

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.03.04.

30 Priorité : 11.03.03 JP 00365030; 20.05.03 JP 03142164.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.09.04 Bulletin 04/38.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA — JP.

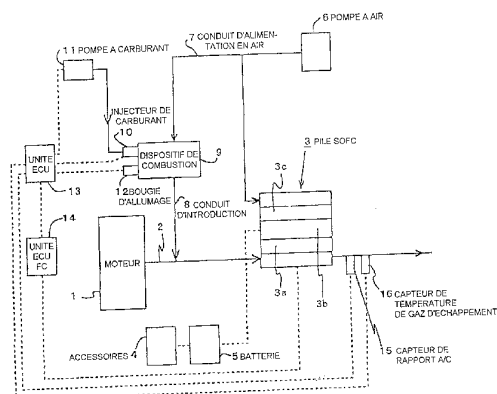
72 Inventeur(s) : SUZUKI MAKATO et OBA TAKAHIRO.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : NOVAGRAAF BREVETS.

54 MOTEUR A COMBUSTION INTERNE AVEC UNE PILE A COMBUSTIBLE DANS UN SYSTEME D'ÉCHAPPEMENT.

57 Dans un moteur à combustion interne (1) ayant une pile à combustible (3) dans un système d'échappement, du carburant destiné à une génération de puissance peut être fourni à la pile à combustible (3) sans prendre en considération l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne (1). La pile à combustible (3) a un côté d'électrode de carburant de celle-ci qui est relié à un conduit d'échappement (2) du moteur (1). Un système d'alimentation en carburant (101) fournit le carburant de génération de puissance au conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval du moteur (1) et en amont de la pile à combustible (3). Une partie de commande de quantité d'alimentation (201) commande une quantité du carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant (101). Conformément à une telle conception, le carburant de génération de puissance peut être fourni à la pile à combustible (3) par le système d'alimentation en carburant (101) de façon à générer de l'électricité sans dépendre de l'état de fonctionnement du moteur (1).



MOTEUR A COMBUSTION INTERNE AVEC UNE PILE A COMBUSTIBLE DANS UN SYSTEME D'ECHAPPEMENT

ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

5 1. Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte à un moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement.

2. Description de la technique apparentée

10 On connaissait jusqu'à présent une technologie dans laquelle une pile à combustible est disposée dans un système d'échappement d'un moteur à combustion interne de manière à ce que les composants non brûlés du carburant rejeté du moteur à combustion interne, qui est amené à fonctionner dans un état de
15 carburant en excès, soient fournis, en tant que carburant pour la génération de puissance électrique, du côté électrode de carburant de la pile à combustible (par exemple se reporter à un premier document de brevet : demande de brevet japonais mise à la disposition du public N° 2002-175 824 (pages 4 à 7 et figure
20 1)).

Cependant, il pourrait parfois être difficile de mettre en oeuvre le moteur à combustion interne dans l'état de carburant en excès suivant l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, et dans ce cas, du carburant ne pouvait pas être fourni
25 à la pile à combustible. En outre, dans un tel cas, lorsque la génération de puissance de la pile à combustible reçoit une priorité de façon à amener le moteur à combustion interne à fonctionner dans un état de carburant en excès, l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne est dégradé,
30 suscitant ainsi une crainte qu'une fluctuation de couple et/ou une dégradation des émissions puissent être provoquées.

RESUME DE L'INVENTION

En conséquence, la présente invention a été réalisée au vu des problèmes auxquels on fait référence ci-dessus, et a pour
35 objectif de fournir une technologie dans laquelle, dans un moteur à combustion interne avec une pile à combustible dans un système d'échappement, le carburant pour la génération de puissance peut être fourni à la pile à combustible sans considérer l'état de fonctionnement du moteur à combustion
40 interne.

De manière à atteindre l'objectif ci-dessus, conformément à un premier aspect de la présente invention, il est fourni un moteur à combustion interne avec une pile à combustible dans un système d'échappement, le moteur comprenant : une pile à combustible dont un côté électrode de carburant est relié à un conduit d'échappement du moteur à combustion interne, un système d'alimentation en carburant qui fournit du carburant de génération de puissance pour la pile à combustible à un conduit d'échappement à un emplacement en aval du moteur à combustion interne, et en amont de la pile à combustible, et une partie de commande de quantité d'alimentation qui commande une quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant.

La caractéristique principale de la présente invention est que grâce à la fourniture du système d'alimentation en carburant qui fournit le carburant de génération de puissance à une partie intermédiaire du conduit d'échappement, le carburant de génération de puissance peut être fourni à la pile à combustible sans considérer l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne.

Dans le moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans le système d'échappement, construit de cette manière, grâce à la fourniture du système d'alimentation en carburant, le carburant de génération de puissance peut être fourni du côté électrode de carburant de la pile à combustible sans considérer l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne. En outre, comme la quantité d'alimentation du carburant de génération de puissance est commandée par la partie de commande de quantité d'alimentation, une quantité appropriée de carburant de génération de puissance peut être fournie à la pile à combustible sans considérer l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne. Par ailleurs, le moteur à combustion interne peut être amené à fonctionner sans considérer l'état de génération de puissance dans la pile à combustible, grâce à quoi une fluctuation de couple et la dégradation des émissions due à la dégradation de l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, peuvent être réprimées.

De préférence, la partie de commande de quantité d'alimentation peut commander la quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en

carburant d'une manière telle qu'une valeur de génération de puissance électrique de la pile à combustible devient égale à une valeur cible de la génération de puissance électrique. Avec cet agencement, il est possible de fournir le carburant de
5 génération de puissance à la pile à combustible sans considérer l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, à la suite de quoi la quantité d'alimentation du carburant de génération de puissance peut être commandée sur la base de la valeur cible de génération de puissance électrique de la pile à
10 combustible. Donc, une quantité optimale de carburant de génération de puissance peut être fournie à la pile à combustible de manière à atteindre la valeur cible de sa génération de puissance électrique.

De préférence, le moteur à combustion interne peut en outre
15 comprendre un dispositif de détection de quantité de carburant qui détecte une quantité de carburant de génération de puissance qui contribue à la génération de puissance de la pile à combustible, dans lequel la partie de commande de quantité d'alimentation commande la quantité de carburant de génération
20 de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant sur la base du résultat d'une détection du dispositif de détection de quantité de carburant.

Donc, la quantité d'alimentation du carburant de génération de puissance peut être commandée avec une rétroaction, sur la
25 base de la quantité de carburant de génération de puissance réellement détectée, laquelle contribue à la génération de puissance de la pile à combustible, en conséquence de quoi une quantité optimale de carburant de génération de puissance peut être fournie à la pile à combustible de façon à atteindre la
30 valeur cible de sa génération de puissance électrique.

Dans la commande ci-dessus, par exemple, lorsque la quantité de carburant de génération de puissance contribuant à la
génération de puissance de la pile à combustible détectée par le dispositif de détection de quantité de carburant est plus petite
35 qu'une valeur cible, la partie de commande de quantité d'alimentation augmente la quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant. Par ailleurs, lorsque la quantité de carburant de génération de puissance contribuant à la génération de puissance de la pile à
40 combustible détectée par le dispositif de détection de quantité

de carburant est plus grande que la valeur cible, la partie de commande de quantité d'alimentation peut diminuer la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant.

5 De préférence, le moteur à combustion interne peut en outre comprendre un dispositif de détection de température qui détecte un état d'un élément lié à la température de la pile à combustible, dans lequel la partie de commande de quantité d'alimentation commande la quantité de carburant de génération
10 de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant sur la base du résultat d'une détection du dispositif de détection de température.

La pile à combustible présente une température appropriée pour la génération de puissance, de sorte qu'il est possible
15 d'exécuter une génération de puissance efficace en fournissant le carburant de génération de puissance lorsque la pile à combustible est à une telle température appropriée définie. En outre, lorsque la température de la pile à combustible est basse, la quantité d'alimentation du carburant de génération de
20 puissance peut être diminuée. C'est-à-dire que lorsque la température de la pile à combustible est inférieure à une température prescrite, la partie de commande de quantité d'alimentation peut diminuer la quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en
25 carburant. Dans ce cas, la température prescrite peut être une température appropriée à la génération de puissance. Il est donc possible d'empêcher le carburant de génération de puissance de s'échapper de la pile à combustible sans contribuer à la génération de puissance.

30 De préférence, le moteur à combustion interne peut en outre comprendre un dispositif de combustion, dans lequel le système d'alimentation en carburant fournit un gaz d'échappement rejeté du dispositif de combustion au conduit d'échappement à un emplacement en aval du moteur à combustion interne, et en amont
35 de la pile à combustible.

En fournissant le gaz d'échappement (gaz brûlé) depuis le dispositif de combustion à une partie intermédiaire du conduit d'échappement, le gaz brûlé peut être fourni à la pile à combustible. Donc, en fournissant le gaz brûlé depuis le
40 dispositif de combustion à la pile à combustible, la température

de la pile à combustible peut être augmentée. En conséquence, même si la température du gaz d'échappement rejeté du moteur et la température de la pile à combustible sont basses, comme par exemple au moment du démarrage du moteur ou autre, la pile à combustible peut débiter la génération de puissance à un stade antérieur. De préférence, le gaz d'échappement (gaz brûlé) rejeté du dispositif de combustion peut être fourni au conduit d'échappement à un emplacement en aval du moteur à combustion interne et en amont de la pile à combustible, pendant que la combustion dans le dispositif de combustion est exécutée dans l'état d'un mélange air-carburant contenant du carburant en excès (c'est-à-dire un état riche en carburant). En fournissant le gaz brûlé à la pile à combustible, le carburant non brûlé dans le dispositif de combustion peut être fourni en tant que carburant de génération de puissance pour la pile à combustible. De préférence, le système d'alimentation en carburant peut fournir un gaz non brûlé rejeté du dispositif de combustion au conduit d'échappement à un emplacement en aval du moteur à combustion interne et en amont de la pile à combustible, sans brûler le carburant dans le dispositif de combustion. Avec une telle conception, le carburant non brûlé dans le dispositif de combustion peut également être fourni en tant que carburant de génération de puissance pour la pile à combustible.

De préférence, la partie de commande de quantité d'alimentation peut commander la quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant en changeant le rapport air-carburant d'un gaz brûlé dans le dispositif de combustion.

La quantité de carburant non brûlé contenue dans le gaz brûlé provenant du dispositif de combustion varie lorsque le rapport air-carburant du gaz ayant subi une combustion dans le dispositif de combustion est changé. Donc, il est possible de modifier la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile à combustible en modifiant le rapport air-carburant du mélange dans le dispositif de combustion. Il en résulte que le carburant de génération de puissance peut être fourni en fonction de la valeur cible de génération de puissance électrique de la pile à combustible.

Dans les cas où le but principal est d'augmenter la température de la pile à combustible, par exemple lorsque la

température de la pile à combustible est inférieure à une température prescrite à laquelle la pile à combustible peut générer de la puissance électrique, il est souhaitable d'amener le rapport air-carburant du gaz brûlé dans le dispositif de combustion à être une valeur au voisinage du rapport air-carburant stoechiométrique. Avec cette disposition, un gaz à température relativement élevée peut être généré, de sorte que le gaz à une température si élevée (gaz brûlé) peut être fourni à la pile à combustible. En outre, il est possible de réduire le carburant non brûlé qui s'échappe du dispositif de combustion.

De préférence, le moteur à combustion interne peut comprendre en outre un catalyseur présentant une capacité d'oxydation qui est installé sur le conduit d'échappement à un emplacement en amont de la pile à combustible et en aval du système d'alimentation en carburant.

Grâce à ce catalyseur, le carburant non brûlé provenant du moteur à combustion interne et/ou le carburant de génération de puissance provenant du système d'alimentation en carburant peuvent être oxydés, de sorte que la température de la pile à combustible du côté aval du moteur et du système d'alimentation en carburant peut être relevée par la chaleur des réactions à ce moment. En conséquence, même si la température du gaz d'échappement rejeté du moteur et la température de la pile à combustible sont basses au moment du démarrage du moteur ou autre, la pile à combustible peut débiter la génération de puissance à un stade antérieur. En outre, le carburant non brûlé provenant du moteur à combustion interne et le carburant de génération de puissance provenant du système d'alimentation en carburant réagissent avec de l'oxygène dans le catalyseur pour diminuer la concentration en oxygène du gaz d'échappement, de sorte que la valeur de génération de puissance électrique de la pile à combustible peut être augmentée. En outre, comme le carburant de génération de puissance est reformé, il est possible de faire réagir facilement le carburant de génération de puissance dans la pile à combustible, d'où il résulte que le rendement électrique de la pile à combustible peut être amélioré.

