

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.06.07.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.12.08 Bulletin 08/52.

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 :

71 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : SAINFLOU DAMIEN PIERRE.

73 Titulaire(s) :

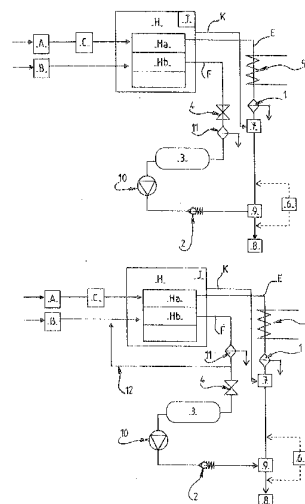
74 Mandataire(s) : CABINET WEINSTEIN.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE SECURISATION PASSIVE D'UN GROUPE ELECTROGENE EMBARQUE A PILE
A COMBUSTIBLE AVEC REGULATION DEPRESSURISEE AMELIORANT L'EFFICACITE DES PURGES.

57 L'invention concerne un procédé et un dispositif de
sécurisation passive d'un groupe électrogène embarqué à
pile à combustible avec régulation dépressurisée améliorant
l'efficacité des purges.

Le dispositif est caractérisé en ce que la ligne d'échap-
pement (F) du flux de sortie d'anode comprend un réservoir
tampon (3), un moyen de régulation (10) étant prévu à la
sortie du réservoir tampon (3) d'une part apte à assurer une
évacuation régulée de ce flux de sortie d'anode hors du rés-
ervoir tampon (3) et d'autre part apte à mettre la réserve
tampon en légère dépression par aspiration.

Utilisation pour la sécurisation passive de groupe élec-
trogène embarqué à pile à combustible, notamment sur vé-
hicule.



« Procédé et dispositif de sécurisation passive d'un groupe électrogène embarqué à pile à combustible avec régulation dépressurisée améliorant l'efficacité des purges»

5

La présente invention concerne le domaine des piles à combustible. Plus particulièrement, la présente invention concerne le domaine des groupes électrogènes embarqués à pile à combustible. L'utilisation de tels
10 groupes électrogènes embarqués s'est considérablement développée récemment, notamment dans le domaine des véhicules automobiles.

Il est connu qu'une pile à combustible, par exemple une pile à combustible à membranes échangeuses de protons
15 dite PEMFC, produit de l'électricité à partir de la réaction de synthèse de l'eau par combinaison d'oxygène et d'hydrogène.

Comme le montre la figure 1, illustrant le schéma simplifié d'une pile à combustible, l'oxygène, le plus
20 souvent provenant d'une source A, par exemple de l'air atmosphérique est acheminé, le cas échéant après humidification au poste C, vers la cathode Ha tandis que l'hydrogène, provenant d'une source B de stockage pure ou de la transformation d'un carburant hydrogéné est
25 acheminé à l'anode Hb d'une pile à combustible H pour produire de l'électricité G par réaction chimique. La température de cette pile à combustible est régulée par un système externe de régulation D de la température. A la sortie de la pile à combustible H, de la cathode Ha
30 sort par la ligne d'échappement E un mélange d'air humide appauvri d'environ 50% en oxygène et de l'eau produite lors de la réaction dans la pile à combustible. De l'anode, sort par la ligne d'échappement F un mélange d'hydrogène, d'azote et d'eau, ceci de façon continue ou
35 par intermittence lors de purges. En plus de ces deux évacuations, comme la pile à combustible présente des fuites inévitables en hydrogène, pour des raisons de

sécurité du fait de risque d'explosion, les fuites en hydrogène et de certains organes transportant de l'hydrogène peuvent être canalisées dans un carter J puis acheminées vers l'extérieur par un système actif de ventilation débouchant sur la ligne d'échappement K.

L'évacuation permanente d'hydrogène pour les besoins d'un bon fonctionnement de l'ensemble pile à combustible pose un problème notoire de sécurité pour celui-ci, notamment quand la pile à combustible est embarquée à bord d'un véhicule, problème qui peut être amplifié par certaines situations de vie du véhicule comme l'utilisation en intérieur, l'arrêt, l'entretien, l'accident etc...

Il est connu d'utiliser une réserve de gaz inerte pour assurer par exemple à l'arrêt du véhicule la mise hors fonctionnement du système à pile à combustible ou en cas d'arrêt d'urgence du système. Cette disposition concerne cependant la sécurisation active du système en cas de danger ou d'arrêt du système et non pas la sécurisation passive recherchée dans la présente demande de brevet en vue de prévenir les dérèglements de dégagement d'hydrogène pouvant être potentiellement dangereux au lieu de traiter une solution d'urgence.

Un tel dispositif à gaz inerte est connu du document JP-A-7029586 qui montre l'introduction dans une ligne de flux d'anode d'un mélange d'un gaz inerte et d'un gaz d'anode pour purger cette ligne, avec une concentration en hydrogène dans ce mélange inférieure à la limite d'explosivité. Pour la purge de la ligne de cathode, il est prévu un mélange de gaz de cathode et de gaz inerte. Ce document montre par ailleurs une boucle de recirculation entre la ligne d'échappement anode et la ligne d'alimentation anode.

Le document FR-A-2 870 390 décrit un dispositif de sécurisation d'un ensemble pile à combustible comportant un réacteur disposé en aval de la pile à combustible et apte à recombinaison l'hydrogène et l'oxygène en produisant

de l'eau et assurant ainsi une sécurisation passive. Ce document ne décrit pas de moyen quelconque de régulation de la concentration d'hydrogène. Il ne divulgue ainsi que l'utilisation par exemple de brûleurs catalytiques, de
5 moyens propres à éliminer l'hydrogène ou à le maintenir à une concentration inoffensive. Cependant le fonctionnement d'un brûleur catalytique est fortement perturbé quand le système pile à combustible subit des purges périodiques de la ligne anodique de ce système. En
10 effet, l'afflux soudain d'une forte concentration d'hydrogène élève la température à des niveaux trop importants pour être compatibles avec les matériaux utilisés dans le brûleur catalytique. Entre chaque purge, le brûleur catalytique voit sa température baisser et il
15 tend alors à se désactiver et la réaction de combustion de l'hydrogène est en conséquence réduite ou annulée.

Certaines propositions proposent le lissage préalablement à la consommation dans un brûleur catalytique, mais aucune de ces propositions ne s'est
20 avérée satisfaisante.

En plus du problème de sécurité dû à une trop forte concentration d'hydrogène dans le flux de sortie anode, s'ajoute un problème de bon fonctionnement du compartiment anodique de la pile en combustible.

