



(51) Classification internationale des brevets :  
F01N 5/02 (2006.01) F01N 3/02 (2006.01)  
F01N 3/20 (2006.01) F01N 3/08 (2006.01)

[FR/FR]; 8 rue Jean-Pierre Timbaud, FR-75011 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/IB2011/002522

(74) Représentant commun : AAQIUS & AAQIUS S.A.; rue du Nant 8, CH-1207 Genève (CH).

(22) Date de dépôt international :  
20 octobre 2011 (20.10.2011)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
10013919 25 octobre 2010 (25.10.2010) EP

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
AAQIUS & AAQIUS S.A. [CH/CH]; rue du Nant 8, CH-1207 Genève (CH).

(72) Inventeurs; et

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
AUDOUIN, Arnaud [FR/FR]; 39 rue Ganneron, FR-75018 Paris (FR). DEMENTHON, Jean-Baptiste

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM INTENDED TO REDUCE THE AMOUNT OF NOX IN THE EXHAUST GASES OF A MOTOR VEHICLE

(54) Titre : SYSTEME DESTINE A REDUIRE LA QUANTITE DE NOX DANS LES GAZ D'ECHAPPEMENT D'UN VEHICULE A MOTOR

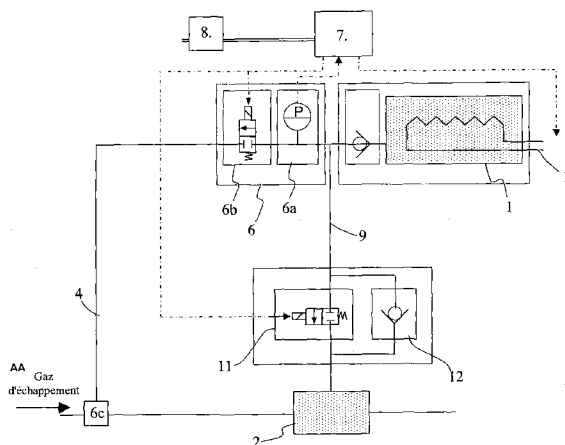


Fig. 4

AA ... EXHAUST GASES

(57) Abstract : The invention relates to a system intended to reduce the amount of NOx in the exhaust gases of a motor vehicle. The system comprises a storage space (1) containing a reducing agent; an SCR (selective catalytic reduction) catalytic converter (5) for treating the exhaust gases laden with reducing agent, and an injection module (6c) designed to inject the reducing agent from the storage space (1) into the exhaust gases of the motor vehicle upstream of the SCR catalytic converter (5). The system further comprises: at least one heat exchanger (2) connected to the storage space (1) and containing a porous matrix intended to absorb the reducing agent originating from the storage space (1); a valve or an injector (11) downstream of the storage space (1) and upstream of the exchanger (2) and designed to control the addition of reducing agent to the exchanger (2), and a valve (12) positioned between the storage space (1) and the exchanger (2). This is designed to transfer thermal energy to the exhaust gases of the motor vehicle upstream of the SCR catalytic converter (5) during a first period known as the starting period following the starting of said vehicle. The valve or the injector (11) is designed to control the rate of flow of reducing agent into the exchanger (2) during said starting

[Suite sur la page suivante]





DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

period so that the absorption of the reducing agent by the porous matrix of the exchanger (2) raises the temperature thereof. The valve or the injector (11) is also designed then to be closed during a period known as the period at operating temperature when the motor vehicle is running as soon as the exhaust gases have reached a certain temperature. The valve (12) is designed firstly to regulate the pressure inside the exchanger (2) during said period at operating temperature and secondly to convey the reducing agent contained in the exchanger (2) to the storage space (1) when the pressure inside the exchanger (2) is higher than the pressure inside the storage space (1).

**(57) Abrégé :** L'invention porte sur un système destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement d'un véhicule à moteur. Le système comporte une enceinte de stockage (1) contenant un agent réducteur; un catalyseur SCR (5) (Sélective Catalytic Réduction) pour traiter les gaz d'échappement chargés en agent réducteur, et un module d'injection (6c) agencé pour injecter l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage (1) dans les gaz d'échappement du véhicule à moteur, en amont du catalyseur SCR (5). Le système comporte en outre: au moins un échangeur de chaleur (2) connecté à l'enceinte de stockage (1) et contenant une matrice poreuse destinée à absorber l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage (1); une vanne ou un injecteur (11) en aval de l'enceinte de stockage (1) et en amont de l'échangeur (2) et agencé pour contrôler l'apport en agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur (2), et une soupape (12) disposée entre l'enceinte de stockage (1) et l'échangeur (2). Celui-ci est agencé pour transférer de l'énergie thermique aux gaz d'échappement du véhicule à moteur en amont du catalyseur SCR (5) au cours d'une première période dite de démarrage suivant le démarrage dudit véhicule. La vanne ou l'injecteur (11) est agencé pour contrôler le débit de l'agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur (2) durant ladite période de démarrage afin que l'absorption de l'agent réducteur par la matrice poreuse de l'échangeur (2) élève la température de ce dernier. La vanne ou l'injecteur (11) est en outre agencé pour ensuite être fermé au cours d'une période dite à température de fonctionnement lors du fonctionnement du véhicule à moteur dès que les gaz d'échappement ont atteint une certaine température. La soupape (12) est agencée pour d'une part, réguler la pression à l'intérieur de l'échangeur (2) durant ladite période à température de fonctionnement et pour d'autre part, convoyer l'agent réducteur contenu dans l'échangeur (2) dans l'enceinte de stockage (1) lorsque la pression à l'intérieur de l'échangeur (2) est supérieure à la pression à l'intérieur de l'enceinte de stockage (1).

## **SYSTEME DESTINE A REDUIRE LA QUANTITE DE NOX DANS LES GAZ D'ECHAPPEMENT D'UN VEHICULE A MOTEUR**

L'invention proposée concerne un système à catalyseur SCR (Selective  
5 Catalytic Reduction) destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz  
d'échappement d'un véhicule à moteur.

Les émissions de polluants liées au transport sont depuis près de trente  
ans un moteur de progrès de premier plan de l'industrie. La sévérisation  
10 progressive des limites en émission pour les quatre polluants réglementés (CO,  
HC, NOx, particules) a permis d'améliorer significativement la qualité de l'air  
notamment dans les grandes agglomérations.

L'utilisation toujours croissante de l'automobile nécessite de poursuivre les  
15 efforts pour réduire encore davantage ces émissions de polluants. Ainsi, la  
réduction des oxydes d'azote (NOx), reste une problématique complexe dans le  
contexte de la sévérisation des seuils émission Européen attendu en 2015 pour  
l'entrée en vigueur de la norme €6. Disposer de technologies de dépollution à forte  
efficacité dans toutes les conditions de roulage reste un enjeu majeur pour  
20 l'industrie du transport.

Dans un deuxième temps, la consommation de carburant, en lien direct  
avec les émissions de CO2, a été propulsée en quelques années préoccupation  
majeure de l'automobile. Ainsi, une réglementation sera mise en place au niveau  
25 Européen à partir de 2012 sur les émissions de CO2 des véhicules particuliers. Il  
est d'ores et déjà acquis que cette limite sera régulièrement abaissée au cours  
des décennies à venir. Le CO2 s'est donc imposé comme le nouveau moteur de  
croissance pour toute l'industrie des transports.

