

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 914 504**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 54176**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 M 8/04 (2006.01)**

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

22) Date de dépôt : 30.03.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 03.10.08 Bulletin 08/40.

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) : *RENAULT SAS Société par actions  
simplifiée* — FR.

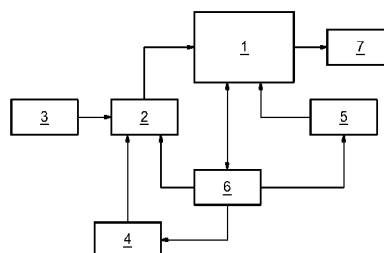
72) Inventeur(s) : BENCHERIF KARIM et DI PENTA  
DAMIANO.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

54) **GENERATEUR ELECTROCHIMIQUE.**

57) Le générateur électrochimique comprend une entrée de carburant, une entrée d'air, une pile à combustible 1 comprenant une entrée de carburant gazeux et une sortie d'énergie électrique, un capteur de température interne, un circuit de gestion de température, et une unité de commande 6. L'unité de commande 6 comprend un moyen pour augmenter le débit d'air admis dans le carburant et la température du générateur électrochimique.



**FR 2 914 504 - A1**



B06-5160FR - GK/EVH

Société par actions simplifiée dite : **RENAULT s.a.s.**

**Générateur électrochimique**

Invention de : **BENCHERIF Karim**  
**DI-PENTA Damiano**

## Générateur électrochimique

La présente invention concerne le domaine des générateurs électrochimiques, notamment des piles à combustible.

5 Les piles à combustible sont utilisées pour fournir de l'énergie soit dans des applications stationnaires, soit dans le domaine aéronautique ou automobile.

10 Une pile à combustible convertit des réactifs, à savoir un carburant et un comburant, pour générer de l'énergie électrique et des produits de réaction. Il est en général prévu un électrolyte disposé entre une cathode et une anode. Un catalyseur peut favoriser les réactions électrochimiques aux électrodes. Les électrodes peuvent également comprendre un substrat sur lequel le catalyseur est déposé.

15 Les piles à combustible peuvent comprendre un ensemble membrane-électrode pourvu d'un électrolyte polymère solide ou d'une membrane à échange d'ions entre les deux électrodes. Des plaques de séparation pour diriger les réactifs vers une surface de chaque substrat d'électrode sont disposées de chaque côté de l'ensemble électrode-membrane. Le carburant peut comprendre de l'hydrogène pur, de 20 l'hydrogène mélangé à du réformat, ou divers types d'hydrogènes impurs. L'oxydant peut comprendre de l'oxygène et/ou de l'air. Le carburant peut contenir des impuretés néfastes pour la réaction électrochimique souhaitée. Certaines impuretés peuvent être chimiquement absorbées ou physiquement déposées à la surface de 25 l'anode, bloquant ainsi des sites catalytiques actifs et empêchant les portions correspondantes de l'anode de favoriser la réaction électrochimique d'oxydation du carburant. De telles impuretés sont également connues sous le nom de « poisons catalytiques ». L'empoisonnement catalytique provoque une diminution des performances de la pile à combustible, par exemple une diminution de 30 la tension de sortie pour une densité de courant donnée.

Le carburant dérivé d'hydrocarbures, oxygénés ou non, contient typiquement une haute concentration d'hydrogène mais également des poisons catalytiques tels que le monoxyde de carbone.

Pour réduire les effets d'empoisonnement catalytique, il est connu de prétraiter le carburant avant de l'envoyer à la pile à combustible, par exemple par des catalyseurs pour convertir le monoxyde de carbone en dioxyde de carbone. Toutefois, un tel prétraitement ne peut supprimer la totalité du monoxyde de carbone dont de faibles traces peuvent être suffisantes pour nuire aux performances de la pile à combustible. Pour remédier à l'empoisonnement catalytique, il est possible de purger l'anode avec un gaz inerte tel que de l'azote. Toutefois, la génération de puissance est alors suspendue. Il est également possible d'introduire un carburant propre dépourvu de monoxyde de carbone. Toutefois, cette méthode est lente et peu efficace.

Le document CA 2 292 993 propose d'introduire une concentration variable d'oxygène dans le carburant impur destiné à la pile à combustible pour réduire ou prévenir l'empoisonnement catalytique sans utilisation excessive d'oxygène. La variation de la concentration d'oxygène peut être commandée sur la base d'un capteur de monoxyde de carbone.

Une partie du monoxyde stocké sur les sites catalytiques peut ainsi être évacué. Toutefois, dans le cas d'un fort empoisonnement au monoxyde de carbone, l'introduction d'air est limitée en raison du risque d'explosion de l'anode en cas d'introduction d'un fort taux d'air dans le carburant contenant de l'hydrogène. Par ailleurs, l'introduction d'un fort taux d'air peut s'avérer néfaste pour la durée de vie de la pile à combustible en raison de l'assèchement de la membrane. Par ailleurs, une partie de l'hydrogène est consommée par oxydation, ce qui réduit le rendement de la pile à combustible.

