



(11) **EP 2 143 932 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**13.01.2010 Bulletin 2010/02**

(51) Int Cl.:  
**F02M 25/07 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **09163991.4**

(22) Date de dépôt: **29.06.2009**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL  
PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **10.07.2008 FR 0854700**

(71) Demandeur: **Peugeot Citroën Automobiles SA  
78140 Vélizy-Villacoublay (FR)**

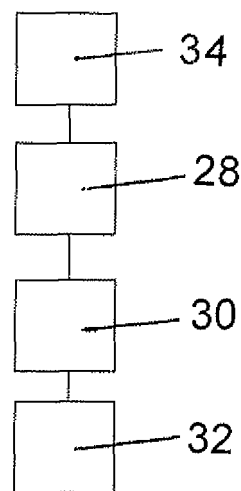
(72) Inventeur: **Matthess, Nils  
92300 Levallois-Perret (FR)**

(74) Mandataire: **Ménès, Catherine  
Peugeot Citroën Automobiles SA  
Propriété Industrielle (LG081)  
18, rue des Fauvelles  
92250 La Garenne Colombes (FR)**

(54) **Procédé de contrôle de la température des gaz dans un circuit de re-circulation de gaz d'échappement**

(57) L'invention se rapporte à un procédé de contrôle de la température des gaz dans une ligne - notamment de recirculation de gaz d'échappement, la ligne comportant un catalyseur, le procédé comprenant les étapes de  
- réalisation (28) de réactions exothermiques et de réactions endothermiques au sein du catalyseur,  
- en sortie du catalyseur, détermination (30) du bilan thermique des gaz issus des réactions,  
- favorisation (32) des réactions exothermiques ou des réactions endothermiques selon le bilan thermique obtenu.

L'invention permet d'obtenir un procédé de contrôle de la température plus simple à mettre en oeuvre.



**Fig. 2**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un procédé de contrôle de la température des gaz dans un circuit de recirculation de gaz d'échappement.

**[0002]** La combustion de combustible fossile comme le pétrole ou le charbon dans un système de combustion, en particulier le carburant diesel dans un moteur diesel, peut entraîner la production en quantité non négligeable de polluants qui peuvent être émis par l'échappement dans l'environnement et y causer des dégâts. Parmi ces polluants, l'émission des oxydes d'azote appelés NO<sub>x</sub> pose un problème puisque ces gaz sont soupçonnés d'être un des facteurs qui contribuent à la formation des pluies acides et à la déforestation.

**[0003]** La re-circulation des gaz d'échappement (ou « Exhaust gas recirculation » EGR en anglais) est un système introduit dans les années 70 qui consiste à rediriger une partie des gaz d'échappement des moteurs à combustion interne vers l'admission. La re-circulation permet de réduire la température de combustion. En effet, les gaz d'échappement sont riches en diazote (N<sub>2</sub>) et dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et diluent la charge combustible. La combustion est ainsi ralentie et refroidie. Or, la formation de NO<sub>x</sub> dans la chambre de combustion est favorisée par la température. La diminution de la température de combustion entraîne donc une réduction de la production de NO<sub>x</sub> à la source. Il est ainsi intéressant de pouvoir introduire des gaz d'échappement re-circulés de faible température à l'admission.

**[0004]** Le document JP-A-54120310 décrit un appareil pour le reformage des gaz d'échappement.

**[0005]** Le document WO-A-2001/075294 décrit un procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne comprenant la fourniture d'un moteur à combustion interne, d'une source d'essence d'hydrocarbure pour alimenter ledit moteur et d'un réacteur catalytique en communication avec ledit moteur. Le procédé comprend le recyclage d'une première partie d'un gaz d'échappement depuis ledit moteur vers ledit réacteur et l'addition de ladite essence hydrocarbonée audit réacteur. Le procédé comporte également le reformage autothermique de ladite essence hydrocarbonée dans ledit réacteur en utilisant ladite première partie dudit gaz d'échappement pour former un mélange gazeux comprenant des hydrocarbures imbrûlés, de l'hydrogène, de l'eau, du dioxyde de carbone, du monoxyde de carbone et la combinaison dudit mélange gazeux depuis ledit réacteur avec de l'air pour fournir un mélange combinée. Le procédé comprend en outre la fourniture dudit mélange combinée vers une zone de combustion dans ledit moteur à combustion interne et la combustion dudit mélange pour produire un gaz d'échappement très pauvre en NO<sub>x</sub>.

