

⑤④ SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE DIHYDROGÈNE GAZEUX.

②② Date de dépôt : 20.12.16.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS
SAS Société par actions simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 22.06.18 Bulletin 18/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.01.22 Bulletin 22/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LEGLIZE LUDOVIC et GOUGEON
EMMANUEL.

⑦③ Titulaire(s) : AIRBUS SAFRAN LAUNCHERS SAS
Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



Arrière-plan de l'invention

5 L'invention concerne un système de génération de dihydrogène gazeux. Un tel système est notamment destiné à alimenter une pile à combustible afin de permettre la production d'énergie électrique.

Divers dispositifs de génération de dihydrogène permettant d'alimenter une pile à combustible sont connus de l'état de la technique.

10 Ces dispositifs incorporent typiquement un dispositif de chauffage ainsi qu'un matériau de stockage d'hydrogène. La chaleur produite par le dispositif de chauffage permet de transformer le matériau de stockage d'hydrogène et de libérer le dihydrogène gazeux.

De tels dispositifs présentent globalement un fonctionnement satisfaisant mais certains problèmes peuvent parfois survenir.

15 Un premier défaut des dispositifs connus est que le chargement du matériau de stockage d'hydrogène n'est pas toujours consommé dans son intégralité. Cette consommation partielle du chargement peut parfois se réduire à la consommation d'une quantité très minoritaire du chargement. De telles situations peuvent conduire à la génération d'une
20 quantité insuffisante de dihydrogène gazeux pour l'application visée, affectant ainsi la fiabilité des dispositifs concernés.

Un second défaut des dispositifs connus concerne le rendement de génération de dihydrogène. Il a en effet été constaté que, même
25 lorsque l'intégralité du chargement était consommée, le rendement de génération de dihydrogène pouvait parfois être inférieur au rendement initialement prévu, des espèces parasites étant générées et présentes dans la phase gazeuse produite.

Il existe donc un besoin pour fournir un système de génération de dihydrogène gazeux permettant d'obtenir, de manière fiable, la
30 consommation intégrale du chargement et le rendement de génération de dihydrogène souhaité.

Objet et résumé de l'invention

35 A cet effet, l'invention propose, selon un premier aspect, un système de génération de dihydrogène gazeux, comprenant au moins :

- un chargement d'un matériau de stockage d'hydrogène,

- un organe de chauffage configuré pour chauffer le chargement au niveau d'une zone de chauffage,

- un capteur de température en contact avec le chargement et situé à une distance non nulle de la zone de chauffage, et

5 - un module de commande configuré pour commander l'intensité du chauffage réalisé par l'organe de chauffage en fonction de la température mesurée par le capteur de température.

10 Il est recherché d'imposer au chargement lors de son initiation par l'organe de chauffage une température comprise dans une plage de température prédéterminée. En effet, une température suffisamment élevée doit être imposée afin d'obtenir une transformation auto-entretenu du chargement suite à la phase d'initiation et, par conséquent, une consommation complète de ce dernier. En outre, la température ne doit pas non plus être trop élevée afin de limiter, voire supprimer,

15 l'existence de réactions parasites et disposer ainsi d'un rendement de formation du dihydrogène amélioré. La température de l'organe de chauffage au niveau de la zone de chauffage ne correspond toutefois pas exactement à la température effectivement « vue » par le chargement. La valeur de ce différentiel de température est dans la pratique assez difficile

20 à prévoir car elle résulte de l'évolution du contact thermique entre l'organe de chauffage et le chargement lors du chauffage, cette évolution étant notamment liée au changement d'état du chargement. Le fait de positionner le capteur de température en contact avec le chargement, à une distance non nulle de la zone de chauffage, permet de mesurer la

25 température effectivement imposée au chargement durant la phase d'initiation et ainsi de contrôler si celle-ci se situe ou non dans la plage de température de travail souhaitée. La température mesurée par le capteur est transmise au module de commande qui contrôle, en fonction de cette mesure, l'organe de chauffage afin de réguler la température

30 effectivement « vue » par le chargement et faire en sorte qu'elle se situe dans la fourchette de température prédéterminée. L'invention permet ainsi de disposer d'un système permettant de réguler la température effectivement imposée au chargement durant la phase d'initiation, ce qui permet d'obtenir, de manière fiable, la consommation intégrale du

35 chargement et le rendement de dihydrogène gazeux souhaité.

Dans un exemple de réalisation, le capteur de température est présent à l'intérieur du chargement. En variante, le capteur de température est en contact avec une surface latérale externe du chargement. Cette dernière variante est spécialement adaptée au cas où le chargement présente un diamètre relativement faible.

