent ensemble un système de compensation dimensionnelle, ici intégré à la pile à combustible 50.
- [0075] D'autres éléments peuvent être interposés dans l'empilement 51, entre la plaque 53 et la paroi 63, par exemple une plaque collectrice de courant et/ou une plaque d'isolation.
- [0076] Pour que l'embase 10 soit reçue dans l'orifice 64 alors que le pied 20 dépasse par-delà l'orifice 64 pour être en appui contre l'empilement 51, la cartouche 1 et l'orifice 64 sont préférentiellement configurés pour que la cartouche 1 puisse être insérée dans l'orifice 64 suivant la direction X1, c'est-à-dire à partir de la face extérieure 66 de la paroi de support 61. De plus, cette insertion pourra être possible y compris alors que la paroi de support 61 est déjà fixée à la paroi d'appui 63, notamment via la paroi 62. On prévoit avantageusement d'effectuer cette insertion de la cartouche 1 alors que la cartouche 1 est en configuration précontrainte, de sorte que l'embase 10, le pied 20, le ressort 30 et le système de maintien 40 forment un ensemble qui reste solidaire et est donc facile à manipuler. La cartouche 1 est alors insérée dans l'orifice 64, en insérant d'abord le pied 20, jusqu'à ce que l'embase 10 soit reçue dans l'orifice 64 et y soit retenue en sens opposé de la direction X1, ici par engagement mutuel des filetages 17 et 65. Cela permet avantageusement d'installer la cartouche 1 alors que le carter 60 est déjà assemblé, ou partiellement assemblé, et que l'intérieur du carter 60 est difficilement accessible et/ou reçoit déjà l'empilement 51.
- [0077] Insérer la cartouche 1 dans l'orifice 64 suivant la direction X1 est rendu possible grâce à la forme de la cartouche 1, notamment par le fait que, autour de l'axe X10, le pied 20 et le ressort 30 présentent un encombrement radial moindre par rapport à celui de l'embase 10. En particulier, on prévoit que le pied 20 est suffisamment étroit pour pouvoir franchir l'orifice 64, durant l'insertion de la cartouche 1 au travers de l'orifice 64 suivant la direction X1, depuis la face extérieure 66, jusqu'à dépasser par-delà la paroi de support 61, à l'intérieur du carter 60. En particulier, on prévoit aussi que le

ressort 30 est suffisamment étroit pour pouvoir franchir l'orifice 64, durant l'insertion de la cartouche 1 au travers de l'orifice 64 suivant la direction X1. On prévoit aussi que l'extrémité distale 12 de l'embase 10 puisse entrer dans l'orifice 64 en y étant insérée suivant la direction X1, c'est-à-dire depuis la face extérieure 66.

- [0078] De préférence, lorsque l'embase 10 est reçue dans l'orifice 64, on prévoit que la cartouche 1 puisse, depuis la face extérieure 66, être mise en configuration libérée, si elle était en configuration précontrainte, et/ou être mise en configuration précontrainte si elle était en configuration libérée. Pour cela, par exemple, on prévoit que, lorsque la cartouche 1 est en configuration précontrainte et reçue dans l'orifice 64, la tête 44 de la vis 43, et notamment l'empreinte 46 est accessible depuis l'extrémité proximale 11 de l'embase 10, et donc depuis la face extérieure 66. La vis 43 peut ainsi être actionnée depuis l'extérieur du carter 60. On peut notamment retirer la vis 43 via le débouché du conduit 14 du côté de l'extrémité 11, pour mettre la cartouche 1 en configuration libérée. Inversement, lorsque la cartouche 1 est en configuration libérée, on peut introduire la vis 43 dans le conduit 14, par le débouché du conduit 14 à l'extrémité 11, puis actionner la vis 43 en rotation depuis l'extrémité 11 pour engager le corps fileté 45 avec le fut taraudé 42 et ainsi aboutir à la configuration précontrainte, par exemple en vue d'une ouverture du carter 60 de la pile. La maintenance de la pile à combustible 50 est alors facilitée.
- [0079] On prévoit préférentiellement que l'actionnement de la vis 43 sert seulement à faire basculer la cartouche 1 entre la configuration précontrainte et la configuration libérée. En variante, on peut éventuellement prévoir que la vis 43 soit actionnée pour régler la valeur de l'effort F30 alors que la cartouche 1 est en configuration précontrainte.
- [0080] Ci-dessous est décrit un premier mode d'utilisation du système de compensation et notamment de la cartouche 1. Cette utilisation peut aussi être vue comme un procédé de fabrication de la pile à combustible 50, ou comme un procédé de mise et maintien en compression de l'empilement 51.
- [0081] On prévoit préférentiellement, préalablement à une insertion de la cartouche 1 dans l'orifice 64, d'une part de préparer ladite cartouche 1 et d'autre part de préparer l'empilement 51 et le carter 60.
- [0082] Comme montré sur la [Fig.4], pour préparer l'empilement 51 et le carter 60, on met en appui l'empilement 51 contre la paroi d'appui 63 suivant la direction de compression X1. A cette fin, par exemple, on dispose la paroi d'appui 63 horizontalement, et on empile les cellules 52, puis la plaque terminale mobile 53.
- [0083] Comme montré sur la [Fig.4], on fixe aussi la paroi de support 61 à la paroi d'appui 63, préférentiellement après mise en appui de l'empilement 51 contre la paroi 63. Pour cette étape de fixation, on fixe d'abord la paroi longitudinale 62 à la paroi d'appui 63, par exemple à l'aide de vis. Ensuite, on fixe la paroi 61 à la paroi 62, par exemple à

l'aide de vis. La paroi d'appui 63 est alors disposée dans une position prédéterminée, selon la direction de compression X1, par rapport à la paroi de support 61 et est fixement rattachée à la paroi de support 61 via la paroi 62. L'empilement 51 se trouve alors reçu à l'intérieur du carter 60, entre les paroi 61 et 63, à distance de la paroi 61, et en étant entourée par la paroi 62.

[0084] Indépendamment de la préparation du carter 60, on prépare la cartouche 1. Cette étape peut notamment être effectuée en parallèle de la préparation du carter 60. En tout cas, la préparation de la cartouche 1 est faite antérieurement à son insertion dans l'orifice 64. Pour préparer la cartouche 1, une fois l'embase 10, le pied 20, le ressort 30 et le système 40 fournis ou fabriqués, on procède à leur assemblage. Cela inclut de positionner le ressort 30, pour que le ressort 30 prenne appui sur l'embase 10 en sens opposé de la direction de compression X1 et prenne appui sur le pied 20 suivant la direction X1. A cette étape, la cartouche 1 est en configuration libérée, de sorte que le pied 20 est libre de coulisser par rapport à l'embase 10, en étant néanmoins soumis à l'effort presseur F30 du ressort 30.

[0085] Ensuite, en maintenant l'embase 10 en sens opposé de la direction X1, on applique un effort sur le pied 20 en sens opposé de la direction X1, par exemple à l'aide d'une presse, pour faire coulisser le pied 20 en direction de l'embase 10 et ainsi mettre le ressort 30 en contrainte, c'est-à-dire, en l'espèce, en compression. La valeur de l'effort appliqué sur le pied 20 à cet instant est préférentiellement calibrée pour correspondre à la valeur de l'effort presseur F30 que l'on souhaite que la cartouche 1 applique plus tard sur l'empilement 51, lorsque la cartouche 1 sera reçue dans l'orifice 64 et mise en configuration libérée. Une fois que l'effort souhaité est atteint, on met la cartouche 1 en configuration précontrainte, ce qui bloque le coulisement du pied 20 par rapport à l'embase 10 et fixe la valeur de l'effort presseur F30 à la valeur de l'effort était appliqué en sens opposé sur le pied 20. Par exemple, on prévoit que la valeur de l'effort presseur F30 au sein de la cartouche 1 en configuration précontrainte est comprise entre deux et trois kiloNewton, si une seule cartouche 1 est prévue. S'il y a plusieurs cartouches, on prévoit avantageusement de diviser cette valeur par le nombre de cartouches mises en œuvre pour maintenir en compression l'empilement 51.

[0086] En particulier, pour mettre la cartouche 1 en configuration précontrainte, on introduit la vis 43 dans le conduit 14, jusqu'à ce que le corps fileté 45 atteigne le fut taraudé 42. On visse ensuite la vis 43, ici par actionnement de l'empreinte 46. Cet actionnement conduit à un vissage du corps fileté 45 dans le fut taraudé 42, jusqu'à ce que la tête 44 arrive en appui, suivant la direction X1, contre l'épaule 41. La vis 43 empêche alors le coulisement du pied 20 par rapport à l'embase 10 suivant la direction X1, de sorte que l'embase 10, le pied 20 et le système de maintien 40 maintiennent le ressort 30 précontraint, avec la valeur souhaitée pour l'effort presseur F30. Le fait de pouvoir

réglage l'effort presseur F30 avant la mise en place du ressort 30 dans la pile 50 est plus facile et le réglage plus précis.