25 En effet, lors des purges d'évacuation dans une réserve de régulation, cette réserve est initialement pressurisée autour de la pression atmosphérique car si celle-ci n'a pas été tout à fait vidée de la purge précédente elle est encore légèrement pressurisée. Elle
30 peut aussi avoir été mise en légère dépression lors de sa vidange. Au cours de la purge, la réserve se remplit et se pressurise à nouveau pour atteindre au maximum la pression motrice du remplissage c'est-à-dire la pression de la sortie anodique. Ainsi s'établit une contre
35 pression entre la réserve et le compartiment anodique ce qui ralentit le débit de purge en détériorant la qualité de la purge en rendant par exemple l'évacuation d'eau

moins efficiente et en entraînant un renouvellement moindre du mélange gazeux. Il est alors nécessaire d'augmenter le temps de purge pour maintenir la qualité de la purge. Du fait de l'ouverture de la vanne de purge, pendant celle-ci, la pression dans le compartiment anodique est abaissée et les performances de la pile sont donc amoindries. Il convient donc aussi de réduire cet inconvénient se produisant lors des purges.

Le problème à la base de la présente invention est, d'une part, d'assurer la sécurisation d'un ensemble pile à combustible pour les rejets d'hydrogène, cette sécurisation devant particulièrement tenir compte des irrégularités de débit d'hydrogène imputables aux purges s'effectuant dans le compartiment anode de la pile à combustible et d'autre part, de permettre un bon fonctionnement de la pile à combustible en réduisant les inconvénients se produisant lors des purges.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de sécurisation passive d'un ensemble pile à combustible, cet ensemble présentant un flux de sortie cathode, un flux de sortie anode et un flux de sortie de carter de pile destinés à être envoyés par exemple au moins en partie vers un brûleur catalytique, ce procédé comprenant les étapes suivantes :

-collecte d'au moins une partie du flux de sortie anode dans une réserve tampon,

-évacuation de la réserve tampon avec un débit de flux de sortie anode régulé tout en créant une dépressurisation dans cette réserve tampon,

-mélange du flux de sortie anode régulé avec le flux de sortie cathode, le cas échéant ce dernier étant préalablement mélangé avec le flux de sortie de carter,

-la régulation du débit d'évacuation de la réserve tampon étant effectuée en fonction d'un ou de plusieurs paramètres des divers flux de

sortie et/ou de conditions de fonctionnement de la pile et/ou d'un possible brûleur catalytique afin de toujours garantir une concentration en hydrogène inférieure à la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) dans le flux obtenu après mélange,

5 - conduite d'au moins une partie du flux après mélange par exemple vers un brûleur catalytique.

10 L'invention concerne aussi un dispositif de sécurisation passive d'un ensemble pile à combustible présentant une anode, une cathode et un carter de pile, une ligne d'échappement du flux de sortie de cathode, une
15 ligne d'échappement du flux de sortie d'anode et une ligne d'échappement du flux de sortie de carter de pile, ces flux étant dirigés au moins partiellement par exemple vers un brûleur catalytique, caractérisé en ce que la ligne d'échappement du flux de sortie d'anode comprend un réservoir tampon, un moyen de régulation étant prévu à
20 la sortie du réservoir tampon, d'une part, apte à assurer une évacuation régulée de ce flux de sortie d'anode hors du réservoir tampon et, d'autre part, apte à mettre la réserve tampon en légère dépression par aspiration.

Selon des caractéristiques additionnelles du
25 procédé, les mélanges des flux se font par effet venturi à l'aide d'un élément déprimogène et le procédé comprend une étape de contrôle des caractéristiques des flux juste avant et après mélange du flux anode et du flux cathode, ce mélange étant ensuite conduit au moins en partie par
30 exemple vers un brûleur catalytique.

Avantageusement, le moyen de régulation est une pompe volumétrique, à piston, à membrane ou péristaltique.

Préférentiellement, une électrovanne est disposée dans la ligne d'échappement du flux de sortie anode avant
35 la réserve tampon, cette électrovanne servant d'électrovanne de purge du compartiment anodique de la

pile à combustible et alimentant la réserve tampon en flux de sortie anode.

Avantageusement, dans le dispositif de sécurisation, la ligne d'échappement du flux de sortie anode régulé
5 rejoint la ligne d'échappement du flux de sortie cathode, ce dernier étant, le cas échéant, augmenté du flux de sortie carter de pile et le flux de sortie anode est mélangé avec au moins le flux de sortie cathode par une interface de mélange.

10 Préférentiellement, l'interface de mélange du flux de sortie cathode avec le flux de sortie anode régulé est à effet venturi déprimogène, c'est-à-dire qu'une des deux lignes d'échappement respectives comporte une partie, présentant un rétrécissement de section d'échappement,
15 disposée juste après que l'autre ligne d'échappement débouche dans cette ligne d'échappement et que, le cas échéant, le mélange du flux de sortie cathode avec le flux de sortie carter de pile a été effectué avec une interface de mélange similaire.

20 De préférence, le moyen de régulation de la réserve tampon est une pompe, ce moyen de régulation étant piloté par une logique de commande en fonction de divers paramètres.

Avantageusement, la régulation du débit d'évacuation
25 de la réserve tampon est effectuée en fonction d'un ou de plusieurs des paramètres suivants : paramètres de fonctionnement de l'ensemble pile à combustible comme courant produit, périodicité des purges de la zone anode, pression de la réserve tampon, concentration d'hydrogène
30 dans la réserve tampon et/ou la ligne d'échappement, taux d'humidité dans les lignes d'échappement, débit et concentration d'hydrogène dans la ligne d'échappement de sortie carter de pile, débit des lignes d'échappement, concentration d'oxygène dans la ligne d'échappement
35 cathode, paramètres de l'effet déprimogène généré par les débits des lignes d'échappement et le rétrécissement de la section de la ligne d'échappement réceptrice,

concentration en oxygène en amont de la jonction des flux anode et cathode et/ou concentration d'hydrogène en aval de la jonction des flux anode et cathode, concentration d'azote dans la ligne d'échappement anode.

- 5 Avantageusement, la ligne d'échappement du flux de sortie anode après le réservoir tampon comprend un clapet anti-retour, ce clapet empêchant, d'une part, la remontée de flux dans la réserve tampon en provenance de l'interface de mélange et en particulier de l'oxygène
10 présent dans la ligne d'échappement de flux de sortie cathode, et maintenant, d'autre part, la réserve tampon en dépression.

- La ligne d'échappement de flux de sortie anode présente en dérivation une boucle de recirculation
15 conduisant une partie du flux de sortie d'anode dans la ligne d'alimentation d'anode de la pile à combustible.