Dans un exemple de réalisation, l'organe de chauffage est présent à l'intérieur du chargement. En particulier, le chargement définit un canal interne traversant dans lequel est présent l'organe de chauffage.

Dans un exemple de réalisation, le capteur de température est présent à l'intérieur du chargement et est situé à une position médiane entre l'organe de chauffage et une paroi latérale externe du chargement.

Selon une variante, l'organe de chauffage est situé à l'extérieur du chargement.

La présente invention vise également un ensemble destiné à produire de l'énergie électrique comprenant au moins :

- un système tel que décrit plus haut, et
- une pile à combustible comprenant une anode reliée audit système et une cathode reliée à une source de dioxygène gazeux.

La présente invention vise également un aéronef comprenant un ensemble tel que décrit plus haut.

La présente invention vise également un procédé de génération de dihydrogène gazeux mettant en œuvre un système tel que décrit plus haut, comprenant au moins une étape d'initiation du chargement durant laquelle l'organe de chauffage chauffe le chargement au niveau de la zone de chauffage afin de générer le dihydrogène gazeux.

La présente invention vise également un procédé de production d'énergie électrique mettant en œuvre un ensemble tel que décrit plus haut comprenant au moins une étape durant laquelle l'anode de la pile à combustible est alimentée par le dihydrogène gazeux généré selon le procédé décrit plus haut et durant laquelle la cathode de la pile à combustible est alimentée par du dioxygène gazeux.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de

l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente, de manière schématique, un exemple de système selon l'invention,

5 - les figures 2 à 5 représentent, de manière schématique, des variantes de systèmes selon l'invention, et

- la figure 6 représente, de manière schématique, un exemple d'ensemble selon l'invention permettant la production d'énergie électrique.

10 Description détaillée de modes de réalisation

On a représenté à la figure 1 un exemple de système 1 de génération de dihydrogène gazeux selon l'invention. Le système 1 comprend une cartouche comprenant un corps formé d'une paroi latérale 11, d'un premier fond 13 et d'un deuxième fond 15. Le corps renferme un
15 chargement 3 d'un matériau de stockage d'hydrogène. Le chargement 3 peut être sous forme solide. Le matériau de stockage d'hydrogène peut par exemple être du borazane (« ammonia borane »). Le chargement 3 peut comprendre, en plus du matériau de stockage d'hydrogène, un liant polymérique. Des matériaux utilisables pour constituer le chargement 3
20 destiné à produire le dihydrogène gazeux sont connus en soi et ne nécessitent pas d'être décrits plus en détails ici.

Le chargement 3 s'étend le long d'un axe longitudinal X qui correspond dans l'exemple illustré à l'axe longitudinal du corps. Le chargement 3 peut être de forme cylindrique et peut, plus généralement,
25 avoir une forme symétrique de révolution autour de l'axe X. D'autres formes sont toutefois possibles pour le chargement comme une forme parallélépipédique, par exemple. Dans l'exemple illustré, le chargement 3 est monobloc (i.e. constitué d'un seul bloc de matière). Dans une variante non illustrée, le chargement pourrait être sous la forme d'une pluralité de
30 blocs comprenant chacun le matériau de stockage d'hydrogène et positionnés le long de l'axe longitudinal du corps. Dans ce dernier cas, les blocs sont par exemple sous la forme de pastilles positionnées les unes à la suite des autres le long de l'axe longitudinal du corps. En variante encore et comme il sera décrit plus bas, le chargement peut être sous
35 forme granulaire. Le chargement 3 présente un diamètre D qui correspond

à sa plus grande dimension transversale mesurée perpendiculairement à l'axe longitudinal X.

Dans l'exemple de la figure 1, le chargement 3 définit un canal interne traversant 17 qui s'étend sur toute la longueur du chargement 3. Le chargement 3 présente ainsi une forme tubulaire. Le chargement 3 présente une surface latérale interne SL_1 délimitant le canal interne 17. Le canal 17 s'étend entre une première extrémité 19 située du côté du premier fond 13 et une deuxième extrémité 21 située du côté du deuxième fond 15. La deuxième extrémité 21 débouche à l'extérieur du corps au travers d'un ajour 15a ménagé dans le deuxième fond 15. Le dihydrogène gazeux est destiné à être libéré à l'extérieur du corps au travers de l'ajour 15a du deuxième fond 15. Le chargement 3 présente en outre une surface latérale externe SL_2 présente en regard de la paroi latérale 11 du corps, et éventuellement au contact de cette dernière.