- [0087] Si on prévoit d'installer d'autres cartouches 1' pour la pile, comme c'est le cas pour le présent exemple, on les prépare de la même façon que la cartouche 1, afin d'obtenir une valeur souhaitée pour leur effort presseur F30 respectif.
- [0088] Une fois que la cartouche 1 et le carter 60 sont prêts, ainsi que les autres cartouches 1' éventuelles, on applique un effort de compression initiale F70 sur l'empilement 51, à l'aide d'une presse 70, ou tout autre organe presseur distinct de la cartouche 1 elle-même, comme montré sur la [Fig.4]. A cette fin, on prévoit par exemple que la paroi de support 61 comporte des orifices secondaires 67 qui la traversent parallèlement à la direction X1. Ces orifices 67 sont visibles sur la [Fig.3] et sont distincts des orifices 64. La presse 70 comporte avantageusement un ou plusieurs organes de compression 71, qui sont alors passés au travers des orifices 67 pour appliquer ensemble l'effort F70 sur l'empilement 51 au travers de la paroi 61.
- [0089] Si une seule cartouche 1 doit équiper la pile 50, on prévoit avantageusement que la valeur de l'effort de compression initiale F70 est légèrement supérieure à la valeur de l'effort F30 contenu dans la cartouche 1 en configuration précontrainte. Si, outre la cartouche 1, d'autres cartouches 1' doivent équiper la pile 50, on prévoit avantageusement que la valeur de l'effort de compression initiale F70 est légèrement supérieur à la somme des valeurs de tous les efforts F30 cumulés, contenus dans les cartouches 1 et 1' en configuration précontrainte.
- [0090] En maintenant l'effort de compression initiale F70 sur l'empilement 51, on insère de la cartouche 1 dans l'orifice de réception 64 correspondant. Pendant toute l'insertion, la cartouche 1 est en configuration précontrainte. Pour l'insertion, la cartouche 1 est insérée depuis l'extérieur du carter 60, ou pour le moins en partant du côté de la face extérieure 66. Pour l'insertion, la cartouche 1 est translatée suivant la direction de compression X1. On fait d'abord franchir l'orifice 64 au pied 20, puis au ressort 30. Une fois l'orifice 64 franchi, le pied 20 puis le ressort 30 se retrouvent à l'intérieur du carter 60, alors que l'embase 10 est encore préférentiellement à l'extérieur, du côté de la face extérieure 66, au moins pour l'extrémité proximale 11. L'insertion débute par une translation de la cartouche 1, puis se poursuit avantageusement par vissage de l'embase 10 dans l'orifice 64, à l'engagement des filetages 17 et 65. Pour effectuer le vissage, on actionne préférentiellement l'embase à l'aide de la tête d'actionnement 16, qui est accessible depuis l'extérieur du carter 60, en particulier depuis la face 66.
- [0091] L'insertion, incluant ici le vissage, est effectuée jusqu'à ce que le pied 20 vienne en appui contre l'empilement 51 suivant la direction de compression X1, notamment contre la plaque 53. Lorsque le pied 20 est ainsi en appui contre l'empilement 51, l'embase 10 est avantageusement dans une position dite « position d'accostage »,

suivant la direction X1, par rapport à la paroi 61. Lorsque le pied 20 atteint l'empilement 51, l'embase 10 est reçue dans l'orifice de réception 64 en étant retenue par l'orifice 64 en sens opposé de la direction de compression X1 par rapport à la paroi de support 61, ici par engagement mutuel des filetages 17 et 65. Durant ces étapes, la cartouche 1 est toujours en configuration précontrainte et l'effort de compression initiale F70 est maintenu.

- [0092] Si d'autres cartouches 1' doivent être installées, on les installe de la même manière que la cartouche 1, dans leur orifice 64 respectif.
- [0093] Une fois que la cartouche 1 est installée, ainsi que les autres cartouches 1', notamment avec l'embase 10 reçue et retenue dans l'orifice 64, comme décrit ci-avant, et le pied 20 en appui contre l'empilement 51, on met la cartouche 1, ou, le cas échéant, chaque cartouche 1 et 1', en configuration libérée. A cet effet, dans l'exemple, on dévisse la vis 43 pour libérer la translation du pied 20 par rapport à l'embase 10. Alors, puisque le système de maintien 40 ne reprend plus l'effort F30, le ressort 30 applique l'effort F30 sur l'empilement 51 par l'intermédiaire du pied 20, en prenant appui sur la paroi de support 61 par l'intermédiaire de l'embase 10. La cartouche 1 étant mise en configuration libérée, l'effort F30 qu'elle génère s'additionne à l'effort de compression initiale F70 appliqué par la presse 70, en vue de prendre le relais sur l'effort F70. Si plusieurs cartouches sont prévues, leur effort F30 s'additionnent à l'effort F70 en vue de prendre collectivement le relais sur l'effort F70. On peut alors relâcher l'effort F70, une fois que la cartouche 1, ou, le cas échéant, toutes les cartouches 1, sont en configuration libérée. On aboutit alors à la situation montrée sur la [Fig.3]. Alors, pour la cartouche 1 ou pour chaque cartouche 1 et 1', l'effort F30, tel qu'il a été calibré lorsque la cartouche a été mise en configuration précontrainte, est appliqué sur l'empilement 51 avec la même valeur, ou une valeur très proche. Grâce à ce procédé, on a appliqué la valeur d'effort de compression souhaité pour l'empilement 51, de manière particulièrement aisée, fiable, précise et sécuritaire.
- [0094] De préférence, durant toute la vie de la pile 50, hormis d'éventuelles opérations de maintenance, la ou les cartouches sont laissées en configuration libérée et maintiennent ainsi la compression de l'empilement 51 à la valeur de l'effort F30, ou le cas échéant, de la somme des efforts F30.
- [0095] En variante, pour le ressort 30 de la cartouche 1, on pourrait prévoir un ressort d'un autre type qu'un ressort hélicoïdal, par exemple incluant des rondelles ressort, parfois appelées rondelles Belleville.
- [0096] En variante, que le ressort 30 soit à rondelles ressort ou non, on peut prévoir que le ressort 30 soit conçu pour que la valeur de l'effort presseur F30 du ressort 30 ne varie pas, ou varie très peu, pour une plage de valeurs d'allongement du ressort 30, plage ayant une certaine étendue autour de la valeur d'allongement obtenue lorsque la

cartouche 1 est en configuration précontrainte. De préférence l'étendue de cette plage couvre la variation dimensionnelle de la pile 50 en cours de fonctionnement. Cela peut notamment être obtenu par un ressort à rondelles ressort. On prévoit alors avantageusement que, une fois la cartouche 1 montée dans la pile 50 et est en configuration libérée, le ressort 30 est dans cette plage de valeurs d'allongement, pour que la valeur de l'effort presseur F30 ne varie pas, ou varie peu, malgré les variations dimensionnelles de l'empilement 51.

- [0097] Ci-dessous est décrit un deuxième mode d'utilisation du système de compensation et notamment de la cartouche 1. De même que précédemment, on prévoit préférentiellement, préalablement à une insertion de la cartouche 1 dans l'orifice 64, d'une part de préparer ladite cartouche 1 et d'autre part de préparer l'empilement 51 et le carter 60.
- [0098] On prépare la cartouche 1 de la même façon que décrite précédemment, pour que la cartouche 1 soit en configuration précontrainte avant son insertion dans l'orifice 64 de la paroi 61. La valeur de l'effort appliqué sur le pied 20 à cet instant est préférentiellement calibrée pour correspondre à la valeur de l'effort presseur F30 que l'on souhaite que la cartouche 1 applique plus tard sur l'empilement 51, lorsque la cartouche 1 sera reçue dans l'orifice 64 et mise en configuration libérée au sein de la pile 50.
- [0099] De façon indépendante, comme vu précédemment, pour préparer l'empilement 51 et le carter 60, on met en appui l'empilement 51 contre la paroi d'appui 63 suivant la direction de compression X1. A cette fin, par exemple, on dispose la paroi d'appui 63 horizontalement, et on empile les cellules 52, puis la plaque terminale mobile 53.
- [0100] Comme montré sur la [Fig.6], contrairement au précédent mode d'utilisation, on insère la cartouche 1 dans l'orifice de réception 64 de la paroi de support 61, avant fixation de la paroi de support 61 à la paroi 63. Pour cela, alors que la cartouche 1 est en configuration précontrainte et que la paroi 61 n'est pas encore rattachée au reste du carter 60, on insère la cartouche 1 dans l'orifice 64, jusqu'à ce que l'embase 10 soit positionnée dans une position de support particulière, dite « position reculée » suivant la direction X1, par rapport à la paroi 61. Ainsi reçue dans l'orifice 64 en position reculée, l'embase 10 y est retenue en sens opposé de la direction X1, ici par engagement mutuel des filetages 17 et 65. Selon ce deuxième mode d'utilisation, le système de compensation dimensionnelle, incluant la paroi 61 et la cartouche 1, est donc assemblé à l'avance, avant son intégration à la pile 50.
- [0101] Selon ce deuxième mode d'utilisation, on peut choisir d'insérer la cartouche 1 comme vu précédemment, c'est-à-dire suivant la direction X1 à partir de la face extérieure 66 de la paroi 61. En variante, puisque la paroi 61 n'est pas encore fixée, on peut choisir d'insérer la cartouche 1 en sens inverse de la direction X1, depuis la face

intérieure 69 de la paroi 61. Ce deuxième mode d'utilisation autorise donc avantageusement une insertion de la cartouche 1 indifféremment par la face extérieure 66 ou par la face intérieure 69, pour autant que l'embase 10 et l'orifice 64 présentent une géométrie qui autorise l'insertion de la cartouche 1 dans l'orifice 64 à partir de la face intérieure 69, en sens opposé de la direction X1. Ce deuxième mode d'utilisation autorise aussi que l'insertion de la cartouche 1 dans l'orifice 64 soit effectuée indépendamment, notamment à l'avance ou en parallèle, du montage du reste de la pile 50, notamment de l'empilement 51 et du reste du carter 60.