30 Cette double problématique réduction de la pollution locale (NOx) et  
réduction de la consommation carburant (CO2) est particulièrement difficile pour le  
moteur Diesel dont la combustion en mélange pauvre s'accompagne d'émission  
NOx difficile à traiter.

C'est dans ce contexte que la technologie de post-traitement SCR est envisagée à la fois pour les véhicules affectés au transport de marchandises et les véhicules particuliers. Il a en effet été démontré que la forte efficacité de réduction NOx permet de positionner le moteur sur son fonctionnement optimal en rendement, les fortes émissions de NOx étant ensuite traitées à l'échappement par le système SCR.

Une contrainte de la technologie SCR est la nécessité d'embarquer à bord du véhicule un agent réducteur nécessaire pour la réduction des oxydes d'azote. Le système actuellement retenu par les poids lourds utilise l'urée en solution aqueuse comme agent réducteur. Injecté à l'échappement, l'urée se décompose par effet de la température des gaz d'échappement en ammoniac (NH<sub>3</sub>) et permet la réduction des NOx sur un catalyseur spécifique.

L'intégration d'un réservoir d'urée en solution aqueuse reste une contrainte forte du système SCR. Une solution alternative à l'étude est le stockage d'ammoniac gazeux dans des sels. Dans ce cas, l'ammoniac est stocké sous forme de complexe chimique dans une matrice poreuse constituée notamment de sels de type chlorure (MgCl<sub>2</sub>, SrCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, etc...). L'ammoniac est désorbé en modifiant la température et/ou la pression de la matrice, puis est injecté à l'échappement pour traitement des NOx.

Les réactions chimiques en jeu dans le post-traitement des émissions issues de la combustion au sein d'un moteur thermique sont des réactions catalytiques qui dépendent au premier plan de la température des gaz d'échappement et de l'imprégnation catalytique.

Or, au démarrage du véhicule, la température des gaz d'échappement est insuffisante pour assurer une conversion catalytique significative. Il faut donc attendre un certain laps de temps pour que les gaz d'échappement atteignent une température à laquelle la réduction des NOx par SCR soit efficace. La figure 1 représente une évolution typique de température échappement sur un cycle homologation Europe (New European Driving Cycle: NEDC). Les émissions de NOx obtenues après post-traitement par le catalyseur SCR ainsi que l'efficacité de

ce post-traitement sont aussi indiquées. Ainsi lorsque le véhicule démarre, la température à l'échappement est insuffisante pour assurer une conversion catalytique significative, les émissions issues du moteur ne sont donc pas post-traitées, l'efficacité est proche de zéro. La température augmente progressivement au cours du cycle et permet alors « l'allumage » du système de post-traitement, la conversion catalytique est possible avec une efficacité pouvant approcher 100%.

Le but de la présente invention est donc de proposer un système destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement d'un véhicule à moteur et agencé pour accélérer la montée en température des gaz d'échappement lors du démarrage du véhicule à moteur afin de raccourcir le temps nécessaire pour que la conversion catalytique soit optimale.

Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à un système à catalyseur SCR destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement d'un véhicule à moteur, le système comportant: une enceinte de stockage contenant un agent réducteur; un catalyseur SCR pour traiter les gaz d'échappement chargés en agent réducteur, et un module d'injection agencé pour injecter l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage dans les gaz d'échappement du véhicule à moteur, en amont du catalyseur SCR. Le système selon l'invention comporte en outre: au moins un échangeur de chaleur connecté à l'enceinte de stockage et contenant une matrice poreuse destinée à absorber l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage; une vanne ou un injecteur en aval de l'enceinte de stockage et en amont de l'échangeur et agencé pour contrôler l'apport en agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur, et une soupape disposée entre l'enceinte de stockage et l'échangeur. L'échangeur est agencé pour transférer de l'énergie thermique aux gaz d'échappement du véhicule à moteur en amont du catalyseur SCR au cours d'une première période dite de démarrage suivant le démarrage dudit véhicule. La vanne ou l'injecteur est agencé pour contrôler le débit de l'agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur durant ladite période de démarrage afin que l'absorption de l'agent réducteur par la matrice poreuse de l'échangeur élève la température de ce dernier. La vanne ou l'injecteur est en outre agencé pour ensuite être fermé au cours d'une période dite à température de fonctionnement lors du fonctionnement du véhicule à moteur dès

que les gaz d'échappement ont atteint une certaine température. La soupape est quant à elle agencée pour d'une part, réguler la pression à l'intérieur de l'échangeur durant ladite période à température de fonctionnement et pour d'autre part, convoyer l'agent réducteur contenu dans l'échangeur dans l'enceinte de stockage lorsque la pression à l'intérieur de l'échangeur est supérieure à la pression à l'intérieur de l'enceinte de stockage.

Dans une forme d'exécution préférentielle de l'invention, l'enceinte de stockage contient un premier sel alors que l'échangeur contient un second sel. Les sels sont des chlorures métalliques choisis de manière à ce que l'enthalpie de désorption en ammoniac du premier sel agencé à l'intérieur de l'enceinte de stockage soit inférieure à l'enthalpie de désorption en ammoniac du second sel agencé à l'intérieur de l'échangeur.

Dans une autre forme d'exécution selon l'invention, l'enceinte de stockage comporte de l'ammoniac sous pression comme agent réducteur en lieu et place du premier sel.

L'invention porte également sur un procédé de mise en œuvre du système à catalyseur SCR comportant les étapes suivantes:

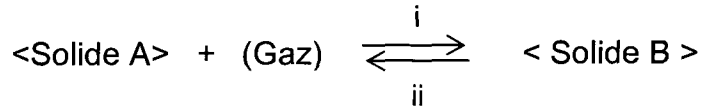
- ouverture de la vanne lors du démarrage du véhicule à moteur afin que l'agent réducteur contenu dans l'enceinte de stockage soit convoyé sous forme gazeuse dans l'échangeur sous l'effet de la différence de pression existant à l'intérieur respectivement de l'enceinte de stockage et de l'échangeur;
- fermeture de la vanne lorsque la température des gaz ont atteint une valeur prédéterminée;
- purge progressive de l'échangeur au cours de la période de fonctionnement du véhicule à moteur, en évacuant l'agent réducteur au travers de la soupape pour qu'il soit introduit à nouveau dans l'enceinte de stockage.

Les caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description de plusieurs formes d'exécution, données uniquement à titre d'exemples, nullement limitatives en se référant aux figures schématiques, dans  
5 lesquelles:

- la Figure 1 illustre l'efficacité de la conversion catalytique, les émissions NOx et la température des gaz d'échappement selon un cycle d'homologation NEDC (New European Driving Cycle) pour un système de dépollution conventionnel;
- 10 - la Figure 2 illustre un système à catalyseur SCR destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement selon une première forme d'exécution de l'invention,
- la Figure 3 illustre un système à catalyseur SCR destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement selon une deuxième forme  
15 d'exécution de l'invention;
- La Figure 4 représente une partie plus détaillée du système selon la première et la deuxième forme d'exécution de l'invention;
- La Figure 5 représente le principe de fonctionnement du système selon l'équation de Clapeyron;
- 20 - La Figure 6 représente le fonctionnement de l'échangeur thermique dans la ligne d'échappement selon le cycle d'homologation NEDC.
- La Figure 7 illustre une vue schématique d'un élément de dépollution avec l'échangeur agencé selon une première variante;
- La Figure 8 illustre une vue schématique de l'élément de dépollution  
25 avec l'échangeur agencé selon une seconde variante;
- La Figure 9 illustre une vue schématique d'un conduit de recirculation des gaz autour duquel est agencé l'échangeur.