- La ligne d'échappement résultante après jonction des flux anode et cathode est dirigée par exemple vers un brûleur catalytique, cette ligne d'échappement comprenant
20 de préférence un ou des capteurs en aval de la jonction de même que sur une ou des lignes d'échappement en amont de la jonction, ces capteurs détectant des caractéristiques des divers flux, telles que concentration respective d'hydrogène, d'oxygène ou
25 d'azote dans les flux, taux d'humidité des flux, débit des flux etc..., afin de pratiquer une régulation optimisée d'un brûleur catalytique, de préférence, par une logique de commande associée.

- De préférence, au moins la ligne d'échappement de
30 sortie de flux anode de ce dispositif de sécurisation est logée dans un carter afin d'éviter toute fuite d'hydrogène vers l'extérieur, ce carter étant le cas échéant le carter de pile.

- L'invention concerne aussi l'utilisation d'un
35 dispositif de sécurisation passive tel que précédemment décrit pour un ensemble pile à combustible pour groupe

électrogène destiné à être embarqué, notamment sur un véhicule.

L'invention va maintenant être décrite plus en détail mais de façon non limitative en regard des figures annexées, dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un système pile à combustible avec son réseau d'alimentation et son réseau d'évacuation selon l'état de la technique,

- la figure 2 montre deux graphiques illustrant par deux courbes respectives l'évolution de la pression dans la pile à combustible et dans la réserve tampon respectivement sans et avec dépressurisation,

- la figure 3 est une représentation schématique d'un ensemble pile à combustible avec son réseau d'alimentation et son réseau d'évacuation conformément à un mode de réalisation selon la présente invention,

- la figure 4 est une représentation schématique d'un ensemble pile à combustible avec son réseau d'alimentation et son réseau d'évacuation présentant une boucle de recirculation conformément à un autre mode de réalisation,

- la figure 5 est un graphique donnant les émissions d'hydrogène en situation de purges non régulées et avec régulation en fonction du temps, et

- la figure 6 est une représentation schématique du circuit de régulation selon un mode de réalisation de la présente invention avec une boucle de recirculation et une pompe d'évacuation pilotée.

La figure 1 a déjà été détaillée dans la partie introductive de la présente description.

La figure 2 montre deux graphiques illustrant l'évolution de la pression dans la pile à combustible et dans une réserve se trouvant sur la ligne d'échappement du flux de sortie anode respectivement sans et avec dépressurisation, le graphique avec dépressurisation

montrant l'effet obtenu par un procédé et un dispositif selon l'invention.

Le premier graphique illustre l'état de la technique et présente deux courbes montrant
5 respectivement la variation de pression au cours du temps dans le compartiment anodique (courbe la plus élevée en pression) et dans une réserve se trouvant sur la ligne d'échappement du flux de sortie anode où les flux de purges sont dirigés (courbe la moins élevée en pression).
10 Ces courbes ont été obtenues dans le cas où il n'y a pas de dépressurisation du réservoir.

Le compartiment anodique est généralement pressurisé à 0,5 bar relatif au dessus de la pression atmosphérique et sa pression est maintenue sensiblement
15 constante quand il n'y a pas de purge, comme le montre la courbe du haut du premier graphique avant la purge. Dans le même temps, la pression dans le réservoir peut avoir baissé du fait de sa vidange et il subsiste dans celle-ci une dépressurisation, comme le montre la courbe du bas du
20 premier graphique avant la purge.

Il est connu que dans le compartiment anodique de la pile à combustible en fonctionnement s'accumule de l'eau représentant un facteur d'obstruction des zones actives de la membrane de la pile à combustible et donc
25 un facteur de diminution de la performance de la pile. Cela s'applique aussi pour l'accumulation d'azote dans ce compartiment anodique. Il convient donc de procéder à des purges avec une fréquence dépendante des paramètres de fonctionnement de la pile à combustible et du niveau
30 d'accumulation de l'eau et des gaz dans le compartiment anodique.

Au début de la purge du compartiment anodique, la pression chute brusquement dans ce compartiment et augmente dans la réserve. Comme déjà précédemment indiqué
35 il s'établit une contre pression entre la réserve et le compartiment anodique qui ralentit le débit de purge. La pression dans le compartiment anodique ne chute pas de

façon optimale et le temps T_{psd} de purge est augmenté, comme le montre la courbe du haut du premier graphique. Ceci a le désavantage notoire de maintenir la pile à combustible dans des conditions de purge qui sont défavorables à son bon fonctionnement.

Ainsi pour le bon fonctionnement de la pile, il devra être procédé à des purges efficaces du compartiment anodique et le temps de purge devra être réduit au maximum.

Ceci est réalisé avec le dispositif de sécurisation de la présente invention qui présente donc en outre l'avantage de résoudre le problème de la perturbation du fonctionnement de la pile à combustible, comme il va être montré ci-après.

La figure 3 montre trois lignes d'échappement de l'ensemble pile à combustible H, sans boucle de recirculation amenant une partie du flux de sortie d'anode vers la ligne d'alimentation anode de la pile à combustible. Cette disposition conformément à la figure 3 est appelée « Dead end » ou à échappement sans recyclation.

Une première ligne d'échappement E évacue le flux de sortie cathode H_a par exemple vers un brûleur catalytique 8 disposé à la fin de cette ligne E. A cette ligne sera jointe d'autres lignes d'échappement comme on le verra par la suite. Cette première ligne E peut comprendre optionnellement un moyen de condensation 5 de l'eau dans le flux évacué suivi d'un moyen de récupération 1 de cette eau.

Une seconde ligne d'échappement K évacue le flux de sortie carter J de pile consistant essentiellement en des fuites produites dans l'ensemble pile à combustible H et issu du système d'extraction des fuites consistant en un carter J avec une ventilation d'évacuation. Cette seconde ligne K débouche dans la première ligne E et les deux flux sont mélangés dans une interface de mélange 7 par effet venturi déprimogène où la première ligne E présente

une partie de section rétrécie, disposée juste après l'introduction du flux de la seconde ligne K dans la première, ce qui permet de créer une zone centrale de dépression due à la vitesse circonférentielle et d'obtenir un mélange des deux flux plus rapide et plus homogène. L'interface de mélange 7 aide aussi à la ventilation du carter pile en créant une dépression sur la ligne d'échappement K du flux de sortie du carter J de pile en aval de la ventilation du carter J de pile.

10 Le flux résultant du mélange des flux de sortie cathode et de sortie carter pile est appelé flux moteur. Du fait de l'incorporation du flux de sortie carter dans la première ligne E d'échappement, le mélange résultant présente un appoint d'air de dilution pour la première
15 ligne E d'échappement ce qui sera utile quand le flux de cette première ligne E d'échappement sera mélangé avec le flux de sortie anode comme on le verra ci-après.