- [0102] S'il y a plusieurs cartouches 1 à monter, on insère avantageusement toutes les cartouches 1 dans leur orifice 64 respectif avant fixation de la paroi 61.
- [0103] Une fois que la cartouche 1, ou que chaque cartouche 1, est reçue en position reculée dans l'orifice 64 correspondant de la paroi de support 61 comme montré sur la [Fig.6], on procède à la fixation de la paroi de support 61 sur la paroi d'appui 63, alors que la cartouche 1 est portée par la paroi 61, via l'orifice 64, en position reculée et est en configuration précontrainte. Puisque la cartouche 1 est en position reculée, le pied 20 ne vient pas en appui contre l'empilement 51, alors que la paroi 61 est pourtant fixée à la paroi 63, ici via la paroi 62. Autrement dit, le pied 20 est distant de l'empilement 51 suivant la direction X1, lorsque la paroi 61 est fixée et que l'embase 10 est en position reculée avec la cartouche 1 en configuration précontrainte. Autrement dit, la position reculée est une position d'attente, qui est définie en ce que, lorsque l'embase 10 est en position reculée et que la cartouche 1 est en configuration précontrainte, une première distance, mesurée suivant la direction X1, entre la face intérieure 69 et le patin 22, est inférieure à une deuxième distance, mesurée suivant la direction X1, entre la face intérieure 69 et l'empilement 51 alors que la paroi 61 est fixée.
- [0104] De préférence, la fixation de la paroi 61, portant la cartouche 1 en position reculée, intervient alors que l'effort de compression initiale F70 n'est pas encore appliqué sur l'empilement 51. Cela peut éventuellement faciliter la conception de l'organe presseur qui appliquera l'effort F70 ensuite.
- [0105] On applique ensuite l'effort de compression initiale F70 sur l'empilement 51 à l'aide de l'organe presseur, distinct de la cartouche 1.
- [0106] Alors que l'effort de compression initiale F70 est appliqué, on actionne l'embase 10 pour la déplacer dans l'orifice 64, suivant la direction X1, par rapport à la paroi 61, depuis la position reculée jusqu'à une position de support particulière, dite « position d'accostage » où le pied 20 vient en appui contre l'empilement suivant la direction X1. Cela peut être effectué par vissage de l'embase 10 dans l'orifice 64, alors que les filetages 17 et 65 sont engagés l'un dans l'autre, permettant un réglage continu de la position de support de l'embase par rapport à la paroi de support 61 suivant la direction X1. Dans cette situation, l'embase 10 est retenue en position d'accostage par l'orifice

64 suivant la direction X1, alors que le pied 20 est en appui contre l'empilement 51 suivant la direction X1 et que la cartouche 1 est toujours en configuration pré-contrainte.

- [0107] Si d'autres cartouches 1' sont prévues, toutes sont déplacées jusqu'à leur position d'accostage de façon similaire, avec leur pied 20 en appui contre l'empilement 51.
- [0108] Une fois que la cartouche 1 est en position d'accostage, ainsi que toute autre cartouche 1' éventuelle, on fait basculer la ou chaque cartouche 1 en configuration libérée. Comme vu précédemment, pour cela, on dévisse la vis 43 pour libérer la translation du pied 20 par rapport à l'embase 10. Comme vu précédemment, on relâche enfin l'effort de compression initiale F70. En variante, on fait basculer la ou chaque cartouche 1 en configuration libérée après avoir relâché l'effort de compression initiale F70.
- [0109] En variante, pour ce deuxième mode d'utilisation, on prévoit que la fixation de la paroi de support 61 avec la paroi d'appui 63, la paroi de support 61 portant la cartouche 1 en position reculée, intervient alors que l'effort de compression initiale F70 est déjà appliqué sur l'empilement 51. Cela peut éventuellement permettre de réduire la course à effectuer par l'embase 10 entre la position reculée et la position d'accostage.
- [0110] En variante, quelle que soit l'utilisation envisagée, on peut prévoir, concernant le ressort 30 de la cartouche 1, un ressort d'un autre type qu'un ressort hélicoïdal, par exemple incluant des rondelles ressort.
- [0111] En variante, que le ressort 30 soit à rondelles ressort ou d'un autre type, on peut prévoir que le ressort 30 soit conçu pour que la valeur de l'effort presseur F30 du ressort 30 ne varie pas, ou varie très peu, pour une plage de valeurs d'allongement du ressort 30, plage ayant une certaine étendue autour de la valeur d'allongement obtenue lorsque la cartouche 1 est en configuration précontrainte. Cela peut notamment être obtenu par un ressort à rondelles ressort. On prévoit alors avantageusement que, une fois la cartouche 1 montée dans la pile 50 et est en configuration libérée, le ressort 30 est dans cette plage de valeurs d'allongement, pour que la valeur de l'effort presseur F30 ne varie pas, ou varie peu, malgré les variations dimensionnelles de l'empilement 51.
- [0112] Les figures 7 à 9 montrent une cartouche 101, selon un deuxième mode de réalisation, en lien avec une pile à combustible 150, qui est identique à la pile 50 sauf que les cartouches 1 sont remplacées par les cartouches 101. La cartouche 101 est identique à la cartouche 1, hormis pour les différences discutées ci-dessous. Les mêmes signes de référence sont utilisés sur les figures 1 à 9 pour désigner des caractéristiques ou fonctions communes aux modes de réalisation des figures 1 à 6 et des figures 7 à 9. Des signes de référence augmentés de 100 sont utilisés sur les figures 7 à 9 pour

désigner des caractéristiques différentes, mais assurant des fonctions similaires et/ou remplaçant des caractéristiques du mode de réalisation des figures 1 à 6.

- [0113] Comme montré aux figures 7 et 8, la cartouche 101, comprend une embase 110, remplaçant l'embase 10, un pied 120, remplaçant le pied 20, un ressort 130, remplaçant le ressort 30, et système de maintien 40. La cartouche 101 présente un sens d'utilisation, en définissant une direction de compression X1, fixe par rapport à l'embase 110, et dirigée de l'embase 110 vers le pied 120. La cartouche 101 est géométriquement traversée par un axe central X10, parallèle à la direction de compression X1.
- [0114] Comme la cartouche 1, la cartouche 101 est configurée pour basculer entre une configuration précontrainte, montrée sur les figures 7 et 8, et une configuration libérée, grâce au système de maintien 40.
- [0115] L'embase 110 est identique à l'embase 10, sauf pour les différences mentionnées ci-après. En particulier, l'embase 110 présente une extrémité proximale 11, identique à celle prévue pour l'embase 10, une extrémité distale 12 identique à celle de la cartouche 1, une paroi périphérique 13, identique à celle prévue pour l'embase 10, et, de préférence, un conduit central 14 visible sur la [Fig.8], identique à celui de la cartouche 1. Ces éléments sont fixes les uns par rapport aux autres. L'axe X10 traverse les extrémités 11 et 12, l'extrémité 12 étant dans la direction X1 par rapport à l'extrémité 11. La paroi 13 entoure l'axe X10 et relie les extrémités 11 et 12. Le conduit central 14, s'il est prévu, traverse avantageusement l'embase depuis l'extrémité 11 jusqu'à l'extrémité 12 en étant centré sur l'axe X10.
- [0116] De préférence, l'embase 110 comprend une tête d'actionnement 16 identique à celle de la cartouche 1 et la paroi périphérique 13 porte un filetage extérieur 17 identique à celui de la cartouche 1. Le pied 120 est coulissant par rapport à l'embase 110, en étant guidé dans ce coulissement par l'embase 10, suivant la direction X1. Pour cela, comme pour la cartouche 1, le pied 120 comprend par exemple une jambe de coulissement 21, reçue à coulissement dans un conduit de coulissement 18 formé par le conduit central 14. Comme pour la cartouche 1, le pied 120 de la cartouche 101 est conçu pour venir en appui, suivant la direction X1, contre une surface à presser, perpendiculaire à la direction X1, via un patin d'appui 22, identique à celui de la cartouche 1. Comme vu précédemment, la surface à presser est celle de l'empilement 51.
- [0117] Le pied 120 diffère du pied 20 en présentant une manche 129, optionnelle, qui s'étend à partir de la périphérie du patin 22, en sens opposé de la direction X1. La manche 129 est de forme tubulaire, préférentiellement à base circulaire, centrée sur l'axe X10.
- [0118] De préférence, le patin d'appui 22 de la cartouche 101 est de forme générale discoïde, comme celui de la cartouche 1.

- [0119] Alors que, pour la cartouche 1, l'extrémité 12 termine l'embase 10, l'embase 110 de la cartouche 101 comprend en outre une jupe 119, qui prolonge l'embase 110 à partir de l'extrémité 12. La jupe 119 forme un rebord externe 181 et, optionnellement, une manche 182.
- [0120] Le rebord externe 181 s'étend radialement vers l'extérieur, par rapport à l'axe X10, à partir de la paroi périphérique 13, en étant formé à hauteur de l'extrémité 12 suivant l'axe X10. Le rebord externe 181 s'étend préférentiellement sur toute la périphérie de l'embase 110.
- [0121] Le rebord externe 181 forme un épaulement, tourné en sens opposé de la direction X1. Comme montré sur la [Fig.9], au cours de la fabrication de la pile 150, l'embase 110 peut venir en appui contre la paroi de support 61 en sens opposé de la direction X1, par l'intermédiaire du rebord 181, lorsque l'embase 110 est reçue dans l'orifice 64 dans une position reculée. En particulier, on prévoit que le rebord 181 vient alors en appui contre la face intérieure 69 de la paroi 61 lorsque l'embase 110 est en position reculée. Le rebord 181 permet d'assurer que la cartouche 101 ne puisse pas entièrement franchir l'orifice 64 en y étant insérée en sens opposé de la direction X1.
- [0122] La présence du rebord externe 181, dépassant radialement vers l'extérieur par rapport à la paroi périphérique 13 et étant radialement plus grand que l'orifice 64, empêche avantageusement une insertion de la cartouche 101 dans l'orifice 64 suivant la direction X1, n'autorisant une insertion qu'en sens inverse de la direction X1, à partir de la face intérieure 69. Lorsque l'embase 110 est reçue dans l'orifice 64 en position d'accostage, le rebord externe 181 est distant de la paroi 61, en particulier de la face intérieure 69, suivant la direction X1.
- [0123] La manche 182, si elle est prévue, s'étend suivant la direction X1 à partir de la périphérie du rebord externe 181. La manche 182 est de forme tubulaire, avantageusement à base circulaire, centrée sur l'axe X10. La manche 182 entoure, radialement par l'extérieur, le pied 120 et le ressort 130. La manche 182 entoure aussi la manche 129. On peut prévoir que la manche 182 contribue au guidage du coulisement du pied 120 suivant la direction X1, en ce que la manche 182 reçoit la manche 129 pour guider son coulisement suivant la direction X1. Le guidage en coulisement du pied 120 est ainsi amélioré. On peut prévoir que les manches 129 et 182, enfermant le ressort 130, ont une fonction de protection du ressort 130, notamment lorsque la cartouche 101 est en configuration précontrainte.
- [0124] Contrairement à la cartouche 1, on peut prévoir que le patin d'appui 22 de la cartouche 101, ainsi que la manche 129, présentent un diamètre extérieur et/ou un encombrement radial, supérieur ou égal à celui de la paroi périphérique 13, puisque l'on prévoit que la cartouche 101 soit insérée dans l'orifice 64 exclusivement en sens opposé de la direction X1. En effet, il n'est pas nécessaire que le pied 120 franchisse

l'orifice 64 durant l'insertion de la cartouche 101, le pied 120, ou au moins le patin 22 et la manche 129, restant du côté de la face intérieure 69.