### Description détaillée de l'invention

Dans le système proposé, le stockage de l'agent réducteur repose sur une  
 5 réaction réversible solide – gaz du type :



10 dans laquelle le gaz est l'ammoniac et le solide un sel anhydre de type chlorure métallique :  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{SrCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , etc...

Les réactions d'absorption (i) et de désorption (ii) sont entièrement réversibles. La pression d'équilibre en ammoniac du système peut être déterminée  
 15 pour une température donnée par la relation Clausius-Capeyron qui est donnée par la formule suivante :

$$\ln P_{\text{NH}_3} = \frac{-\Delta H_r}{RT} + \frac{\Delta S_r}{R}$$

20 où  $\Delta H_r$  est l'enthalpie de désorption par mole de  $\text{NH}_3$ ,  $\Delta S_r$  est l'entropie de désorption par mole de  $\text{NH}_3$  et R la constante des gaz parfait.

Selon cette formule, la pression d'équilibre en ammoniac de ces sels dépend de la température.

25

Selon la première forme d'exécution de l'invention telle qu'illustrée par la Figure 2, le système comporte deux matériaux composites agencés respectivement à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 et à l'intérieur de l'échangeur 2. Chaque matériau composite comporte un ou plusieurs sels comprimés et, de préférence, du graphite expansé, lequel est utilisé comme liant  
 30 de manière à obtenir une matrice poreuse destinée à recevoir de l'ammoniac. Le sel du matériau composite agencé à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 (dénommé ci-après Sel A) et le sel du matériau composite agencé dans l'échangeur 2 (dénommé ci-après Sel B) sont choisis afin que l'enthalpie de

désorption en ammoniac du Sel A soit inférieure à l'enthalpie de désorption en ammoniac du Sel B. Le sel A est de préférence du chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ) ou du chlorure de strontium ( $\text{SrCl}_2$ ) tandis que le sel B est de préférence du chlorure de manganèse ( $\text{MnCl}_2$ ), du chlorure de fer ( $\text{FeCl}_2$ ) ou du chlorure de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ).

En référence avec la Figure 2, l'enceinte de stockage 1, contenant le Sel A destiné à absorber et désorber l'ammoniac, est agencée pour être pilotée en température par un corps de chauffe 3 afin de désorber l'ammoniac du Sel A et de le convoier au travers d'un premier conduit 4 pour pouvoir l'injecter dans les gaz d'échappement en amont d'un catalyseur SCR 5. Pour limiter la consommation d'énergie du corps de chauffe 3, la pression à l'intérieur de l'enceinte 1 doit être limitée à une valeur basse tout en étant suffisamment élevée pour permettre un débit d'ammoniac suffisant et compatible avec les émissions de  $\text{NO}_x$  du moteur thermique. A cet effet, l'enceinte de stockage 1 est reliée à un module d'alimentation 6, lequel est piloté par un calculateur dédié 7 relié au calculateur moteur 8. Selon la Figure 4, ce module d'alimentation 6 comporte un dispositif 6a de mesure de la pression ou de la température à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 ainsi qu'un dispositif de dosage 6b de l'ammoniac. La pression ou la température mesurée par le dispositif 6a de mesure de pression ou de température à l'intérieur de l'enceinte 1 est comparée à une pression ou à une température de consigne. Celle-ci est déterminée de façon dynamique en fonction d'une analyse d'un certain nombre de paramètres moteur et véhicule, comme par exemple la concentration de  $\text{NO}_x$  émis à chaque instant (grandeur pouvant être mesurée et/ou modélisée), la température du lubrifiant du moteur, la température du liquide de refroidissement du moteur, la température à l'échappement dans la veine gazeuse ou à l'intérieur des canaux de catalyseurs ou de filtres, la vitesse du véhicule, le régime moteur, la charge moteur ou une combinaison de ces paramètres.

Toujours selon la Figure 2, l'échangeur de chaleur 2, relié à l'enceinte de stockage 1 par un conduit 9, est agencé dans le flux des gaz d'échappement en aval d'un ou plusieurs éléments de dépollution additionnel 10 sous forme d'un catalyseur d'oxydation ou d'un catalyseur trois voies et, le cas échéant, d'un filtre à

particule, l'échangeur de chaleur 2 étant en outre agencé en aval d'un module d'injection 6c de l'ammoniac et en amont du catalyseur SCR 5.

Selon la Figure 4, une vanne 11 est montée sur le conduit 9 en aval de l'enceinte de stockage 1 et en amont de l'échangeur 2, et est agencée pour être pilotée par le calculateur 7 de façon à contrôler l'apport en ammoniac dans ledit échangeur 2. Le système à catalyseur SCR selon l'invention comporte par ailleurs une soupape 12 disposée entre l'enceinte de stockage 1 et l'échangeur 2.

Le fonctionnement du système à catalyseur SCR selon l'invention peut être découpé en deux phases (Figure 6), à savoir une première phase de démarrage débutant au démarrage du véhicule à moteur et continuant jusqu'à ce que les gaz d'échappement ont atteint une température à laquelle la conversion catalytique est optimale (dénommée ci-après période de démarrage, suivi par une deuxième phase de fonctionnement du véhicule à moteur continuant jusqu'à l'arrêt du moteur (dénommée ci-après période de fonctionnement).

Au démarrage du véhicule à moteur, les gaz d'échappement sont relativement froids. Dans ces conditions, la température à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 est similaire à celle à l'intérieur de l'échangeur 2. Du fait de la nature différente des sels A et B, la pression à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 est supérieure à la pression à l'intérieur de l'échangeur 2. Au cours de la période de démarrage, la vanne 11 est ouverte pour que de l'ammoniac sous forme de gaz soit convoyé de l'enceinte 1 au travers du conduit 9 pour y être injecté à l'intérieur de l'échangeur 2 et absorbé par le Sel B. Cette absorption génère une augmentation de la température de l'échangeur 2 selon la relation de Clausius-Capeyron, permettant par conduction de chaleur de réchauffer les gaz d'échappement.

Dès que les gaz d'échappement ont atteint une température à laquelle la conversion catalytique est optimale, la vanne 11 se ferme. La température des gaz d'échappement sont alors aux environs de 250°C voir plus, lesquels élèvent la température de l'échangeur 2, ce qui augmente la pression à l'intérieur de celui-ci. La soupape 12 est agencée pour d'une part, réguler la pression à l'intérieur de

l'échangeur 2 durant la période à température de fonctionnement et pour d'autre part, rediriger l'ammoniac de l'échangeur 2 dans l'enceinte de stockage 1. Ainsi, sous l'effet de la température des gaz d'échappement rejetés durant la période de fonctionnement du véhicule à moteur, l'échangeur 2 est progressivement « vidé »  
5 en ammoniac. Au cours de la période à température de fonctionnement du véhicule à moteur, le système selon l'invention fonctionne de façon totalement passive.