Le document WO 2005/083 145 propose un système de gestion de pile à combustible dans lequel l'existence de l'empoisonnement au monoxyde de carbone dans la pile est déduit de la différence entre la tension électrique moyenne des cellules d'une pile et la tension électrique moyenne d'une cellule particulière. On parvient ainsi à déterminer la présence d'empoisonnement au monoxyde de carbone dans la pile.

La demanderesse s'est rendue compte que les solutions existantes de destruction du monoxyde de carbone empoisonnant les sites catalytiques de la pile à combustible n'étaient pas satisfaisantes.

5 La présente invention a notamment pour but de remédier aux inconvénients de l'art antérieur évoqué ci-dessus.

La présente invention a notamment pour but de proposer des moyens améliorés pour remédier à l'empoisonnement par le monoxyde de carbone de sites catalytiques d'une pile à combustible.

10 Le générateur électrochimique comprend une entrée de carburant, une entrée d'air, un module de génération d'énergie électrique, un capteur de température interne, un circuit de gestion de température et une unité de commande comprenant un moyen pour augmenter le débit d'air admis dans le carburant et la température du générateur électrochimique. Grâce à l'augmentation de la proportion  
15 d'air dans le mélange gazeux contenant de l'hydrogène et à l'augmentation de la température interne du générateur électrochimique, on parvient à évacuer une partie significative du monoxyde de carbone stocké sur les sites catalytiques tout en rendant le générateur électrochimique moins sensible à l'empoisonnement. On  
20 obtient ainsi une puissance de sortie plus élevée et un rendement amélioré.

Dans un mode de réalisation, le circuit de gestion de température comprend un circuit de refroidissement à débit variable. L'unité de commande est configurée pour réduire le débit du circuit de  
25 refroidissement. La réduction du débit du circuit de refroidissement en diminuant l'énergie thermique prélevée dans la pile à combustible permet une élévation de la température interne de ladite pile à combustible. Le circuit de refroidissement peut être pourvu d'une conduite de bipasse permettant de court-circuiter de façon contrôlée le  
30 circuit de refroidissement. Alternativement, on peut prévoir de bypasser une portion du circuit de refroidissement extérieure à la pile à combustible, par exemple une zone de refroidissement du fluide de refroidissement du circuit de refroidissement, afin de réduire le prélèvement d'énergie thermique sur le circuit de refroidissement, ce

qui provoque une élévation de la température à l'entrée du circuit de refroidissement dans la pile à combustible.

5 Dans un mode de réalisation, l'unité de commande est configurée pour augmenter cycliquement le débit d'air admis dans le carburant et la température de la pile à combustible, puis les diminuer. On obtient ainsi un désempoisonnement régulier de la pile à combustible et une augmentation du rendement moyen tout en évitant les effets néfastes d'une température interne élevée sur une longue période, notamment l'effet d'assèchement de la membrane dans le cas  
10 d'une pile à combustible à membrane d'échange de protons.

Dans un mode de réalisation, l'unité de commande est configurée pour augmenter le débit d'air dans le carburant puis la température de la pile à combustible.

15 Dans un mode de réalisation, l'unité de commande est configurée pour augmenter la température de la pile à combustible après que le débit d'air admis dans le carburant a atteint un seuil. Le seuil peut être égal au maximum autorisé de proportion d'air dans le carburant.

20 Dans un mode de réalisation, la pile à combustible comprend une anode et une cathode.

Dans un mode de réalisation, l'unité de commande comprend un premier comparateur comprenant une entrée de commande et une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un premier correcteur relié à une sortie du premier comparateur de débit d'air, un module de saturation relié à une sortie  
25 du correcteur et comprenant une sortie de consigne de débit d'air, un deuxième correcteur comprenant une entrée de commande, une entrée de consigne de débit d'air reliée à la sortie du module de saturation et une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un deuxième comparateur comprenant une entrée  
30 reliée à la sortie du deuxième correcteur et une entrée d'une grandeur représentative de la température de la pile à combustible, et une sortie, et un troisième correcteur relié à la sortie du deuxième comparateur et

comprenant une sortie de consigne et de température de la pile à combustible.

5 Dans un autre mode de réalisation, l'unité de commande comprend un module d'optimisation comprenant une entrée de commande, une première et une deuxième sortie, un premier comparateur comprenant une entrée reliée à la première sortie du module d'optimisation et une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un premier correcteur relié à une sortie du premier comparateur et comprenant une sortie de  
10 consigne de débit d'air, un deuxième comparateur comprenant une entrée reliée à la deuxième sortie du module d'optimisation et une entrée d'une grandeur représentative de la température de la pile à combustible, et une sortie, et un deuxième correcteur lié à une sortie du deuxième comparateur et comprenant une sortie de consigne de  
15 température de la pile à combustible.

Dans un autre mode de réalisation, l'unité de commande comprend un correcteur multivariables comprenant une entrée de commande, une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, une entrée d'une grandeur  
20 représentative de la température de la pile à combustible, une sortie de consigne de débit et une sortie de consigne de température de la pile à combustible.