Dans le cas où un catalyseur ayant une capacité d'oxydation est installé sur le conduit d'échappement à un emplacement en amont de la pile à combustible et en aval du système

d'alimentation en carburant, lorsque le moteur à combustion interne est mis en oeuvre avec un mélange de rapport air-carburant riche, la quantité de carburant de génération de puissance fournie par le système d'alimentation en carburant
5 peut être ajustée en amenant le rapport air-carburant du gaz brûlé dans le dispositif de combustion à constituer un rapport air-carburant pauvre.

De l'oxygène est fourni au catalyseur ayant une capacité d'oxydation en brûlant le mélange à un rapport air-carburant
10 pauvre dans le dispositif de combustion. En fournissant ainsi de l'oxygène, le carburant non brûlé provenant du moteur à combustion interne peut être oxydé, rendant ainsi possible de régler la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile à combustible.

15 De préférence, le moteur à combustion interne peut en outre comprendre un catalyseur possédant une capacité d'oxydation, qui est installé sur le conduit d'échappement à un emplacement en aval de la pile à combustible.

Avec ce catalyseur, il devient possible d'oxyder le
20 carburant de génération de puissance s'échappant de la pile à combustible sans contribuer à la génération de puissance, grâce à quoi le carburant de génération de puissance peut être empêché d'être rejeté dans l'atmosphère ambiante.

De préférence, dans le cas où un catalyseur ayant une
25 capacité d'oxydation est installé sur le conduit d'échappement à un emplacement en aval de la pile à combustible, le moteur à combustion interne peut comprendre en outre un dispositif d'alimentation en oxygène qui fournit de l'oxygène au catalyseur ayant une capacité d'oxydation.

30 Dans le cas du catalyseur ayant une capacité d'oxydation, plus la concentration en oxygène du gaz d'échappement passant par le catalyseur est élevée, plus la capacité d'oxydation du catalyseur augmente, et donc la capacité d'oxydation du catalyseur peut être améliorée en fournissant de l'oxygène au
35 catalyseur. Dans ce cas, l'oxygène rejeté du côté électrode d'air de la pile à combustible peut être fourni au catalyseur.

De préférence, le moteur à combustion interne peut
comprendre en outre un échangeur de chaleur installé sur le conduit d'échappement à un emplacement en aval de la pile à
40 combustible.

La température du gaz évacué du côté électrode de carburant de la pile à combustible fonctionnant à haute température est élevée, de sorte que la chaleur de ce gaz peut être recueillie par l'échangeur de chaleur. Il en résulte que le rendement du système du moteur à combustion interne entier peut être amélioré. Par exemple, en augmentant la température de l'eau de refroidissement pour le moteur à combustion interne grâce à l'utilisation de la chaleur recueillie par l'échangeur de chaleur, le réchauffage du moteur à combustion interne peut être facilité.

De préférence, le moteur à combustion interne peut comprendre en outre un conduit d'alimentation en air qui comporte l'échangeur de chaleur installé sur lui et qui est relié du côté entrée d'une électrode d'air de la pile à combustible, où l'air dont la température est augmentée grâce à la chaleur d'un gaz d'échappement dans l'échangeur de chaleur est fourni dans l'électrode d'air de la pile à combustible par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air.

Donc, de l'air peut être fourni à la pile à combustible tout en réprimant sa chute en température, d'où il résulte que le rendement électrique de la pile à combustible peut être amélioré.

De préférence, un conduit d'alimentation en air sur lequel est installé l'échangeur de chaleur, peut être relié au dispositif de combustion, de manière à ce que de l'air dont la température est augmentée dans l'échangeur de chaleur puisse être fourni dans le dispositif de combustion par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air. Avec un tel agencement, l'évaporation du carburant dans le dispositif de combustion peut être facilitée, le résultat étant que l'état de combustion du mélange dans le dispositif de combustion peut être stabilisé.

Les buts, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, de la présente invention seront mis plus facilement en évidence pour l'homme de l'art d'après la description détaillée suivante des modes de réalisation préférés de la présente invention, pris conjointement avec les dessins annexés.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes

d'admission et d'échappement conformes à un premier mode de réalisation de la présente invention.

La figure 2 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes
5 d'admission et d'échappement conformes à un second mode de réalisation de la présente invention.

La figure 3 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes d'admission et d'échappement conformes à un troisième mode de
10 réalisation de la présente invention.

La figure 4 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes d'admission et d'échappement conformes à un quatrième mode de réalisation de la présente invention.

15 La figure 5 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes d'admission et d'échappement conformes à un cinquième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 6 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes
20 d'admission et d'échappement conformes à un sixième mode de réalisation de la présente invention.

La figure 7 est une vue représentant le flux des signaux autour d'une unité ECU, conforme au premier mode de réalisation
25 de la présente invention.

La figure 8 est une vue représentant la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes d'admission et d'échappement conformes à un septième mode de réalisation de la présente invention.

30 DESCRIPTION DES MODES DE REALISATION PREFERES

Ci-après, des modes de réalisation préférés conformes à la présente invention seront décrits tout en se référant aux dessins annexés. Ici, il sera fait référence au cas où un moteur à combustion interne avec une pile à combustible conforme à la
35 présente invention est appliqué à un moteur diesel utilisé pour la propulsion d'un véhicule.

<PREMIER MODE DE REALISATION>

La figure 1 est une vue qui représente la conception simplifiée d'un moteur à combustion interne avec des systèmes
40 d'admission et d'échappement conformes à un premier mode de

réalisation de la présente invention. Le moteur à combustion interne (appelé ci-après simplement moteur), désigné de façon générale en 1 sur la figure 1, est un moteur diesel à quatre temps refroidi à l'eau. Un conduit d'échappement 2 destiné à rejeter un gaz d'échappement s'échappant du moteur 1 dans l'atmosphère ambiante est raccordé au moteur 1. Une pile à combustible 3 est installée sur une partie intermédiaire du conduit d'échappement 2. Cette pile à combustible 3 est reliée électriquement à des accessoires 4 par l'intermédiaire d'une batterie 5 destinée à fournir une alimentation électrique aux accessoires 4. Ici, on notera que dans ce mode de réalisation, une pile à combustible à oxyde solide, qui est de structure et de commande simple et n'impose pas de catalyseur pour la pile à combustible, et dans laquelle du carburant peut être reformé à l'intérieur de la pile à combustible, est choisie comme pile à combustible (appelée ci-après SOFC) 3.

La pile SOFC 3 est construite de manière à ce qu'elle comprenne trois types d'électrolyte d'oxyde, c'est-à-dire une électrode de carburant 3a, un électrolyte 3b et une électrode d'air 3c.

En outre, une pompe à air 6 destinée à envoyer de l'air à l'électrode d'air 3c de la pile SOFC 3 est reliée à la pile SOFC 3 par l'intermédiaire d'un conduit d'alimentation en air 7. La pompe à air 6 reçoit une alimentation électrique de la batterie 5, et est donc actionnée pour refouler de l'air vers le conduit d'alimentation en air 7.

Un dispositif de combustion 9 est raccordé du côté échappement au conduit d'échappement 2 à un emplacement entre la pile SOFC 3 et le moteur 1 par l'intermédiaire d'un conduit d'introduction 8. La pompe à air 6 est reliée du côté admission du dispositif de combustion 9 par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air 7. En outre, le dispositif de combustion 9 est muni d'un injecteur de carburant 10 destiné à injecter du carburant dans le dispositif de combustion 9. L'injecteur de carburant 10 est relié à une pompe à carburant 11 qui sert à alimenter du carburant sous pression vers l'injecteur de carburant 10. En outre, le dispositif de combustion 9 est également muni d'une bougie d'allumage 12 destinée à générer une étincelle électrique sur la base d'un signal provenant d'une

unité de commande électronique (ECU 13) que l'on décrira plus loin.

Dans le dispositif de combustion 9 construit de cette manière, du carburant est alimenté sous pression depuis la pompe à carburant 11 vers l'injecteur de carburant 10, de sorte qu'il est injecté de l'injecteur de carburant 10 dans le dispositif de combustion 9. Le carburant ainsi injecté se mélange à de l'air fourni depuis la pompe à air 6 dans le dispositif de combustion 9 pour y former un mélange air-carburant. Lorsqu'une étincelle électrique est générée par la bougie d'allumage 12, le mélange air-carburant est ainsi allumé ou mis à feu pour brûler ou subir une combustion dans le dispositif de combustion 9. Après cela, grâce à une fourniture supplémentaire d'air et de carburant dans le gaz (c'est-à-dire un mélange air-carburant) sous combustion, la combustion peut être effectuée en continu, le gaz sous combustion agissant comme source d'allumage. Le gaz brûlé ainsi produit par la combustion est introduit dans le conduit d'échappement 2 par l'intermédiaire du conduit d'introduction 8.

On notera ici dans ce mode de réalisation qu'une étincelle électrique peut ne pas être générée par la bougie d'allumage 12, de sorte que le mélange air-carburant qui est non brûlé peut être rejeté dans le conduit d'introduction 8 tel quel.

Le gaz introduit dans le conduit d'échappement 2 tout en étant brûlé ou non brûlé peut être utilisé comme carburant de génération de puissance de la pile SOFC 3.

Ici, le carburant de génération de puissance ainsi introduit dans la pile SOFC 3 réagit avec la vapeur ou la vapeur d'eau sur l'électrode de carburant 3a, de sorte qu'il est reformé en de l'hydrogène (H_2) et du monoxyde de carbone (CO). Donc, dans la pile SOFC 3, il est possible de reformer le carburant de génération de puissance dans celle-ci. Par ailleurs, de l'air est fourni depuis la pompe à air 6 à l'électrode d'air 3c. Dans l'électrode d'air 3c, l'oxygène atmosphérique se dissocie en ions oxygène (O^{2-}) sur une interface avec l'électrolyte 3b, et les ions oxygène (O^{2-}) ainsi générés se déplacent vers le côté de l'électrode de carburant 3a dans l'électrolyte 3b. Les ions oxygène (O^{2-}) qui sont arrivés au niveau d'une interface entre l'électrolyte 3b et l'électrode de carburant 3a réagissent avec l'hydrogène (H_2) et le monoxyde de carbone (CO) pour générer de l'eau (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2). La génération de

puissance de la pile SOFC 3 est exécutée en prélevant des électrons rejetés à ce moment. Donc, conformément à la pile SOFC 3, l'énergie chimique du carburant de génération de puissance est directement convertie en énergie électrique, de sorte qu'une
5 perte due à la conversion d'énergie est faible, ce qui rend possible de générer une puissance électrique avec un haut rendement. Une telle génération de puissance dans la pile SOFC 3 est exécutée à des températures de 700 à 1 000 °C, par exemple.

Un capteur de rapport air-carburant 15 qui fournit en sortie
10 un signal correspondant au rapport air-carburant du gaz d'échappement ainsi qu'un capteur de température de gaz d'échappement 16 qui fournit en sortie un signal correspondant à la température du gaz d'échappement sont installés sur le conduit d'échappement 2 du côté aval de la pile SOFC 3.

15 L'unité de commande électronique 13 destinée à commander le moteur 1 est prévue en conjonction avec le moteur 1, tel qu'il est construit ci-dessus. L'unité de commande électronique 13 commande l'état de fonctionnement du moteur 1 conformément à l'état de fonctionnement du moteur 1 et à la demande du
20 conducteur.

Divers types de capteurs tels que ceux mentionnés ci-dessus sont reliés à l'unité de commande électronique 13 par l'intermédiaire d'un câblage électrique, de sorte que les signaux de sortie des divers capteurs sont appliqués en entrée à
25 l'unité ECU 13. De même, l'injecteur de carburant 10, la bougie d'allumage 12 et la pompe à carburant 11 sont reliés à l'unité ECU 13 par l'intermédiaire d'un câblage électrique, de sorte que les opérations de ces éléments sont commandées par l'unité ECU 13. Par exemple, lorsqu'un courant d'attaque est appliqué à
30 l'injecteur de carburant 10 sous la commande d'un signal provenant de l'unité ECU 13, l'injecteur de carburant 10 est commandé pour s'ouvrir, d'où il résulte que du carburant est injecté de l'injecteur de carburant 10 dans le dispositif de combustion 9. En outre, une unité de commande électronique ECU
35 de pile à combustible (appelée ci-après ECU FC) 14 destinée à commander la pile SOFC 3 est reliée à l'unité ECU 13 de manière à ce que la pile SOFC 3 soit commandée pour fonctionner sous la commande d'un signal provenant de l'unité ECU FC 14.