Dès l'arrêt du moteur, le système revient progressivement à la température  
10 extérieure. Dans ces conditions, la pression à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1 est à nouveau supérieure à la pression à l'intérieur de l'échangeur 2. La vanne 11 est maintenue en position fermée afin de confiner le gaz ammoniac dans l'enceinte de stockage 1. Le système est régénéré, prêt à fonctionner lors du prochain démarrage du véhicule à moteur.

15 Dans une seconde forme d'exécution telle qu'illustrée par la Figure 3, le ou les éléments de dépollution additionnels 11 sont agencés en amont du module d'injection 6c de l'ammoniac, le catalyseur SCR 3 est quant à lui agencé en aval du module d'injection.

20 Dans une seconde application de la présente invention, le dispositif de dosage permet de contrôler le débit de gaz d'ammoniac circulant vers l'échangeur 2 en fonction de la pression mesurée notamment à l'intérieur de l'enceinte de stockage 1. Ce dispositif de type injecteur permet alors d'ajuster le profil de  
25 montée en pression à l'intérieur de l'échangeur 2 et ainsi la puissance calorifique transmise aux gaz d'échappement.

Selon une variante d'exécution, l'enceinte de stockage 1 contient de l'ammoniac sous pression, en lieu et place du Sel A alors que l'échangeur 2  
30 contient quant à lui un sel de type chlorure métallique tel que du chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ) ou du chlorure de strontium ( $\text{SrCl}_2$ ).

Dans la présente invention, le début et la fin de la phase de chauffage des gaz d'échappement ainsi que le profil d'ouverture du dispositif de dosage lors de

cette phase, sont pilotés par un calculateur 7 en fonction d'un certain nombre de paramètres moteurs. La température de l'eau de refroidissement du moteur, la température d'huile, la température des gaz d'échappement et/ou une analyse des conditions de roulage passées et présentes pourront notamment être pris en compte. Par la calibration de cette stratégie de pilotage, il convient de s'assurer que la phase de régénération est suffisamment longue et à température suffisamment haute pour que le dispositif de chauffage soit entièrement régénéré avant l'arrêt moteur.

10 Le principe décrit ci-dessus prévoit un transfert intelligent d'ammoniaque entre l'enceinte de stockage 1, laquelle est destinée à alimenter d'une part, un système d'injection agencé dans la ligne d'échappement en amont du catalyseur SCR 5, et d'autre part, l'échangeur 2, permettant d'utiliser les propriétés de climatisation attachées à la chemisorption du NH<sub>3</sub> dans un chlorure métallique  
15 permettant une régulation de la température d'échappement.

L'échangeur 2 selon l'invention est de préférence agencé au plus près de la ligne d'échappement. Selon la Figure 7, la matrice poreuse de l'échangeur 2 est disposée autour du catalyseur SCR 5 ou tout autre élément de dépollution 10, l'élément de dépollution 5, 10 ainsi que la matrice poreuse de l'échangeur 2 étant  
20 confinés à l'intérieur d'un réceptacle 13. Dans une autre configuration telle qu'illustrée par la Figure 8, un tube 14 est agencé coaxialement autour de la ligne d'échappement 14' en différents endroits, la matrice poreuse de l'échangeur 2 étant agencée dans l'espace entre la ligne d'échappement 1' et le tube 14.

25 La matrice poreuse de l'échangeur 2 peut être également agencé à l'intérieur du catalyseur 5 autour des différents pains catalytiques, cet arrangement présentant par surcroît l'avantage d'isoler thermiquement les portions d'échappement, y compris pendant les phases sans transfert d'ammoniaque, c'est-à-dire de confiner  
30 un maximum de calories à l'intérieur de l'échappement et de minimiser ainsi les déperditions d'énergie inutiles vers l'extérieur.

Il existe plusieurs architectures de lignes d'échappement potentiellement rencontrées sur les Diesel, notamment:

- une architecture comportant à la suite un circuit de recirculation des gaz d'échappement (*Exhaust Gas Recirculation* ci-après dénommé "conduit EGR") - une turbine - un catalyseur d'oxydation (*Diesel Oxidation Catalyst* ci-après dénommé "DOC") - un filtre à particule (*Diesel Particulate Filter* ci-après dénommé "DPF") – injection NH<sub>3</sub> et un catalyseur SCR,
  - une architecture comportant à la suite un conduit EGR - une turbine - un DOC - injection NH<sub>3</sub>, un catalyseur SCR - un DPF,
  - une architecture comportant à la suite un conduit EGR - une turbine - un DOC – injection NH<sub>3</sub> - un catalyseur SCR et un DPF sur un substrat unique.
- Les trois architectures susvisées peuvent comprendre en outre un deuxième embranchement de conduit EGR LP dit basse pression (EGR LP "Low Pressure" par opposition à l'EGR HP "High Pressure" présent sur tous les Diesel), situé en aval du DPF.
- L'échangeur 2 selon l'invention peut donc être agencé à différents endroits en fonction de l'architecture et du but recherché. Il pourrait par exemple être agencé en tout point en amont de la turbine pour accélérer la mise en action de cette dernière, en vue de limiter le «turbo lag» et augmenter ainsi le couple à bas régime du moteur. La circulation inverse (qui permet de "vider" l'échangeur 2), peut être mise à contribution pour extraire les calories de la ligne d'échappement lorsque la température excède la température maximale tolérée par la turbine.
- L'échangeur 2, peut également être agencé en tout point en amont du catalyseur d'oxydation (DOC) pour accélérer l'amorçage de ce dernier, donc la production de NO<sub>2</sub>, mécanisme chimique déterminant à l'amorçage du catalyseur SCR situé toujours en aval du DOC. Cette localisation pourra avoir également avoir un impact pour accélérer la mise en action du catalyseur en vue de régénérer le filtre à particules. La capacité de stockage doit se remplir durant la phase où l'on désire récupérer des calories.

L'échangeur 2 peut également être agencé en aval du filtre à particules, pour éviter les surchauffes liées à la régénération du filtre à particules et ainsi protéger des exothermes le catalyseur SCR 5 lorsqu'il est situé en aval du filtre. Dans ce cas, l'enceinte de stockage 1 doit être vidée lorsque l'on veut éviter une surchauffe.

L'échangeur peut aussi être agencé autour du substrat DPF lorsque l'imprégnation catalytique SCR se situe à même le filtre pour éviter les exothermes à l'intérieur du matériau filtrant.

10

Enfin, l'échangeur peut être agencé autour des conduits EGR (HP et BP), afin de favoriser le refroidissement des flux EGR, en vue d'en augmenter les débits. Dans ce cas, l'enceinte de stockage doit être vidée lorsque l'on désire refroidir l'EGR.