Dans un mode de réalisation, la sortie de consigne de débit d'air est reliée à l'entrée de commande d'une vanne d'entrée d'air.

25 Dans un mode de réalisation, la sortie de consigne de température de la pile à combustible est reliée à l'entrée de commande d'une vanne de bipasse du circuit de refroidissement.

Dans un mode de réalisation, l'unité de commande comprend une entrée de consigne de rendement de la pile à combustible.

30 La pile à combustible peut comprendre un ensemble de cellules élémentaires.

Dans le procédé de génération électrochimique, une unité de commande d'une pile à combustible commande l'augmentation du

débit d'air admis dans le carburant et la température de la pile à combustible.

5 L'augmentation du débit d'air admis dans le carburant et de la température de la pile à combustible peut être commandée lorsque le rendement de la pile à combustible est inférieur à un seuil. L'augmentation du débit d'air permet une désorption progressive du monoxyde de carbone bloquant des sites catalytiques, d'où une augmentation progressive des performances de la pile à combustible malgré une éventuelle baisse de courte durée en raison de 10 l'introduction d'air qui peut consommer une partie du carburant en entrée de la pile à combustible. L'augmentation de la température interne de la pile à combustible permet de désensibiliser ladite pile à combustible contre les effets de l'empoisonnement au monoxyde de carbone et offre par conséquent une augmentation rapide du rendement 15 de ladite pile à combustible. En outre, l'augmentation de la température interne de la pile à combustible peut être commandée par une action sur le circuit de refroidissement susceptible de réduire la consommation d'énergie du circuit de refroidissement, par exemple en diminuant le débit d'une pompe.

20 Grâce à l'invention, on parvient à diminuer l'empoisonnement d'une pile à combustible par le monoxyde de carbone tout en conservant un rendement suffisant pendant l'opération de désempoisonnement. A la fin d'une opération de désempoisonnement, le rendement de la pile à combustible est supérieur à celui qui 25 prévalait antérieurement.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, sur lesquels :

- 30 - la figure 1 est une vue schématique générale d'un générateur électrochimique ; et
- les figures 2 à 4 sont des vues schématiques de différents modes de réalisation.

Comme on peut le voir sur la figure 1, un générateur électrochimique comprend une pile à combustible 1 alimentée en

carburant par un réformeur 2. Le réformeur 2 est alimenté par un réservoir de carburant 3, contenant par exemple un liquide ou un gaz hydrocarboné. Le réformeur 2 est alimenté en air comprimé par un compresseur 4. La pile à combustible 1 est associée à un circuit de refroidissement 5 lui permettant de conserver une température de fonctionnement de l'ordre de 75 à 85 degrés par exemple. En sortie, la pile à combustible 1 fournit une énergie électrique à un circuit électrique survolteur 7. Une unité de commande 6 peut comprendre une mémoire vive, une mémoire morte, un processeur de calcul, une entrée reliée à des capteurs de paramètres de la pile à combustible 1, une entrée reliée à un ou plusieurs capteurs de température du circuit de refroidissement 5, une entrée reliée à un ou plusieurs capteurs de paramètres du réformeur 2 et une entrée reliée à un ou plusieurs paramètres de fonctionnement du groupe de compression 4, et des sorties de commande reliées à la pile à combustible 1, au réformeur 2, au groupe de compression 4 et au circuit de refroidissement 5.

En d'autres termes, le groupe de compression 4 assure l'alimentation de la cathode de la pile à combustible 1 en air et donc en oxygène par l'intermédiaire du réformeur 2. Le circuit de refroidissement 5 comprend un fluide caloporteur utilisable à des températures inférieures à 0°, par exemple comprenant un antigel, et muni d'une pompe ou d'un système de vanne permettant la régulation du débit du fluide caloporteur. Les capteurs peuvent comprendre un capteur de la température dans la pile à combustible 1, un capteur de débit d'air fourni par le groupe de compression 4, un capteur de pression d'air, un capteur de courant et un capteur de tension de la pile à combustible.

La tension de la pile à combustible est égale à la différence des potentiels d'électrodes en circuit ouvert de laquelle se soustrait la somme des différentes polarisations ou surtensions qui correspondent à des pertes. Les pertes peuvent comprendre les pertes par activation au niveau de l'anode ou de la cathode, les pertes ohmiques dues aux résistances internes de la pile à combustible 1, les pertes par diffusion au niveau de l'anode ou de la cathode et les pertes liées à la présence

de monoxyde de carbone. La caractéristique de la pile à combustible 1 peut être mise alors sous forme d'une courbe de polarisation qui permet de prédire ou d'estimer la tension en fonction de différentes mesures :  $U = f(T, Q_{O_2}, Q_{H_2}, p, \theta_{CO}, i)$  avec  $i$  le courant imposé à la pile à combustible,  $T$  la température de la pile,  $Q_{O_2}$  le débit molaire de l'oxygène à la cathode,  $Q_{H_2}$  le débit molaire d'hydrogène à la cathode,  $p$  la pression de fonctionnement du système, par exemple la pression de l'air en entrée de la pile à combustible 1 et  $\theta_{CO}$  le taux de pollution de la pile à combustible au monoxyde de carbone. La puissance électrique délivrée est égale au produit du courant, de la tension et du nombre de cellules de la pile à combustible mises en série et/ou en parallèle.