**[0006]** Le document US-A-6 508 209 décrit un procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne comprenant la fourniture d'un moteur à combustion interne, d'une source d'essence gazeuse pour alimenter ledit moteur et d'un réacteur de fluide en communication avec ledit moteur. Le procédé comprend l'addition de ladite essence hydrocarbonée audit réacteur et le reformage de la vapeur de ladite essence gazeuse dans ledit réacteur à un niveau d'oxygène plus bas que la limite d'inflammabilité de l'essence gazeuse en utilisant ladite première partie dudit gaz d'échappement comme une source de chaleur et d'eau pour former un mélange gazeux comprenant du méthane de l'hydrogène et du monoxyde de carbone. Le procédé comprend en outre la combinaison dudit mélange gazeux depuis ledit réacteur avec de l'air pour fournir un mélange combiné et la combustion dudit mélange combiné dans une zone de combustion dudit moteur pour produire la première partie du gaz d'échappement et une seconde partie du gaz d'échappement, la première partie du gaz d'échappement comprenant jusqu'à 4% d'oxygène en volume et la seconde partie du gaz d'échappement ayant presque zéro NO<sub>x</sub>.

**[0007]** Le document US-A-4 175 523 décrit un procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne comprenant une chambre de combustion, un système d'admission ayant un circuit de carburant pour alimenter un mélange d'air et d'essence dans ladite chambre de combustion, un système d'allumage, un système d'échappement, un système EGR pour re-circuler une partie des gaz d'échappement des moteurs depuis le système d'échappement vers le système d'admission et un système de reformage de combustible pour la conversion d'un mélange d'air et de carburant dans un mélange gazeux combustible reformé et riche en hydrogène libre. Le procédé comprend les étapes de détection de charge sur le moteur, de fourniture de ladite chambre de combustion avec un mélange air-essence tandis que la recirculation des gaz d'échappement des moteurs se fait à un taux ne dépassant pas un premier niveau de taux de recyclage des gaz d'échappement lorsque le taux de charge du moteur détecté est inférieur à un niveau prédéterminé de charge. Le procédé comporte en outre une étape d'alimentation de la chambre de combustion avec le mélange gazeux combustible reformé en plus de l'approvisionnement en mélange air-essence en augmentant sensiblement la re-circulation des gaz d'échappement à un taux plus élevé que ledit premier taux de recyclage des gaz d'échappement prédéterminé lorsque la charge du moteur telle que détectée dépasse ledit niveau de charge prédéterminé.

**[0008]** Le brevet KR-A-2004/040764 décrit un dispositif et un procédé pour améliorer l'efficacité de combustion et réduire la pollution d'un moteur diesel.

**[0009]** Le document WO-A-2007/071848 décrit un catalyseur pour ligne d'échappement de moteur à combustion interne constitué par l'empilement dans cet ordre d'une phase active à base de métaux précieux formant électrode, d'un électrolyte présentant une conductivité ionique par les ions O<sup>2-</sup> supérieure ou égale à 0,01 mS/cm à 200 °C et d'une contre-électrode. Les propriétés catalytiques de ladite phase active sont activables à 100 °C sous l'effet d'une puissance électrique de 0,1 μW/cm<sup>2</sup> de phase active.

**[0010]** Le document FR-A-2880657 décrit un circuit de re-circulation des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne comprenant une liaison de flux gazeux adaptée à s'étendre entre un collecteur d'échappement et un collecteur d'admission d'air d'une chambre de combustion du moteur et un reformeur d'hydrogène disposé sur la liaison de flux gazeux.

**[0011]** Cependant, les procédés et dispositifs décrits dans les documents précités sont complexes à mettre en oeuvre notamment d'un point de vue thermo-management.

**[0012]** Il existe donc un besoin pour un procédé de contrôle de la température des gaz dans un circuit de re-circulation de gaz d'échappement qui soit plus simple à mettre en oeuvre.