- [0125] Le ressort 130 assure la même fonction que le ressort 30, mais diffère en étant constitué par un empilement de rondelles ressort centré sur l'axe X10 plutôt qu'en étant constitué par un ressort hélicoïdal. Le ressort 130 prend appui sur l'embase 110 pour appliquer un effort presseur F30 sur le pied 120 suivant la direction X1, par élasticité du ressort 130. De préférence, le ressort 130 est un ressort qui agit en compression, suivant la direction X1. Le ressort 130, constitué de rondelles ressort, est configuré pour que la valeur de l'effort presseur F30 soit constante, ou varie peu, pour une plage de valeurs d'allongement du ressort 130. De préférence, lorsque la cartouche 101 est en configuration précontrainte et lorsque la cartouche 101 est en configuration libérée en étant installée dans la pile 150, la valeur d'allongement du ressort 130 est dans la plage où l'effort F30 dépend peu, ou n'est pas affectée par, une variation de la valeur d'allongement.
- [0126] Afin d'appliquer l'effort F30 sur le pied 120 tout en prenant appui sur l'embase 110, on prévoit que, parallèlement à la direction X1, le ressort 130 est interposé entre l'extrémité distale 12 de l'embase 110 et le patin d'appui 22 du pied 120. Comme vu précédemment, l'extrémité 12 et le patin 22 forment respectivement des parois d'appui en regard l'une de l'autre, recevant chacune une extrémité respective appartenant au ressort 130. Le ressort 130 est par exemple disposé autour de la jambe de coulissement 21 du pied 120.
- [0127] En variante, le ressort 130 pourrait être remplacé par le ressort hélicoïdal 30 décrit ci-avant.
- [0128] Comme pour le ressort 30, on prévoit ici que, radialement par rapport à l'axe X10, le ressort 130 présente un encombrement radial inférieur à celui de l'embase 110, en particulier à la paroi 13, et aussi, dans l'exemple, à celui du patin d'appui 22. Autrement dit, radialement, le ressort 130 ne dépasse pas de l'embase 110. Cependant, cela n'est pas obligatoire, puisque le ressort n'a pas besoin de franchir l'orifice 64, dans la mesure où la cartouche 101 est insérée en sens opposé de la direction X1 dans l'orifice 64, le ressort 130 restant alors du côté de la face intérieure 69, en étant éventuellement partiellement reçu dans l'orifice 64.
- [0129] Comme pour la cartouche 1, le conduit 14 de la cartouche 101 forme préférentiellement un épaulement axial 41, disposé à l'extrémité 11, ou entre l'extrémité 11 et le conduit de coulissement 18, et tourné en sens opposé de la direction X1. L'épaulement axial 41 forme une portion de retenue primaire appartenant au système de maintien 40 et étant solidaire de l'embase 110. Comme pour la cartouche 1, de préférence, un fut taraudé 42 est ménagé dans la jambe de coulissement 21 du pied 120 de la cartouche 101. Le fut taraudé 42 forme une portion de retenue secondaire ap-

partenant au système de maintien 40 et étant solidaire du pied 120. Comme pour la cartouche 1, le système de maintien 40 de la cartouche 101 comprend préférentiellement en outre une vis 43, avec une tête 44 et un corps fileté 45. La vis 43 constitue avantageusement un organe de maintien appartenant au système de maintien 40 de la cartouche 101 et qui interagit avec la portion de retenue primaire et la portion de retenue secondaire, de la même façon que pour la cartouche 1.

- [0130] Comme pour la cartouche 1, le système de maintien 40 de la cartouche 101 permet avantageusement un réglage d'une position du pied 120 par rapport à l'embase 110 suivant la direction de compression X1, dite « position de maintien », pour laquelle le système de maintien 40 empêche le pied 120 de coulisser. En effet, en vissant ou en dévissant la vis 43 dans le fut taraudé 42, la position de maintien dans laquelle le pied 120 est retenu par la vis 43 est modifiée. En vissant, on rapproche le pied 120 de l'embase 110, alors que, en dévissant, le pied 120 est éloigné de l'embase 110. La position de maintien dans laquelle le pied 120 est maintenu par le système de maintien 40 peut donc être choisie parmi une plage continue de positions du pied 120 suivant la direction X1.
- [0131] Le réglage de la position du pied 120 peut être avantageuse pour régler les dimensions de la cartouche 101 suivant la direction X1 et s'adapter à différentes situation d'utilisation de la cartouche 101.
- [0132] Pour basculer la cartouche 101 en configuration libérée, on découple la portion de retenue primaire de la portion de retenue secondaire, de préférence en retirant l'organe de maintien, de la même façon que pour la cartouche 1. Comme pour la cartouche 1, une extrémité de la vis 43, située au niveau de la tête 44, porte une empreinte 46, par exemple une empreinte en creux à six pans, pour qu'une personne, à l'aide d'un outil, ou une machine, puisse actionner la vis 43 en rotation autour de l'axe X10.
- [0133] Ci-dessous est décrit un mode d'utilisation du système de compensation des figures 7 à 9 et notamment de la cartouche 101. De même que précédemment, on prévoit préférentiellement, préalablement à une insertion de la cartouche 101 dans l'orifice 64, d'une part de préparer ladite cartouche 101 et d'autre part de préparer l'empilement 51 et le carter 60.
- [0134] On prépare la cartouche 101 de la même façon que décrite précédemment, pour que la cartouche 101 soit en configuration précontrainte avant son insertion dans l'orifice 64 de la paroi 61.
- [0135] De façon indépendante, comme vu précédemment, pour préparer l'empilement 51 et le carter 60, on met en appui l'empilement 51 contre la paroi d'appui 63 suivant la direction de compression X1. A cette fin, par exemple, on dispose la paroi d'appui 63 horizontalement, et on empile les cellules 52, puis la plaque terminale mobile 53.
- [0136] On insère la cartouche 101 dans l'orifice de réception 64 de la paroi de support 61,

avant fixation de la paroi de support 61 à la paroi d'appui 63, alors que la cartouche 101 est en configuration précontrainte et que la paroi de support 61 n'est pas encore rattachée au reste du carter 60. L'insertion de la cartouche 101 est effectuée en sens opposé de la direction X1, à partir de la face intérieure 69. On insère la cartouche 101 dans l'orifice 64, jusqu'à ce que l'embase 110 soit positionnée dans la position reculée, cette position reculée pouvant être la position de la cartouche pour laquelle le rebord 181 est en appui contre la face intérieure 69. Ainsi reçue dans l'orifice 64 en position reculée, l'embase 110 y est retenue en sens opposé de la direction X1, par engagement mutuel des filetages 17 et 65. Le système de compensation dimensionnelle, incluant la paroi 61 et la cartouche 101, est donc assemblé à l'avance, avant son intégration à la pile 150. Alors que la cartouche 101 a été insérée en sens opposé de la direction X1, le ressort 130 et le pied 120 n'ont pas franchi l'orifice 64 et restent du côté de la face intérieure 69.

[0137] S'il y a plusieurs cartouches à monter, on insère avantageusement toutes les cartouches dans leur orifice 64 respectif avant fixation de la paroi 61, de façon similaire, en position reculée. On procède ensuite à la fixation de la paroi de support 61 sur la paroi d'appui 63, alors que la cartouche 101 est portée par la paroi 61, via l'orifice 64, en position reculée et est en configuration précontrainte. On aboutit alors à la situation illustrée sur la [Fig.9]. Puisque la cartouche 101 est en position reculée, le pied 120 ne vient pas en appui contre l'empilement 51, alors que la paroi 61 est pourtant fixée à la paroi d'appui 63, ici via la paroi 62. Autrement dit, le pied 120 est distant de l'empilement 51 suivant la direction X1, lorsque la paroi de support 61 est fixée à la paroi d'appui et que l'embase 110 est en position reculée avec la cartouche 101 en configuration précontrainte. Comme vu précédemment, la position reculée est une position d'attente, qui est définie en ce que, lorsque l'embase 110 est en position reculée et que la cartouche 101 est en configuration précontrainte, une première distance, mesurée suivant la direction X1, entre la face intérieure 69 et le patin 22 est inférieure à une deuxième distance, mesurée suivant la direction X1, entre la face intérieure 69 et l'empilement 51 alors que la paroi de support 61 est fixée à la paroi d'appui.

[0138] Comme vu précédemment, on peut prévoir que la fixation de la paroi 61, portant la cartouche 101 en position reculée, intervient alors que l'effort de compression initiale F70 n'est pas encore appliqué sur l'empilement 51. Cela peut éventuellement faciliter la conception de l'organe presseur qui appliquera l'effort F70 ensuite.