Le réformeur 2 fournit un réformat riche en hydrogène. Dans le cas d'un réformeur étagé, la dilution de l'hydrogène peut atteindre à des valeurs proches de 40% avec un taux de monoxyde de carbone allant de quelques ppm (partie par million) à quelques centaines de ppm. Il est possible de réduire la quantité de monoxyde de carbone mais en dégradant le rendement du réformeur 2. Avec un réformeur membranaire, la dilution en hydrogène est proche de 100% ou au moins supérieure à 98 ou 99%. Par contre, quelques ppm de monoxyde de carbone sont également présents qui, par effet d'accumulation dans la pile à combustible 1, peuvent sérieusement dégrader les performances de la pile.

Le réformeur 2 en amont de la pile à combustible 1 dans le sens d'écoulement du carburant permet de transformer les hydrocarbures présents dans l'essence ou le gazole habituels en dihydrogène, dioxyde de carbone et monoxyde de carbone. Ce mélange gazeux transite alors vers l'anode de la pile à combustible 1. Le dihydrogène est le carburant de la réaction chimique génératrice d'énergie électrique. Afin d'améliorer la cinétique de cette réaction, on peut utiliser un catalyseur. Ainsi l'hydrogène se fixe d'abord sur le catalyseur avant d'être consommé. Cependant, le monoxyde de carbone se fixe également de manière réversible sur le catalyseur et bloque les sites catalytiques prévus pour l'hydrogène, réduisant ainsi la vitesse de

combustion de l'hydrogène. L'empoisonnement au monoxyde de carbone des sites catalytiques crée une surtension anodique significative qui se soustrait à la tension aux bornes de la pile et diminue de la sorte les performances de la pile à combustible 1.

5            Afin de limiter les effets de l'empoisonnement des sites catalytiques au monoxyde de carbone, on ajoute une faible proportion d'air dans le flux de mélange gazeux contenant de l'hydrogène dirigé vers l'anode de la pile à combustible 1. Ledit oxygène de l'air ajouté permet de transformer le monoxyde de carbone des sites catalytiques  
10            pollués en dioxyde de carbone, lequel quitte le catalyseur. Les sites catalytiques ainsi libérés du monoxyde de carbone peuvent alors à nouveau accueillir de l'hydrogène. L'unité de commande 6 provoque également des augmentations ponctuelles de la température de la pile à combustible 1 en vue d'une désensibilisation de l'anode, notamment  
15            des sites catalytiques, aux contaminants, en particulier au monoxyde de carbone.

            La demanderesse s'est aperçue que la surtension anodique pouvait atteindre ou dépasser 0,2 volts à une température de l'ordre de 70° avec 50 ppm de monoxyde de carbone et un courant surfacique de  
20            l'ordre de 0,4 à 1 ampère/cm<sup>2</sup>. En ajoutant 0,5% d'air dans le mélange gazeux alimentant l'anode, on parvient à limiter la surtension anodique en dessous de 0,05 volt et en dessous de 0,03 volt avec un taux d'air de l'ordre de 2%. Des résultats nettement améliorés sont obtenus en poussant la température de la pile à combustible à 90°. Malgré un taux  
25            de monoxyde de carbone très élevé, par exemple de l'ordre de 200 ppm, un taux d'air de 2% permet de maintenir la surtension anodique aux alentours de 0,5 volt. Un taux d'air de 4% permet de maintenir la surtension anodique aux alentours de 0,03 volt, et ce pour des courants surfaciques de l'ordre de 0,4 à 1 ampère/cm<sup>2</sup>. Ainsi, une  
30            température élevée de la pile couplée à un taux d'introduction d'air dans l'alimentation de l'anode relativement élevé permet de désempoisonner les sites catalytiques occupés par le monoxyde de carbone tout en conservant une tension anodique très faible et un

excellent rendement de la pile à combustible. Les taux sont des taux volumiques ou molaires.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 2, la pile à combustible 1 comprend une entrée de carburant gazeux 8 munie d'au moins une vanne 9 commandée par l'unité de commande 6. L'unité de commande 6 commande également une pompe du circuit de refroidissement 5. Un capteur de température 10 de la pile à combustible 1 comprend une sortie reliée à l'unité de commande 6. Un capteur de surtension anodique 11 est relié à une sortie d'énergie électrique 12 de la pile à combustible 1.