**[0013]** Pour cela, l'invention propose un procédé de contrôle, de la température des gaz dans une ligne notamment de re-circulation de gaz d'échappement, la ligne comportant un catalyseur, le procédé comprenant les étapes de réalisation de réactions exothermiques et de réactions endothermiques au sein du catalyseur, en sortie du catalyseur, détermination du bilan thermique des gaz issus des réactions, et de promotion des réactions exothermiques ou des réactions endothermiques selon le bilan thermique obtenu.

**[0014]** L'invention exploite ainsi le caractère « thermique » des réactions, qui ou consomment de l'énergie pour avoir lieu (réactions endothermiques), ou fournissent de l'énergie (réactions exothermiques) - les réactions athermiques n'étant pas ici considérées. En jouant sur le caractère endo- ou exothermique, on augmente ou diminue la température d'un système tout en réalisant les réactions désirées sans avoir recours à un système additionnel encombrant et coûteux de type échangeur thermique.

**[0015]** Dans une variante, les réactions sont productrices d'hydrogène.

**[0016]** Dans une variante, le catalyseur comporte des sites actifs favorisant les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques.

**[0017]** Dans une variante, les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques sont favorisées par l'optimisation de l'énergie d'activation du catalyseur.

**[0018]** Dans une variante dans laquelle la ligne est une ligne de recirculation des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne, le procédé comprend une étape de contrôle de la richesse et de la composition des gaz d'échappement en entrée du catalyseur favorisant les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques. Ce contrôle est de préférence réalisé par ajustement du rapport air/carburant en entrée de la chambre de combustion. La ligne de recirculation des gaz d'échappement peut avantageusement comporter en outre un organe d'injection d'air et de carburant dans la ligne de recirculation, le contrôle de la richesse et de la composition des gaz d'échappement étant réalisé par pilotage de l'organe d'injection d'air et de carburant. Cet organe d'injection peut fonctionner de manière continue ou transitoire.

**[0019]** Dans une variante, on utilise la chaleur produite par les réactions exothermiques pour réaliser les réactions endothermiques.

**[0020]** Dans une variante, le catalyseur comprend une pluralité de briques de support de sites actifs, le procédé comprenant en outre une étape de diminution de la température des gaz en sortie du catalyseur par le réglage de l'espacement entre les briques. Avantageusement, le procédé comporte alors l'utilisation d'une réaction endothermique dans la dernière brique du catalyseur.

**[0021]** Dans une variante, la composition de la phase active du catalyseur est ajustée pour favoriser les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques.

**[0022]** La présente invention a également pour objet un moteur comportant une chambre de combustion, une ligne de recirculation des gaz d'échappement de la chambre de combustion et un catalyseur sur ladite ligne pour la mise en oeuvre du procédé tel que décrit ci-dessus.

**[0023]** L'invention a également pour objet un véhicule équipé d'un tel moteur, et de préférence un véhicule dans lequel chaleur dégagée par les réactions exothermiques est utilisée pour l'habitacle du véhicule.

**[0024]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit des modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en références aux dessins qui montrent :

§ figure 1, une vue schématique d'une ligne de re-circulation des gaz d'échappement d'un moteur ;

§ figure 2, un organigramme d'un exemple de mise en oeuvre du procédé.

**[0025]** Il est proposé un procédé de contrôle de la température des gaz dans une ligne de re-circulation de gaz d'échappement comportant un catalyseur. Le procédé comprend une étape de réalisation de réactions exothermiques et de réactions endothermiques au sein du catalyseur qui peut être lui-même composé d'une ou plusieurs briques. Le procédé comprend en outre, en sortie du catalyseur, une étape de détermination du bilan thermique des gaz issus des réactions. Le procédé comporte également une étape de promotion des réactions exothermiques ou des réactions endothermiques selon le bilan thermique obtenu.

**[0026]** Le procédé permet ainsi de contrôler la température de la ligne de recirculation de gaz d'échappement. Le

contrôle se fait sans ajout de composants et, en particulier, sans utilisation d'échangeur thermique. Cela rend le procédé simple à mettre en oeuvre. Notamment, par rapport à l'utilisation d'un système additionnel de type échangeur thermique, la solution est plus flexible au niveau de l'architecture moteur.