Le système 1 illustré à la figure 1 comprend, en outre, un organe de chauffage 5 qui est configuré pour chauffer le chargement 3 afin de libérer le dihydrogène gazeux. Dans l'exemple considéré, l'organe de chauffage 5 est sous la forme d'un élément résistif chauffant. L'organe de chauffage 5 est logé à l'intérieur du chargement 3. L'organe de chauffage 5 est logé dans le canal traversant 17 dans l'exemple illustré. L'organe de chauffage 5 peut s'étendre sur une partie seulement de la longueur du canal 17, par exemple sur au plus la moitié de la longueur du canal 17. L'organe de chauffage 5 est présent du côté du premier fond 13 et donc du côté de la première extrémité 19 du canal 17. L'organe de chauffage 5 est, comme illustré, présent dans une zone médiane dans le sens de la largeur du chargement 3. Cette zone médiane correspond à la zone du chargement 3 délimitée par les plans Pa et Pb d'équation respective $y_a = 0,25D$ et $y_b = 0,75D$, où D désigne le diamètre du chargement et où y_a et y_b sont mesurés le long de la largeur du chargement en prenant comme origine un même point de la surface latérale externe SL_2 du chargement 3. Le premier fond 13 présente un premier ajour 13a qui est traversé par l'organe de chauffage 5. L'organe de chauffage 5 peut ou non être au contact du chargement 3. Dans l'exemple illustré, l'organe de chauffage 5 est au contact de la surface latérale interne SL_1 du chargement 3. L'organe de chauffage 5 est configuré pour chauffer le chargement 3 au niveau d'une zone de

chauffage Z_1 présente dans le canal interne 17. Ainsi, dans cet exemple, la zone de chauffage Z_1 est située à l'intérieur du chargement 3.

Le chauffage réalisé par l'organe de chauffage 5 permet d'initier le chargement 3 et de libérer le dihydrogène gazeux par transformation ou décomposition du matériau de stockage d'hydrogène. Le dihydrogène gazeux ainsi libéré s'écoule au travers du canal 17 en direction de la deuxième extrémité 21. L'écoulement du dihydrogène gazeux est symbolisé par la flèche F sur les figures. La présence du canal traversant 17 est avantageuse car elle permet d'employer la chaleur du dihydrogène gazeux pour initier le chargement 3 dans des zones relativement éloignées de l'organe de chauffage 5 et améliorer ainsi le rendement énergétique de génération du dihydrogène gazeux.

Le système 1 comprend en outre un capteur de température 7, comme un thermocouple, qui est dans l'exemple illustré situé à l'intérieur du chargement 3 et en contact avec ce dernier. Le capteur de température 7 peut, comme illustré, être « noyé » dans le chargement 3. Dans l'exemple illustré, le capteur de température 7 traverse un deuxième ajour 13b ménagé dans le premier fond 13, distinct du premier ajour 13a. Comme mentionné plus haut, la présence du capteur de température 7 au contact du chargement 3 à une distance non nulle d_1 de la zone de chauffage Z_1 permet de mesurer la température effectivement imposée au chargement 3. Le capteur de température 7 peut être présent entre l'organe de chauffage 5 et la paroi latérale externe SL_2 . Le capteur de température 7 n'est en particulier pas présent dans le canal traversant 17.

Dans la configuration illustrée à la figure 1, l'organe de chauffage 5 et le capteur de température 7 traversent une même face F1 du chargement 3. Plus précisément, l'organe de chauffage 5 s'étend dans le chargement 3 sur une première distance d_2 mesurée par rapport à la face F1 et le capteur de température 7 s'étend dans le chargement 3 sur une deuxième distance d_3 mesurée par rapport à la face F1 qui est inférieure à la première distance d_2 . Les première et deuxième distances d_2 et d_3 sont mesurées le long de l'axe longitudinal X. On pourrait, dans une variante non illustrée, placer le capteur de température au travers de la paroi latérale 11 du corps avec l'organe de chauffage présent au travers du premier fond 13. Lors de la fabrication du système 1, l'organe de chauffage 5 et le capteur de température 7 peuvent être introduits dans

des perçages réalisés dans le chargement 3 ou, en variante, le chargement 3 peut être moulé autour de ces éléments.

Le système 1 comprend en outre un module de commande M qui est relié au capteur de température 7 et à l'organe de chauffage 5. Le module de commande M comprend une entrée E reliée au capteur de température 7 et une sortie S reliée à l'organe de chauffage 5. Le module de commande M est configuré pour faire varier l'intensité du chauffage réalisé par l'organe de chauffage 5 au niveau de la zone de chauffage Z_1 , en fonction de la température mesurée par le capteur de température 7. Comme expliqué plus haut, la présence du module de commande M permet d'assurer que la température effectivement imposée au chargement 3 durant la phase d'initiation soit comprise dans une plage de température prédéterminée. Typiquement, lorsque le matériau de stockage d'hydrogène est du borazane, il est souhaitable que la température imposée au chargement 3 lors de l'initiation soit comprise entre 200°C et 300°C. Pour ce même matériau, la durée de la phase d'initiation peut typiquement être comprise entre 30 secondes et une minute.

