

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 12165**

(54) Procédé pour l'augmentation de la durée de conservation d'hydrogène à l'état liquide dans un réservoir et dispositif pour la mise en œuvre dudit procédé.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). F 17 C 3/08 // C 01 B 3/00.

(22) Date de dépôt..... 19 juin 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 19 juin 1980, n° P 30 22 802.5.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 52 du 24-12-1981.

(71) Déposant : Société dite : DEUTSCHE FORSCHUNGS- UND VERSUCHSANSTALT FÜR LUFT-  
UND RAUMFAHRT EV, résidant en RFA.

(72) Invention de : Walter Peschka.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménié,  
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour l'augmentation de la durée de conservation d'hydrogène à l'état liquide dans un réservoir, ainsi qu'un procédé pour la mise en oeuvre dudit procédé, comportant un réservoir à hydrogène liquide, qui est entouré par une enveloppe isolante avec étanchéité au vide, et une canalisation de sortie pour l'évacuation de l'hydrogène vaporisé dans le réservoir.

Le problème se pose en cas d'utilisation d'hydrogène liquide, maintenu à basse température, comme source d'énergie, et notamment comme carburant dans des véhicules : l'échauffement par l'environnement vaporise l'hydrogène, c'est-à-dire que la durée de conservation de l'hydrogène liquide dans le réservoir est limitée, même quand on réduit fortement la conduction thermique en munissant le réservoir d'hydrogène d'une enveloppe isolante avec étanchéité au vide. Il en résulte d'une part une consommation gênante d'hydrogène liquide et il est d'autre part difficile d'éliminer sans danger l'hydrogène gazeux produit. Lorsque l'hydrogène liquide est utilisé en particulier pour la propulsion de véhicules, il peut en résulter des difficultés quand le véhicule demeure inutilisé pendant une période prolongée.

L'invention a pour objet un procédé permettant d'augmenter notablement la durée de conservation de l'hydrogène à l'état liquide dans un réservoir.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, l'hydrogène vaporisé dans le réservoir d'hydrogène liquide est envoyé dans une pile à hydrogène et l'énergie électrique ainsi produite fait fonctionner un groupe frigorifique qui refroidit ledit réservoir.

Avec ce procédé, il n'y a plus d'hydrogène gazeux gênant, qui doit être libéré à l'extérieur; l'hydrogène vaporisé est intégralement utilisé pour la production d'énergie électrique dans une pile à hydrogène. L'énergie électrique produite dans cette pile à combustible est utilisable pour faire fonctionner un groupe frigorifique, qui refroidit le réservoir d'hydrogène liquide directement ou indirectement, et réduit ainsi notablement la vitesse de vaporisation dans ledit réservoir. Au total, on obtient ainsi une durée beaucoup plus longue de conservation de l'hydrogène à l'état liquide.

Il est en particulier possible de refroidir, à l'aide du groupe frigorifique, un bouclier thermique entourant le réservoir à hydrogène liquide.

Il est également avantageux, en cas d'utilisation de l'hydrogène liquide comme carburant dans un véhicule, de transmettre une partie de l'énergie électrique produite par la pile à combustible à la batterie du véhicule. Il est ainsi possible de charger la batterie d'un véhicule, même à l'arrêt.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en œuvre dudit procédé.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la canalisation de sortie est reliée à l'orifice d'entrée d'une pile à hydrogène; et les bornes électriques de ladite pile à combustible sont reliées à un groupe frigorifique refroidissant le réservoir à hydrogène liquide.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le réservoir à hydrogène liquide est entouré par un bouclier thermique, logé à l'intérieur de l'enveloppe d'isolation avec étanchéité au vide; et un pont thermique existe entre le côté froid du groupe frigorifique et le bouclier thermique.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le groupe frigorifique est un réfrigérant thermoélectrique ou un radiateur Stirling à oscillation linéaire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide de la description détaillée ci-dessous d'un exemple de réalisation préférentielle, dont la figure unique représente le schéma. Un réservoir 1 à hydrogène liquide, fermé et réalisé par exemple en acier fin ou dans un alliage d'aluminium, est entouré à distance par une enveloppe isolante 2 avec étanchéité au vide. L'espace 3 est pratiquement sous vide, de façon à supprimer la transmission thermique vers l'environnement. La fixation du réservoir 1 dans l'enveloppe isolante 2 est schématisée sur le dessin par des supports centraux 4, mais peut être réalisée d'une façon quelconque en pratique, à condition de ne pas constituer un pont thermique.

Un bouclier thermique 5 entourant le réservoir 1 se trouve dans l'espace 3. Il est constitué par une coque plastique 6, garnie de

chaque côté d'une couche superisolante 7. Le rayonnement thermique entre le réservoir et l'environnement est ainsi fortement réduit.

Une canalisation 8 relie la partie inférieure du réservoir 1 à une utilisation, telle que le moteur d'un véhicule.

5 Une autre canalisation 10 relie la partie supérieure du réservoir 1 à l'air libre, par l'intermédiaire d'une soupape de sûreté 11; une autre canalisation 12, dérivée en amont de ladite soupape 11, est reliée à un orifice d'entrée 13 du gaz sur une pile à combustible 14. L'autre orifice d'entrée 15 est relié à une source d'oxygène appro-  
10 priée, telle qu'une bouteille d'oxygène, ou à une alimentation en air. L'eau produite dans la pile à combustible est évacuée par un orifice de sortie 16.