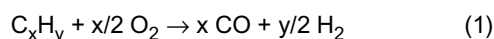
**[0027]** Le procédé de contrôle peut être mis en oeuvre dans une ligne 20 de recirculation des gaz d'échappement d'un moteur 10 comme illustré dans la vue schématique de la figure 1. Le moteur 10 peut être tout type de moteur. Le moteur 10 peut en particulier utiliser tout carburant comme l'essence, le Diesel, les biocarburants, le GNV (gaz naturel pour véhicules) ou le GPL (gaz de pétrole liquifié). Le moteur 10 comprend une ou plusieurs chambres 12 de combustion situées entre un collecteur d'admission 14 et un collecteur d'échappement 16. Le collecteur d'admission 14 reçoit de l'air à introduire dans la chambre 12 de combustion. Du carburant est également injecté dans la chambre 12 de combustion généralement par une buse d'injection qui n'est pas représentée sur la figure 1. Le collecteur d'échappement 16 reçoit les émissions de gaz produites par la combustion et les dirige vers un catalyseur d'échappement non représenté. Le catalyseur traite les émissions produites par post-combustion avant expulsion vers l'atmosphère extérieure.

**[0028]** Le moteur 10 comprend en outre une ligne 20 de re-circulation de gaz d'échappement. La ligne 20 permet de faire re-circuler les gaz d'échappement vers l'admission d'air de la chambre 12 pour réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). La ligne 20 relie le collecteur d'échappement 16 et le collecteur d'admission 14. La ligne 20 comprend un organe 22 d'injection d'air et de carburant. L'organe 22 d'injection permet d'introduire du carburant et de l'air dans la ligne 20. La ligne 20 peut comporter en outre une vanne 24. La vanne 24 permet de contrôler le débit des gaz d'échappement réintroduits dans la chambre 12 de combustion. Un débit trop important provoque une baisse de rendement moteur 10, une perte de puissance et cause des à coups à l'accélération (cliquetis), alors qu'un débit trop faible entraîne une surémission d'oxydes d'azote et une réduction des gains en consommation de carburant. La ligne 20 comporte un catalyseur 26 pour la mise en oeuvre du procédé de contrôle de la température des gaz dans la ligne 20. Un catalyseur permet entre autres de favoriser une réaction chimique par rapport à une autre.

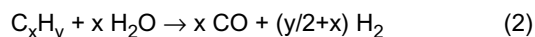
**[0029]** La figure 2 est un organigramme qui illustre un exemple de mise en oeuvre du procédé de contrôle. Le procédé comprend une étape 28 de réalisation de réactions exothermiques et endothermiques au sein du catalyseur 26. Les réactions exothermiques sont des réactions chimiques qui fournissent de la chaleur au milieu tandis que les réactions endothermiques sont des réactions chimiques qui consomment de la chaleur du milieu.

**[0030]** Les réactions peuvent par ailleurs être des réactions productrices d'hydrogène. Dans une ligne de re-circulation des gaz d'échappement, la production d'hydrogène est une solution permettant d'augmenter le taux de gaz d'échappement re-circulés tout en maintenant la stabilité de la combustion dans la chambre 12. La consommation de carburant ainsi que les émissions de NO<sub>x</sub> dans la chambre 12 sont de ce fait réduites. Pour produire de l'hydrogène, le reformage du carburant (de composition C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) est obtenu en faisant réagir des molécules de carburant avec de l'eau et/ou du dioxygène selon les trois réactions suivantes :

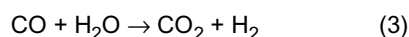
§ le reformage par oxydation partielle du carburant (POx) avec de l'air, le carburant étant pulvérisé et aussitôt transformé en vapeur :



§ le vapo-reformage (STR) du carburant avec de la vapeur d'eau :



§ la réaction de gaz à l'eau, dite "Water Gas Shift reaction" (WGS)



**[0031]** La réaction de reformage par oxydation partielle (réaction 1) est exothermique. La réaction de vapo-reformage (réaction 2) est endothermique et la réaction de gaz à l'eau (réaction 3) est plus faiblement exothermique que la réaction 1.

**[0032]** La chaleur dégagée par les réactions exothermiques ayant lieu dans le catalyseur 26 peut être utilisée pour un certain nombre d'applications. La chaleur ainsi obtenue peut être utilisée dans le domaine de la récupération d'énergie. Le chauffage d'installations industrielles, de bâtiments ou de l'habitacle d'un véhicule sont des exemples d'application. La chaleur des réactions exothermiques peut aussi être utilisée pour le domaine de la chimie lourde.