15

## **REVENDICATIONS**

1. Système destiné à réduire la quantité de NOx dans les gaz d'échappement d'un véhicule à moteur, le système comportant:

- une enceinte de stockage (1) contenant un agent réducteur;
- un catalyseur SCR (5) (Selective Catalytic Reduction) pour traiter les gaz d'échappement chargés en agent réducteur, et
- un module d'injection (6c) agencé pour injecter l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage (1) dans les gaz d'échappement du véhicule à moteur, en amont du catalyseur SCR (5),

### **caractérisé en ce que**

ledit système comporte en outre:

- au moins un échangeur de chaleur (2) connecté à l'enceinte de stockage (1) et contenant une matrice poreuse destinée à absorber l'agent réducteur provenant de l'enceinte de stockage (1);
- une vanne ou un injecteur (11) en aval de l'enceinte de stockage (1) et en amont de l'échangeur (2) et agencé pour contrôler l'apport en agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur (2), et
- une soupape (12) disposée entre l'enceinte de stockage (1) et l'échangeur (2);

### **et en ce que**

- l'échangeur (2) est agencé pour transférer de l'énergie thermique aux gaz d'échappement du véhicule à moteur en amont du catalyseur SCR (5) au cours d'une première période dite de démarrage suivant le démarrage dudit véhicule;
- la vanne ou l'injecteur (11) est agencé pour contrôler le débit de l'agent réducteur à l'intérieur de l'échangeur (2) durant ladite période de démarrage afin que l'absorption de l'agent réducteur par la matrice poreuse de l'échangeur (2) élève la température de ce dernier;
- la vanne ou l'injecteur (11) est agencé pour ensuite être fermé au cours d'une période dite à température de fonctionnement lors du fonctionnement du véhicule à moteur dès que les gaz d'échappement ont atteint une certaine température; et

- 5                   - la soupape (12) est agencée pour d'une part, réguler la pression à l'intérieur de l'échangeur (2) durant ladite période à température de fonctionnement et pour d'autre part, convoyer l'agent réducteur contenu dans l'échangeur (2) dans l'enceinte de stockage (1) lorsque la pression à l'intérieur de l'échangeur (2) est supérieure à la pression à l'intérieur de l'enceinte de stockage (1).
- 10           2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vanne ou l'injecteur (11) est agencé pour être fermé dès le début de la période à température de fonctionnement du véhicule à moteur jusqu'au début de la prochaine période de démarrage.
- 15           3. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un corps de chauffe (3) agencé pour chauffer l'enceinte de stockage (1) en fonction de la valeur d'un ou plusieurs paramètres choisi(s) parmi la concentration de NOx émis, la température du lubrifiant du moteur, la température du liquide de refroidissement du moteur, la vitesse du véhicule, le régime moteur et la charge moteur.
- 20           4. Système selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'agent réducteur est de l'ammoniac.
- 25           5. Système selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'enceinte de stockage (1) contient de l'ammoniac sous pression et **en ce que** la matrice poreuse de l'échangeur (2) est un sel choisi parmi les chlorures métalliques telles que le chlorure de baryum, le chlorure de strontium, le chlorure de magnésium, le chlorure de calcium et le chlorure de nickel.
- 30           6. Système selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'enceinte de stockage (1) et l'échangeur (2) contiennent respectivement un premier et un second sel, les sels étant des chlorures métalliques choisis de manière à ce que l'enthalpie de désorption en ammoniac du premier sel soit inférieure à l'enthalpie de désorption en ammoniac du second sel.

7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'échangeur (2) est agencé dans les gaz d'échappement en aval d'un module d'injection (6c) de l'agent réducteur et en amont du catalyseur SCR (5).
- 5
8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un ou plusieurs éléments de dépollution additionnels (10) choisis parmi un catalyseur d'oxydation, un catalyseur trois voies et un filtre à particule, le ou les éléments de dépollution (10) étant agencés en amont du module d'injection (6c) de l'agent réducteur alors que la catalyseur SCR (5) est agencé en aval de dudit module d'injection (6c), **et en ce que** l'échangeur (2) est agencé en amont du ou desdits éléments de dépollution additionnels (10).
- 10
9. Système selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la matrice poreuse du ou des échangeurs (2) est(sont) disposées à l'intérieur d'un tube (14) autour du conduit d'échappement en amont du catalyseur SCR (5) et/ou en amont dudit ou desdits éléments dépollution additionnels (10).
- 15
10. Système selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la matrice poreuse du ou des échangeurs (2) est(sont) disposées autour du catalyseur SCR 5 et/ou autour dudit ou desdits éléments de dépollution additionnels (10).
- 20
11. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un conduit de recirculation des gaz d'échappement (15) (ci-après dénommé EGR), un tube (16) monté autour du conduit EGR (15), la différence de diamètre entre le tube (14) et le conduit EGR (15) créant un volume à l'intérieur duquel la matrice poreuse de l'échangeur (2) est agencé de manière à pouvoir refroidir les gaz EGR en convoyant l'agent réducteur de l'enceinte de stockage (1) à l'échangeur (2) lorsque la température des gaz circulant dans ledit conduit EGR (15) dépasse un seuil critique.
- 25
- 30

12. Véhicule à moteur comportant le système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le véhicule comporte un turbocompresseur dont la turbine est agencée en aval de l'échangeur (2).

5

13. Procédé de mise en œuvre du système selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 comportant les étapes suivantes:

10

- ouverture de la vanne ou de l'injecteur (11) lors du démarrage du véhicule à moteur afin que l'agent réducteur contenu dans l'enceinte de stockage (1) soit convoyé sous forme gazeuse dans l'échangeur (2) sous l'effet de la différence de pression existant à l'intérieur respectivement de l'enceinte de stockage (1) et l'échangeur (2);

15

- fermeture de la vanne ou de l'injecteur (11) lorsque la température des gaz ont atteint une valeur prédéterminée;

- purge progressive de l'échangeur (2) au cours de la période à température de fonctionnement du véhicule à moteur, en évacuant l'agent réducteur au travers de la soupape (12) pour qu'il soit introduit à nouveau dans l'enceinte de stockage (1).