Une partie de la puissance électrique fournie par la
40 génération de puissance de la pile SOFC 3 s'accumule une

première fois dans la batterie 5. Les accessoires 4 tels que la pompe à eau électrique, un compresseur électrique destiné à être utilisé avec le conditionneur d'air, une pompe à huile électrique, une pompe électrique pour la direction assistée et
5 autres sont reliés électriquement à la batterie 5, de sorte que l'alimentation électrique est fournie de la batterie 5 à ces accessoires.

Cependant, dans un moteur à combustion interne classique avec une pile à combustibles dans le système d'échappement, le
10 carburant non brûlé contenu dans le gaz d'échappement qui s'échappe du moteur à combustion interne a été utilisé comme carburant de génération de puissance de la pile à combustibles. En conséquence, lorsque la pile à combustibles a besoin d'une grande quantité de carburant de génération de puissance, il est
15 nécessaire de laisser échapper une quantité plus importante de carburant non brûlé du moteur à combustion interne en amenant le moteur à combustion interne à fonctionner avec un mélange à rapport air-carburant riche.

Cependant, par exemple, un moteur diesel classique est
20 ordinairement mis en oeuvre avec un mélange à rapport air-carburant pauvre, de sorte que la concentration en oxygène du gaz d'échappement est élevée et que la quantité de carburant non brûlé est limitée, compliquant ainsi l'obtention d'une valeur de puissance électrique nécessaire.

25 De plus, lorsqu'un moteur à combustion interne mis en oeuvre à un rapport air-carburant du côté riche, dans lequel la quantité de carburant dépasse celle du rapport air-carburant au moment d'un fonctionnement ordinaire, de manière à fournir le carburant de génération de puissance à la pile à combustibles,
30 une fluctuation de couple et/ou la dégradation des émissions est occasionnellement induite.

En outre, il pouvait être difficile de mettre en oeuvre le moteur à combustion interne à un rapport air-carburant du côté riche suivant l'état de fonctionnement du moteur à combustion
35 interne, et dans un tel cas, il était impossible d'assurer une alimentation électrique requise.

Dans le passé, le but principal était d'utiliser un moteur à combustion interne comme dispositif de reformage pour le carburant de génération de puissance afin d'obtenir une
40 puissance d'une pile à combustibles plutôt que d'obtenir une

puissance provenant du moteur à combustion interne. En conséquence, l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne avait été modifié de façon à générer de l'électricité avec la pile à combustible, et donc il était difficile d'obtenir
5 suffisamment de puissance du moteur à combustion interne. Cependant, lorsqu'une comparaison est faite entre le moteur à combustion interne et la pile à combustible avec la même masse ou le même volume, la puissance obtenue à partir du moteur à combustion interne est supérieure à celle obtenue à partir de la
10 pile à combustible. Donc, en envisageant l'installation de la pile à combustible sur un véhicule, il est avantageux d'utiliser principalement la puissance provenant du moteur à combustion interne pour la puissance motrice du véhicule du point de vue de la masse, de la taille, etc.

15 A ce propos, conformément à ce mode de réalisation, le gaz d'échappement (c'est-à-dire le gaz brûlé) rejeté du dispositif de combustion 9 peut être fourni à la pile SOFC 3 en tant que carburant de génération de puissance sans modifier l'état de fonctionnement du moteur 1.

20 En outre, dans ce mode de réalisation, il est possible de régler la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile SOFC 3 au moyen de la quantité de carburant injecté depuis l'injecteur de carburant 10 dans le dispositif de combustion 9. C'est-à-dire qu'en supposant que la quantité d'air
25 fournie depuis la pompe à air 6 est constante, le rapport air-carburant du mélange dans le dispositif de combustion 9 est défini par la quantité de carburant injectée depuis l'injecteur de carburant 10. On notera ici que dans ce mode de réalisation, l'injecteur de carburant 10 est commandé pour fonctionner par
30 intermittence sous la commande de l'unité ECU 13, de sorte que la quantité de carburant fournie au dispositif de combustion 9 est commandée en réglant le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 à ce moment. C'est-à-dire que plus le temps d'ouverture de soupape
35 de l'injecteur de carburant 10 est long, et plus le temps de fermeture de soupape de celui-ci est court, plus la quantité de carburant fournie au dispositif de combustion 9 augmente. Par ailleurs, plus le temps d'ouverture de soupape de l'injecteur de carburant 10 est court, et plus son temps de fermeture de
40 soupape est long, plus la quantité de carburant fournie au

dispositif de combustion 9 devient petite. En outre, la quantité d'air fournie par unité de temps depuis la pompe à air 6 au dispositif de combustion 9 peut être obtenue à l'avance par des expérimentations ou autres. En conséquence, le rapport air-carburant du mélange dans le dispositif de combustion 9 peut être commandé en réglant le temps d'ouverture de soupape de l'injecteur de carburant 10.

Au vu de ce qui précède, la relation entre le rapport air-carburant cible qui est un rapport air-carburant à cibler ou obtenu dans le mélange air-carburant dans le dispositif de combustion 9 et le temps d'ouverture de soupape ainsi que le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 sont mappés à l'avance, et le temps d'ouverture de soupape ainsi que le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 peuvent être déterminés en remplaçant une valeur cible désirée par le rapport air-carburant cible dans la mappe.

En outre, la relation entre la valeur cible de la génération de puissance électrique qui est une valeur de génération de puissance électrique à cibler ou obtenue dans la pile SOFC 3 ainsi que le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 sont mappés à l'avance. Le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 peuvent être déterminés en remplaçant une valeur cible désirée par la valeur cible de génération de puissance électrique dans la mappe.

On notera ici que lorsque du carburant de génération de puissance est fourni à la pile SOFC 3, une combustion peut être exécutée, le rapport air-carburant du mélange dans le dispositif de combustion 9 étant réglé à un rapport air-carburant à excès de carburant (rapport air-carburant riche). Le carburant non brûlé à cet instant, c'est-à-dire l'hydrocarbure (HC) restant non brûlé, est fourni à la pile SOFC 3 grâce au conduit d'introduction 8 et au conduit d'échappement 2. L'hydrocarbure fourni à ce moment est reformé en raison de la haute température dans le dispositif de combustion 9, de sorte qu'il devient facile qu'il réagisse dans la pile SOFC 3. En outre, du monoxyde de carbone (CO) généré durant la combustion du mélange du rapport air-carburant riche dans le dispositif de combustion 9 sert également de carburant de génération de puissance pour la pile SOFC 3. De plus, lorsqu'il existe de la vapeur ou de l'eau

vaporisée dans le dispositif de combustion 9, de l'hydrogène (H_2) est généré lors de la combustion du mélange dans celui-ci. L'hydrogène ainsi généré sert également comme carburant de génération de puissance pour la pile SOFC 3.

5 On notera ici que dans ce mode de réalisation, lorsque du carburant de génération de puissance est fourni à la pile SOFC 3, le mélange peut être rejeté du dispositif de combustion 9 sans y subir de combustion ni y être brûlé. Dans ce cas, la quantité de carburant injecté depuis l'injecteur de carburant 10
10 devient égale à la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile SOFC 3. Donc, le carburant de génération de puissance peut être fourni à la pile SOFC 3 grâce à l'injection de carburant depuis l'injecteur de carburant 10. A ce propos, si la relation entre la valeur cible de génération de
15 puissance électrique et le temps d'ouverture de soupape ainsi que le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 est obtenue et mappée à l'avance, il est possible de générer une quantité suffisante de puissance électrique pour satisfaire une valeur de génération de puissance cible en réglant le temps
20 d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 d'une manière appropriée.

De plus, la génération de puissance dans la pile SOFC 3 est exécutée à des températures allant de 700 à 1 000 °C par exemple, comme expliqué ci-dessus. En conséquence, lorsque la
25 température de la pile SOFC 3 est basse, il est nécessaire de relever la température de la pile SOFC 3 à une température appropriée. On notera ici que si la température de la pile SOFC 3 est amenée à monter en raison uniquement du gaz d'échappement provenant du moteur 1, il faut du temps avant que la pile SOFC 3
30 atteigne une température prescrite à laquelle la pile SOFC 3 peut exécuter une génération de puissance du fait que dans le moteur diesel, la température de combustion est basse et donc la température du gaz d'échappement est basse. De ce point de vue, conformément à ce mode de réalisation, un gaz à haute
35 température rejeté à la suite du mélange dans le dispositif de combustion 9 qui est brûlé, peut cependant être fourni à la pile SOFC 3, de sorte que la température de la pile SOFC 3 peut être augmentée plus rapidement que dans le cas ci-dessus. Par conséquent, la génération de puissance peut être débutée à un
40 stade antérieur même lorsque la température de la pile SOFC 3

est basse. On notera ici que dans le cas où c'est le but principal d'augmenter la température de la pile SOFC 3, il est souhaitable de faire subir une combustion ou de brûler le mélange dans le dispositif de combustion 9 à un rapport air-carburant au voisinage du rapport air-carburant stoechiométrique. En faisant brûler le mélange dans une telle condition, un gaz à température relativement élevée peut être généré, de sorte que le gaz à une température si élevée (gaz brûlé) peut être fourni à la pile SOFC 3. En outre, il est possible de réduire le carburant non brûlé qui s'échappe du dispositif de combustion 9 en faisant brûler le mélange à un rapport air-carburant au voisinage du rapport air-carburant stoechiométrique.

De plus, conformément à ce mode de réalisation, le gaz d'échappement provenant du moteur 1 est également fourni à l'électrode de carburant 3a, de sorte que la température de la pile SOFC 3 peut être relevée en raison de la chaleur du gaz d'échappement, et une partie du gaz d'échappement provenant du moteur 1 peut être utilisée comme carburant de génération de puissance.

On notera ici que dans ce mode de réalisation, la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile SOFC 3, c'est-à-dire le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10, peuvent être commandés par une rétroaction sur la base du signal de sortie du capteur de rapport air-carburant 15 installé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval de la pile SOFC 3.

C'est-à-dire que lorsque le signal de sortie du capteur de rapport air-carburant 15 est plus élevé qu'un rapport air-carburant cible, le temps d'ouverture de soupape de l'injecteur de carburant 10 est allongé et le temps de fermeture de soupape de celui-ci est raccourci. En revanche, lorsque le signal de sortie du capteur de rapport air-carburant 15 est inférieur au rapport air-carburant cible, le temps d'ouverture de soupape de l'injecteur de carburant 10 est raccourci et son temps de fermeture de soupape est allongé.

En d'autres termes, lorsque la quantité du carburant contribuant à la génération de puissance de la pile SOFC 3 est faible, la quantité de carburant de génération de puissance à

fournir est augmentée, alors que lorsque la quantité de carburant contribuant à la génération de puissance de la pile SOFC 3 est importante, la quantité de carburant de génération de puissance à fournir est diminuée. Conformément à une telle
5 régulation de carburant, la quantité d'alimentation de carburant de génération de puissance peut être commandée sur la base de la quantité de carburant de génération de puissance qui contribue à la génération de puissance par la pile SOFC 3. Il en résulte qu'une quantité optimale de carburant de génération de puissance
10 peut être fournie à la pile SOFC 3 de façon à atteindre une valeur cible de génération de puissance électrique de la pile SOFC 3.

D'une manière similaire, dans ce mode de réalisation, le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape
15 de l'injecteur de carburant 10 peuvent être commandés par une rétroaction sur la base du signal de sortie du capteur de température de gaz d'échappement 16 installé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval de la pile SOFC 3.

C'est-à-dire que sur la base du signal de sortie du capteur
20 de température de gaz d'échappement 16, il est possible de déterminer si la température de la pile SOFC 3 a monté à une température à laquelle la pile SOFC 3 peut exécuter une génération de puissance électrique. La température de la pile SOFC 3 est augmentée en faisant brûler le mélange du rapport
25 air-carburant stoechiométrique dans le dispositif de combustion 9 jusqu'à ce que la pile SOFC 3 monte à une température à laquelle elle peut exécuter une génération de puissance. Après que la température de la pile SOFC 3 a monté jusqu'à la température à laquelle la pile SOFC 3 peut exécuter la
30 génération de puissance, un mélange à rapport air-carburant riche est brûlé dans le dispositif de combustion 9, de sorte que de l'électricité est générée par la pile SOFC 3.