[0139] On applique ensuite l'effort F70 sur l'empilement 51 à l'aide de l'organe presseur, distinct de la cartouche 101.

[0140] Alors que l'effort de compression initiale F70 est appliqué, on actionne l'embase 110 pour la déplacer dans l'orifice 64, suivant la direction X1, par rapport à la paroi 61,

depuis la position reculée jusqu'à la position d'accostage où le pied 120 vient en appui contre l'empilement 51 suivant la direction X1. Cela peut être effectué par vissage de l'embase 110 dans l'orifice 64, alors que les filetages 17 et 65 sont engagés l'un dans l'autre, permettant un réglage continu de la position de l'embase 110 par rapport à la paroi 61 suivant la direction X1. On fait de même pour toute autre cartouche. En position d'accostage, le rebord 181 est éloigné de la face intérieure 69. Dans cette situation, l'embase 110 est retenue en position d'accostage par l'orifice 64 suivant la direction X1, alors que le pied 120 est en appui contre l'empilement 51 suivant la direction X1 et que la cartouche 101 est toujours en configuration précontrainte.

- [0141] Une fois que la cartouche 101 est en position d'accostage, ainsi que toute autre cartouche éventuelle, on fait basculer la ou chaque cartouche en configuration libérée. Comme vu précédemment, pour cela, on dévisse la vis 43 pour libérer la translation du pied 120 par rapport à l'embase 110. Comme vu précédemment, on relâche enfin l'effort de compression initiale F70.
- [0142] En variante, on prévoit que la fixation de la paroi de support 61 avec la paroi d'appui 63, la paroi de support 61 portant la cartouche 101 en position reculée, intervient alors que l'effort de compression initiale F70 est déjà appliqué sur l'empilement 51.
- [0143] Toute caractéristique décrite ci-avant pour un mode de réalisation ou une variante s'applique aux autres modes de réalisation et variantes décrits ci-avant, pour autant que techniquement possible.

Revendications

[Revendication 1]

Cartouche (1; 101), pour maintenir en compression, suivant une direction de compression (X1), un empilement (51) de cellules électrochimiques (52) appartenant à une pile à combustible (50; 150), la cartouche (1; 101) comprenant :

- une embase (10; 110), par l'intermédiaire de laquelle la cartouche (1; 101) est configurée pour être retenue en sens opposé de la direction de compression (X1), lorsque que l'embase (10; 110) est reçue dans un orifice de réception (64) solidaire de, ou appartenant à, la pile à combustible (50; 150) ;
- un pied (20; 120) :
 - qui est disposé dans la direction de compression (X1) par rapport à l'embase (10; 110), en étant coulissant par rapport à l'embase (10; 110) parallèlement à la direction de compression (X1), et
 - qui est configuré pour venir en appui contre l'empilement (51) suivant la direction de compression (X1) lorsque l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64) ;
- un ressort (30; 130), qui prend appui sur l'embase (10; 110) pour appliquer un effort presseur (F30) sur le pied (20; 120) suivant la direction de compression (X1) ; et
- un système de maintien (40), qui comprend une portion de retenue primaire (41), solidaire de l'embase (10; 110), et une portion de retenue secondaire (42), solidaire du pied (20; 120), la portion de retenue primaire (41) et la portion de retenue secondaire (42) étant configurées pour :
 - être couplées l'une avec l'autre lorsque la cartouche (1; 101) est dans une configuration précontrainte, la portion de retenue primaire (41) et la portion de retenue secondaire (42) ainsi couplées empêchant le coulissement du pied (20; 120) par rapport à l'embase (10; 110) suivant la direction de compression (X1) ; et
 - être découplées l'une de l'autre lorsque la cartouche (1; 101) est dans une configuration libérée, la portion de retenue primaire (41) et la portion de retenue se-

conculaire (42) ainsi découplées autorisant le coulisement du pied (20; 120) par rapport à l'embase (10; 110) suivant la direction de compression (X1).

- [Revendication 2] Cartouche (1; 101) selon la revendication 1, dans laquelle, le système de maintien (40) est configuré pour permettre un réglage d'une position de maintien du pied (20; 120), définie par rapport à l'embase (10; 110) et pour laquelle le système de maintien (40) empêche le pied (20; 120) de coulisser, parmi une plage continue de positions du pied (20; 120) suivant la direction de compression (X1), afin de régler la valeur de l'effort presseur (F30) appliquée par le ressort (30; 130).
- [Revendication 3] Cartouche (1; 101) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le système de maintien (40) comprend un organe de maintien (43), par l'intermédiaire duquel la portion de retenue primaire (41) et la portion de retenue secondaire (42) sont couplées, lorsque la cartouche (1; 101) est en configuration précontrainte.
- [Revendication 4] Cartouche (1; 101) selon la revendication 3, dans laquelle :
- l'organe de maintien (43) comprend une tête et un corps fileté ;
 - la portion de retenue primaire (41) forme un épaulement ; et
 - la portion de retenue secondaire (42) forme un fut taraudé parallèle à la direction de compression (X1), la portion de retenue primaire (41) et la portion de retenue secondaire (42) étant couplées l'une avec l'autre lorsque la tête est en appui contre l'épaulement suivant la direction de compression (X1) et que le corps fileté est engagé avec le fut taraudé.
- [Revendication 5] Cartouche (1; 101) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'embase (10; 110) forme un filetage extérieur (17), pour que la cartouche (1; 101) puisse être retenue en sens opposé de la direction de compression (X1) par engagement du filetage extérieur (17) avec un filetage intérieur (65) formé par l'orifice de réception (64), lorsque l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64).
- [Revendication 6] Cartouche (1; 101) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le ressort (30; 130) est un ressort de compression

interposé entre l'embase (10; 110) et le pied (20; 120) suivant la direction de compression (X1).

- [Revendication 7] Système de compensation dimensionnelle comprenant la cartouche (1; 101) selon l'une quelconque des revendications précédentes et une paroi de support (61), distincte de la cartouche (1; 101) et formant l'orifice de réception (64), l'orifice de réception (64) étant conformé pour recevoir l'embase (10; 110) de sorte que, lorsque l'embase (10; 110) est ainsi reçue, le pied (20; 120) de ladite cartouche (1; 101) dépasse de la paroi de support (61) suivant la direction de compression (X1) et l'embase (10; 110) est accessible à partir d'une face extérieure (66) de la paroi de support (61), alors à l'opposé du pied (20; 120).
- [Revendication 8] Système de compensation dimensionnelle selon la revendication 7, dans lequel l'orifice de réception (64) et l'embase (10) sont conformés pour que l'embase (10) puisse être reçue dans l'orifice de réception (64) par insertion de la cartouche (1) dans l'orifice de réception (64) suivant la direction de compression (X1), l'orifice de réception (64), le ressort (30) et le pied (20) étant conformés pour que le ressort (30) et le pied (20) puissent franchir l'orifice de réception (64) lors de l'insertion de l'embase (10; 110) dans l'orifice de réception (64) suivant la direction de compression (X1).
- [Revendication 9] Système de compensation dimensionnelle selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel l'orifice de réception (64) et l'embase (10; 110) sont conformés pour que l'embase (10; 110) puisse être reçue dans l'orifice de réception (64) par insertion de la cartouche (1; 101) dans l'orifice de réception (64) en sens opposé de la direction de compression (X1).
- [Revendication 10] Système de compensation dimensionnelle selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'orifice de réception (64) et l'embase (10; 110) sont configurés pour permettre un réglage d'une position de support de l'embase (10; 110), définie par rapport à la paroi de support (61) et pour laquelle l'embase (10; 110) est retenue lorsque l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64), parmi une plage continue de positions de l'embase (10; 110) suivant la direction de compression (X1).
- [Revendication 11] Pile à combustible (50; 150) comprenant :
- le système de compensation dimensionnelle selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel :

- la cartouche (1; 101) est en configuration libérée, et
- l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64) de sorte à être retenue par rapport à la paroi de support (61), en sens opposé de la direction de compression (X1) ;
- une paroi d'appui (63), la paroi d'appui (63) et la paroi de support (61) étant fixement rattachées l'une à l'autre, la paroi d'appui (63) étant disposée dans la direction de compression (X1) par rapport à la paroi de support (61) ; et
- l'empilement (51) de cellules électrochimiques (52), qui est disposé entre la paroi de support (61) et la paroi d'appui (63) en étant en appui contre la paroi d'appui (63) suivant la direction de compression (X1), le ressort (30; 130) de la cartouche (1; 101) appliquant l'effort presseur (F30) sur l'empilement (51) par l'intermédiaire du pied (20; 120), suivant la direction de compression (X1), en prenant appui sur l'embase (10; 110), le pied (20; 120) étant en appui suivant la direction de compression (X1) contre l'empilement (51).

- [Revendication 12] Pile à combustible (50; 150) selon la revendication 11, dans laquelle la paroi de support (61) et la paroi d'appui (63) appartiennent à un carter (60) de la pile à combustible (50; 150), l'empilement (51) étant reçu à l'intérieur du carter (60), le carter (60) comprenant en outre une paroi longitudinale (62) reliant la paroi de support (61) à la paroi d'appui (63).
- [Revendication 13] Utilisation de la cartouche (1; 101) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, l'utilisation comprenant :

- une application d'un effort de compression initiale (F70) sur l'empilement (51) à l'aide d'un organe presseur (70) distinct de la cartouche (1; 101), suivant la direction de compression (X1), alors que l'empilement (51) est en appui contre une paroi d'appui (63) suivant la direction de compression (X1) ;
- une insertion de la cartouche (1; 101) dans l'orifice de réception (64) alors que la cartouche (1; 101) est en configuration précontrainte, jusqu'à ce que l'embase (10; 110) soit reçue dans l'orifice de réception (64) pour être retenue en sens opposé de la direction de compression (X1) ; et
- une mise en configuration libérée de la cartouche (1; 101) et

un relâchement de l'effort de compression initiale (F70), alors que l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64) et que le pied (20; 120) est en appui contre l'empilement (51) suivant la direction de compression (X1), pour que le ressort (30; 130), prenant appui sur l'embase (10; 110), applique l'effort presseur (F30) sur l'empilement (51) par l'intermédiaire du pied (20; 120), suivant la direction de compression (X1).