20

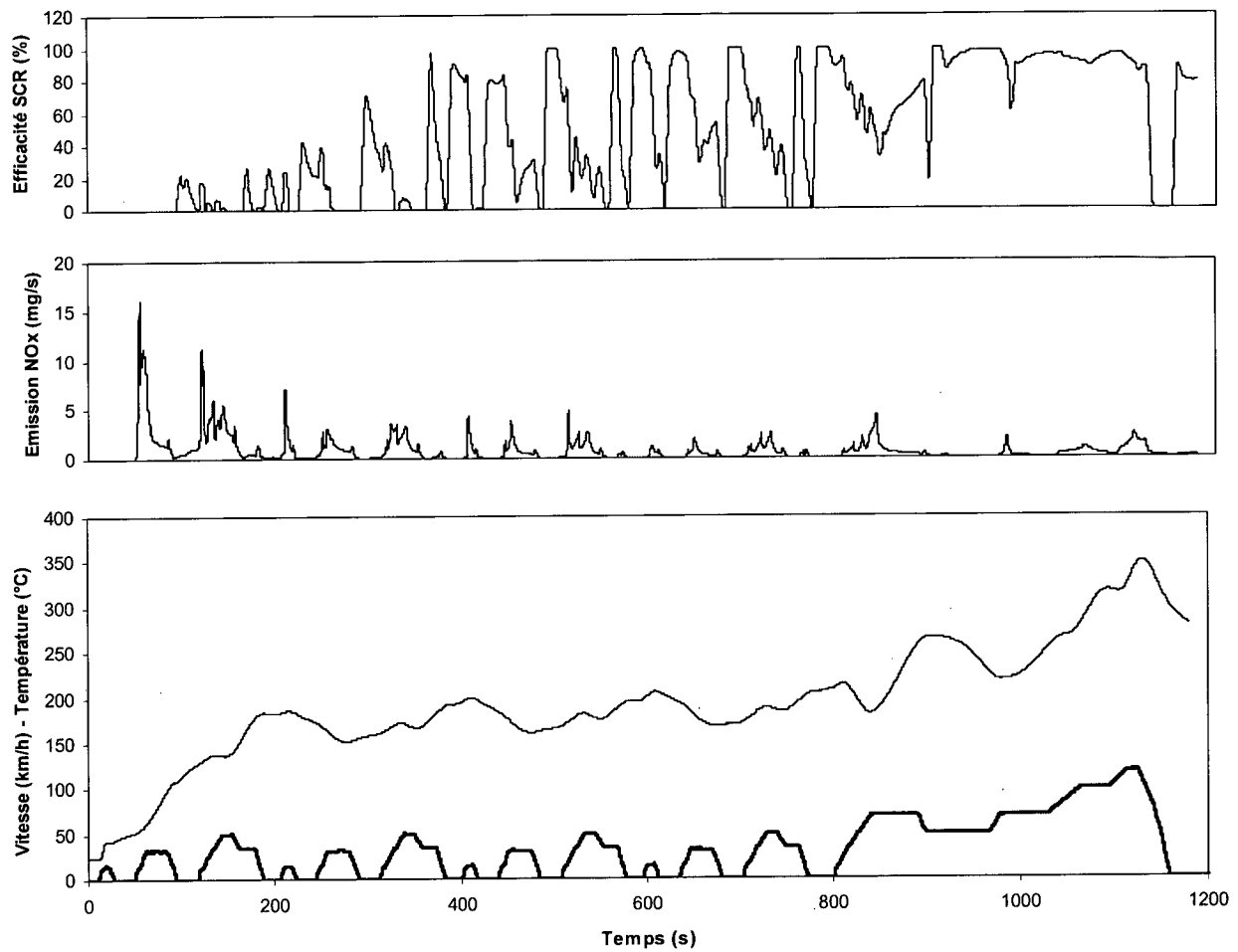
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel l'échangeur (2) est complètement purgé et ne contient pas d'agent réducteur au moment du démarrage du véhicule à moteur.

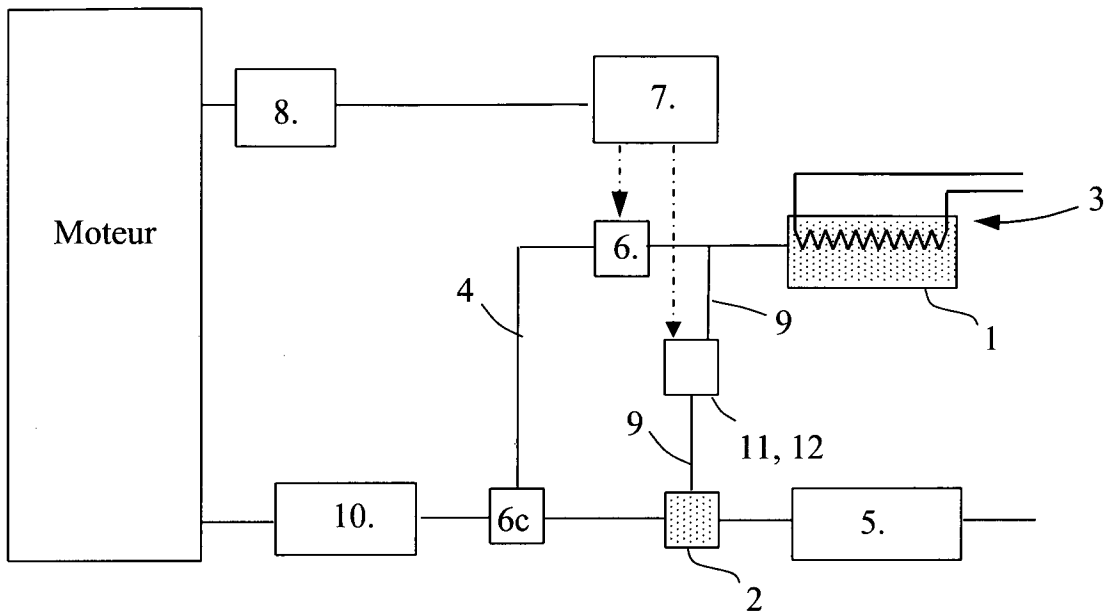
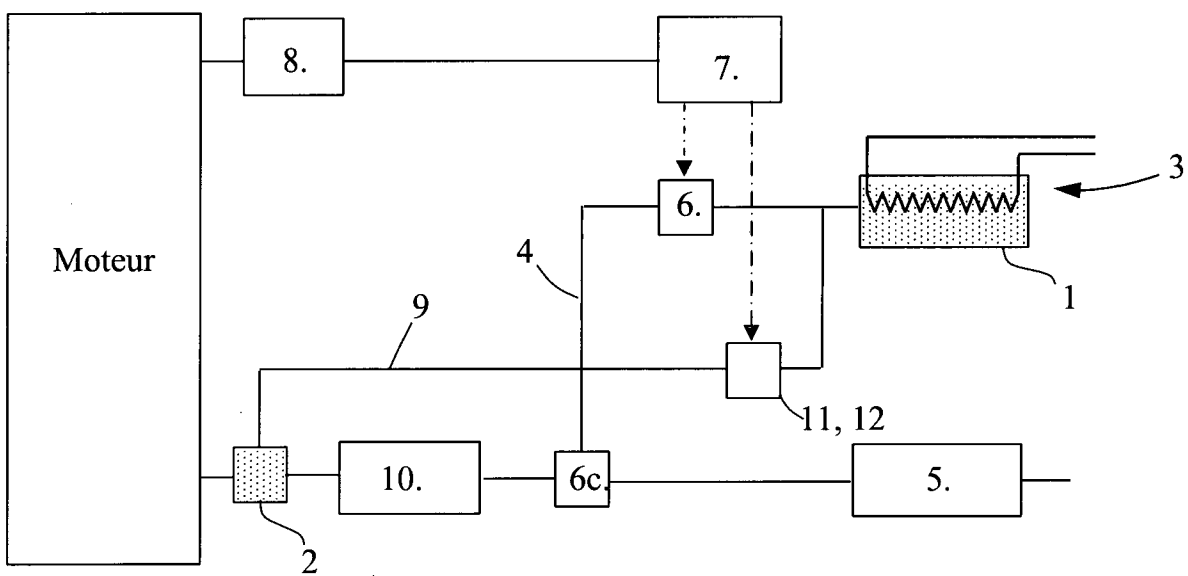
25

15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, dans lequel l'ouverture de la vanne ou de l'injecteur (11) est piloté(e) par un calculateur (7) en fonction de la valeur d'un ou plusieurs paramètres choisi(s) parmi la concentration de NOx émis, la température du lubrifiant du moteur, la température du liquide de refroidissement du moteur, la température à l'échappement dans la veine gazeuse ou à l'intérieur des canaux de catalyseurs ou de filtres, de la vitesse du véhicule et du régime moteur.