**[0033]** Avantagusement, la chaleur produite par les réactions exothermiques du catalyseur 26 peut être utilisée pour réaliser les réactions endothermiques. Cela évite d'utiliser une source d'énergie supplémentaire pour déclencher ces réactions qui nécessitent un apport de chaleur. Ainsi, à titre d'exemple les réactions de reformage par oxydation partielle et de vapo-reformage peuvent être réalisées dans le catalyseur 26. La chaleur dégagée par la réaction de reformage par oxydation partielle rend possible la réaction de vapo-reformage endothermique. Dans une telle situation, la ligne 20

présente un bilan énergétique positif dans la mesure où les molécules qui permettent d'augmenter la température sont bien adaptées pour la combustion dans la chambre 12. Ainsi, même si les molécules ne sont pas transformées dans le catalyseur 26, elles sont consommées dans la chambre de combustion. Cela signifie que les molécules qui permettent d'augmenter la température servent à réduire les émissions de  $\text{NO}_x$  dans la chambre 12 ou la consommation de carburant.

**[0034]** Le procédé comporte en outre une étape 30 de détermination du bilan thermique des gaz issus des réactions en sortie du catalyseur 26. L'étape 30 permet de connaître l'effet thermique des différentes réactions et en particulier de savoir si les gaz obtenus en sortie du catalyseur 26 sont plus chauds ou plus froids que les gaz en entrée. La mesure de la température des gaz en sortie peut être réalisée par un capteur de température comme un thermocouple. Un tel capteur peut par exemple être placé juste après le catalyseur 26. Lorsqu'une température des gaz obtenus en sortie du catalyseur 26 est désirée à un endroit précis sur la ligne 20, il peut aussi être avantageux de placer le capteur à l'endroit sur la ligne 20.

**[0035]** Le procédé de contrôle comprend également une étape 32 de promotion des réactions exothermiques ou des réactions endothermiques selon le bilan thermique obtenu. Lorsque la température mesurée est trop faible par rapport à la température désirée, les réactions exothermiques sont favorisées et si la température mesurée est trop élevée, ce sont cette fois les réactions endothermiques qui devront être favorisées. Le procédé permet ainsi de contrôler la température de la ligne de recirculation de gaz d'échappement. Il est inutile d'utiliser un composant supplémentaire, notamment un échangeur thermique et d'augmenter ou de réduire les tuyaux déjà existants dans la ligne 20 de re-circulation. Le procédé est donc simple à mettre en oeuvre.

**[0036]** Pour réaliser l'étape 32, plusieurs moyens sont envisageables. Par exemple, le catalyseur 26 peut comporter des sites actifs favorisant plutôt les réactions exothermiques ou plutôt les réactions endothermiques. Un site actif est le lieu où se déroule la réaction chimique. Dans le cas du catalyseur 26, le site actif peut être assimilé à la particule de métal qui catalyse la réaction chimique. L'utilisation de sites actifs permet donc de favoriser les réactions exothermiques ou endothermiques sans ajouter de composants supplémentaires sur la ligne 20 ce qui facilite la mise en oeuvre du procédé de contrôle.

**[0037]** Les réactions exothermiques ou endothermiques peuvent aussi être favorisées par l'optimisation de l'énergie d'activation du catalyseur 26. L'énergie d'activation d'une réaction est la barrière énergétique (ou plus exactement la barrière d'enthalpie libre) à franchir par les réactifs pour que la réaction c'est-à-dire la transformation en produits ait lieu. L'énergie d'activation dépend notamment de la réaction considérée mais aussi du catalyseur employé (i.e. le site actif et son environnement direct). L'optimisation de l'énergie d'activation du catalyseur 26 permet d'utiliser les composants déjà présents sur la ligne 20 sans utiliser un composant supplémentaire.