Le module de commande M peut agir sur l'organe de chauffage 5 afin de réduire l'intensité du chauffage en réponse à la mesure effectuée par le capteur 7. Dans ce cas, le module de commande M peut commander l'organe de chauffage 5 afin que ce dernier continue de chauffer le chargement 3 à une intensité de chauffage plus faible. Cela permet de continuer d'apporter de la chaleur au chargement pour atteindre une transformation auto-entretenu tout en garantissant que la température du chargement est maintenue dans la plage prédéterminée. En variante, le module de commande M peut commander l'organe de chauffage 5 afin que le chauffage du chargement 3 soit arrêté. Ce dernier cas est d'intérêt lorsqu'il est considéré que l'organe de chauffage a déjà apporté au chargement 3 une quantité de chaleur suffisante pour permettre l'initiation souhaitée.

Le module de commande M peut en variante agir sur l'organe de chauffage 5 afin d'augmenter l'intensité du chauffage en réponse à la mesure effectuée par le capteur 7. Cela permet de garantir que suffisamment de chaleur est apportée au chargement pour atteindre une transformation auto-entretenu.

Le module de commande M peut par exemple comprendre un ordinateur équipé d'un logiciel, tel que LabView, programmé pour commander le chauffage réalisé par l'organe de chauffage 5 en fonction de la mesure de température effectuée par le capteur de température 7.

5 Dans la configuration de la figure 1, le capteur de température 7 peut être présent à une position médiane entre l'organe de chauffage 5 et la surface latérale externe SL_2 du chargement 3. Il faut comprendre par « position médiane » que la distance d_1 est comprise entre $0,25d_4$ et $0,75d_4$ où d_4 désigne la distance de l'organe de chauffage 5 à la surface latérale externe SL_2 du chargement 3. Les distances d_1 et d_4 sont mesurées perpendiculairement à l'axe longitudinal X du chargement 3 dans l'exemple de la figure 1. Un tel positionnement du capteur de température 7 permet d'améliorer davantage encore la précision de la régulation de température effectuée particulièrement dans le cas d'un chargement de diamètre limité, inférieur ou égal à 30 mm. Lorsque le diamètre du chargement est supérieur à 30 mm, voire supérieur ou égal à 45mm, il peut être avantageux de positionner le capteur de température à proximité de l'organe de chauffage, c'est-à-dire à une distance d_1 inférieure ou égale à $0,30d_4$.

20 La distance d_1 peut, comme illustré, être comprise entre $D/8$ et $3D/8$ où D désigne le diamètre du chargement 3.

L'exemple de système 10 illustré à la figure 2 est similaire à celui illustré à la figure 1 et diffère de ce dernier en ce qu'il comprend plusieurs capteurs de température 7a et 7b présents à l'intérieur du chargement 3. Chaque capteur 7a et 7b est situé à une distance non nulle de la zone de chauffage Z_1 et est relié au module de commande M. Dans ce cas, le module de commande M comprend une première entrée Ea reliée au premier capteur 7a et une deuxième entrée Eb reliée au deuxième capteur 7b. Le module de commande M comprend en outre une sortie S reliée à l'organe de chauffage 5. Les capteurs 7a et 7b sont dans l'exemple illustré chacun situés à une distance différente de la zone de chauffage Z_1 mais on ne sort pas du cadre de l'invention si les capteurs sont équidistants de la zone de chauffage Z_1 . Les capteurs 7a et 7b traversent un ajour distinct 13b ou 13c ménagé dans le premier fond 13.

35 La figure 3 illustre un système 110 où l'organe de chauffage 50 est situé à l'extérieur du chargement 31. Dans la configuration illustrée à

la figure 3, l'organe de chauffage 50 n'est pas au contact du chargement 31. L'organe de chauffage 50 est, dans l'exemple illustré, un laser permettant par focalisation de son faisceau sur la zone de chauffage Z_2 de réaliser l'initiation du chargement 31. Le chargement 31 peut par exemple être sous forme granulaire dans cette configuration. Le chargement granulaire 31 peut par exemple comprendre des granules de borazane. En variante, le chargement granulaire 31 peut comprendre des billes encapsulant de l'hydrogène, la paroi de ces billes étant apte à devenir perméable à l'hydrogène sous l'effet de la chaleur. Une telle paroi de billes peut par exemple être en silice ou polyuréthane. Dans la configuration illustrée à la figure 3, le premier fond 13 est transparent au rayonnement provenant du laser 50 afin de permettre l'initiation. Dans la configuration de la figure 3, la zone de chauffage Z_2 est située sur une surface externe de ce dernier. Le capteur 7 est présent dans le chargement 3 à une distance d_1 non nulle de la zone de chauffage Z_2 . Le capteur traverse un ajour 11a ménagé dans la paroi latérale 11 du corps. Dans l'exemple de la figure 3, la distance d_1 est mesurée selon l'axe longitudinal X du chargement 3.