30

- 5 16. Procédé de mise en œuvre du système selon la revendication 8, 9 ou 10 dans lequel la vanne ou l'injecteur (11) est ouvert lors du démarrage du véhicule à moteur pour que l'agent réducteur contenu dans l'enceinte de stockage (1) soit convoyé sous forme gazeuse dans l'échangeur (2) agencé en amont du catalyseur d'oxydation (10) afin de favoriser la production de NO<sub>2</sub> par ce dernier de manière à améliorer la mise en action du catalyseur SCR (5).
- 10 17. Procédé de mise en œuvre du système du véhicule à moteur selon la revendication 12, dans lequel la vanne ou l'injecteur (11) est ouvert lors du démarrage du véhicule à moteur pour que l'agent réducteur contenu dans l'enceinte de stockage (1) soit convoyé sous forme gazeuse dans l'échangeur (2) afin d'accélérer la mise en action de la turbine, et dans lequel la vanne ou l'injecteur (11) est fermé lorsque la température en 15 amont de la turbine dépasse la plage de température de fonctionnement normal la turbine.

**Fig. 1**

**Fig. 2****Fig. 3**

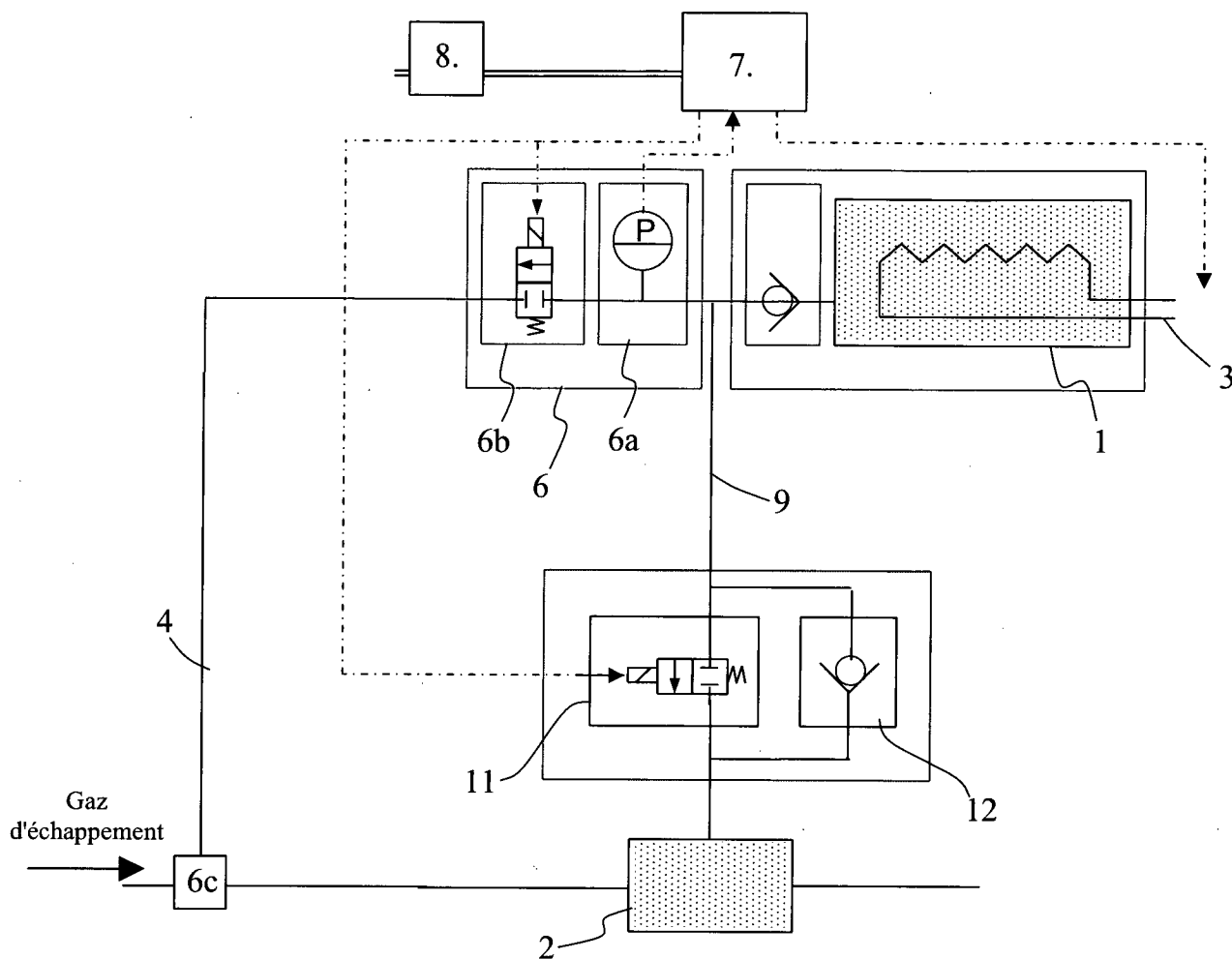


Fig. 4

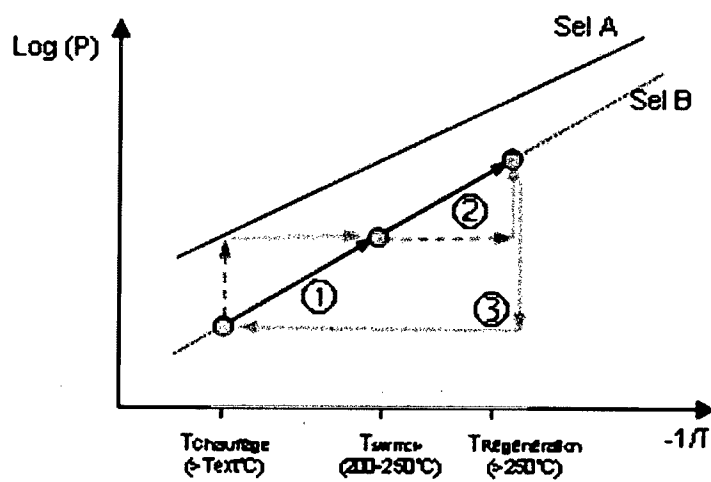
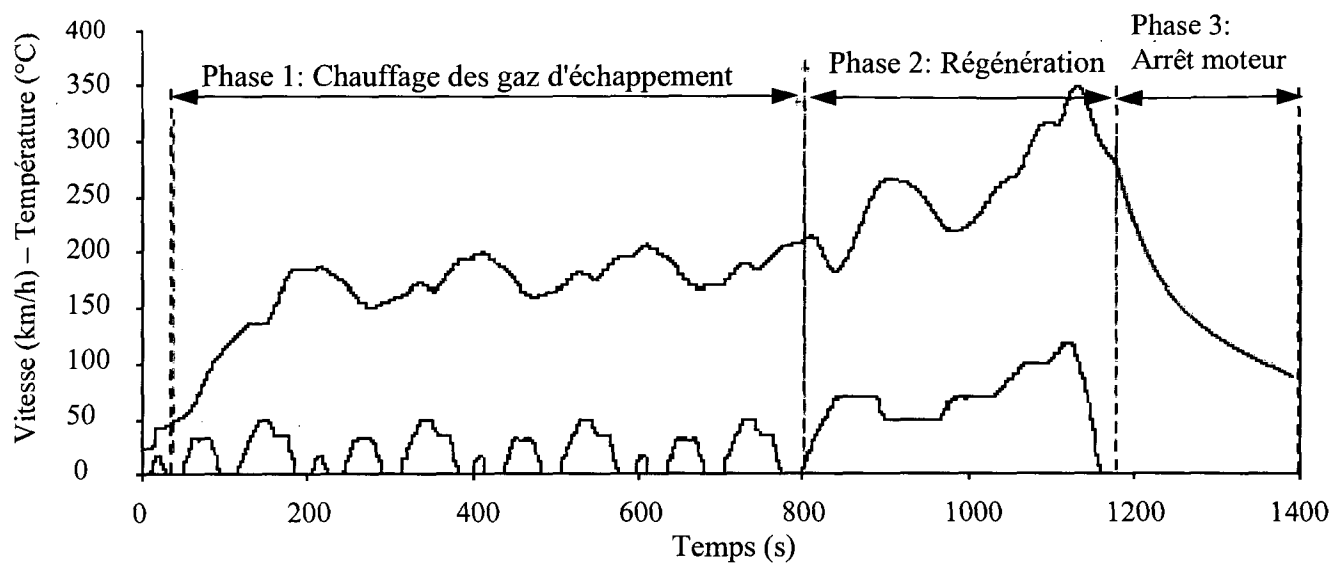
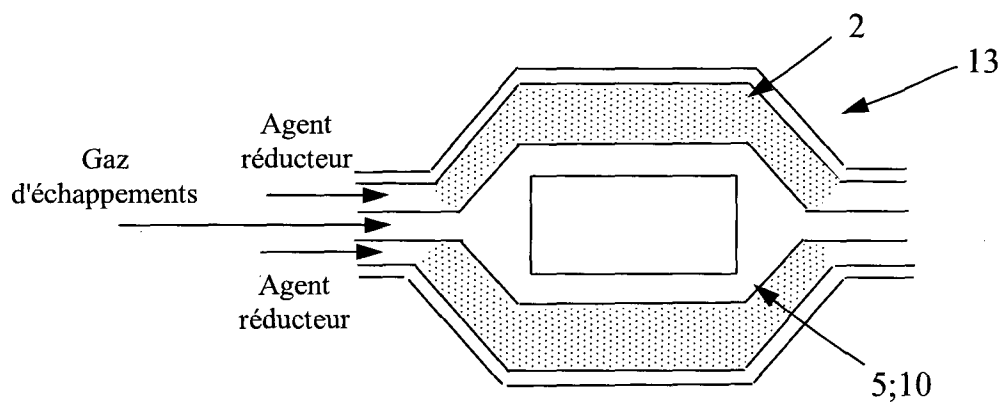
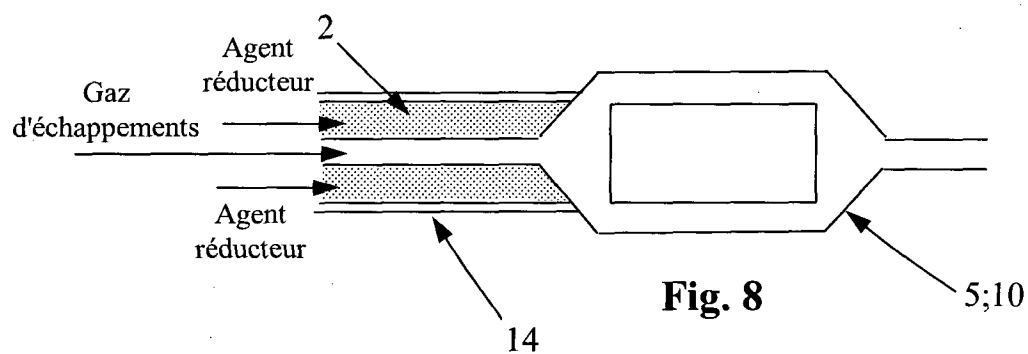
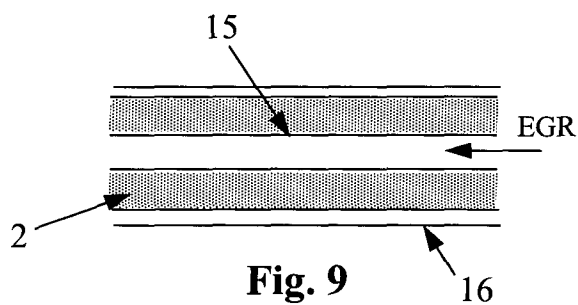


Fig. 5

**Fig. 6****Fig. 7****Fig. 8****Fig. 9**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2011/002522

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01N5/02 F01N3/20  
ADD. F01N3/02 F01N3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2007/000170 A1 (AMMINEX AS [DK]; UNIV DANMARKS TEKNISKE [DK]; JOHANNESSEN TUE [DK]; S) 4 January 2007 (2007-01-04) page 8, line 17 - line 26 page 13, line 4 - line 11 page 21, line 21 - page 22, line 10; figure 4 -----	1,4-6
A	US 2003/101714 A1 (HUTHWOHL GEORG [DE] ET AL) 5 June 2003 (2003-06-05) paragraph [0032] - paragraph [0033]; figure 2 -----	1,12,13
A	EP 0 596 854 A1 (AVL VERBRENNUNGSKRAFT MESSTECH [AT]) 11 May 1994 (1994-05-11) the whole document -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 2012

Date of mailing of the international search report