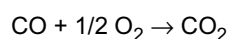
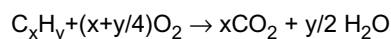
**[0038]** Il est possible d'optimiser l'énergie d'activation et par conséquent de modifier l'activité catalytique en jouant sur la composition de la phase active (aussi appelée par le terme anglais « washcoat ») du catalyseur 26. De ce fait, la composition de la phase active du catalyseur 26 peut en outre être ajustée pour favoriser les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques. L'intérêt est qu'il est simple d'adapter le catalyseur 26. La nature et la quantité de métaux précieux dans la phase active peuvent notamment changer l'activité du catalyseur 26. Similairement, la nature des dopants (cérium (Ce), zirconium (Zr), praséodyme (Pr), yttrium (Y), etc..) permet de favoriser plus ou moins telle ou telle réaction. Il est reconnu, par exemple, que le cérium favorise la réaction dite du « gaz à l'eau » alors que le rhodium qui n'est pas le plus actif en WGS est l'acteur principal du vapo-reformage des HC. La quantité de rhodium est un élément important pour que la réaction d'oxydation partielle ( $\text{PO}_x$ ) soit réalisée avec une efficacité significative.

**[0039]** Le procédé de contrôle peut en outre comporter une étape 34 de contrôle de la richesse et de la composition des gaz d'échappement en entrée du catalyseur 26. La richesse et la composition des gaz déterminent les caractéristiques du milieu de la réaction chimique. Par exemple, le milieu peut être plus ou moins réducteur. Similairement, la teneur en  $\text{O}_2$  du milieu peut varier. Or, les propriétés du milieu favorisent plus ou moins les réactions. L'étape 34 permet donc de favoriser les réactions endothermiques ou exothermiques. L'étape 34 a lieu avant l'étape 28 de réalisation des réactions comme illustré dans l'organigramme de la figure 2.

**[0040]** Dans le cas particulier des réactions productrices d'hydrogène étudiées plus haut, les réactions (1), (2) et (3) ne sont pas favorisées par les mêmes milieux. La réaction d'oxydation partielle utilise un apport important en oxygène tandis que les réactions faisant intervenir l'eau comme le « vapo-reformage » et le « gaz à l'eau » requièrent des conditions à l'inverse plutôt réductrices. Ainsi, à l'étape 34, la teneur en  $\text{O}_2$  du milieu est augmentée pour favoriser les réactions exothermiques alors que le milieu est rendu réducteur par injection de carburant dans le cas où les réactions endothermiques sont à privilégier.

**[0041]** L'étape 34 de contrôle de la richesse et de la composition des gaz d'échappement peut être réalisée par ajustement du rapport air/carburant en entrée de la chambre 12 de combustion. Cela est simple à réaliser.

**[0042]** Le contrôle de la richesse et de la composition des gaz d'échappement peut également être réalisé par pilotage de l'organe 22 d'injection d'air et de carburant. Cela permet un contrôle aisé et précis. Dans le cas des réactions productrices d'hydrogène, injecter des composés comme l' $\text{O}_2$  par l'organe 22 permet en outre d'éviter la réalisation des réactions d'oxydation directe suivantes :



**[0043]** Les réactions d'oxydation directe transforment les HC imbrûlés et le CO en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O empêchant la production d'H<sub>2</sub>.

**[0044]** Selon les besoins, l'organe 22 peut fonctionner de manière continue ou de manière transitoire. Le fonctionnement en continu peut être intéressant pour rester en mode dit « auto-therme ». Dans un mode « auto-therme », la température des gaz re-circulés dans le collecteur 14 d'admission peut en particulier être maintenue à une température précise. Un fonctionnement en mode transitoire permet d'adapter le niveau thermique en fonction du besoin en termes d'économies énergétiques.

**[0045]** Dans le cas où le catalyseur 26 est en fait composé de plusieurs briques catalytiques, le procédé de contrôle peut comprendre en outre une étape de diminution de la température des gaz en sortie du catalyseur (par ajout d'une brique de STR qui est une réaction endothermique). La diminution de température est intéressante car la formation de NO<sub>x</sub> est favorisée par la température (mécanisme de Zeldovich). La diminution de température des gaz peut être ajustée par le réglage de l'espacement entre les briques. Par rapport à l'utilisation d'un système additionnel de type échangeur thermique, la solution est plus flexible au niveau de l'architecture moteur. En effet, les dimensions du catalyseur 26 n'imposent pas de contraintes particulières et il n'est pas utile d'augmenter ou de réduire les tuyaux dans la ligne 20 de re-circulation. De plus, l'absence d'échangeur thermique diminue le coût de la ligne.