Il en résulte qu'au démarrage d'un moteur froid ou autre, la température de la pile SOFC 3 peut être augmentée plus
35 rapidement jusqu'à la température à laquelle de l'électricité peut être générée par la pile SOFC 3. En outre, la température de la pile SOFC 3 peut être commandée pour convenir à une génération de puissance, c'est-à-dire une température à laquelle la pile SOFC 3 présente un haut rendement électrique. Il en

résulte que la réduction du rendement électrique peut être réprimée.

On notera ici que lorsque la température de la pile SOFC 3 est inférieure à la température convenant à une génération de puissance, la quantité d'alimentation du carburant de génération de puissance peut être diminuée en réduisant la quantité de carburant à injecter depuis l'injecteur de carburant 10. Ceci étant, il est possible de réduire le carburant non brûlé qui s'échappe de la pile SOFC 3 sans contribuer à la génération de puissance.

Comme cela est décrit ci-dessus, conformément à ce mode de réalisation, le carburant de génération de puissance peut être fourni à la pile SOFC 3 sans considérer l'état de fonctionnement du moteur 1. En outre, une quantité optimale de carburant de génération de puissance peut être fournie à la pile SOFC 3 de façon à atteindre une valeur cible de génération de puissance électrique de celle-ci. De plus, la température de la pile SOFC 3 peut être augmentée plus rapidement, grâce à quoi la génération de puissance de la pile SOFC 3 peut être lancée à un stade antérieur. De plus, la quantité d'alimentation du carburant de génération de puissance peut être commandée par une rétroaction grâce au capteur de rapport air-carburant 15 et/ou au capteur de température de gaz d'échappement 16. Ici, on fera référence au flux des signaux autour de l'unité ECU 13 dans ce mode de réalisation, tout en se référant à la figure 7.

Sur la figure 7, une flèche à ligne en pointillé (1) représente la circulation d'un signal provenant de l'unité ECU 13 vers l'injecteur de carburant 10. Une flèche à ligne en pointillé (2) représente la circulation d'un signal provenant du capteur de rapport air-carburant 15 vers l'unité ECU 13. Une flèche à ligne en pointillé (3) représente la circulation d'un signal provenant du capteur de température de gaz d'échappement 16 vers l'unité ECU 13. Une flèche à ligne continue de la figure 7 représente l'alimentation du carburant depuis l'injecteur de carburant 10 dans le dispositif de combustion 9.

Dans ce mode de réalisation, comme on l'a expliqué ci-dessus, du carburant est injecté depuis l'injecteur de carburant 10 dans le dispositif de combustion 9, et le carburant non brûlé contenu dans le gaz qui s'échappe du dispositif de combustion 9 est fourni comme carburant de génération de

puissance à la pile SOFC 3. C'est-à-dire que l'injecteur de carburant 10 et le dispositif de combustion 9 constituent ensemble un système d'alimentation en carburant 101 conforme à la présente invention. Le temps d'ouverture de soupape et le
5 temps de fermeture de soupape de l'injecteur de carburant 10 sont commandés de la manière mentionnée ci-dessus en exécutant un programme de commande mémorisé dans l'unité ECU 13, de sorte que la quantité de carburant à injecter depuis l'injecteur de carburant 10 peut être commandée de manière appropriée. Il en
10 résulte que la quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile SOFC 3 est ajustée. C'est-à-dire que le programme de commande constitue une partie de commande de quantité d'alimentation 201 conforme à la présente invention.

De plus, dans ce mode de réalisation, la partie de commande
15 de quantité d'alimentation 201 peut commander la quantité de carburant à injecter depuis l'injecteur de carburant 10 sur la base du signal de sortie du capteur de rapport air-carburant 15 et/ou du signal de sortie du capteur de température de gaz d'échappement 16, comme mentionné ci-dessus. C'est-à-dire que le
20 capteur de rapport air-carburant 15 constitue un dispositif de détection de quantité de carburant conforme à la présente invention, et le capteur de température de gaz d'échappement 16 constitue un dispositif de détection de température conforme à la présente invention.

25 <SECOND MODE DE REALISATION>

Un second mode de réalisation de la présente invention est différent du premier mode de réalisation en ce qu'il est muni d'un catalyseur d'oxydation 17 installé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement entre le conduit d'introduction
30 8 et la pile SOFC 3, comme indiqué sur la figure 2. On notera ici que dans ce second mode de réalisation, la structure de base du moteur à combustion interne, auquel est appliquée la présente invention, ainsi que le reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné précédemment, et une
35 explication de ceux-ci est omise.

La figure 2 est une vue qui illustre la conception simplifiée du moteur 1 et de ses systèmes d'admission et d'échappement conformes à ce second mode de réalisation.

Du carburant non brûlé, qui sert de carburant de génération
40 de puissance pour la pile SOFC 3, est fourni du moteur 1 et/ou

du dispositif de combustion 9 au catalyseur d'oxydation 17, grâce à quoi le carburant non brûlé est oxydé par le catalyseur d'oxydation 17. La température du gaz d'échappement rejeté du moteur 1 est augmentée par la chaleur des réactions générées à ce moment, de sorte que la température de la pile SOFC 3 monte grâce au gaz d'échappement circulant dans celle-ci. Il en résulte que même si la température du gaz d'échappement rejeté du moteur 1 et la température de la pile SOFC 3 sont basses, la température de la pile SOFC 3 peut être augmentée plus rapidement, de sorte que la génération de puissance de la pile SOFC 3 peut être débutée à un stade antérieur. En outre, une partie du carburant non brûlé est reformée par le catalyseur d'oxydation 17, de sorte que le carburant non brûlé ainsi reformé peut être formé à la pile SOFC 3. Le carburant non brûlé reformé peut facilement réagir au niveau de l'électrode de carburant 3a, de sorte que le rendement électrique de la pile SOFC 3 peut être amélioré. De plus, le carburant non brûlé provenant du moteur 1 et/ou du dispositif de combustion 9 réagit avec l'oxygène dans le catalyseur d'oxydation 17, de sorte que la concentration en oxygène du gaz d'échappement diminue ainsi, en rendant de cette manière possible d'augmenter la valeur de génération de puissance électrique de la pile SOFC 3.

On notera ici que dans ce mode de réalisation, le carburant non brûlé rejeté du dispositif de combustion 9 peut être obtenu par la combustion d'un mélange contenant dans celui-ci une quantité excessive de carburant, ou bien il peut également être obtenu en rejetant le carburant injecté par l'injecteur de carburant 10 du dispositif de combustion 9 dans un état non brûlé.

De plus, dans les cas où le moteur 1 est mis en oeuvre avec un mélange à un rapport air-carburant riche, un mélange à un rapport air-carburant pauvre peut être brûlé dans le dispositif de combustion 9, de sorte que le catalyseur d'oxydation 17 peut recevoir de l'oxygène pour oxyder le carburant non brûlé provenant du moteur 1, en rendant ainsi possible de régler la quantité de carburant non brûlé fournie à la pile SOFC 3.

Il est préférable ici de choisir un catalyseur de petite taille en tant que catalyseur d'oxydation 17 dans le but d'augmenter la température du catalyseur d'oxydation 17 à un stade précoce.

<TROISIEME MODE DE REALISATION>

Un troisième mode de réalisation de la présente invention est différent du second mode de réalisation en ce qu'il est muni d'un catalyseur d'oxydation 18 installé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval de la pile SOFC 3, comme indiqué sur la figure 3. On notera ici que dans ce troisième mode de réalisation, la structure de base du moteur à combustion interne, à laquelle est appliquée la présente invention, ainsi que le reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, et donc une explication de ceux-ci est omise.

La figure 3 est une vue qui illustre la conception simplifiée du moteur 1 et de ces systèmes d'admission et d'échappement, conforme à ce troisième mode de réalisation.

Dans le cas où le capteur de rapport air-carburant 15 ou bien le capteur de température de gaz d'échappement 16 est installé sur le conduit d'échappement 2, les composants du gaz d'échappement sont changés dans le catalyseur d'oxydation 18 afin d'influencer la sortie du capteur 15 ou 16. Pour éviter une telle influence, le catalyseur d'oxydation 18 est agencé du côté aval du capteur 15 ou 16.

Dans la pile SOFC 3, la totalité du carburant de génération de puissance (carburant non brûlé provenant du moteur 1 et/ou du dispositif de combustion 9) fournie à la pile SOFC 3 ne réagit pas, et une partie du carburant de génération de puissance peut passer au travers de la pile SOFC 3 sans subir de réactions. Si une partie du carburant de génération de puissance est rejetée dans l'atmosphère, les émissions rejetées du moteur 1 dans l'atmosphère se dégradent. De ce point de vue, conformément à ce mode de réalisation, grâce à la fourniture du catalyseur d'oxydation 18 disposé du côté aval de la pile SOFC 3, le carburant de génération de puissance rejeté de la pile SOFC 3 sans y subir aucune réaction peut cependant être oxydé par le catalyseur d'oxydation 18, grâce à quoi le gaz d'échappement à rejeter dans l'atmosphère peut être purifié.

En outre, le catalyseur d'oxydation 18, qui est disposé du côté aval de la pile SOFC 3, est maintenu à une température élevée grâce à la chaleur provenant de la pile SOFC 3, de sorte qu'il est possible d'exécuter une purification stable du gaz d'échappement.

<QUATRIEME MODE DE REALISATION>

Un quatrième mode de réalisation de la présente invention diffère du troisième mode de réalisation en ce que le gaz (gaz émanant de la cathode) qui s'échappe du côté de l'électrode d'air 3c de la pile SOFC 3 est introduit dans le catalyseur d'oxydation 18. On notera ici que dans ce quatrième mode de réalisation, la structure de base du moteur à combustion interne, à laquelle est appliquée la présente invention, ainsi que le reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, et donc une explication de ceux-ci est omise.

La figure 4 est une vue qui illustre la conception simplifiée du moteur 1 et de ce système d'admission et d'échappement, conforme à ce quatrième mode de réalisation.

Dans ce mode de réalisation, une partie du conduit d'échappement 2 entre la pile SOFC 3 et le catalyseur d'oxydation 18 est reliée au côté sortie de l'électrode d'air 3c par l'intermédiaire d'un conduit d'introduction d'air 19, de sorte que l'oxygène rejeté du côté de l'électrode d'air 3c est introduit dans le catalyseur d'oxydation 18. Dans le cas où le capteur de rapport air-carburant 15 ou bien le capteur de température de gaz d'échappement 16 est installé sur le conduit d'échappement 2, les composants du gaz d'échappement sont changés dans le catalyseur d'oxydation 18 au point d'influencer ainsi la sortie du capteur 15 ou 16. Pour éviter une telle influence, le conduit d'introduction d'air 19 est disposé du côté aval du capteur 15 ou 16.

On notera ici que le gaz d'échappement du côté de l'électrode de carburant 3a peut présenter une faible concentration en oxygène suivant l'état de fonctionnement du moteur 1 ou bien l'état de génération de puissance de la pile SOFC 3. Donc, lorsque la concentration en oxygène du gaz d'échappement provenant du côté de l'électrode de carburant 3a est faible, la capacité d'oxydation du catalyseur d'oxydation 18 pourrait être réduite, en rendant ainsi difficile d'oxyder le carburant non brûlé. Dans ce cas, on peut craindre que si de l'oxygène est fourni au catalyseur d'oxydation 18 dans l'état de fonctionnement du moteur 1 ou l'état de génération de puissance de la pile SOFC 3 qui est modifié, un couple nécessaire pourrait ne pas être obtenu à partir du moteur 1, et une valeur cible de

génération de puissance électrique de la pile SOFC 3 pourrait devenir impossible à obtenir.

A ce propos, conformément à ce mode de réalisation, l'oxygène contenu dans l'air provenant du côté de l'électrode d'air 3c peut être introduit dans le catalyseur d'oxydation 18, de sorte qu'il est possible de réprimer la dégradation des émissions, qui serait sinon provoquée en raison d'un manque d'oxygène dans le catalyseur d'oxydation 18. En outre, il est possible de fournir de l'oxygène au catalyseur d'oxydation 18 sans dépendre de l'état de fonctionnement du moteur 1 et de l'état de génération de puissance de la pile SOFC 3.