L'unité de commande 6 comprend une entrée de consigne 13, par exemple une consigne de rendement ou encore une consigne de surtension anodique. L'unité de commande 6 comprend un comparateur 14 pourvu d'une entrée reliée à la sortie du capteur 11 de surtension anodique et une entrée reliée à l'entrée 13 de consigne, un correcteur 15 pourvu d'une entrée reliée à la sortie du comparateur 14, et un module de saturation 16 pourvu d'une entrée reliée à la sortie du correcteur 15. La sortie du module de saturation 16 est reliée à l'entrée de commande de la vanne 9. L'unité de commande 6 comprend également un correcteur 17 muni de trois entrées, l'une reliée à la sortie du module de saturation 16, l'autre reliée à une sortie du capteur de surtension anodique 11 et une autre encore reliée à l'entrée de consigne 13, un comparateur 18 pourvu d'une entrée reliée à la sortie du correcteur 17 et d'une entrée reliée à la sortie du capteur de température 10, et un correcteur 19 pourvu d'une entrée reliée à la sortie du comparateur de température 18 et d'une sortie reliée à l'entrée de commande du circuit de refroidissement 5.

Ainsi, la vanne 9 est pilotée de façon bouclée à travers un correcteur ou un régulateur. La synthèse du régulateur peut être effectuée soit avec des techniques de synthèse de commande classiques, par exemple une commande linéaire PID (Proportionnelle Intégrale Dérivée), et RST ou non linéaire, soit avec des techniques de synthèse avancées selon une approche dans l'espace d'états, par exemple linéaire quadratique, linéaire quadratique gaussien, linéaire

quadratique gaussien avec reconstitution du transfert de boucle, placement de pôles avec placement de vecteurs propres, commande robuste ou encore une approche fréquentielle comme la commande robuste avec poids, la commande robuste d'ordre non entier ou encore  
5 une commande adaptative, ou une commande prédictive ou une méthode mixte.

Il est préférable de saturer la consigne d'introduction d'air pour des raisons de sécurité. On prévoit ainsi un module de saturation permettant de limiter par construction le taux d'air admis à une valeur  
10 très éloignée de la limite d'explosivité entre le carburant et le carburant, plus précisément entre l'hydrogène et l'oxygène. L'augmentation de la température rend la pile à combustible 1 moins vulnérable au monoxyde de carbone. Lorsque le module de saturation  
16 est actif, on lance alors un cyclage thermique. En d'autres termes, on augmente périodiquement la température de la pile à combustible 1, par exemple en faisant varier périodiquement le débit de liquide de refroidissement du circuit de refroidissement 5, par exemple grâce à  
15 une commande implantée dans le correcteur 19. Le cyclage évite l'assèchement de la membrane de la pile à combustible 1 qui risque de se produire dans une pile à combustible à membrane exposée trop  
20 longtemps à une température élevée, par exemple de l'ordre de 90 à 100°C.

Un cycle peut durer de 1 à 10 minutes. La durée de la phase de température élevée au cours d'un cycle peut être comprise entre 10 et  
25 120 secondes. La durée relative de la phase de température élevée au cours d'un cycle peut être comprise entre 5 et 25 %.

Dans une pile à combustible à membrane, ayant une température nominale de fonctionnement de l'ordre de 70 à 80°C, on peut prévoir d'atteindre périodiquement une température plus élevée, par exemple comprise entre 90 et 100°, voire 110°C et ce, tout en  
30 admettant une certaine proportion d'air dans l'entrée de carburant de la pile à combustible 1, par exemple compris entre 1 et 5%, préférablement compris entre 2 et 4% limites comprises. On obtient ainsi une pile à durée de vie accrue, l'assèchement de la membrane

étant évité, tout en bénéficiant d'une meilleure disponibilité de la pile et d'une réduction des pertes.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 3, les références des éléments semblables à celui du mode de réalisation précédent ont été conservées. L'unité de commande 6 comprend un module d'optimisation 20 relié à l'entrée de consigne 13 qui effectue une synthèse des consignes de température et d'empoisonnement sur la base de critères qui peuvent être le rendement de la pile à combustible 1 ou encore la durée de vie de la pile. Le module d'optimisation 20 possède deux sorties, reliées chacune à une boucle de régulation, respectivement de consigne d'admission d'air et de température disposées en parallèle et découplées dynamiquement. L'unité de commande 6 comprend un comparateur 21 muni d'une entrée reliée au capteur de tension anodique 11 et une entrée reliée à la sortie de consigne d'admission d'air du module d'optimisation 20, et un correcteur d'admission d'air 22 relié à la sortie du comparateur 21 et muni d'une sortie reliée à l'entrée de commande de la vanne 9. L'unité de commande 6 comprend un comparateur 23 muni d'une entrée reliée à la sortie du capteur de température 10 et une entrée reliée à la sortie de consigne de température du module d'optimisation 20, et un correcteur thermique 24 muni d'une entrée reliée à la sortie du comparateur 23 et d'une sortie reliée à l'entrée de commande du circuit de refroidissement 5.

Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, les références des éléments semblables à ceux des modes de réalisation précédents ont été conservées. L'unité de commande 6 comprend un correcteur multivariables 25 comprenant une entrée de consigne 13, une entrée reliée à la sortie du capteur de surtension anodique 11 et une entrée reliée à la sortie du capteur de température 10, une sortie de commande de la vanne 9 et une sortie de commande du circuit de refroidissement 5. Le correcteur multivariables 25 est configuré pour synthétiser une loi de commande actionnant la vanne 9 et le circuit de refroidissement 5 de façon couplée afin de rejoindre dynamiquement

de façon optimale la consigne qui peut être le rendement souhaité de la pile à combustible 1.

5 Grâce à l'invention, on bénéficie d'un accroissement du rendement de la pile à combustible, d'où la possibilité d'un dimensionnement plus sévère de la pile à combustible, par exemple par diminution du nombre d'éléments de la pile à combustible, ce qui s'avère très économique.

## REVENDICATIONS

1-Générateur électrochimique comprenant une entrée de carburant, une entrée d'air, une pile à combustible (1) comprenant une entrée de carburant gazeux et une sortie d'énergie électrique (12), un capteur de température interne (10), un circuit de gestion de température, et une unité de commande (6), caractérisé par le fait que l'unité de commande (6) comprend un moyen pour augmenter le débit d'air admis dans le carburant et la température du générateur électrochimique.

2-Générateur selon la revendication 1, dans lequel le circuit de gestion de température comprenant un circuit de refroidissement (5) à débit variable, l'unité de commande (6) est configurée pour réduire le débit du circuit de refroidissement dans la pile à combustible (1).

3-Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (6) est configurée pour augmenter cycliquement le débit d'air admis dans le carburant et la température de la pile à combustible, puis les diminuer.

4-Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (6) est configurée pour augmenter le débit d'air admis dans le carburant puis la température de la pile à combustible.

5-Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (6) est configurée pour augmenter la température de la pile à combustible après que le débit d'air admis dans le carburant a atteint un seuil.

6-Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (6) comprend un premier comparateur (14) comprenant une entrée de commande et une

entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un premier correcteur (15) relié à une sortie du premier comparateur (14), un module de saturation (16) relié à une sortie du premier correcteur (15) et comprenant une sortie de consigne de débit  
5 d'air, un deuxième correcteur (17) comprenant une entrée de commande, une entrée de consigne de débit d'air reliée à la sortie du module de saturation (16) et une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un deuxième comparateur (18) comprenant une entrée reliée à la sortie du deuxième  
10 correcteur (17) et une entrée d'une grandeur représentative de la température de la pile à combustible, et une sortie, et un troisième correcteur (19) relié à la sortie du deuxième comparateur (18) et comprenant une sortie de consigne de température de la pile à combustible.

15 7-Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'unité de commande (6) comprend un module d'optimisation (20) comprenant une entrée de commande, une première et une deuxième sorties, un premier comparateur (21) comprenant une  
20 entrée reliée à la première sortie du module d'optimisation (20) et une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, un premier correcteur (22) relié à une sortie du premier comparateur (21) et comprenant une sortie de consigne de débit d'air, un deuxième comparateur (23) comprenant une entrée reliée à la  
25 deuxième sortie du module d'optimisation (20) et une entrée d'une grandeur représentative de la température de la pile à combustible, et une sortie, et un deuxième correcteur (24) relié à une sortie du deuxième comparateur (23) et comprenant une sortie de consigne de température de la pile à combustible.