La troisième ligne F d'échappement concerne le flux de sortie de l'anode Hb. Comme déjà mentionné, ce flux
20 contient de l'hydrogène émis de façon brutale avec une fréquence et une durée souvent variables selon les conditions de fonctionnement de la pile à combustible H, en plus de l'accumulation d'eau et d'azote. La troisième ligne F d'échappement dirige le flux de sortie de l'anode
25 Hb vers une électrovanne 4, servant d'électrovanne de purge du compartiment anodique de la pile à combustible H, puis, optionnellement par un moyen de condensation de l'eau avec un moyen de récupération 11 de l'eau, par exemple un séparateur de phase. Ensuite cette ligne F
30 d'échappement débouche sur une réserve tampon 3 qui est une caractéristique essentielle de la présente invention. Le flux est alors pressurisé dans cette réserve tampon 3 et peut s'évacuer régulièrement de cette réserve tampon 3 entre deux purges d'anode par un moyen de régulation 10.
35 Le flux de sortie anode ainsi régulé est acheminé vers une deuxième interface de mélange 9 à effet venturi semblable à celle décrite précédemment et permettant

l'aspiration par dépression du flux par une jonction flux anode/flux moteur déprimogène comme précédemment cité. Cette interface de mélange 9, comme l'interface de mélange 7 empêche par effet venturi les remontées dans l'une ou l'autre des deux lignes E, F d'échappement et aide à la vidange de la réserve tampon 3 en créant une dépression sur la ligne F d'échappement de sortie anode an aval du moyen de régulation 10 de la réserve tampon 3. Il est à noter que dans une disposition conformément à la figure 3 à échappement sans recyclage, la réserve tampon 3 peut servir de séparateur de phase en complément ou au lieu du séparateur de phase 11. Dans ce cas, cette réserve tampon 3 présente avantageusement un drain avec une électrovanne 13 comme montré à la figure 6 à laquelle on se reportera pour la description de ce drain.

Un clapet anti-retour 2 est intercalé entre la réserve tampon 3 et l'interface de mélange 9. Il est à noter que si ce clapet anti-retour 2 est de préférence disposé après le moyen de régulation 10, il peut aussi être placé entre la réserve tampon 3 et ce moyen de régulation 10 quand ce dernier le permet. Le but de ce clapet anti-retour 2 est d'éviter une remontée de gaz de l'interface de mélange 9 et notamment d'oxygène de la ligne E d'échappement du flux de sortie cathode vers la réserve tampon 3, ce qui pourrait provoquer la création d'un mélange explosif oxygène-hydrogène. Ce clapet anti-retour 2 renforce donc le rôle anti-remontée de l'interface de mélange 9 à effet venturi disposée en aval. Ce clapet anti-retour 2 a aussi pour rôle de maintenir la dépression dans la réserve tampon en complément du moyen de régulation.

D'une part, le but de la présente invention est de réguler la partie du flux de sortie anode se trouvant dans la réserve tampon 3 et destinée à être mélangée au flux de sortie cathode, préférentiellement mélangé en amont avec le flux de sortie du carter J de pile afin que la concentration d'hydrogène dans le mélange soit limitée

à une concentration inférieure à une fraction, par exemple 50%, de la limite inférieure d'explosivité (LIE). Cette limite est de 4% dans l'air sec et donc dans ce cas pour une limitation à 50% c'est-à-dire à la moitié de la LIE, la concentration d'hydrogène ne devra pas dépasser 2%. Cependant cette limite peut varier selon l'humidité contenue dans les flux et il faudra donc tenir compte de cette variation pour l'adéquation du moyen de régulation avec la concentration d'hydrogène à obtenir dans le mélange.

D'autre part, le but de la présente invention est de maintenir la réserve tampon sous dépression afin d'augmenter l'efficacité des purges dans le compartiment anodique.

Les divers paramètres à prendre en ligne de compte pour effectuer une telle régulation de la concentration en hydrogène sont nombreux. On pourra citer sans être limitatif les paramètres suivants : paramètres de fonctionnement de l'ensemble pile à combustible H comme courant produit, température, débits d'alimentation de cette pile, périodicité des purges de la zone anode, pression dans la réserve tampon 3, concentration d'azote dans le flux de sortie anode, concentration d'hydrogène dans la réserve tampon 3 et/ou la ligne F d'échappement, taux d'humidité dans les lignes d'échappement E, F, K débit et concentration d'hydrogène dans les lignes E, F, K d'échappement, concentration d'oxygène dans la ligne E d'échappement cathode, débit d'extraction du carter J de pile, paramètres de l'effet déprimogène généré par les débits des lignes E, F, K d'échappement et le rétrécissement de la section de la ligne d'échappement réceptrice, concentration en oxygène en amont de la jonction des flux anode et cathode et/ou concentration d'hydrogène en aval de la jonction des flux anode et cathode.

Pour atteindre le but de la présente invention comme défini plus haut, il est possible d'utiliser un

moyen de régulation piloté par une logique de commande prenant en compte les nombreux paramètres pouvant agir sur la concentration en hydrogène. En particulier, les paramètres de fonctionnement de la pile à combustible peuvent être importants pour déterminer les concentrations en hydrogène et en oxygène dans les flux respectifs ce qui joint aux paramètres de débit dans les divers lignes E, F, K d'échappement et aux paramètres de l'effet déprimogène de l'interface de mélange 9 permettent de déterminer la concentration maximale d'hydrogène dans le flux de sortie anode régulé. La concentration d'azote dans la partie du flux de sortie anode amené au réservoir tampon 3 est aussi un paramètre important. Cette concentration en recirculation peut atteindre 30 à 70% et doit être prise en considération. En effet, plus cette concentration est élevée dans la partie du flux anode amenée au réservoir tampon 3, plus rapide peut être l'évacuation de ce réservoir tampon 3 par le moyen de régulation 10 adéquat car la concentration en hydrogène injecté dans la ligne F d'échappement après le moyen de régulation 10 est plus faible à même débit volumique. Le taux d'humidité dans la ligne F d'échappement du flux de sortie anode est aussi à considérer car il présente un impact direct sur la limite inférieure d'explosivité et en conséquence le taux d'injection acceptable d'hydrogène est à adapter en fonction de la valeur obtenue en temps réel pour assurer un mélange ne présentant aucun risque d'explosion. Vu le nombre important de paramètres à prendre en compte en temps réel, une telle commande du moyen de régulation 10 ne peut se faire qu'avec une logique de commande, non montrée aux figures. La présence de nombreux capteurs est nécessaire sur les diverses lignes E, F, K d'échappement du flux de sortie des électrodes et de sortie du carter de pile. On pourra citer par exemple les capteurs 6 en amont et en aval de l'interface de mélange 9 mesurant respectivement la concentration en oxygène en amont de la

jonction des lignes E et F d'échappement et la concentration en hydrogène en aval de cette jonction pour assurer une régulation optimisée de l'injection en hydrogène.