On notera ici que dans ce mode de réalisation, l'air fourni par la pompe à air 6 peut être introduit dans le catalyseur d'oxydation 18.

Donc, dans ce mode de réalisation, le conduit d'introduction d'air 19 ou bien la pompe à air 6 constituent un système d'alimentation en air conforme à la présente invention.

<CINQUIEME MODE DE REALISATION>

Un cinquième mode de réalisation de la présente invention diffère du quatrième mode de réalisation en ce qu'il est muni d'un échangeur de chaleur 20 installé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval du catalyseur d'oxydation 18, comme indiqué sur la figure 5. On notera ici que dans ce cinquième mode de réalisation, la structure de base du moteur à combustion interne, à laquelle est appliquée la présente invention, ainsi que le reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, et donc une explication de ceux-ci est omise.

La figure 5 est une vue qui illustre la conception simplifiée du moteur 1 et de ses systèmes d'admission et d'échappement, conformément à ce cinquième mode de réalisation.

Dans ce mode de réalisation, l'échangeur de chaleur 20 est disposé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval du catalyseur d'oxydation 18, et un conduit de dérivation 21 destiné à dériver le gaz d'échappement autour de l'échangeur de chaleur 20 a une extrémité ainsi que l'autre extrémité de celui-ci raccordée au conduit d'échappement 2 à des emplacements du côté amont et du côté aval de l'échangeur de chaleur 20, respectivement. Une vanne à trois voies 22 destinée à laisser passer sélectivement le gaz d'échappement par l'un ou l'autre du

conduit de dérivation 21 et de l'échangeur de chaleur 20 est installée sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement de celui-ci auquel conduit de dérivation 21 est relié à son autre extrémité au conduit d'échappement 2 du côté aval de l'échangeur de chaleur 20.

Un conduit d'eau de refroidissement 23 dans lequel un agent de refroidissement ou de l'eau destiné à refroidir le moteur 1 circule, est raccordé à l'échangeur de chaleur 20. Le conduit d'eau de refroidissement 23 est relié au moteur 1 et à un bloc de chauffage 24.

On notera ici que la température de fonctionnement de la pile SOFC 3 est élevée, et donc un gaz à haute température s'échappe du côté de l'électrode de carburant 3a de la pile SOFC 3. En conséquence, pendant le temps où la pile SOFC 3 exécute une génération de puissance, la température du gaz d'échappement qui s'échappe du moteur 1, même si elle est basse, est augmentée dans la pile SOFC 3, et donc la température du gaz d'échappement du côté aval de la pile SOFC 3 s'élève. Par ailleurs, même si la température du gaz d'échappement provenant du moteur 1 est élevée, la chaleur provenant du moteur 1 peut être recueillie par l'échangeur de chaleur 20 disposé sur le conduit d'échappement 2. Donc, la chaleur du gaz d'échappement provenant du moteur 1 et la pile SOFC 3 peut être recueillie par l'unique échangeur de chaleur 20. Il en résulte que l'instabilité de l'échangeur de chaleur sur le véhicule peut être améliorée.

Dans ce mode de réalisation, l'eau de refroidissement du moteur 1 est amenée à circuler au travers de l'échangeur de chaleur 20, de sorte que l'échange de chaleur est exécuté entre le gaz d'échappement à haute température et l'eau de refroidissement afin d'augmenter ainsi la température de l'eau de refroidissement. C'est-à-dire que lorsque le gaz d'échappement à haute température est introduit dans l'échangeur de chaleur 20, la température de l'eau de refroidissement est augmentée par l'échangeur de chaleur 20. Donc, il est possible d'améliorer les performances de chauffage du véhicule en faisant circuler l'eau de refroidissement ainsi augmentée en température dans le bloc de chauffage 24 par l'intermédiaire du conduit d'eau de refroidissement 23. En outre, lorsque la température du moteur 1 est basse au moment du démarrage du moteur ou autre, il

est possible de chauffer rapidement le moteur 1 en amenant l'eau de refroidissement à haute température à circuler au travers du moteur 1. De plus, même si l'échangeur de chaleur 20 est de taille réduite, un tel effet avantageux peut être obtenu dans
5 une mesure satisfaisante du fait que le gaz d'échappement à haute température est mis en circulation au travers de l'échangeur de chaleur 20.

On notera ici que lorsque la température de l'eau de refroidissement devient trop élevée, elle devient incapable de
10 refroidir le moteur 1 dans une mesure satisfaisante, en donnant naissance à ce que l'on appelle une surchauffe. On conséquence, la vanne à trois voies 22 est commandée pour fonctionner avant que la température d'eau de refroidissement devienne trop élevée, de manière à ce que le gaz d'échappement passe par le
15 conduit de dérivation 21. Ceci étant, il est possible de réprimer l'apparition d'une surchauffe. De plus, dans le cas de la fourniture du capteur de température de gaz d'échappement 16, on peut faire passer le gaz d'échappement par le conduit de dérivation 21 au moyen de la vanne à trois voies 22 lorsque la
20 température du gaz d'échappement détecté par le capteur de température de gaz d'échappement 16 est plus élevée qu'une température prescrite.

<SIXIEME MODE DE REALISATION>

Un sixième mode de réalisation de la présente invention
25 diffère du cinquième mode de réalisation en ce que l'échange de chaleur entre le gaz d'échappement et l'air est exécuté dans l'échangeur de chaleur 20. On notera ici que dans ce sixième mode de réalisation, la structure de base du moteur à combustion interne auquel la présente invention est appliquée, ainsi que le
30 reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, et donc une explication de ceux-ci est omise.

La figure 6 est une vue qui illustre la conception simplifiée du moteur 1 et de ses systèmes d'admission et
35 d'échappement conformes au sixième mode de réalisation.

Dans ce mode de réalisation, l'échangeur de chaleur 20 est disposé sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement en aval du catalyseur d'oxydation 18, et un conduit de dérivation 21 destiné à dériver le gaz d'échappement autour de l'échangeur de
40 chaleur 20 à une extrémité ainsi que l'autre extrémité de

celui-ci raccordées au conduit d'échappement 2 à des emplacements du côté amont et du côté aval de l'échangeur de chaleur 20, respectivement. Une vanne à trois voies 22 destinée à faire passer sélectivement le gaz d'échappement au travers de l'un ou l'autre du conduit de dérivation 21 et de l'échangeur de chaleur 20 est installée sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement de celui-ci auquel le conduit de dérivation 21 est relié à son autre extrémité avec le conduit d'échappement 2 du côté aval de l'échangeur de chaleur 20.

10 L'échangeur de chaleur 20 est raccordé du côté de son entrée à la pompe à air 6 par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air 7, et du côté de sa sortie avec le côté entrée de l'électrode d'air 3c de la pile SOFC 3 par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air 7. De même, le conduit
15 d'alimentation en air 7 raccordé au côté sorti de l'échangeur de chaleur 20 comporte une dérivation sur son cheminement vers la pile SOFC 3 pour être raccordée au dispositif de combustion 9 par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur 25.

Un conduit d'eau de refroidissement 23 dans lequel un agent
20 de refroidissement ou de l'eau destiné à refroidir le moteur 1 circule, est raccordé à l'échangeur de chaleur 25. Le conduit d'eau de refroidissement 23 est raccordé au moteur 1 ainsi qu'au bloc de chauffage 24.

On notera ici que la température de fonctionnement de la
25 pile SOFC 3 est élevée et donc un gaz à haute température s'échappe du côté de l'électrode de carburant 3a de la pile SOFC 3. En conséquence, pendant le temps où la pile SOFC 3 exécute une génération de puissance, la température du gaz d'échappement qui s'échappe du moteur 1, même si elle est basse,
30 est augmentée dans la pile SOFC 3, et donc la température du gaz d'échappement du côté aval de la pile SOFC 3 s'élève. Dans ce mode de réalisation, l'échange de chaleur est exécuté entre le gaz d'échappement à haute température et l'air rejeté de la pompe à air 6, grâce à quoi la température de l'air fournie à la
35 pile SOFC 3 et au dispositif de combustion 9 peut être augmentée.

Avec une telle conception, lorsque le gaz d'échappement à haute température est introduit dans l'échangeur de chaleur 20, la température de l'air est augmentée par l'échangeur de chaleur
40 20. Donc, en introduisant l'air dont la température est ainsi

augmentée dans l'électrode d'air 3c de la pile SOFC 3, il est possible de fournir l'air à la pile SOFC 3 tout en réprimant sa chute de température, d'où il résulte que le rendement électrique de la pile SOFC 3 peut être amélioré.

5 En outre, l'évaporation du carburant dans le dispositif de combustion 9 est facilitée en fournissant l'air à haute température au dispositif de combustion 9, de sorte qu'une combustion dans le dispositif de combustion 9 peut être davantage stabilisée. Cependant, lorsque la température de l'air
10 fourni au dispositif de combustion 9 devient trop élevée, la concentration en oxygène de l'air est réduite. Pour éviter cela, conformément à ce mode de réalisation, après que l'échange de chaleur entre l'air à haute température et l'eau de refroidissement a été réalisé dans l'échangeur de chaleur 25,
15 l'air dont la température est ainsi diminuée est fourni au dispositif de combustion 9. Il en résulte que la combustion dans le dispositif de combustion 9 peut être davantage stabilisée. Par ailleurs, lorsque le mélange est amené à être rejeté du dispositif de combustion 9 sans subir de combustion dans
20 celui-ci, l'évaporation du carburant dans le mélange peut être facilitée, de sorte que le carburant peut facilement réagir dans la pile SOFC 3.

 Comme on peut le voir d'après l'explication qui précède, dans un moteur à combustion interne dans lequel une pile à
25 combustible est installée dans un système d'échappement conforme à la présente invention, il est possible d'alimenter du carburant de génération de puissance dans la pile à combustible sans tenir compte de l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne. En outre, la quantité de carburant de
30 génération de puissance fourni à la pile à combustible peut être augmentée ou diminuée sans prendre en compte l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, de sorte que la quantité de carburant de génération de puissance correspondant à une valeur cible de génération de puissance peut être fournie.
35 De plus, en introduisant le gaz d'échappement depuis un dispositif de combustion dans la pile à combustible, la température de la pile à combustible peut être augmentée plus rapidement, grâce à quoi la génération de puissance de la pile à combustible peut être lancée en conséquence à un stade
40 antérieur.

Bien que l'invention ait été décrite en termes des modes de réalisation préférés, l'homme de l'art se rendra compte que l'invention peut être mise en pratique avec des modifications en restant dans l'esprit et la portée des revendications annexées.

5 <SEPTIEME MODE DE REALISATION>

Un septième mode de réalisation de la présente invention diffère du premier mode de réalisation en ce que, à la place du dispositif de combustion 9 du premier mode de réalisation, ce mode de réalisation comprend un injecteur d'addition de
10 carburant 26 disposé entre le moteur 1 et la pile SOFC 3 dans le conduit d'échappement 2 afin d'y additionner le carburant. De plus, l'échangeur de chaleur 20 est disposé du côté aval de la pile SOFC 3 dans le conduit d'échappement 2. On notera ici que dans ce mode de réalisation, la structure de base du moteur à
15 combustion interne, auquel est appliquée l'invention et le reste du matériel sont communs à ceux du premier mode de réalisation mentionné ci-dessus, et donc une explication de ceux-ci est omise.

La figure 8 est une vue qui illustre la conception
20 simplifiée du moteur 1 et de son système d'admission et d'échappement, conforme à ce septième mode de réalisation.

Ce mode de réalisation comprend l'injecteur d'addition de carburant 26 entre le moteur 1 et la pile SOFC 3 dans le conduit d'échappement 2. Le carburant est fourni depuis la pompe à
25 carburant 11 à cet injecteur d'addition de carburant 26. En outre, cet injecteur d'addition de carburant 26 est relié électriquement à l'unité de commande électronique 13 et est commandé par les signaux provenant de l'unité ECU 13, grâce à quoi l'addition du carburant est commandée. Donc, le carburant
30 ajouté au conduit d'échappement 2 peut être utilisé comme carburant de génération de puissance pour la pile SOFC 3.

En conséquence, avec ce mode de réalisation, le carburant ajouté par l'injecteur d'addition de carburant 26 peut être fourni à la pile SOFC 3 en tant que carburant de génération de
35 puissance sans modifier l'état de fonctionnement du moteur 1. De plus, le gaz d'échappement provenant du moteur 1 peut être introduit dans la pile SOFC 3, grâce à quoi la température de la pile SOFC 3 peut être augmentée par la haute température du gaz d'échappement, et de plus, une partie du gaz d'échappement

provenant du moteur 1 peut être utilisée comme carburant de génération de puissance.