## Revendications

1. Procédé de contrôle de la température des gaz dans une ligne (20) notamment de recirculation de gaz d'échappement, la ligne (20) comportant un catalyseur (26), le procédé comprenant les étapes de

- réalisation (28) de réactions exothermiques et de réactions endothermiques au sein du catalyseur (26),
- en sortie du catalyseur (26), détermination (30) du bilan thermique des gaz issus des réactions,
- promotion (32) des réactions exothermiques ou des réactions endothermiques selon le bilan thermique obtenu.

2. Le procédé selon la revendication 1, dans lequel les réactions sont productrices d'hydrogène.

3. Le procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le catalyseur (26) comporte des sites actifs favorisant les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques.

4. Le procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques sont favorisées par l'optimisation de l'énergie d'activation du catalyseur (26).

5. Le procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la ligne est une ligne (20) de recirculation de gaz d'échappement d'un moteur thermique, comprenant une étape de contrôle (34) de la richesse et de la composition des gaz d'échappement en entrée du catalyseur (26) favorisant les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques.

6. Le procédé selon la revendication 5, dans lequel le contrôle (34) de la richesse et de la composition des gaz d'échappement est réalisé par ajustement du rapport air/carburant en entrée de la chambre (12) de combustion.

7. Le procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel la ligne (20) de recirculation des gaz d'échappement comporte en outre un organe (22) d'injection d'air et de carburant dans la ligne (20) de re-circulation, le contrôle (34) de la richesse et de la composition des gaz d'échappement étant réalisé par pilotage de l'organe (22) d'injection d'air et de carburant.

8. Le procédé selon la revendication 7, dans lequel l'organe (22) d'injection fonctionne de manière continue ou de manière transitoire.

9. Le procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel on utilise la chaleur produite par les réactions exothermiques pour réaliser les réactions endothermiques.

10. Le procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel le catalyseur (26) comprend une pluralité de briques

de support de sites actifs, le procédé comprenant en outre une étape de diminution de la température des gaz en sortie du catalyseur (26) par le réglage de l'espacement entre les briques.

- 5      **11.** Le procédé selon la revendication 10, comportant de plus l'utilisation d'une réaction endothermique dans la dernière brique du catalyseur (26).
- 12.** Le procédé selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel la composition de la phase active du catalyseur (26) est ajustée pour favoriser les réactions exothermiques ou les réactions endothermiques.
- 10      **13.** Un moteur (10) comportant
- une chambre (12) de combustion,
  - une ligne (20) de re-circulation des gaz d'échappement de la chambre (12) de combustion,
  - un catalyseur (26) sur la ligne (20) de re-circulation des gaz d'échappement pour la mise en oeuvre du procédé
- 15      selon l'une des revendications 1 à 12.
- 14.** Un véhicule comprenant le moteur (10) selon la revendication 13.
- 20      **15.** Le véhicule selon la revendication 13, dans lequel la chaleur dégagée par les réactions exothermiques est utilisée pour l'habitacle du véhicule.