5 Le moyen de régulation préféré de la présente invention et commandé par une logique de commande est par exemple une pompe volumétrique. Cette pompe volumétrique peut être à piston, à membrane ou péristatique.

10 Le mélange après la jonction des deux lignes E et F d'échappement anode et cathode ou des deux lignes anode et moteur quand la ligne K d'échappement sortie carter a été préalablement jointe à la ligne E d'échappement cathode est conduit par exemple vers un brûleur catalytique 8 avec des concentrations en hydrogène et en
15 oxygène assurant son fonctionnement optimal quelles que soient les conditions d'opération de la pile à combustible.

En revenant à la figure 2 second graphique, on constatera mieux les avantages apportés par le moyen de
20 régulation assurant une dépressurisation dans la réserve tampon 3. Contrairement, aux courbes du premier graphique, lors d'une purge aucune contre pression venant de la réserve tampon 3 ne s'oppose au débit de purge du compartiment anodique et la pression de celui-ci chute
25 plus vite et plus fortement que pour le premier graphique, comme le montre la courbe du haut du second graphique. On voit que le temps de purge Tpd est considérablement diminué avec les avantages que cela procure. La réserve tampon est toujours maintenue en
30 dépressurisation en dessous de la pression atmosphérique comme il ressort de la courbe du bas du second graphique.

Le moyen de régulation 10, par exemple une pompe, aspirera de la réserve tampon 3 un maximum de flux de cette réserve tampon jusqu'à la mettre en dépression par
35 rapport à la pression atmosphérique ambiante. L'interface de mélange 9 effectuera aussi une aspiration contribuant à créer une dépression dans la réserve tampon 3, de même

que le clapet anti-retour 2 maintiendra cette dépression dans la réserve après aspiration .

Ainsi le moyen de régulation 10 permet une évacuation d'hydrogène maximale et simultanément il
5 augmente la différence de pression de part et d'autre de l'électrovanne 4 de purge de la ligne F d'échappement du flux de sortie anode. A l'ouverture de l'électrovanne 4 de purge, lors d'une purge, les gaz compris dans le flux du compartiment anodique de la pile à combustible
10 (généralement pressurisés à 0,5 bar relatif au dessus de la pression atmosphérique) sont donc évacués avec beaucoup plus d'énergie potentielle et de pression, donc à une plus forte vitesse. De plus, l'évacuation d'eau liquide du compartiment anodique de la pile est plus
15 efficace. Le compartiment anodique subira moins vite la contre pression dûe au remplissage de la réserve tampon 3 non dépressurisée. En effet la purge dans une réserve tampon 3 pour la régulation du flux de gaz s'apparente à un transvasement d'une certaine quantité de gaz
20 pressurisé contenu dans le compartiment anodique vers une réserve tampon 3 à plus basse pression. L'écoulement naturel est donc assuré par la différence de pression entre ces deux éléments, et il est d'autant plus rapide que la différence de pression est grande. L'établissement
25 progressif de l'équilibre de pression diminue la vitesse d'écoulement. Ainsi, plus le niveau de pression de départ dans la réserve tampon 3 est bas (idéalement vide complet mais en réalisé vide relatif de 0,3 bar à 0,5 bar), plus la purge est rapide. La purge pourra donc être raccourcie
30 ce qui diminue le temps de baisse de puissance de la pile pendant la purge.

La figure 4 montre une représentation schématique d'un ensemble pile à combustible H avec son réseau d'alimentation A, B et son réseau E, F, K d'évacuation
35 présentant une boucle de recirculation 12 selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

La ligne F d'échappement du flux de sortie anode présente un séparateur de phase 11 avant la séparation de la boucle de circulation 12 d'avec la ligne F d'échappement de sortie anode allant vers la réserve
5 tampon 3 via une électrovanne 4, dite électrovanne de purge. A part cette boucle de recirculation 12 et la perte de flux de sortie anode qu'elle entraîne notamment en ce qui concerne la concentration en hydrogène et dont il faudra tenir compte le cas échéant pour le pilotage du
10 moyen de régulation 10 par une logique de commande, le réseau d'évacuation du mode de réalisation montré à cette figure est sensiblement le même que le réseau d'évacuation du mode de réalisation de la figure 3 et ce qui a été dit pour la figure 3 s'applique à la présente
15 figure.

La figure 5 montre clairement que, sans régulation dans la ligne F d'échappement de sortie anode, la libération d'hydrogène est très inégale du fait des dégagements périodiques de purge limités dans le temps
20 qui provoquent des pics d'hydrogène. Entre ces pics EH2P, subsiste une faible concentration d'hydrogène EH2F qui représente de faibles émissions dues aux fuites de la pile à combustible H. Sans traitement de régulation dans cette ligne F d'échappement, de tels pics EH2P de
25 concentration d'hydrogène dépasseraient la LIE et présenteraient un danger après la jonction des lignes E et F d'échappement anode et cathode. On voit que grâce à la régulation conformément à la présente invention, ces pics EH2P de concentration en hydrogène sont éliminés et
30 que la concentration d'hydrogène EH2L est sensiblement constante dans le temps après régulation, ce qui permet de réaliser un mélange en proportions non explosives avec le flux cathode.

Certaines précautions d'utilisation du moyen de
35 régulation 10 doivent être prises lors des purges se produisant dans la partie anode de la pile à combustible H. Par exemple, si ce moyen de régulation est une pompe

10, celle-ci devra être ralentie par la logique de commande lors d'une purge de la pile à combustible de manière à ne pas avoir son débit perturbé de façon incontrôlée par la rapide repressurisation de la réserve
5 tampon 3.

La figure 6 montre une ligne F d'échappement de flux de sortie anode comprenant les éléments essentiels du dispositif de sécurisation conformément à la présente invention sous la forme d'une réserve tampon 3 et d'un
10 moyen de régulation de l'évacuation de cette réserve tampon 3 sous la forme d'une pompe 10. Cette ligne d'échappement F rejoint après la réserve tampon 3 et la pompe 10 la ligne E d'échappement du flux de sortie cathode par l'intermédiaire de l'interface de mélange 9.

15 Entre la pompe 10 et l'interface de mélange 9, se trouve un clapet anti-retour 2 déjà décrit. Comme pour la figure 4, le mode de réalisation décrit à la figure 6 présente une boucle de recirculation 12 qui dirige une partie du flux de sortie anode vers la ligne d'alimentation d'anode en l'intercalant après la source d'hydrogène B montrée à la figure 1. Cette boucle de recirculation 12 est
20 disposée avant le réservoir tampon 3 en parallèle avec sa ligne F d'échappement correspondante et après un séparateur de phase 11 qui permet l'élimination d'une certaine partie de l'eau présente dans la ligne F d'échappement. Entre le séparateur de phase 11 et la réserve tampon 3 se trouve une électrovanne 4, comme déjà décrit à la figure 3. Malgré l'utilisation d'un
25 séparateur de phase 11 en amont de la réserve tampon 3, de l'eau peut tout de même s'accumuler dans la réserve tampon 3 par condensation. Cette accumulation d'eau dans la réserve tampon 3 pourra alors être évacuée à l'aide d'un drain à ouverture pilotée par la logique de commande ou par une détection de niveau d'eau dans la réserve
30 tampon 3, ce drain étant muni d'une électrovanne de vidange 13.