[Revendication 14]

Utilisation selon la revendication 13, dans laquelle :

- si une seule cartouche (1; 101) est prévue, l'effort de compression initiale (F70) présente une valeur supérieure à une valeur de l'effort presseur (F30) obtenue alors que la cartouche (1; 101) est en configuration précontrainte avant que le pied (20; 120) vienne en appui contre l'empilement (51) ; ou
- si d'autres cartouches (1') sont prévues en plus de ladite cartouche (1; 101), l'effort de compression initiale (F70) présente une valeur supérieure à une somme des valeurs des efforts presseurs (F30) obtenus alors que les cartouches (1; 101) sont en configuration précontrainte, avant que leur pied (20; 120) respectif vienne en appui contre l'empilement (51).

[Revendication 15]

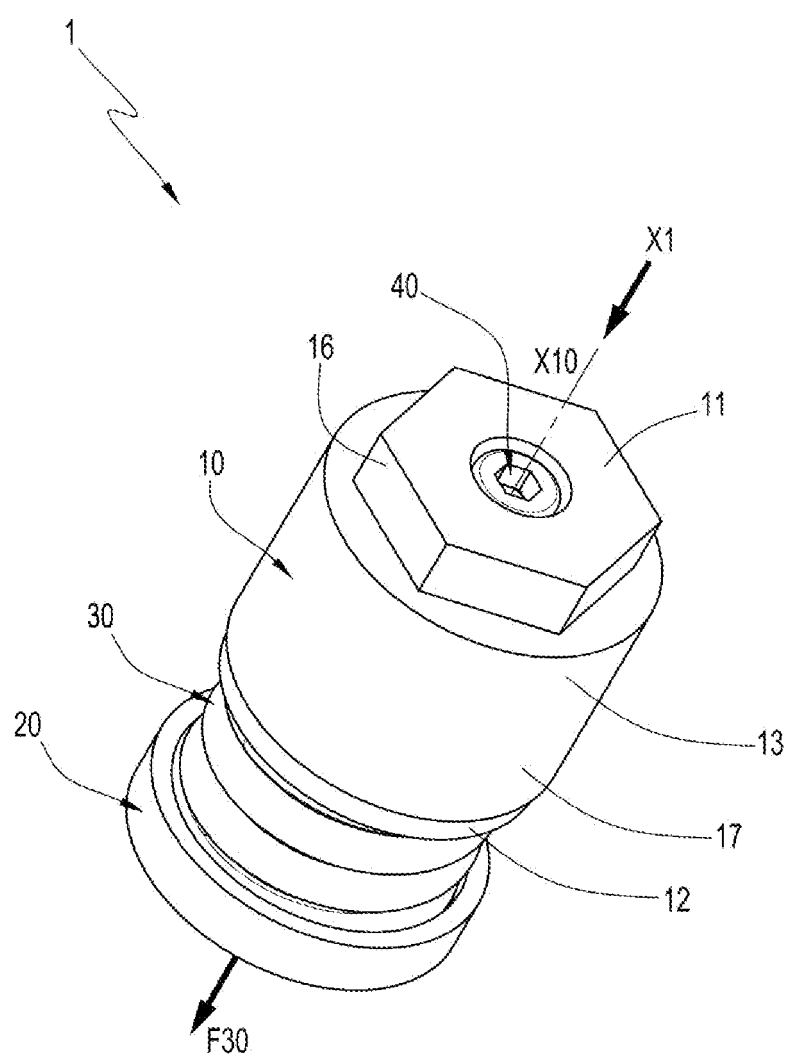
Utilisation selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14, comprenant en outre, préalablement à l'application de l'effort de compression initiale (F70) :

- une mise en appui de l'empilement (51) contre la paroi d'appui (63) suivant la direction de compression (X1) ; et
- une fixation d'une paroi de support (61) à la paroi d'appui (63), l'orifice de réception (64) étant formé au travers de la paroi de support (61), la fixation de la paroi de support (61) étant effectuée alors que l'empilement (51) est en appui contre la paroi d'appui (63) suivant la direction de compression (X1), de sorte que la paroi d'appui (63) soit disposée dans la direction de compression (X1) par rapport à la paroi de support (61) et que l'empilement (51) soit disposé entre la paroi de support (61) et la paroi d'appui (63).

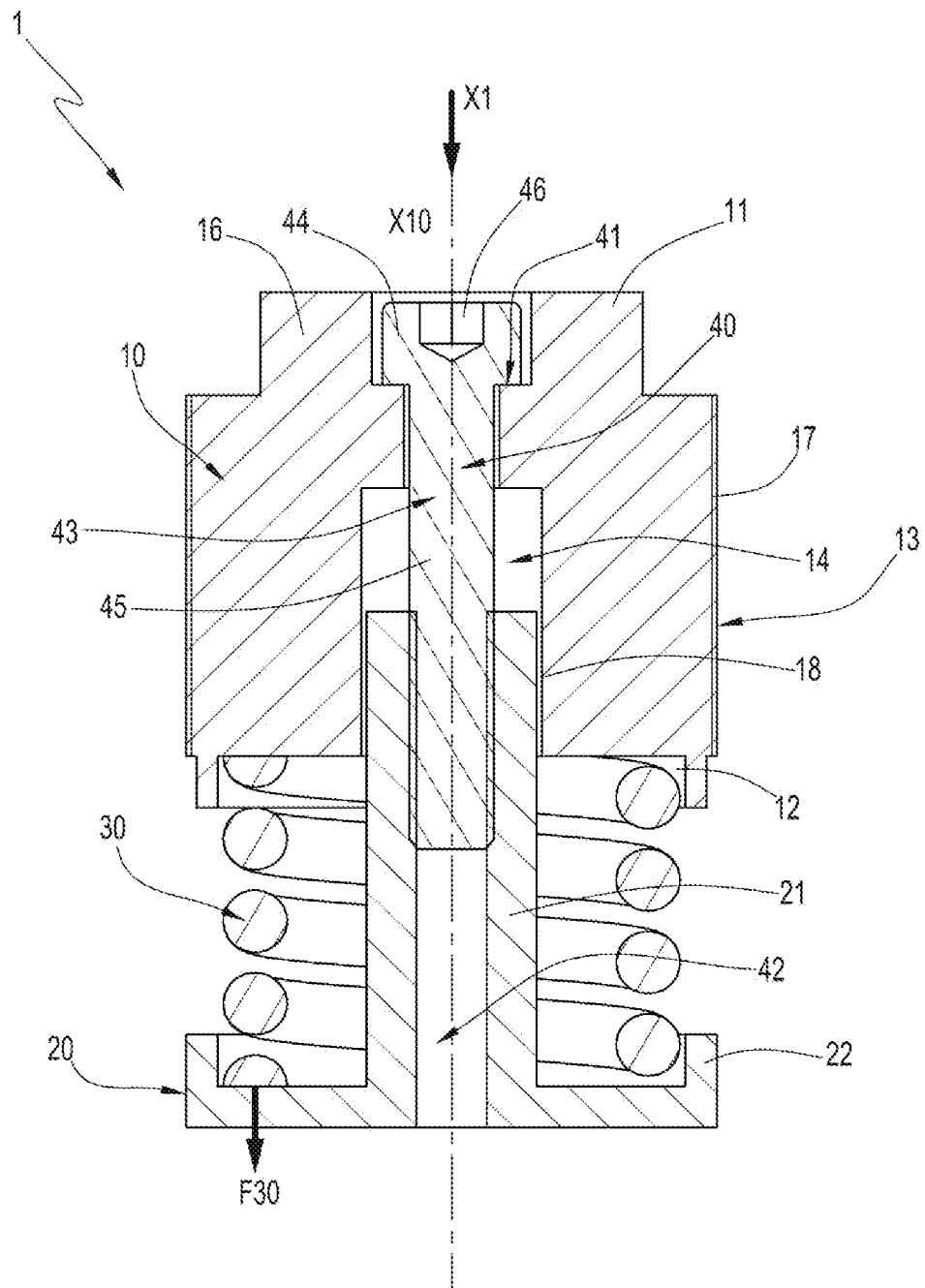
- [Revendication 16] Utilisation selon la revendication 15, dans laquelle l'insertion de la cartouche (1) dans l'orifice de réception (64) est effectuée alors que la fixation de la paroi de support (61) à la paroi d'appui (63) a déjà été effectuée, l'insertion de la cartouche (1) dans l'orifice de réception (64) étant effectuée suivant la direction de compression (X1), alors que l'effort de compression initiale (F70) est appliqué, jusqu'à ce que le pied (20) vienne en appui contre l'empilement (51) suivant la direction de compression (X1).
- [Revendication 17] Utilisation selon la revendication 15, dans laquelle la fixation de la paroi de support (61) à la paroi d'appui (63) est effectuée alors que l'insertion de la cartouche (1; 101) dans l'orifice de réception (64) a déjà été effectuée, de sorte que l'embase (10; 110) est déjà reçue dans l'orifice de réception (64) lors de la fixation de la paroi de support (61) la paroi d'appui (63).
- [Revendication 18] Utilisation selon la revendication 17, dans laquelle :
- l'insertion de la cartouche (1; 101) dans l'orifice de réception (64) est effectuée jusqu'à ce que l'embase (10; 110) soit dans une position reculée suivant la direction de compression (X1), par rapport à la paroi de support (61) ; et
 - l'utilisation comprend un déplacement de l'embase (10; 110) par rapport à la paroi de support (61), selon la direction de compression (X1), depuis la position reculée jusqu'à une position d'accostage, dans laquelle le pied (20; 120) vient en appui contre l'empilement (51) suivant la direction de compression (X1), le déplacement de l'embase (10; 110) étant effectué alors que l'embase (10; 110) est reçue dans l'orifice de réception (64), alors que la fixation de la paroi de support (61) a été effectuée, alors que l'effort de compression initiale (F70) est appliqué et avant d'effectuer la mise en configuration libérée de la cartouche (1; 101).
- [Revendication 19] Utilisation selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, comprenant en outre, préalablement à l'insertion de la cartouche (1; 101), une mise en configuration précontrainte de la cartouche (1; 101) en couplant la portion de retenue primaire (41) avec la portion de

retenue secondaire (42), afin de porter l'effort presseur (F30) à une valeur souhaitée pour le maintien en compression de l'empilement (51).