La figure 4 illustre une variante de système 120 où l'organe de chauffage 51 est présent à l'extérieur du chargement 31. Le système 120 comprend un corps comprenant une paroi latérale 111 délimitant un volume intérieur dans lequel le chargement 31 et l'organe de chauffage sont présents 51. Le corps comprend en outre un premier fond 131 et un second fond 151. Dans cet exemple, l'organe de chauffage 51 est situé autour du chargement 31. L'organe de chauffage 51 est sous la forme d'un tube chauffant résistif. Le chargement 31 est sous forme granulaire dans l'exemple illustré. L'organe de chauffage 51 est configuré pour chauffer le chargement 31 au niveau d'une zone de chauffage Z_3 située sur la surface latérale externe SL_2 du chargement 31. Le capteur de température 7 est présent à l'intérieur du chargement 31 au contact de ce dernier et est situé à une distance non nulle d_1 de l'organe de chauffage 51. Le capteur de température 7 traverse le fond 131 au niveau de l'ajour 131a.

La figure 5 illustre une variante de système 130 dans lequel le capteur de température 70 est présent à l'extérieur du chargement 30 sur une surface latérale externe SL_2 de ce dernier. Dans cet exemple, l'organe

de chauffage résistif 55 est présent dans le canal interne traversant 170 du chargement 30. Le chargement 30 est dans cette configuration de diamètre relativement faible, ce qui permet de faire une mesure représentative de la température effectivement vue par le chargement en plaçant le capteur 31 à l'extérieur du chargement 30. Le capteur de température 70 est positionné au travers d'un ajour 11a ménagé dans la paroi latérale 11 du corps.

La figure 6 illustre un exemple d'ensemble 60 destiné à produire de l'énergie électrique comprenant un système 1 de génération de dihydrogène gazeux et une pile à combustible 61. La pile à combustible 61 comprend une anode 62 reliée audit système 1 par le canal 63, une cathode 64 reliée à une source de dioxygène gazeux 68 par le canal 65 et éventuellement un système de refroidissement 66. La présence du système de refroidissement 66 est optionnelle. La source de dioxygène gazeux 68 peut par exemple être un dispositif de stockage d'oxygène sous pression, par exemple sous la forme d'une bouteille d'oxygène sous pression. En variante, le dioxygène acheminé à la pile à combustible peut être prélevé dans l'air environnant. La pile à combustible 61 est configurée pour alimenter un dispositif 80 en énergie électrique. Cet ensemble 60 peut être présent dans un aéronef.

L'ensemble 60 de la figure 6 comprend une unique cartouche 1 de génération de dihydrogène. Bien entendu, dans une variante non illustrée, l'ensemble peut comprendre une pluralité de cartouches de génération de dihydrogène qui peuvent être activées indépendamment les unes des autres afin de générer la quantité de dihydrogène souhaitée pour l'application envisagée.

L'expression « compris(e) entre ... et ... » doit se comprendre comme incluant les bornes.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Système (1 ; 10 ; 110 ; 120 ; 130) de génération de dihydrogène gazeux, comprenant au moins :
- un chargement (3 ; 30 ; 31) d'un matériau de stockage d'hydrogène configuré pour libérer le dihydrogène gazeux par décomposition dudit chargement,
 - 10 - un organe de chauffage (5 ; 50 ; 51 ; 55) configuré pour chauffer le chargement au niveau d'une zone de chauffage (Z_1 ; Z_2 ; Z_3),
 - un capteur de température (7 ; 7a ; 7b ; 70) en contact avec le chargement et situé à une distance (d_1) non nulle de la zone de chauffage, et
 - 15 - un module de commande (M) configuré pour commander l'intensité du chauffage réalisé par l'organe de chauffage en fonction de la température mesurée par le capteur de température.
- 20 2. Système (1 ; 10 ; 110 ; 120) selon la revendication 1, dans lequel le capteur de température (7 ; 7a ; 7b) est présent à l'intérieur du chargement (3 ; 31).
- 25 3. Système (130) selon la revendication 1, dans lequel le capteur de température (70) est en contact avec une surface latérale externe (SL_2) du chargement (30).
- 30 4. Système (1 ; 10 ; 130) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'organe de chauffage (5 ; 55) est présent à l'intérieur du chargement (3 ; 30).
5. Système (1 ; 10 ; 130) selon la revendication 4, dans lequel le chargement (3 ; 30) définit un canal interne traversant (17 ; 170) dans lequel est présent l'organe de chauffage (5 ; 55).
- 35 6. Système (1) selon la revendication 4 ou 5, dans lequel le capteur de température (7) est présent à l'intérieur du chargement (3) et est situé