De tels dispositifs de sécurisation passive permettent une régulation de la concentration d'hydrogène dans le mélange amené par exemple au brûleur catalytique et assure ainsi la sécurisation des évacuations des
5 fuites naturelles d'hydrogène et des rejets liés aux purges anodiques de la pile à combustible en régime normal de fonctionnement de la pile à combustible. Ces dispositifs de sécurisation conviennent particulièrement bien pour les piles à combustible embarquées sur
10 véhicule. De plus ces dispositifs de sécurisation avec une réserve tampon dépressurisée permettent d'optimiser le fonctionnement de la pile à combustible en améliorant la qualité des purges et en diminuant leur durée.

Une sécurisation active assurant la sécurité de
15 l'ensemble pile à combustible en cas d'arrêt du véhicule ou panne de la sécurisation passive peut aussi être associée à la sécurisation passive pour diverses situations comme arrêt, accident ou maintenance.

L'invention n'est nullement limitée aux modes de
20 réalisation décrits et illustrés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemples.

REVENDICATIONS

1. Procédé de sécurisation passive d'un ensemble pile à combustible (H), cet ensemble présentant un flux de sortie cathode, un flux de sortie anode et un flux de sortie de carter (J) de pile destinés à être envoyés au moins en partie par exemple vers un brûleur catalytique vers un moyen propre à éliminer l'hydrogène ou à le maintenir à une concentration inoffensive (8), ce procédé comprenant les étapes suivantes :

- collecte d'au moins une partie du flux de sortie anode dans une réserve tampon (3),
- évacuation de la réserve tampon (3) avec un débit de flux de sortie anode régulé tout en créant une dépressurisation dans cette réserve tampon,
- mélange du flux de sortie anode régulé avec le flux de sortie cathode, le cas échéant ce dernier étant préalablement mélangé avec le flux de sortie de carter,
- la régulation du débit d'évacuation de la réserve tampon (3) étant effectuée en fonction d'un ou de plusieurs paramètres des divers flux de sortie et/ou de conditions de fonctionnement de la pile (H) et/ou par exemple du brûleur catalytique (8) afin de toujours garantir une concentration en hydrogène inférieure à la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) dans le flux obtenu après mélange,
- conduite d'au moins une partie du flux après mélange par exemple à un brûleur catalytique (8).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les mélanges des flux se font par effet venturi à l'aide d'un élément déprimogène.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par une étape de contrôle des caractéristiques des flux juste avant et après mélange du flux anode et du flux cathode, ce mélange étant ensuite

conduit au moins en partie par exemple à un brûleur catalytique (8).

4. Dispositif de sécurisation passive d'un ensemble pile à combustible (H) présentant une anode (Hb), une cathode (Ha) et un carter (J) de pile, une ligne (E) d'échappement du flux de sortie de cathode, une ligne (F) d'échappement du flux de sortie d'anode et une ligne (K) d'échappement du flux de sortie de carter (J) de pile, ces flux étant dirigés au moins partiellement par exemple vers un brûleur catalytique (8), caractérisé en ce que la ligne d'échappement (F) du flux de sortie d'anode comprend un réservoir tampon (3), un moyen de régulation (10) étant prévu à la sortie du réservoir tampon (3) d'une part apte à assurer une évacuation régulée de ce flux de sortie d'anode hors du réservoir tampon (3) et d'autre part apte à mettre la réserve tampon en légère dépression par aspiration.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le moyen de régulation est une pompe volumétrique, à piston, à membrane ou péristaltique.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'une électrovanne (4) est disposée dans la ligne (F) d'échappement du flux de sortie anode avant la réserve tampon (3), cette électrovanne (4) servant d'électrovanne de purge du compartiment anodique de la pile à combustible (H) et alimentant la réserve tampon (3) en flux de sortie anode.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la ligne d'échappement (F) du flux de sortie anode régulé rejoint la ligne (E) d'échappement du flux de sortie cathode, ce dernier étant, le cas échéant, augmenté du flux de sortie carter (J) de pile et en ce que le flux de sortie anode est mélangé avec au moins le flux de sortie cathode par une interface de mélange (9).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'interface de mélange (9) du flux de sortie cathode avec le flux de sortie anode régulé est à effet venturi déprimogène, c'est-à-dire qu'une des deux lignes
5 (E ou F) d'échappement respectives comporte une partie, présentant un rétrécissement de section d'échappement, disposée juste après que l'autre ligne (F ou E) d'échappement débouche dans cette ligne (E ou F) d'échappement et que, le cas échéant, le mélange du flux
10 de sortie cathode avec le flux de sortie carter (J) de pile a été effectué avec une interface de mélange (7) similaire.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que la régulation
15 du débit d'évacuation de la réserve tampon (3) est effectuée en fonction d'un ou de plusieurs des paramètres suivants : paramètres de fonctionnement de l'ensemble pile à combustible (H) comme courant produit, périodicité des purges de la zone anode, pression de la réserve
20 tampon (3), concentration d'hydrogène dans la réserve tampon (3) et/ou la ligne (F) d'échappement, taux d'humidité dans les lignes (E, F, K) d'échappement, concentration d'hydrogène dans la ligne (K) d'échappement de sortie carter (J) de pile, débit des lignes (E, F, K)
25 d'échappement, concentration d'oxygène dans la ligne (F) d'échappement cathode, paramètres de l'effet déprimogène généré par les débits des lignes d'échappement (E et F ; E et K) et le retrécissement de la section de la ligne (E ou F) d'échappement réceptrice, concentration en oxygène
30 en amont de la jonction des flux anode et cathode et/ou concentration d'hydrogène en aval de la jonction des flux anode et cathode, concentration d'azote dans la ligne (F) d'échappement anode.

10. Dispositif selon l'une quelconque des
35 revendications 4 à 9, caractérisé en ce que la ligne (F) d'échappement du flux de sortie anode après le réservoir tampon (3) comprend un clapet anti-retour (2), ce clapet

empêchant, d'une part, la remontée de flux dans la réserve tampon(3) en provenance de l'interface de mélange (9) et en particulier de l'oxygène présent dans la ligne (E) d'échappement de flux de sortie cathode, et
5 maintenant, d'autre part, la réserve tampon (3) en dépression.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 10 caractérisé en ce que la réserve tampon (3) présente à une sortie auxiliaire une
10 électrovanne (13) de vidange périodique de l'eau de celle-ci.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, caractérisé en ce que la ligne (F) d'échappement de flux de sortie anode présente en
15 dérivation une boucle de recirculation (12) conduisant une partie du flux de sortie d'anode vers l'alimentation d'anode de la pile à combustible (H).