Dans ce cas, une quantité de carburant de génération de puissance fournie à la pile SOFC 3 peut être ajustée par une
5 quantité du carburant injecté depuis l'injecteur d'addition de carburant 26. En particulier, avec ce mode de réalisation, une soupape de l'injecteur d'addition de carburant 26 est ouverte par intermittence, et la quantité de carburant à ajouter au
10 vanne à trois voies 22 est réglée en réglant le temps d'ouverture de soupape et le temps de fermeture de soupape de l'injecteur d'addition de carburant 26. A ce moment, plus le temps d'ouverture de soupape est long et plus le temps de
15 fermeture de soupape est court, plus la valeur de la quantité de carburant à fournir à la pile SOFC 3 est importante. Par ailleurs, plus le temps d'ouverture de soupape est court et plus le temps de fermeture de soupape est long, plus la valeur de la
quantité de carburant à fournir à la pile SOFC 3 devient petite.

Donc, une relation entre la valeur cible de la génération de puissance électrique de la pile SOFC 3 et les temps d'ouverture
20 et de fermeture de soupape de l'injecteur d'addition de carburant 26 peut être préparée sous forme d'une mappe à l'avance, et le temps d'ouverture de soupape ainsi que le temps de fermeture de soupape de l'injecteur d'addition de carburant 26 peuvent être déterminés en remplaçant la valeur cible de
25 génération de puissance électrique. De cette manière, il devient possible d'exécuter une génération de puissance pour satisfaire la valeur cible de génération de puissance électrique.

En outre, ce mode de réalisation comprend l'échangeur de chaleur 20 au niveau du côté aval de la pile SOFC 3 dans le
30 conduit d'échappement 2. De plus, un conduit de dérivation 21 destiné à dériver le gaz d'échappement autour de l'échangeur de chaleur 20 comporte une extrémité et l'autre extrémité de celui-ci est raccordée au conduit d'échappement 2 à des
35 emplacements du côté amont et du côté aval de l'échangeur de chaleur 20, respectivement. Une vanne à trois voies 22 destinée à laisser passer sélectivement le gaz d'échappement par l'un ou l'autre du conduit de dérivation 21 et de l'échangeur de chaleur 20 est installée sur le conduit d'échappement 2 à un emplacement de celui-ci auquel le conduit d'échappement 2 est raccordé à son

autre extrémité au conduit d'échappement 2 du côté aval de l'échangeur de chaleur 20.

L'échangeur de chaleur 20 est muni d'un orifice d'admission d'air non illustré, et un échange de chaleur est exécuté dans
5 l'échangeur de chaleur 20 entre l'air prélevé par l'intermédiaire de l'orifice d'admission d'air et le gaz d'échappement.

En outre, une extrémité du conduit d'alimentation en air 7 est raccordée à l'échangeur de chaleur 20. L'autre extrémité du
10 conduit d'alimentation en air 7 est raccordée au conduit d'échappement 2 entre le moteur 1 et l'injecteur d'addition de carburant 26. Le conduit d'alimentation en air 7 comprend à mi-chemin une pompe à air 27 destinée à rejeter l'air sous une pression prédéterminée depuis le côté de l'échangeur de chaleur
15 20 vers le conduit d'échappement 2 en amont de la pile SOFC 3.

Avec la conception décrite ci-dessus, l'air dont la température est augmentée dans l'échangeur de chaleur 20 est introduit dans le conduit d'échappement 2 du côté amont de la pile SOFC 3 par l'intermédiaire du conduit d'alimentation en air
20 7. Par conséquent, la température de surface de paroi du conduit d'échappement 2 et la température du gaz d'échappement peuvent être augmentées. Donc, l'évaporation du carburant ajouté depuis l'injecteur d'addition de carburant 26 peut être avancée.

De plus, dans la région à faible charge, un degré
25 d'augmentation de la température de la surface de paroi du conduit d'échappement 2 avec la chaleur du gaz d'échappement provenant du moteur 1 est faible, d'où il résulte que le carburant ajouté depuis l'injecteur d'addition de carburant 26 est susceptible d'adhérer à la surface de paroi du conduit
30 d'échappement 2. Cependant, avec la conception décrite ci-dessus, la température de la surface de paroi du conduit d'échappement 2 et du gaz d'échappement peut être augmenté, grâce à quoi une évaporation du carburant qui adhère à la surface de la paroi peut être avancée. Par conséquent, même au
35 moment d'un fonctionnement à faible charge, le carburant de génération de puissance peut être fourni de façon stable à la pile SOFC 3.

On notera que dans ce mode de réalisation, l'autre extrémité du conduit d'alimentation en air 7 peut être raccordée au
40 conduit d'échappement 2 plus en aval par rapport à l'injecteur

d'addition de carburant 26. En particulier, il suffit d'augmenter la température d'un emplacement du conduit d'échappement 2 où le carburant adhère, en fournissant l'air provenant du conduit d'alimentation en air 7.

- 5 Avec ce mode de réalisation, l'injecteur d'addition de carburant 26 constitue le système d'alimentation en carburant de la présente invention.

REVENDECATIONS

1. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement, caractérisé par :

5 une pile à combustible (3) dont un côté d'électrode de carburant (3a) est raccordé à un conduit d'échappement (2) dudit moteur à combustion interne (1),

 un système d'alimentation en carburant (101) qui alimente du carburant de génération de puissance pour ladite pile à
10 combustible (3) dans un conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval dudit moteur à combustion interne (1), et en amont de ladite pile à combustible (3), et

 une partie de commande de quantité d'alimentation (201) qui commande une quantité de carburant de génération de puissance
15 fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101).

2. Moteur à combustion interne avec une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite partie de commande de quantité
20 d'alimentation (201) commande la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101) d'une manière telle qu'une valeur de génération de puissance électrique de ladite pile à combustible (3) devient égale à une valeur cible de génération de puissance
25 électrique.

3. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 2, caractérisé en outre par un dispositif de détection de quantité
30 de carburant (15) qui détecte une quantité de carburant de génération de puissance contribuant à la génération de puissance de ladite pile à combustible (3), dans lequel ladite partie de commande de quantité d'alimentation (201) commande la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit
35 système d'alimentation en carburant (101) sur la base du résultat d'une détection dudit dispositif de détection de quantité de carburant (15).

4. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
40 dans un système d'échappement selon la revendication 3,

caractérisé en ce que, lorsque la quantité de carburant de génération de puissance contribuant à la génération de puissance de ladite pile à combustible (3) détectée par ledit dispositif de détection de quantité de carburant (15) est plus petite
5 qu'une quantité cible, ladite partie de commande de quantité d'alimentation (201) augmente la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101).

10 5. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en outre par un dispositif de détection de température (16) qui détecte un état d'un élément
15 lié à la température de ladite pile à combustible (3), dans lequel ladite partie de commande de quantité d'alimentation (201) commande la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101) sur la base du résultat d'une détection dudit dispositif de détection de température (16).

20

6. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 5, caractérisé en ce que, lorsque la température de ladite pile à combustible (3) est plus basse qu'une température prescrite,
25 ladite partie de commande de quantité d'alimentation (201) diminue la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101).

7. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
30 dans un système d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en outre par un dispositif de combustion (9), dans lequel ledit système d'alimentation en carburant (101) fournit un gaz d'échappement rejeté dudit dispositif de combustion (9) audit conduit d'échappement (2) à
35 un emplacement en aval dudit moteur à combustion interne (1) et en amont de ladite pile à combustible (3).

8. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 7,
40 caractérisé en ce que ledit système d'alimentation en carburant

(101) fournit un gaz d'échappement rejeté dudit dispositif de combustion (9) audit conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval dudit moteur à combustion interne (1) et en amont de ladite pile à combustible (3), la combustion dans ledit
5 dispositif de combustion (9) étant exécutée avec un mélange de rapport air-carburant riche qui est un rapport air-carburant inférieur au rapport air-carburant stoechiométrique.

9. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
10 dans un système d'échappement selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit système d'alimentation en carburant (101) fournit un gaz non brûlé rejeté dudit dispositif de combustion (9) audit conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval dudit moteur à combustion interne (1) et en amont de
15 ladite pile à combustible (3), sans brûler le carburant dans ledit dispositif de combustion (9).

10. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite partie de commande de quantité
20 d'alimentation (201) commande la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101) en modifiant un rapport air-carburant d'un gaz brûlé dans ledit dispositif de combustion (9).

25

11. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 10, caractérisé en ce que, lorsque la température de ladite pile à combustible (3) est augmentée, ladite partie de commande de
30 quantité d'alimentation (201) amène le rapport air-carburant dudit gaz brûlé dans ledit dispositif de combustion (9) à être à une valeur proche du rapport air-carburant stoechiométrique.

12. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
35 dans un système d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en outre par un catalyseur (17) ayant une capacité d'oxydation, qui est installée sur ledit conduit d'échappement (2) à un emplacement en amont de ladite pile à combustible (3) et en aval dudit système d'alimentation
40 en carburant (101).

13. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 7, caractérisé en outre par un catalyseur (17) ayant une capacité d'oxydation, qui est installé sur ledit conduit d'échappement (2) à un emplacement en amont de ladite pile à combustible (3) et en aval dudit système d'alimentation en carburant (101), dans lequel, lorsque ledit moteur à combustion interne (1) est mis en oeuvre avec un mélange à un rapport air-carburant riche, ladite partie de commande de quantité d'alimentation (201) règle la quantité de carburant de génération de puissance fournie par ledit système d'alimentation en carburant (101) en amenant un rapport air-carburant d'un gaz brûlé dans ledit dispositif de combustion (9) à être un rapport air-carburant pauvre qui est un rapport air-carburant plus élevé que le rapport air-carburant stoechiométrique.

14. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en outre par un catalyseur (18) ayant une capacité d'oxydation, qui est installé sur ledit conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval de ladite pile à combustible (3).

15. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 14, caractérisé en outre par un dispositif d'alimentation en oxygène (19) qui fournit de l'oxygène audit catalyseur (18) ayant une capacité d'oxydation.

16. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit dispositif d'alimentation en oxygène (19) fournit l'oxygène rejeté du côté d'une électrode d'air (3c) de ladite pile à combustible (3) audit catalyseur (18) ayant une capacité d'oxydation.

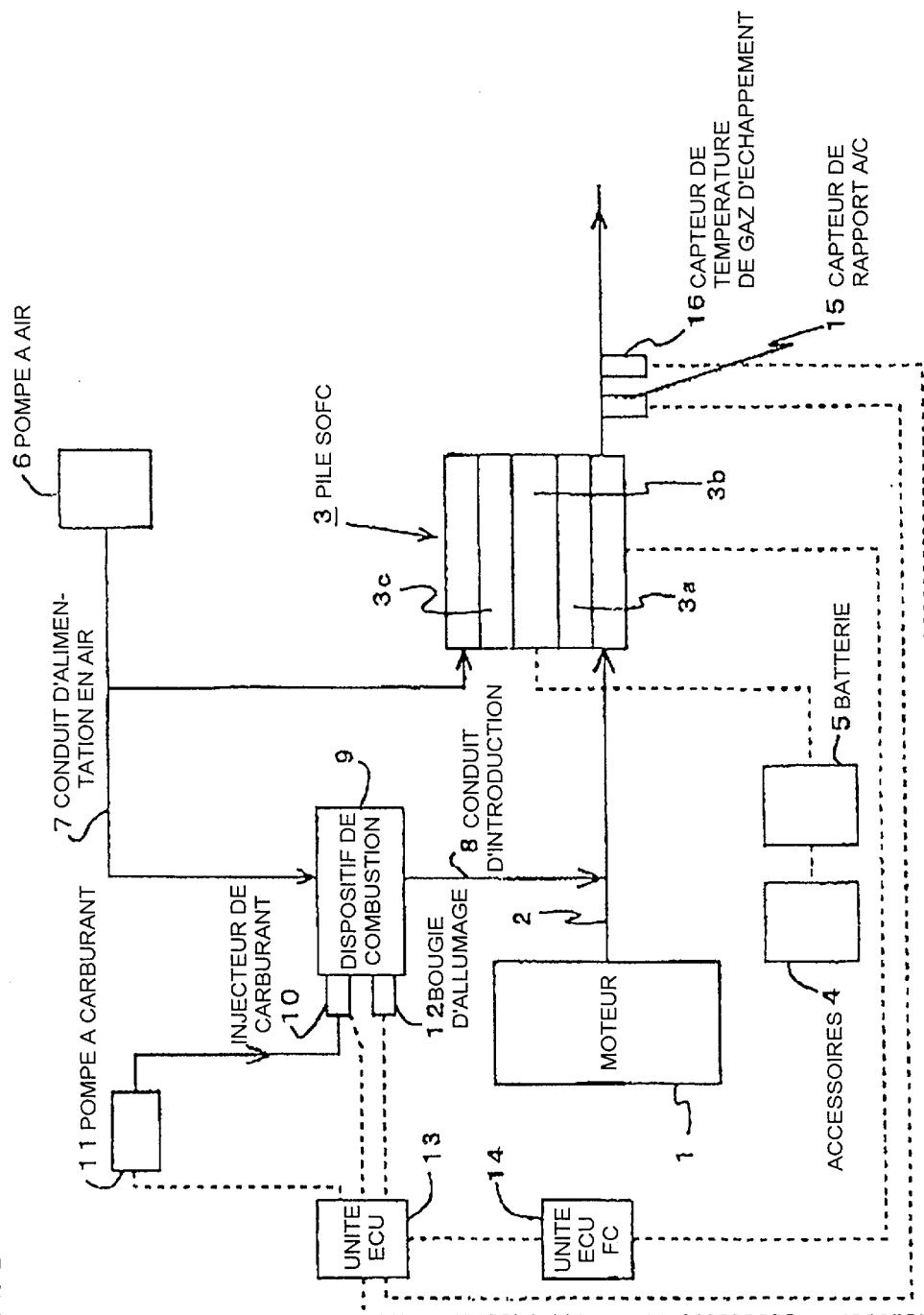
17. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible dans un système d'échappement selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en outre par un échangeur de