à une position médiane entre l'organe de chauffage (5) et une paroi latérale externe (SL₂) du chargement.

5 7. Système (110 ; 120) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'organe de chauffage (50 ; 51) est situé à l'extérieur du chargement (31).

8. Ensemble (60) destiné à produire de l'énergie électrique comprenant au moins :

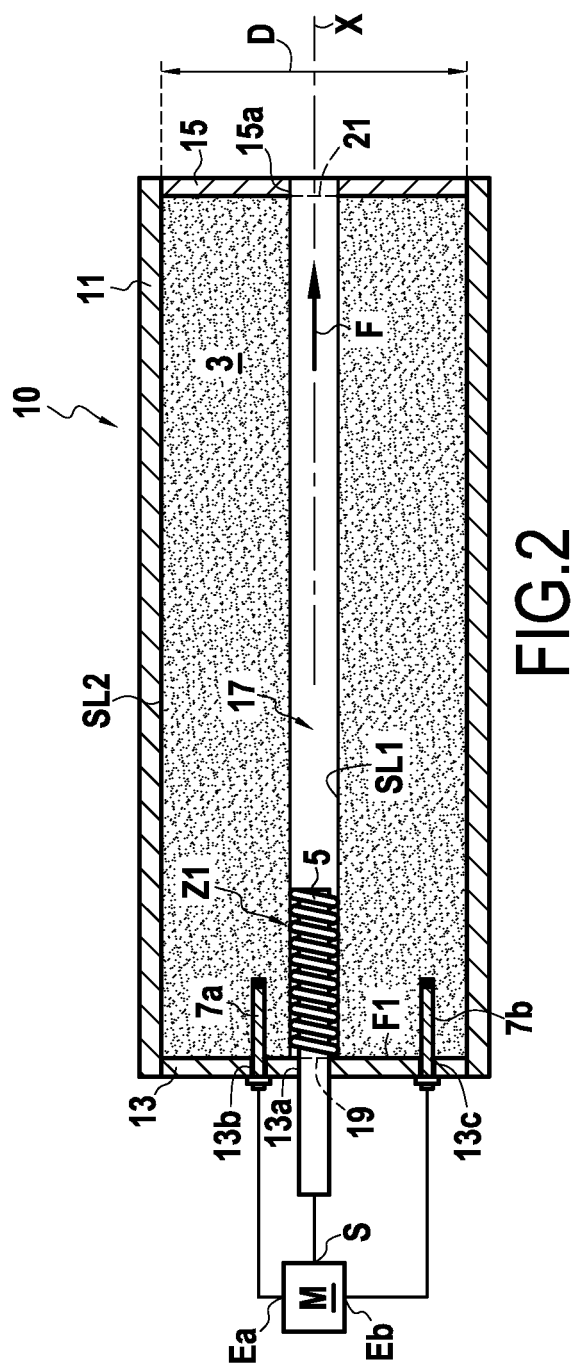
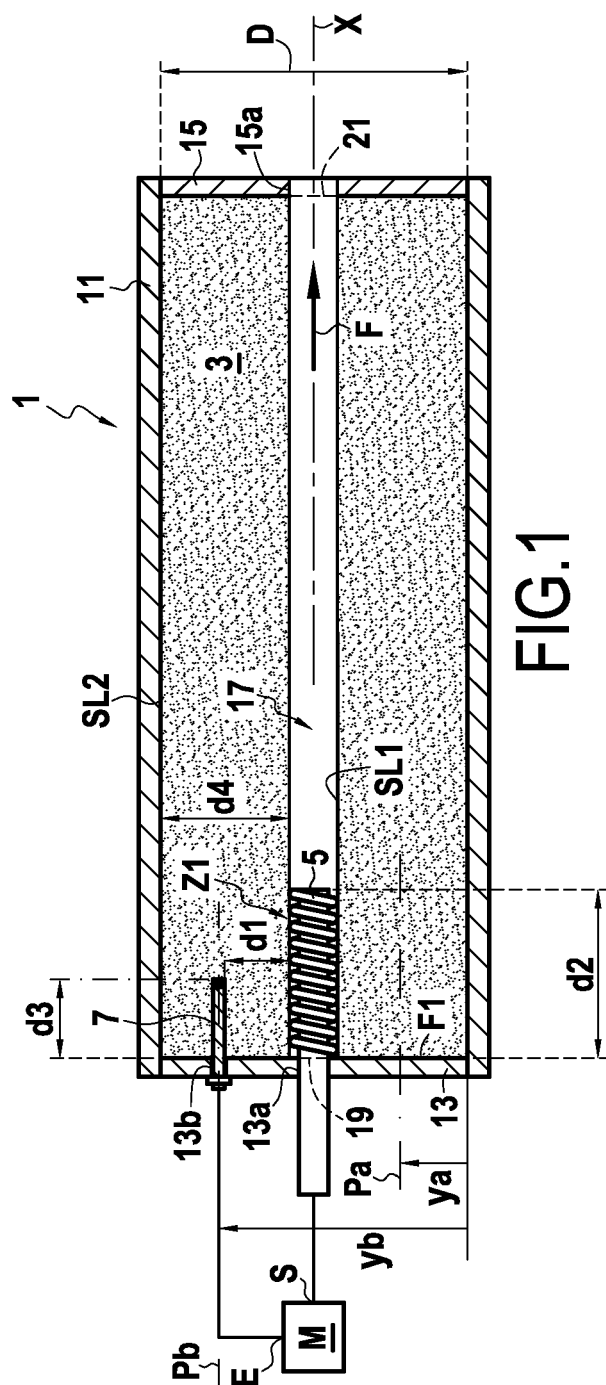
- 10 - un système (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, et
- une pile à combustible (61) comprenant une anode (62) reliée audit système et une cathode (64) reliée à une source de dioxygène gazeux (68).