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, caractérisé en ce que la ligne
20 d'échappement résultante après jonction des flux anode et cathode dirige le mélange par exemple vers un brûleur catalytique, vers un moyen propre à éliminer l'hydrogène ou à le maintenir à une concentration inoffensive (8), cette ligne d'échappement comprenant de préférence un ou
25 des capteurs (6) en aval de la jonction de même que sur une ou des lignes (E, F) d'échappement en amont de la jonction, ces capteurs (6) détectant des caractéristiques des divers flux, telles que concentrations respectives d'hydrogène, d'oxygène ou d'azote dans les flux, taux
30 d'humidité des flux, débit des flux etc..., afin de pratiquer une régulation optimisée par exemple du brûleur catalytique (8), de préférence par une logique de commande associée.

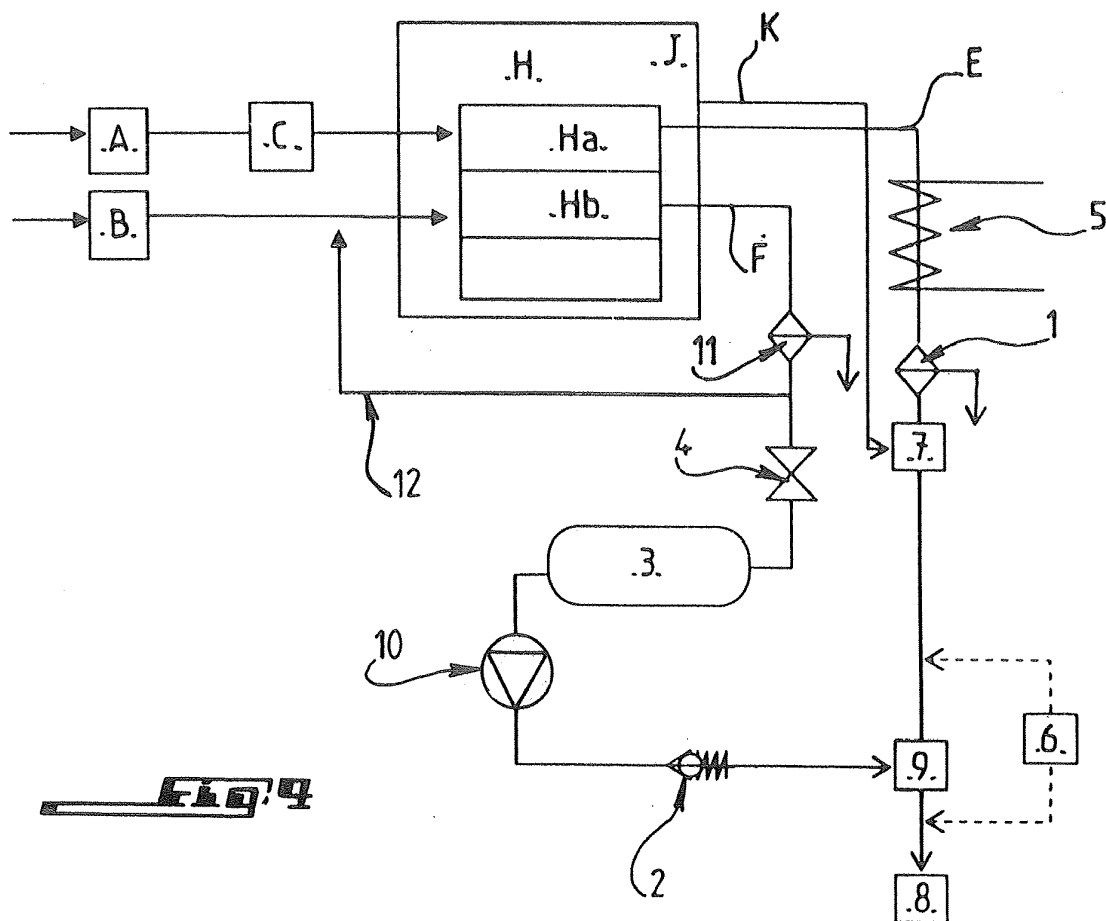
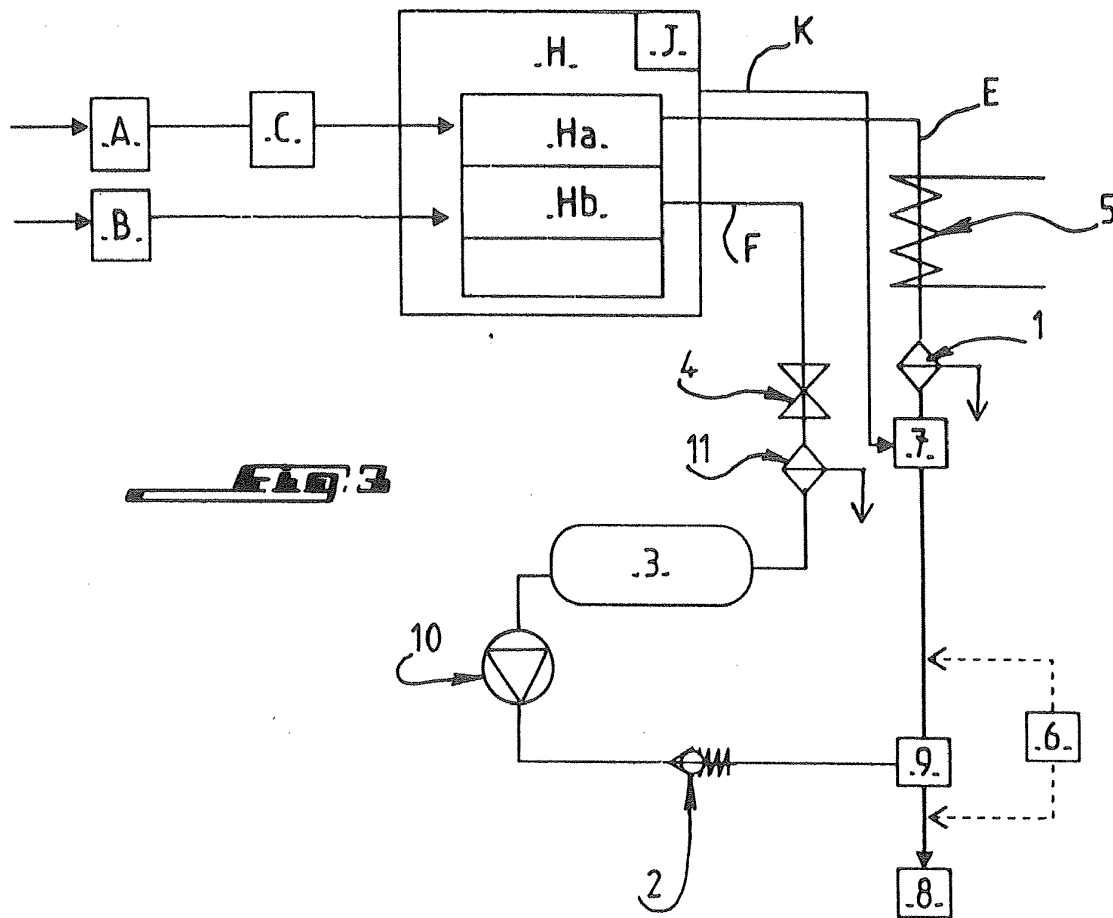
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 13, caractérisé en ce qu'au moins la
35 ligne (F) d'échappement de sortie de flux anode de ce dispositif est logée dans un carter afin d'éviter toute