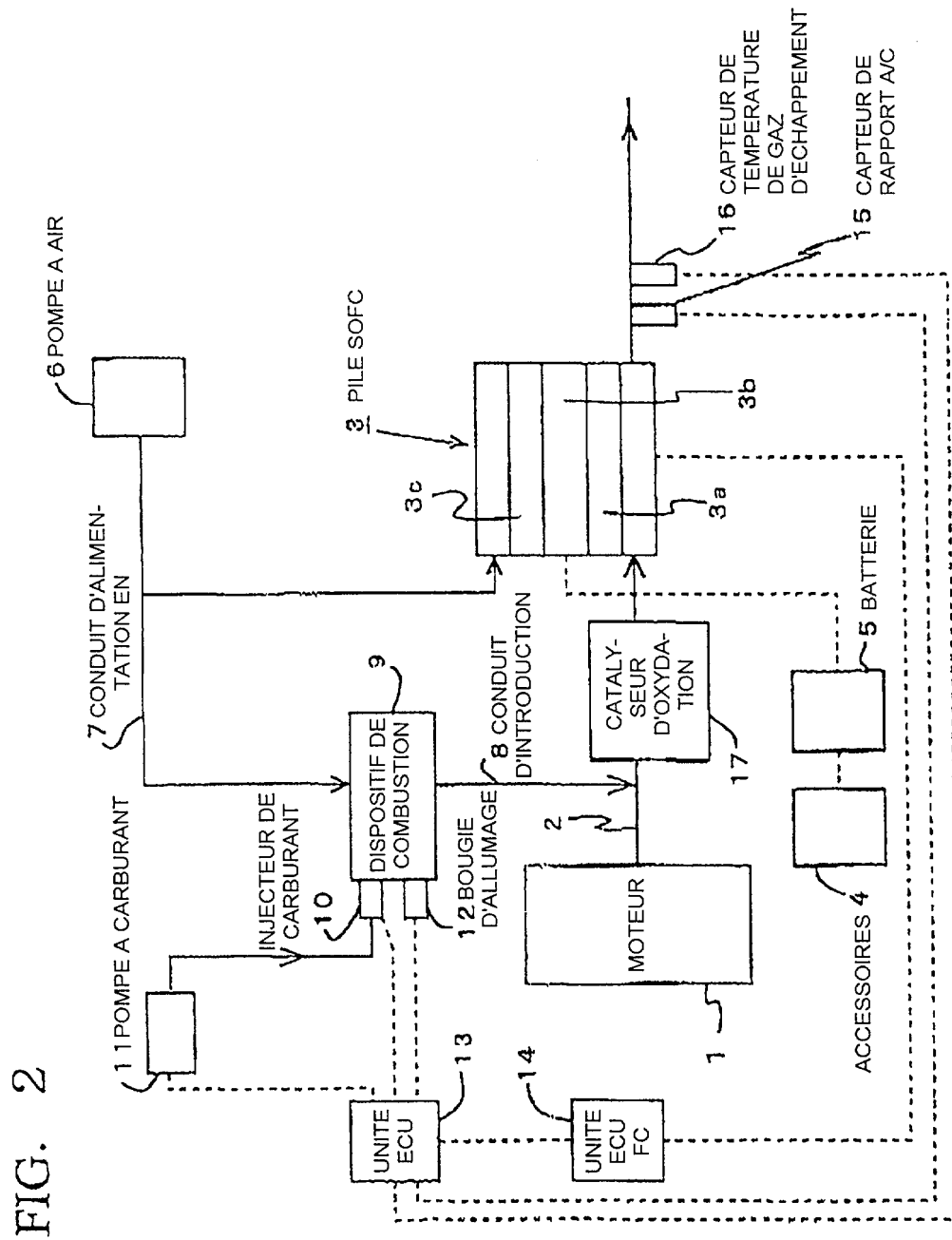
chaleur (20) installé sur ledit conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval de ladite pile à combustible (3).

18. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
5 dans un système d'échappement selon la revendication 17,
caractérisé en outre par un conduit d'alimentation en air (7)
qui comporte ledit échangeur de chaleur (20) installé sur
celui-ci et est raccordé du côté entrée d'une électrode d'air
(3c) de ladite pile à combustible (3), dans lequel l'air dont la
10 température est augmentée grâce à la chaleur du gaz
d'échappement dans ledit échangeur de chaleur (20) est fourni
dans ladite électrode d'air (3c) de ladite pile à combustible
(3) par l'intermédiaire dudit conduit d'alimentation en air (7).

15 19. Moteur à combustion interne ayant une pile à combustible
dans un système d'échappement selon la revendication 7,
caractérisé en outre par : un échangeur de chaleur (20) installé
sur ledit conduit d'échappement (2) à un emplacement en aval de
ladite pile à combustible (3), et à un conduit d'alimentation en
20 air (7) qui comporte ledit échangeur de chaleur (20) installé
sur celui-ci et est raccordé audit dispositif de combustion (9),
dans lequel de l'air dont la température est augmentée grâce à
la chaleur du gaz d'échappement dans ledit échangeur de chaleur
(20) est fourni dans ledit dispositif de combustion (9) par
25 l'intermédiaire dudit conduit d'alimentation en air (7).