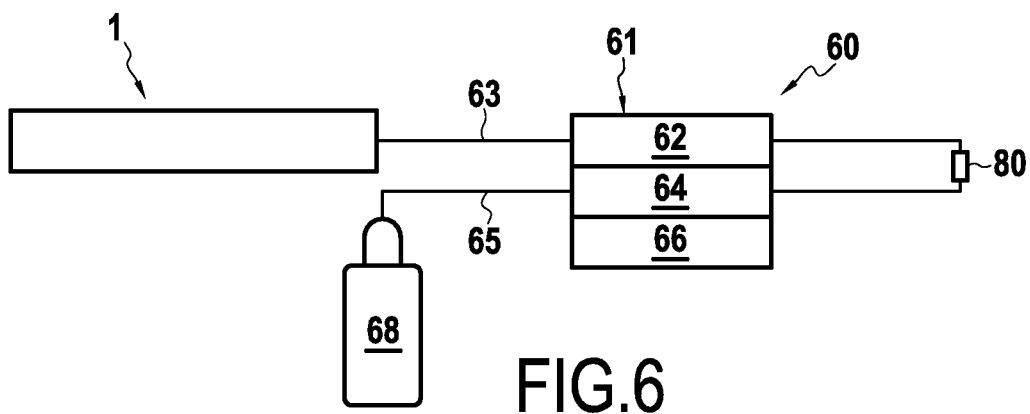
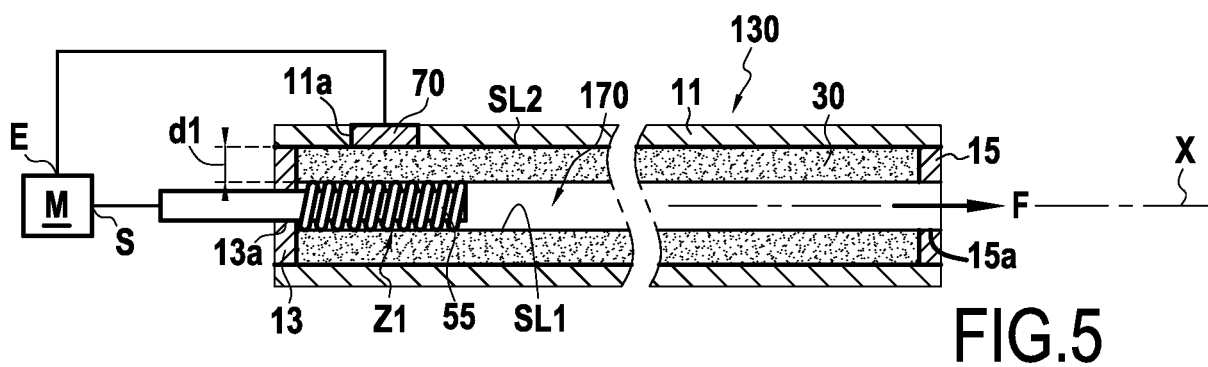
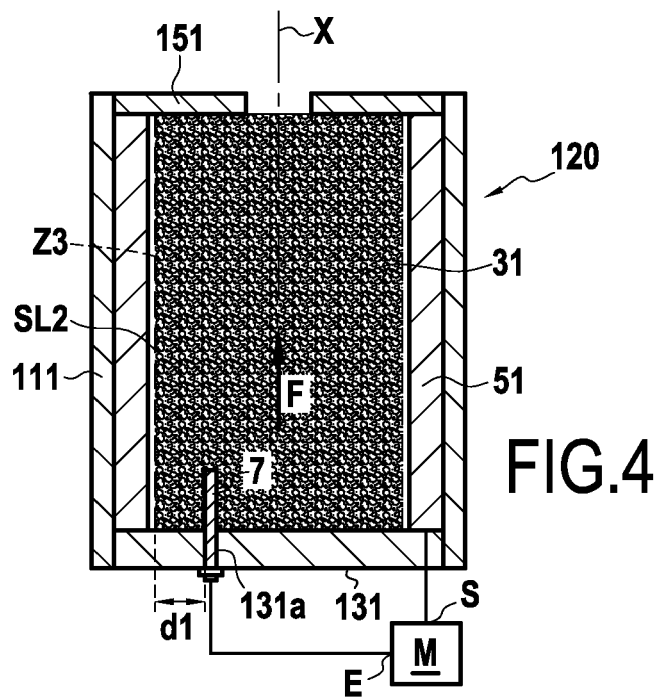
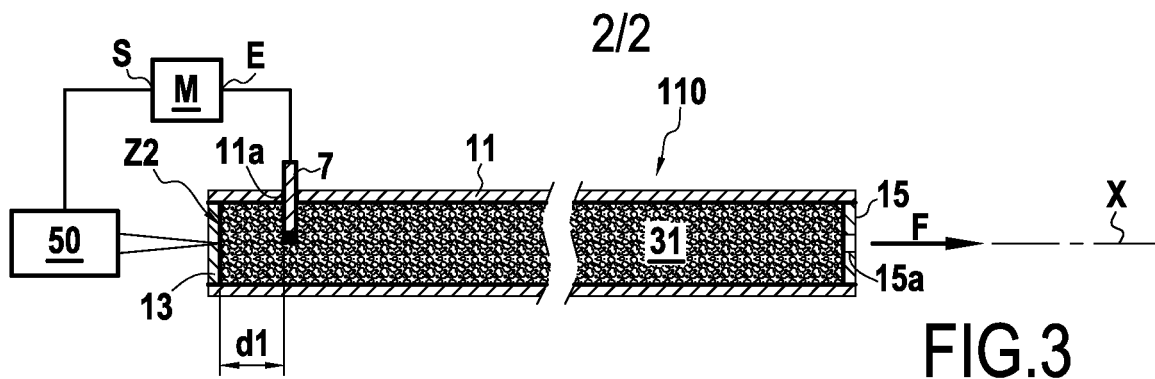
15 9. Aéronef comprenant un ensemble (60) selon la revendication 8.