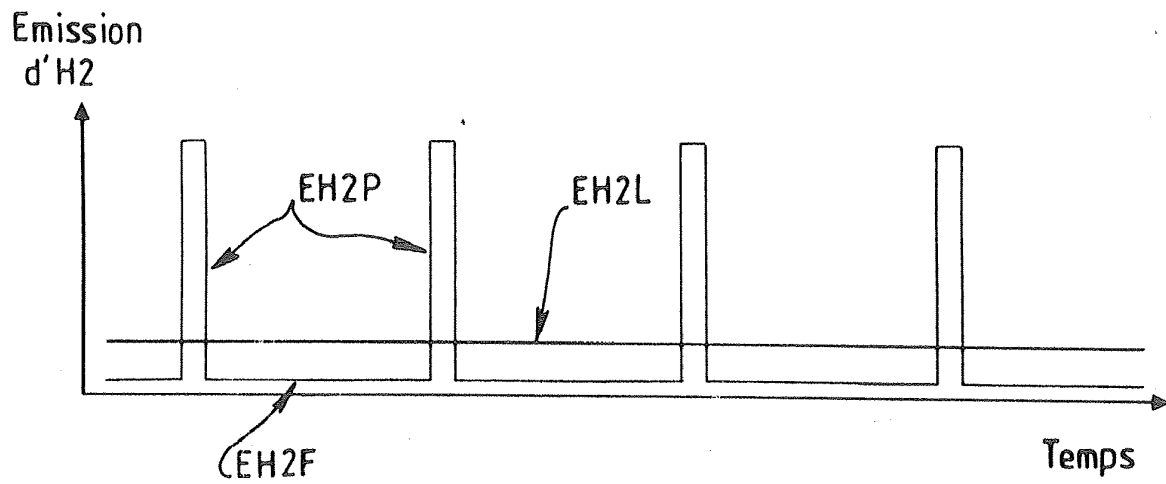
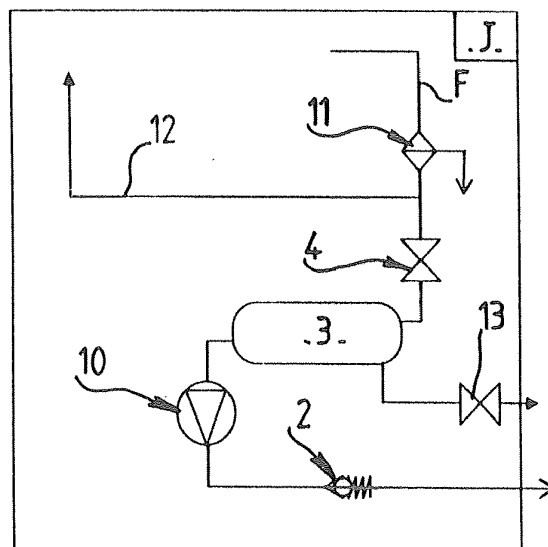
fuite d'hydrogène vers l'extérieur, ce carter étant le cas échéant le carter (J) de pile.

15. Utilisation d'un dispositif de sécurisation passive selon l'une quelconque des revendications 4 à 14
- 5 pour un ensemble pile à combustible (H) pour groupe électrogène destiné à être embarqué, notamment sur un véhicule.



— Pression dans le compartiment anodique de la pile.
 - - - - - Pression dans la réserve de lissage

$\frac{2}{3}$ 

$\frac{3}{3}$ **FIG. 5****FIG. 6**



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 694739
FR 0755856

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		
Y	US 2005/118471 A1 (FUKUMA KAZUNORI [JP] ET AL) 2 juin 2005 (2005-06-02) * alinéa [0028] - alinéa [0035]; figures 2,3 * * alinéa [0037] * * alinéa [0042] - alinéa [0045] * -----	1-10, 12-15	H01M8/04 H01M8/02 B60L11/18
D,Y	FR 2 870 390 A (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 18 novembre 2005 (2005-11-18) * page 1, ligne 21 - ligne 24; figure 1 * * page 2, ligne 30 - page 3, ligne 2 * * page 3, ligne 17 - ligne 32 * -----	1-15	
Y	US 2006/040158 A1 (NUMATA HIDEO [JP] ET AL) 23 février 2006 (2006-02-23) * alinéa [0058] - alinéa [0064]; figure 1 * -----	4-6,9, 11,12,15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01M
Y	US 2004/101734 A1 (MORISHIMA SHINGO [JP] ET AL) 27 mai 2004 (2004-05-27) * figures 4,6 * -----	4-9,11, 12,15	
Y	JP 2007 115485 A (NISSAN MOTOR) 10 mai 2007 (2007-05-10) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0020], [0021] * -----	4-9,11, 12,15	
Y	JP 2006 147150 A (HONDA MOTOR CO LTD) 8 juin 2006 (2006-06-08) * abrégé; figure 3 * * alinéa [0031] * -----	4-7,9, 11,12,15	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 février 2008		Raimondi, Fabio	
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 0755856 FA 694739**

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 **05-02-2008**

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 2005118471 A1	02-06-2005	CN 1622379 A	01-06-2005
		JP 3856393 B2	13-12-2006
		JP 2005158576 A	16-06-2005
FR 2870390 A	18-11-2005	AUCUN	
US 2006040158 A1	23-02-2006	AUCUN	
US 2004101734 A1	27-05-2004	DE 10354907 A1	24-06-2004
		JP 2004178902 A	24-06-2004
JP 2007115485 A	10-05-2007	AUCUN	
JP 2006147150 A	08-06-2006	AUCUN	