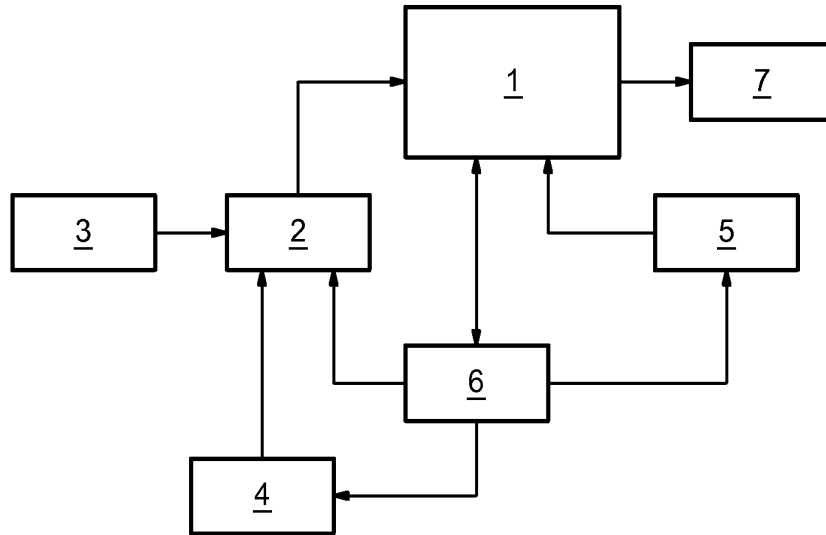
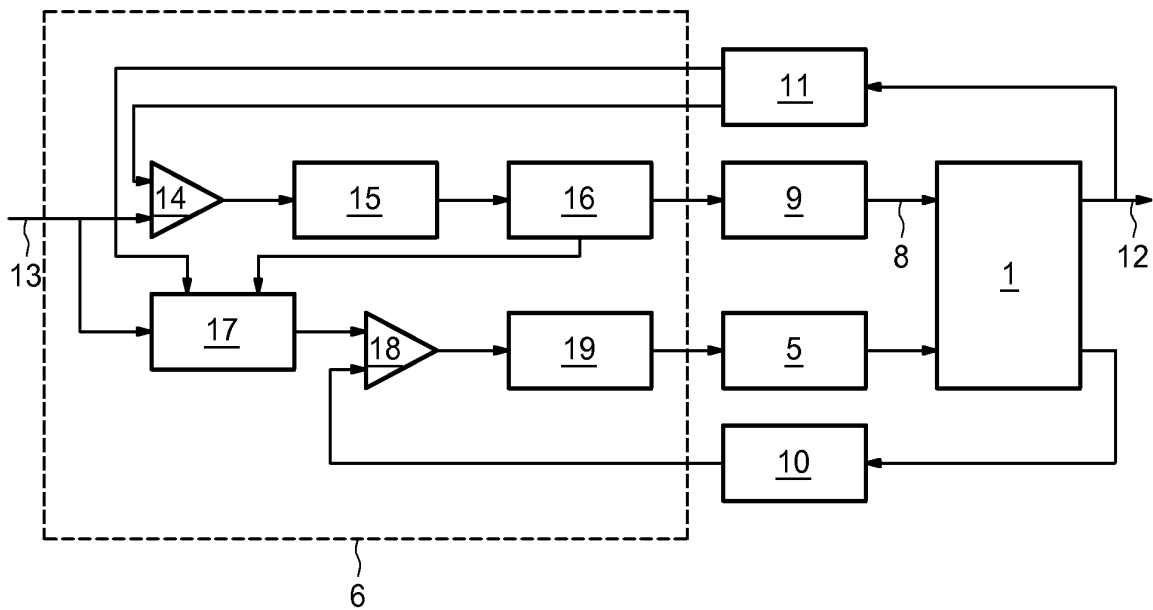
30 8-Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'unité de commande (6) comprend un correcteur

multivariables (25) comprenant une entrée de commande, une entrée d'une grandeur représentative de l'empoisonnement de la pile à combustible, une entrée d'une grandeur représentative de la température de la pile à combustible, une sortie de consigne de débit d'air, et une sortie de consigne de température de la pile à combustible.

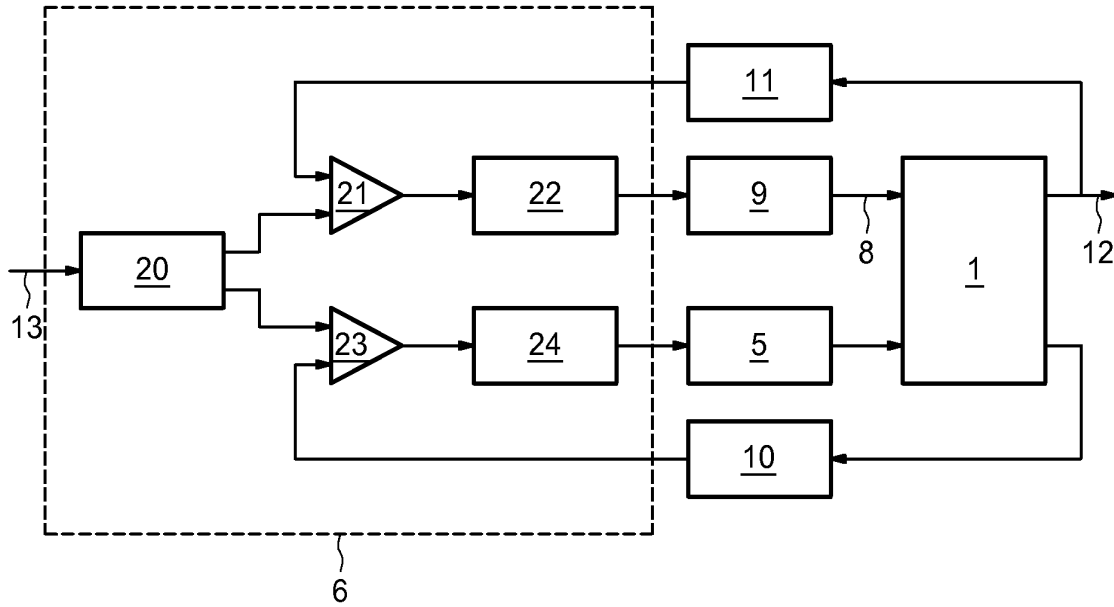
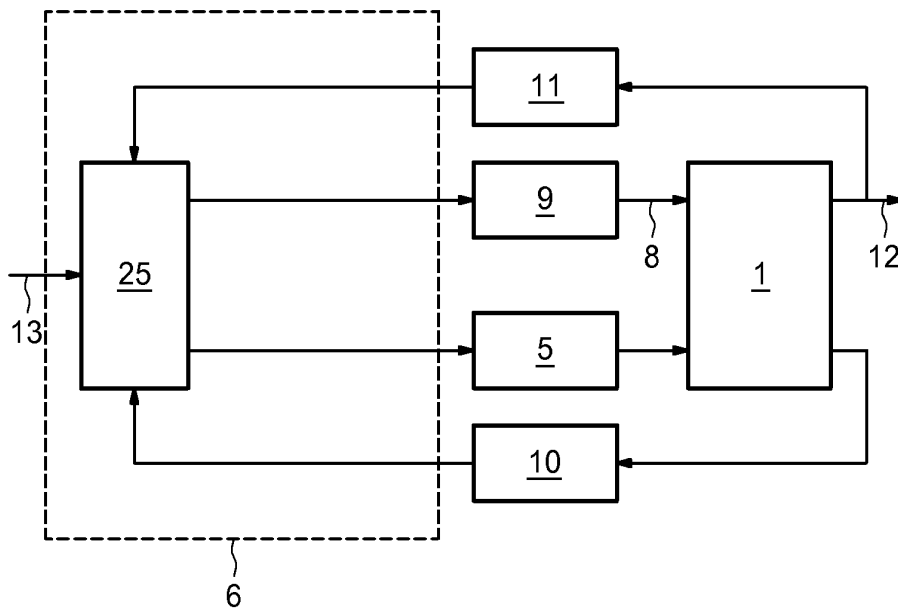
5 9-Générateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'unité de commande (6) comprend une entrée (13) de consigne de rendement de la pile à combustible.