25

30

35

40

45

50

55

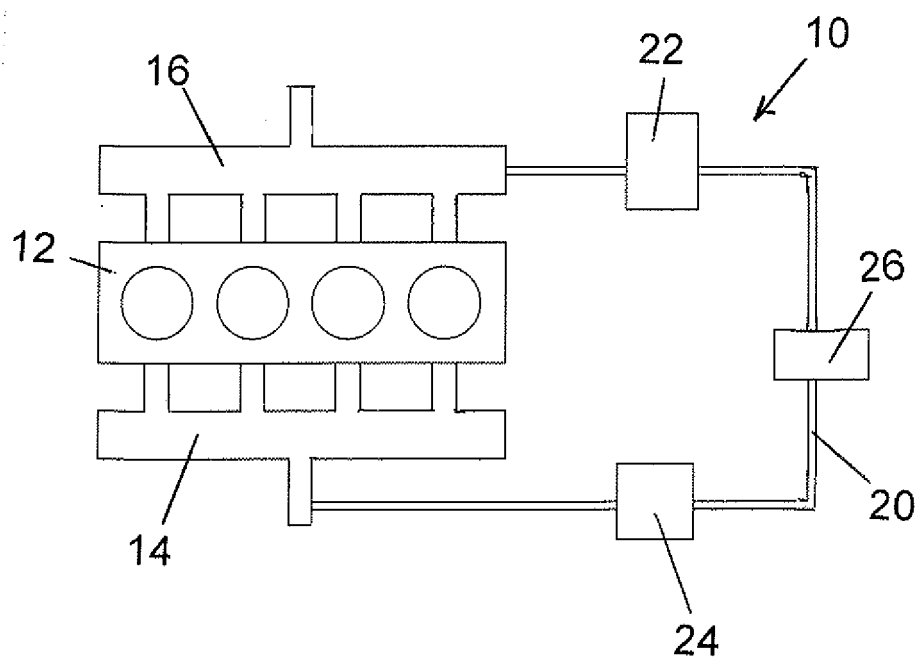


Fig. 1

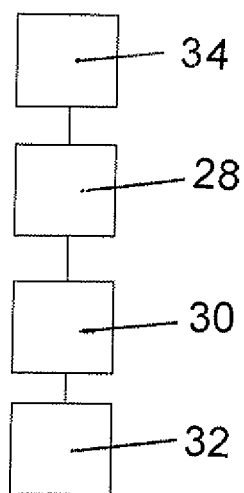


Fig. 2





## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 16 3991

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS  |  |   |                                      |
|--|--|---|--------------------------------------|
| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes  | Revendication concernée   | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)       |
| Y  | EP 1 688 608 A (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR])<br>9 août 2006 (2006-08-09)<br>* alinéas [0035] - [0049], [0053]; figure 2 *    | 1-15  | INV.<br>F02M25/07                    |
| Y  | US 2004/144337 A1 (WAKAO KAZUHIRO [JP] ET AL) 29 juillet 2004 (2004-07-29)<br>* alinéas [0077], [0078], [0137] - [0146]; figure 22 * | 1-15  |                                      |
| A  | DE 10 2005 017719 A1 (EBERSPAECHER J GMBH & CO [DE]) 2 novembre 2006 (2006-11-02)<br>* alinéas [0023], [0024]; figures 1,2 *         | 1,13  |                                      |
| A  | WO 01/14698 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY [US]) 1 mars 2001 (2001-03-01)<br>* page 4, ligne 6 - page 6, ligne 24; figures 1-3 *   | 1,13  |                                      |
| A  | US 3 918 412 A (LINDSTROM OLLE B) 11 novembre 1975 (1975-11-11)<br>* colonne 7, ligne 10 - colonne 7, ligne 68; figures 1,2 *        | 1,13  | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) |
|  |  |   | F02M                                 |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications   |  |   |                                      |
| Lieu de la recherche<br><b>Munich</b>  |  | Date d'achèvement de la recherche<br><b>28 août 2009</b>  | Examineur<br><b>Marsano, Flavio</b>  |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES<br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                      |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 09 16 3991

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-08-2009

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| EP 1688608                                      | A  | 09-08-2006             | FR 2880657 A1                           | 14-07-2006             |
| US 2004144337                                   | A1 | 29-07-2004             | DE 102004004054 A1                      | 16-09-2004             |
|   |    |                        | FR 2850430 A1                           | 30-07-2004             |
|   |    |                        | JP 4251321 B2                           | 08-04-2009             |
|   |    |                        | JP 2004251273 A                         | 09-09-2004             |
| DE 102005017719                                 | A1 | 02-11-2006             | AUCUN                                   |                        |
| WO 0114698                                      | A  | 01-03-2001             | CA 2383551 A1                           | 01-03-2001             |
|   |    |                        | EP 1212520 A1                           | 12-06-2002             |
|   |    |                        | JP 2003529012 T                         | 30-09-2003             |
|   |    |                        | US 2002194835 A1                        | 26-12-2002             |
| US 3918412                                      | A  | 11-11-1975             | AUCUN                                   |                        |

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- JP 54120310 A [0004]
- WO 2001075294 A [0005]
- US 6508209 A [0006]
- US 4175523 A [0007]
- KR 2004040764 A [0008]
- WO 2007071848 A [0009]
- FR 2880657 A [0010]