20 10. Procédé de génération de dihydrogène gazeux mettant en œuvre le système (1 ; 10 ; 110 ; 120 ; 130) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant au moins une étape d'initiation du chargement (3 ; 30 ; 31) durant laquelle l'organe de chauffage (5 ; 50 ; 51 ; 55) chauffe le chargement au niveau de la zone de chauffage (Z₁ ; Z₂ ; Z₃) afin de générer le dihydrogène gazeux.

25 11. Procédé de production d'énergie électrique mettant en œuvre un ensemble (60) selon la revendication 8 comprenant au moins une étape durant laquelle l'anode de la pile à combustible (61) est alimentée par le dihydrogène gazeux généré selon le procédé de la revendication 10 et durant laquelle la cathode (64) de la pile à combustible est alimentée

30 par du dioxygène gazeux.





RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

US 2015/338260 A1 (STIMITS JASON L [US]) 26 novembre 2015 (2015-11-26)

US 2010/257873 A1 (MUELLER ULRICH [DE] ET AL) 14 octobre 2010 (2010-10-14)

US 2007/277436 A1 (JONES PETER B [GB] ET AL) 6 décembre 2007 (2007-12-06)

US 2005/129998 A1 (OKADA MASUO [JP] ET AL) 16 juin 2005 (2005-06-16)

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

NEANT

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

NEANT