10 10-Procédé de génération électrochimique, dans lequel une unité de commande (6) d'une pile à combustible (1) commande l'augmentation du débit d'air admis dans le carburant et de la température de la pile à combustible.

1/2

FIG.1FIG.2

2/2

FIG.3FIG.4





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche  
voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement  
national

FA 691445  
FR 0754176

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 98/21775 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH [DE]; PEINECKE VOLKER [DE]) 22 mai 1998 (1998-05-22) * page 3, ligne 10 - ligne 27 * -----	1-5,9,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		27 novembre 2007	Raimondi, Fabio
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C35) 5

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0754176 FA 691445**

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 27-11-2007

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
EP 1501146	A	26-01-2005	CN 1577930 A	09-02-2005
			KR 20050012151 A	31-01-2005
			US 2005048336 A1	03-03-2005
-----				
JP 2005209547	A	04-08-2005	AUCUN	
-----				
US 6358638	B1	19-03-2002	AUCUN	
-----				
US 4910099	A	20-03-1990	AUCUN	
-----				
EP 0828303	A	11-03-1998	CA 2214769 A1	06-03-1998
			DE 69708422 D1	03-01-2002
			DE 69708422 T2	16-05-2002
			JP 4000607 B2	31-10-2007
			JP 10083824 A	31-03-1998
			US 5925476 A	20-07-1999
-----				
EP 1017121	A	05-07-2000	CA 2292993 A1	23-06-2000
-----				
WO 9821775	A	22-05-1998	DE 19646354 C1	18-06-1998
-----				

**RECHERCHE INCOMPLÈTE  
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE C**

Numéro de la demande

FA 691445

FR 0754176

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

Revendications ayant fait l'objet de recherches complètes:  
1-5,9,10

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches:  
6-8

Raison pour la limitation de la recherche:

Certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:

La revendication 6 spécifie deux comparateurs, trois correcteurs et un module de saturation compris dans l'unité de commande spécifiée dans la revendication 1. Ces caractéristiques techniques sont définies seulement au moyen des connexions mutuelles de leurs entrées et sorties. La revendication 6 ne caractérise ces caractéristiques techniques ni en termes de leur structure interne, ni en termes de leurs fonctions individuelles. Par conséquent, la définition de ces caractéristiques techniques, ainsi que leur interaction à l'intérieur de l'unité de commande, n'est pas claire. De plus, il n'est pas exposé dans la présente demande comment les caractéristiques techniques mentionnées ci-dessus obtiennent les données qu'elles fournissent en sortie à partir des données qui leur sont fournies en entrée. La présente demande n'expose donc pas de façon suffisamment claire et complète l'objet de la revendication 6 pour qu'un homme du métier puisse l'exécuter sans faire épreuve d'esprit inventif. A cause de ce manque de clarté et de cette exposition insuffisante, une recherche significative ne peut pas être effectuée à propos de l'objet de la revendication 6.

Les mêmes arguments présentés dans le paragraphe précédent sont valables pour les revendications 7 et 8, qui définissent des autres caractéristiques techniques comprises dans l'unité de commande seulement en termes des connexions mutuelles de leurs entrées et sorties. Pour cette raison, une recherche significative ne peut également pas être effectuée à propos de l'objet des revendications 7 et 8.