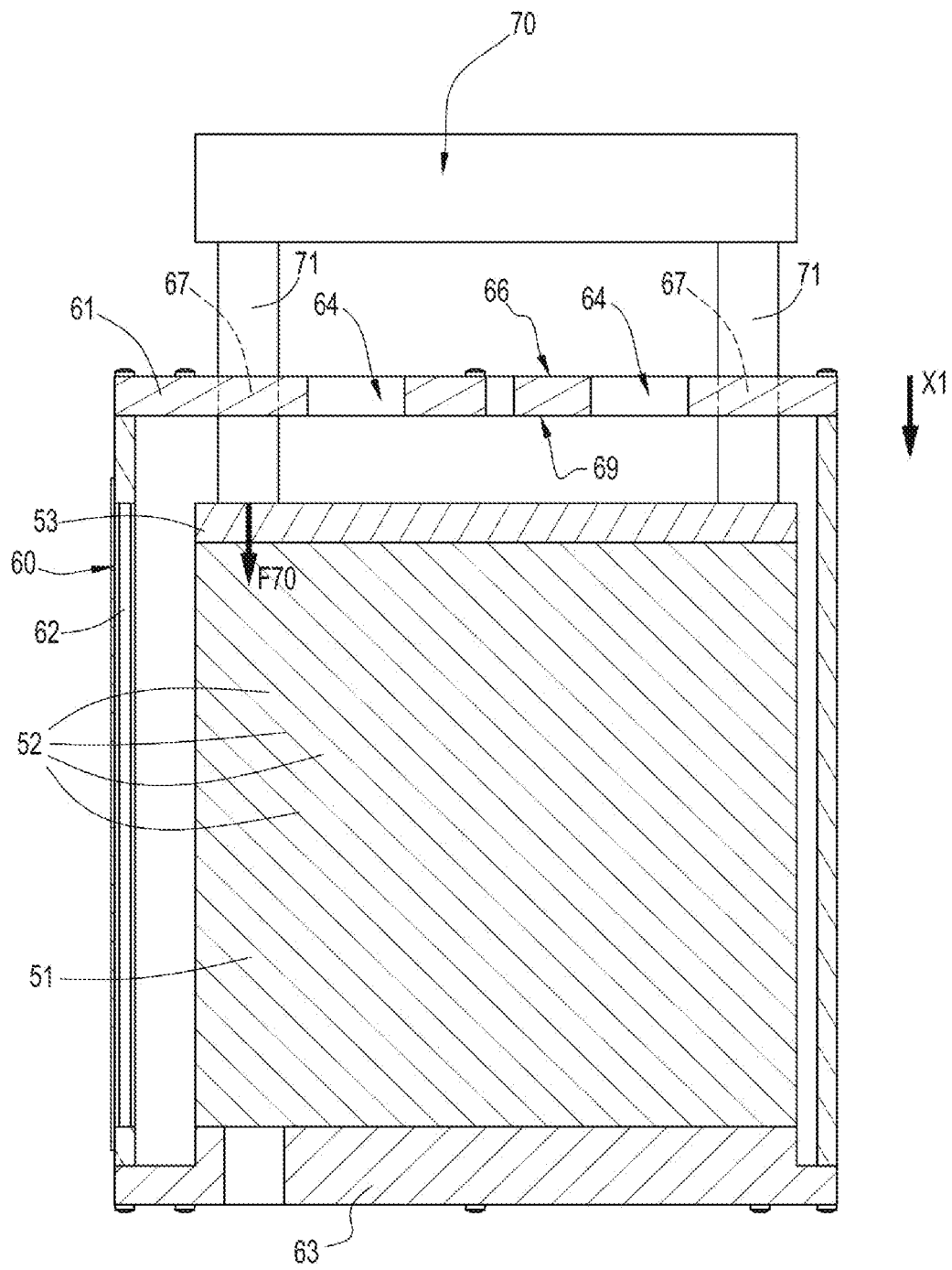
[Fig. 1]



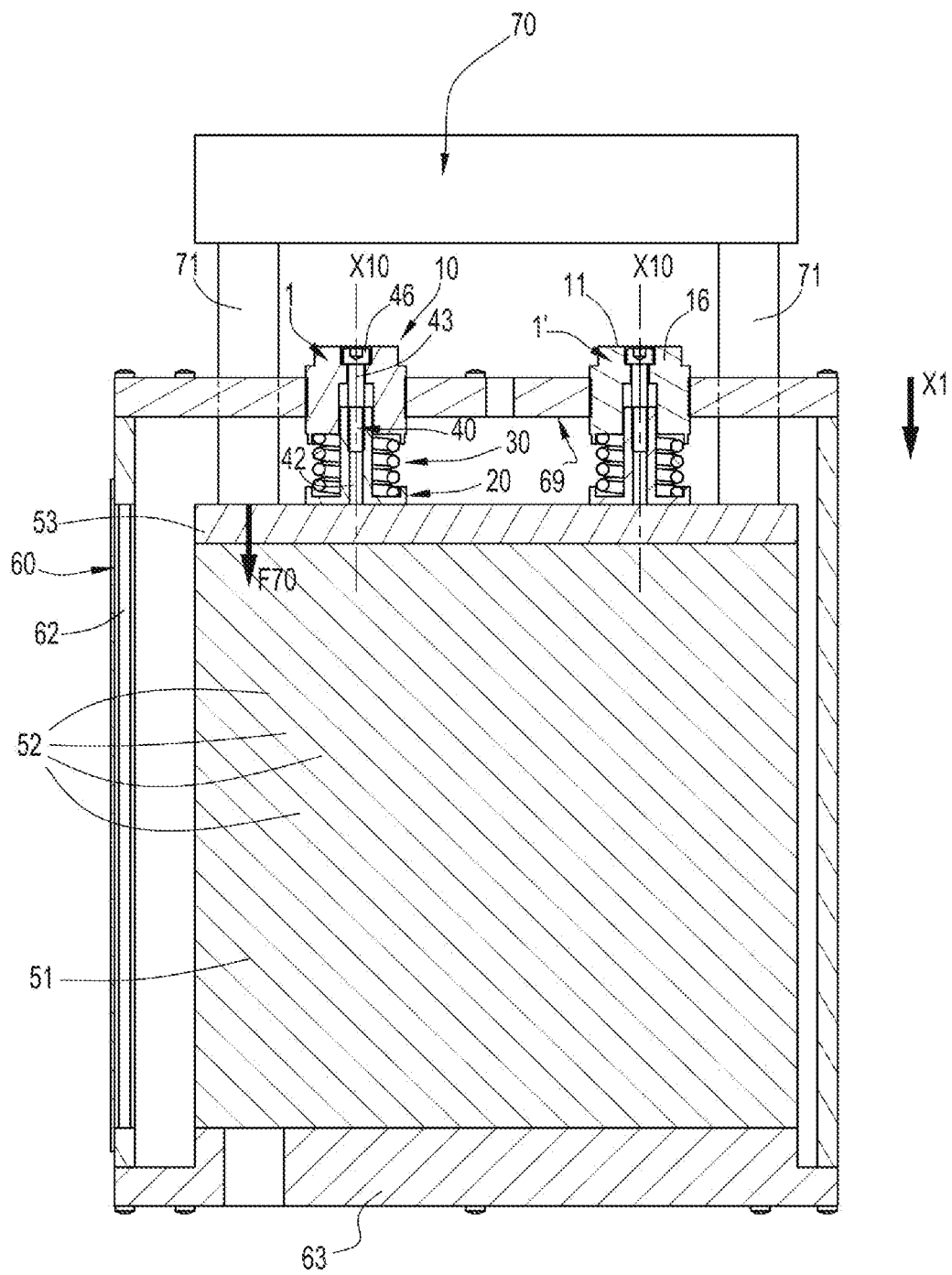
[Fig. 2]



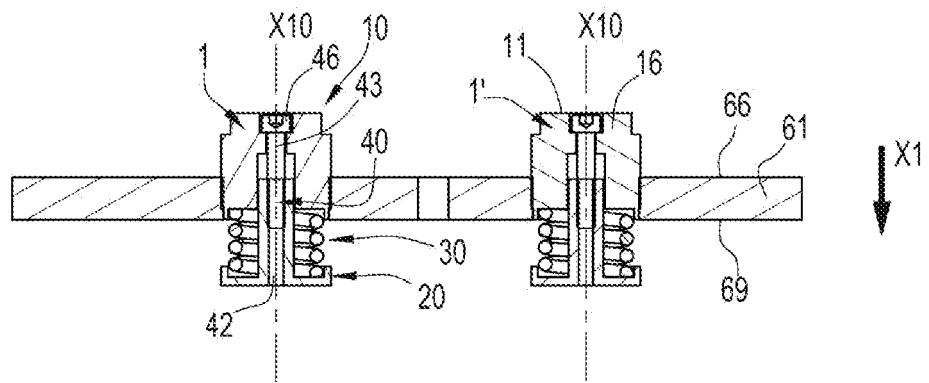
[Fig. 4]