FIG. 1





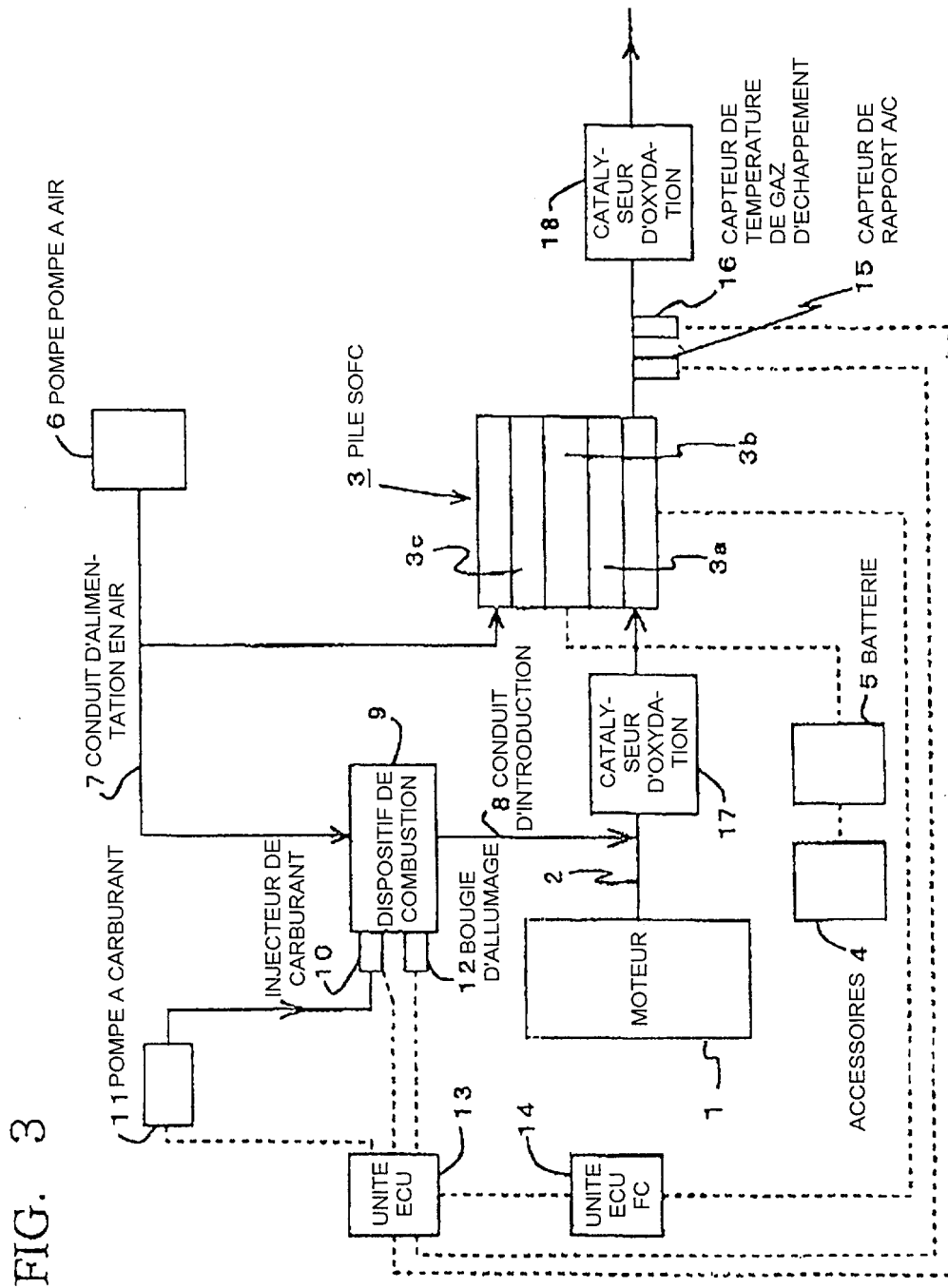


FIG. 4

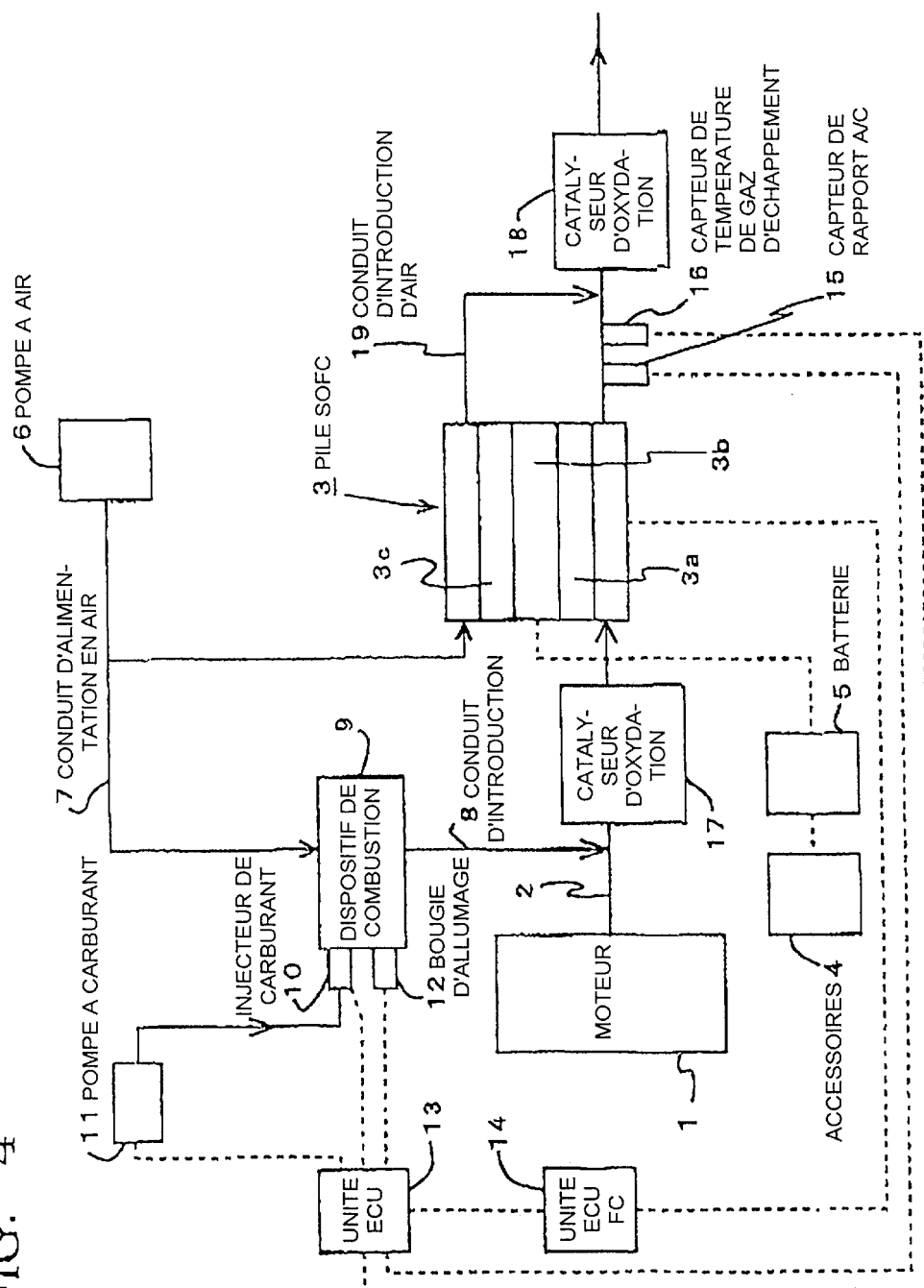


FIG. 5

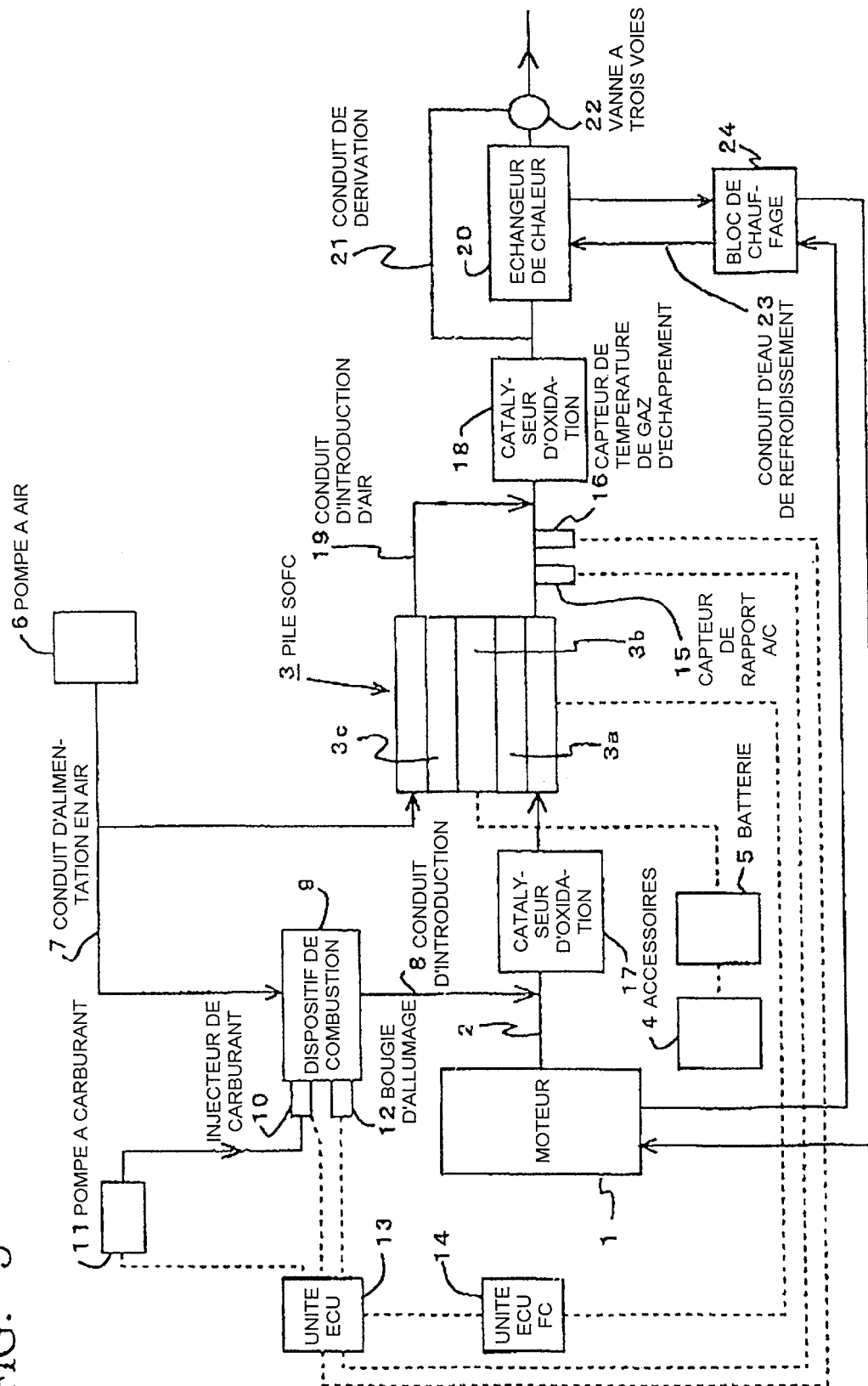


FIG. 6

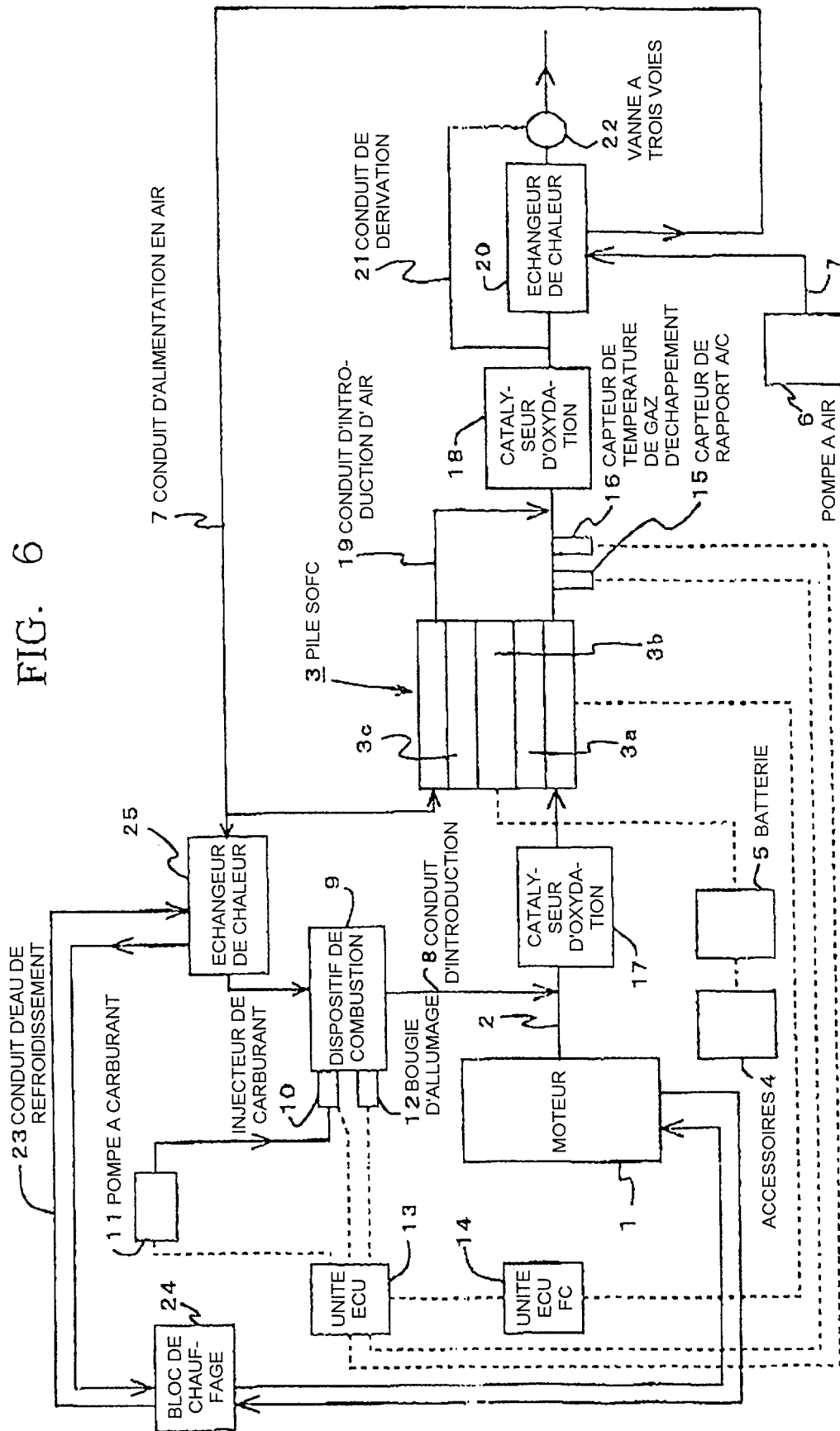


FIG. 7

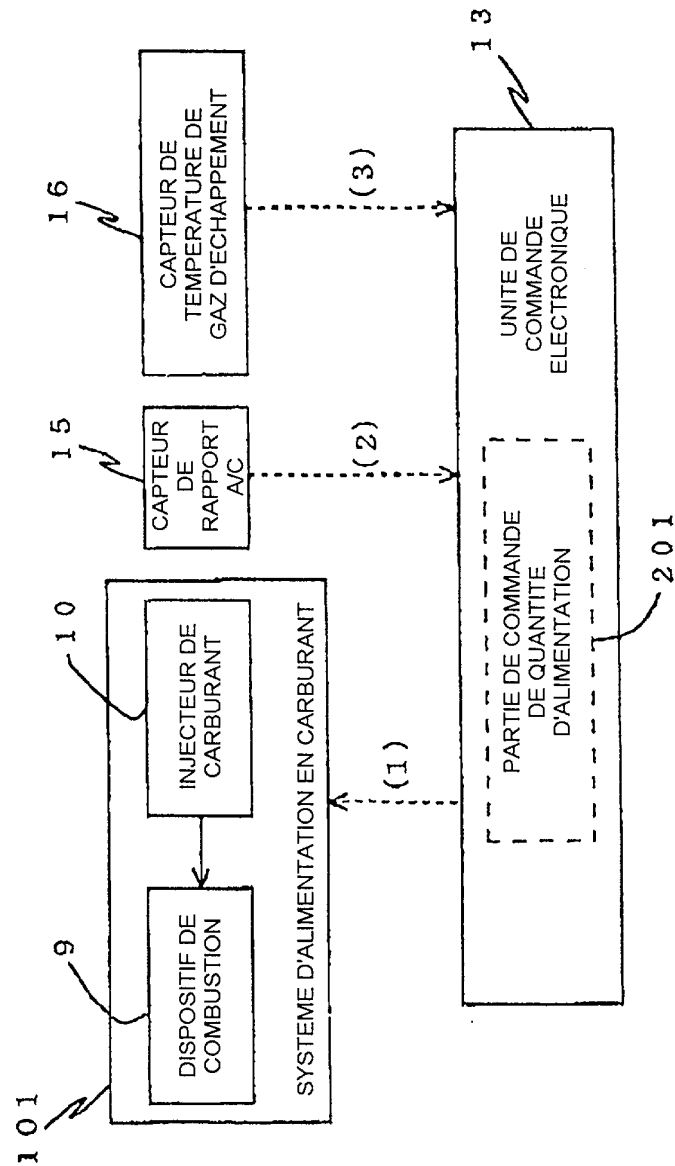


FIG. 8