Les deux bornes électriques 17 et 18 de la pile à combustible sont reliées par des lignes 19 et 20 aux bornes 21 et 22 d'un groupe frigo-  
15 rifique 23, tel qu'un thermocouple (élément Peltier) ou un radiateur Stirling à oscillation linéaire. Le côté froid de ce groupe frigorifique est en contact thermique avec le bouclier thermique 5, à travers l'enveloppe isolante 2, à l'aide d'une canalisation de fluide réfri-  
gérant 24 par exemple. Les bornes électriques 17 et 18 de la pile à  
20 combustible 14 sont en outre reliées aux bornes 25 et 26 d'une batterie 27, à laquelle un régulateur 28 est affecté de façon connue.

Le gaz hydrogène vaporisé dans le réservoir 1 est dirigé par les canalisations 10 et 12 dans la pile à combustible 14, où il est converti en eau, avec l'oxygène introduit par l'orifice 15. L'énergie électri-  
25 que ainsi produite est transmise par les lignes 19 et 20 au groupe frigorifique 23, qui refroidit le bouclier thermique 5 et réduit ainsi le rayonnement thermique atteignant le réservoir. La vitesse de vaporisation est ainsi notablement réduite à l'intérieur du réservoir 1..

Un avantage particulier de l'invention réside dans le fait que  
30 l'hydrogène vaporisé ne doit plus être libéré dans l'atmosphère, mais peut être utilisé avec profit dans la pile à combustible. Il est ainsi possible de couvrir même de longues périodes de repos sans émis-  
sion de gaz hydrogène, de l'énergie électrique en excès étant en outre utilisable pour charger la batterie 27.

35 Dans l'hypothèse d'un rendement de 50 % de la pile à combustible,

un débit de gaz hydrogène correspondant à un débit de fuite thermique de 1 W permet d'obtenir une puissance électrique de 134 W. Cette puissance est suffisante pour faire fonctionner le groupe frigorifique et charger simultanément la batterie.

5 La charge de la batterie s'effectue en outre avec un rendement nettement supérieur à celui obtenu par utilisation classique d'une dynamo entraînée par le moteur. En admettant dans un équipement classique un rendement  $\eta_M$  du moteur de 0,1, un rendement  $\eta_G$  de la dynamo d'environ 0,6 et un rendement de charge/décharge de la batterie  $\eta_B$  10 d'environ 0,7, on obtient un rendement total :

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_G \cdot \eta_B \approx 0,04$$

Par comparaison, avec un rendement  $\eta_{FC}$  de la pile à combustible d'environ 0,5, on obtient un rendement total :

$$\eta = \eta_{FC} \cdot \eta_B \approx 0,35$$

15 Le rendement est ainsi amélioré d'un ordre de grandeur.

Une nouvelle amélioration du rendement est obtenue quand la pile à combustible ne fonctionne pas à la pleine charge, car la densité de courant diminue alors sur les électrodes.

20 Dans l'hypothèse où la fuite thermique du réservoir est inférieure à 0,5 W, on obtient avec un réservoir classique de 100 litres une vitesse de vaporisation de 1,5 % par jour et une durée de conservation d'environ 60 jours. Le procédé selon l'invention permet de réduire à 50 mW la perte thermique d'un réservoir de 100 l, de sorte qu'on obtient une durée de conservation supérieure à 1 an.

25 Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art au principe et aux dispositifs qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs, sans sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

1. Procédé pour l'augmentation de la durée de conservation d'hydrogène à l'état liquide dans un réservoir, caractérisé en ce que l'hydrogène vaporisé dans le réservoir à hydrogène liquide est envoyé dans une pile à hydrogène et l'énergie électrique ainsi produite fait fonctionner un groupe frigorifique qui refroidit ledit réservoir.  
5
2. Procédé selon revendication 1, caractérisé en ce que le groupe frigorifique refroidit un bouclier thermique entourant le réservoir à hydrogène liquide.  
10
3. Procédé selon une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, dans le cas d'utilisation de l'hydrogène liquide comme carburant dans un véhicule, une partie de l'énergie électrique produite par la pile à combustible est transmise à la batterie du véhicule.  
15
4. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon une quelconque des revendications 1 à 3, comportant un réservoir à hydrogène liquide, entouré par une enveloppe isolante avec étanchéité au vide, et une canalisation de sortie pour l'évacuation de l'hydrogène vaporisée dans le réservoir d'hydrogène liquide, ledit dispositif étant caractérisé en ce que la canalisation de sortie (10, 12) est reliée à un orifice d'entrée (13) du gaz dans une pile à hydrogène (14); et les bornes électriques (17, 18) de la pile à combustible (14) sont reliées à un groupe frigorifique (23) refroidissant le réservoir à hydrogène liquide (1).  
20
5. Dispositif selon revendication 4, caractérisé en ce que le réservoir à hydrogène liquide (1) est entouré par un bouclier thermique (5) disposé à l'intérieur de l'enveloppe isolante (2) avec étanchéité au vide; et un contact thermique existe entre le côté froid du groupe frigorifique (23) et le bouclier thermique (5).  
25
6. Dispositif selon une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que le groupe frigorifique (23) est un réfrigérant thermoélectrique.  
30
7. Dispositif selon une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que le groupe frigorifique (23) est un radiateur Stirling à oscillation linéaire.