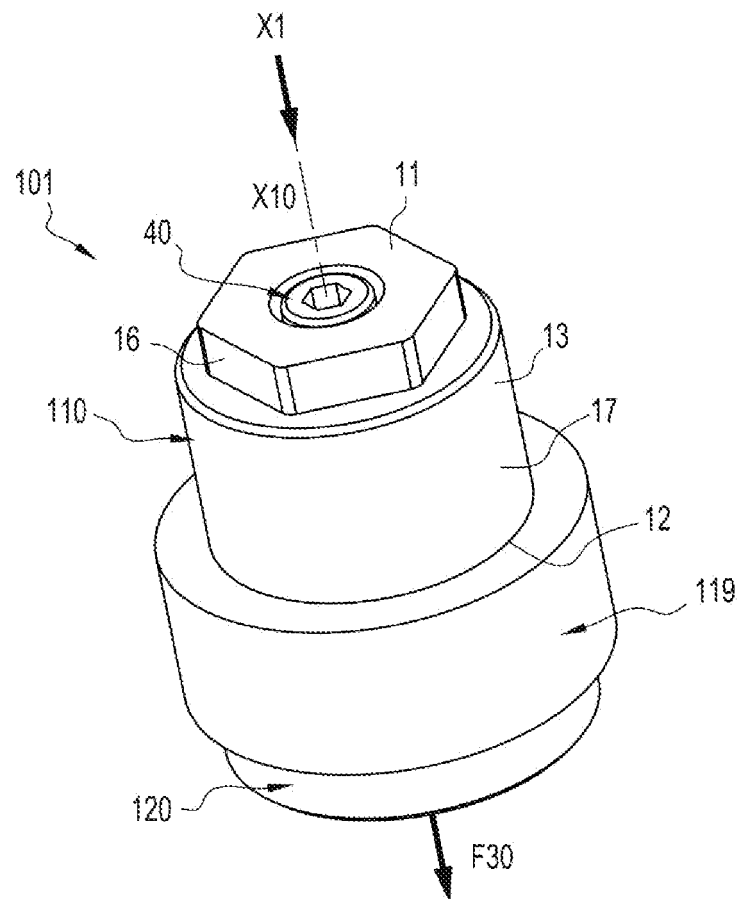
[Fig. 5]



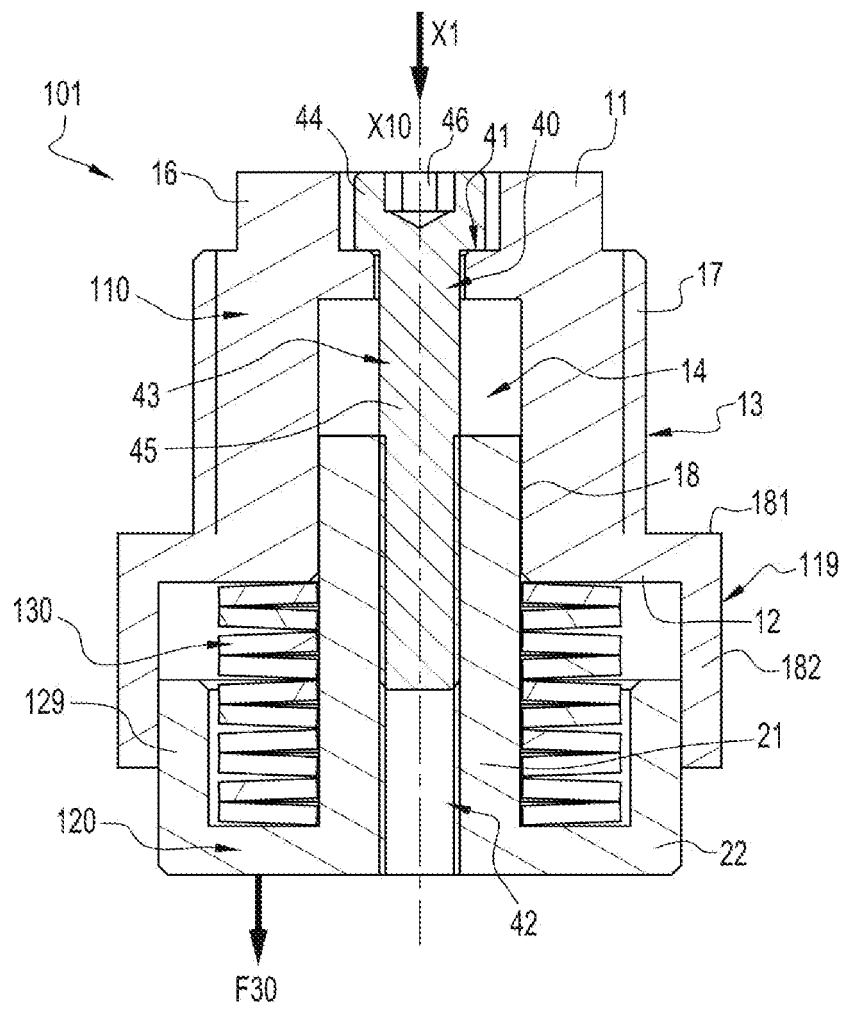
[Fig. 6]



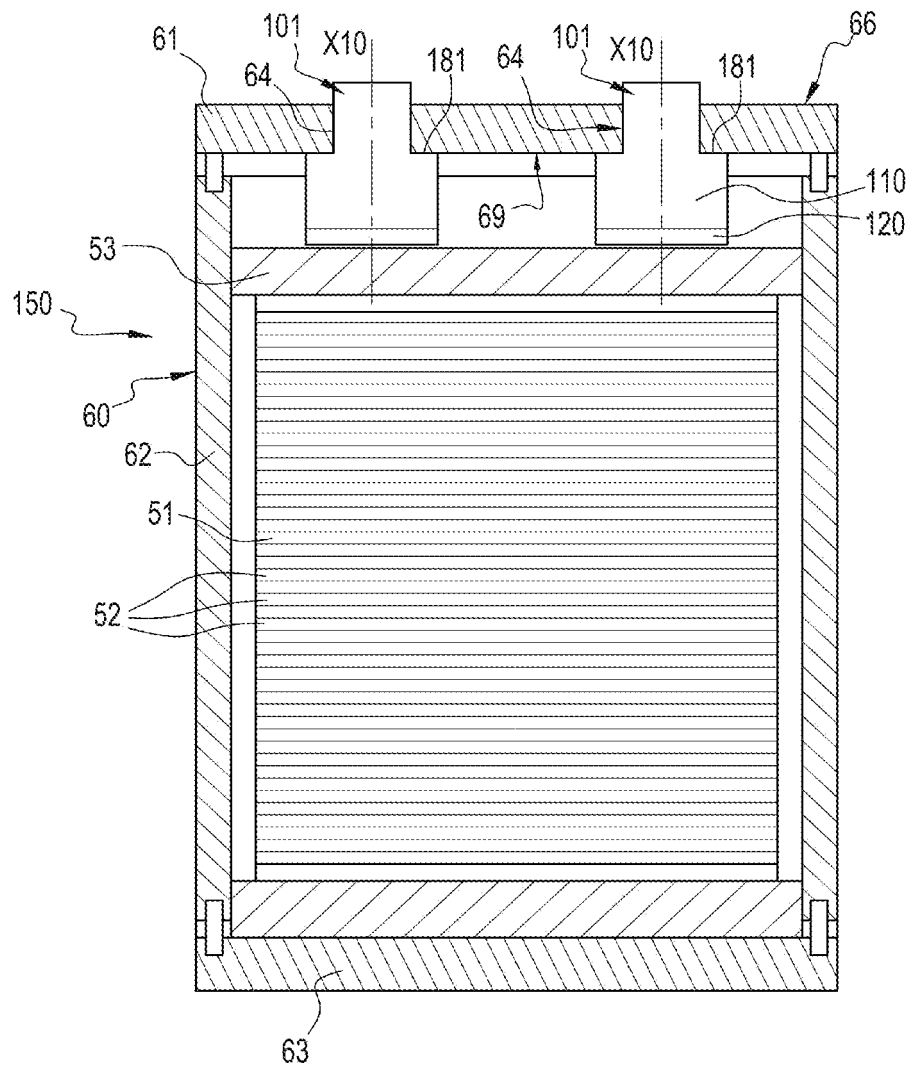
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 913975
FR 2213456

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2004/121216 A1 (BLANCHET SCOTT [US]) 24 juin 2004 (2004-06-24) * alinéas [0029] - [0047] * * figures 1-3 * -----	1-3, 7, 10-13	H01M 8/247
X	US 2009/176145 A1 (INAGAKI TOSHIYUKI [JP]) 9 juillet 2009 (2009-07-09) * alinéas [0025] - [0043] * * figure 1 * -----	1	
A	FR 3 100 932 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 19 mars 2021 (2021-03-19) * abrégé * * figures 4, 7 * -----	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 juillet 2023		Mercedes González	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2213456 FA 913975**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-07-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004121216 A1	24-06-2004	CN	1717830 A	04-01-2006
		EP	1590846 A1	02-11-2005
		JP	4153491 B2	24-09-2008
		JP	2006512730 A	13-04-2006
		US	2004121216 A1	24-06-2004
		WO	2004062017 A1	22-07-2004

US 2009176145 A1	09-07-2009	CA	2654503 A1	27-12-2007
		CN	101473485 A	01-07-2009
		DE	112007001515 T5	07-05-2009
		JP	5045880 B2	10-10-2012
		JP	2008004305 A	10-01-2008
		US	2009176145 A1	09-07-2009
		WO	2007148810 A1	27-12-2007

FR 3100932 A1	19-03-2021	CA	3150869 A1	25-03-2021
		EP	4013981 A1	22-06-2022
		FR	3100932 A1	19-03-2021
		JP	2022548921 A	22-11-2022
		WO	2021053288 A1	25-03-2021