05/03/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zebst, Marc

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2011/002522

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007000170 A1	04-01-2007	EP 1901831 A1 JP 2008546968 A US 2010293927 A1 WO 2007000170 A1	26-03-2008 25-12-2008 25-11-2010 04-01-2007
US 2003101714 A1	05-06-2003	DE 20119514 U1 EP 1316688 A2 US 2003101714 A1	28-02-2002 04-06-2003 05-06-2003
EP 0596854 A1	11-05-1994	EP 0596854 A1 FI 934837 A	11-05-1994 03-05-1994

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2011/002522

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. F01N5/02 F01N3/20 ADD. F01N3/02 F01N3/08		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F01N		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2007/000170 A1 (AMMINEX AS [DK]; UNIV DANMARKS TEKNISKE [DK]; JOHANNESSEN TUE [DK]; S) 4 janvier 2007 (2007-01-04) page 8, ligne 17 - ligne 26 page 13, ligne 4 - ligne 11 page 21, ligne 21 - page 22, ligne 10; figure 4 <div style="text-align: center;">-----</div>	1,4-6
A	US 2003/101714 A1 (HUTHWOHL GEORG [DE] ET AL) 5 juin 2003 (2003-06-05) alinéa [0032] - alinéa [0033]; figure 2 <div style="text-align: center;">-----</div>	1,12,13
A	EP 0 596 854 A1 (AVL VERBRENNUNGSKRAFT MESSTECH [AT]) 11 mai 1994 (1994-05-11) le document en entier <div style="text-align: center;">-----</div>	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents         </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe         </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">24 février 2012</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">05/03/2012</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Zebst, Marc</div>

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/IB2011/002522

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007000170 A1	04-01-2007	EP 1901831 A1	26-03-2008
		JP 2008546968 A	25-12-2008
		US 2010293927 A1	25-11-2010
		WO 2007000170 A1	04-01-2007
-----			
US 2003101714 A1	05-06-2003	DE 20119514 U1	28-02-2002
		EP 1316688 A2	04-06-2003
		US 2003101714 A1	05-06-2003
-----			
EP 0596854 A1	11-05-1994	EP 0596854 A1	11-05-1994
		FI 934837 A	03-05-1994
-----			