

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/102843 A1

(43) Date de la publication internationale
30 juin 2016 (30.06.2016)

(51) Classification internationale des brevets :
F02D 41/02 (2006.01) F02D 41/14 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053627

(22) Date de dépôt international :
18 décembre 2015 (18.12.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1463120 22 décembre 2014 (22.12.2014) FR

(71) Déposant : RENAULT S.A.S. [FR/FR]; 13-15 quai Alphonse Le Gallo, 92100 Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeur : TUNETIER, Christophe; 3 rue Paul Cézanne, 91610 Ballancourt sur Essonne (FR).

(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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR PURGING A NITROGEN OXIDES TRAP AND ASSOCIATED DRIVE DEVICE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PURGE D'UN PIÈGE A OXYDES D'AZOTE ET DISPOSITIF DE MOTORISATION ASSOCIE

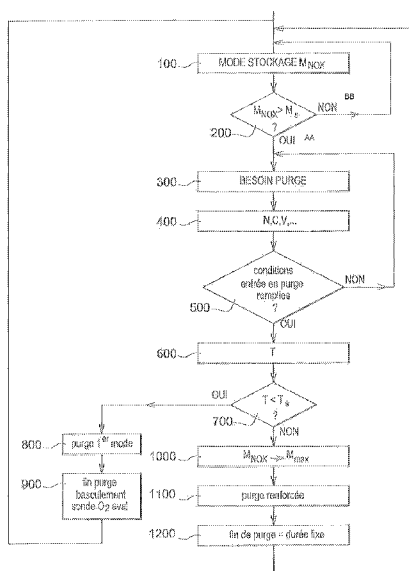


Fig. 4

- 100 M_{NOx} storage mode
- BB no
- AA yes
- 300 Need to purge
- 500 conditions for beginning purge met?
- 800 purge - 1st mode
- 900 end of purge - switchover on downstream O₂ probe
- 1100 enhanced purge
- 1200 end of purge = after fixed time

(57) Abstract : Method for purging a nitrogen oxides trap, said trap being able to store nitrogen oxides emitted by a motor vehicle internal combustion engine in a lean-burn normal mode of operation of the engine and able, under the action of fuel from the engine in a rich-burn engine mode of operation to reduce same, said method comprising:- a step (300) in which a need to purge the trap is detected when the mass of nitrogen oxides (M_{NOx}) stored in the trap reaches a threshold (M_s); and - a step (800, 1100) of purging the nitrogen oxides under the action of fuel from the engine, beginning after a start-purge time (T) following on from the step (300) of detecting the need to purge; characterized in that the purge step (800, 1100) can be carried out in at least two distinct modes: - a first mode of purging the nitrogen oxides, in which mode the purge step (800) is stopped on a switch-over criterion from a richness signal from an oxygen probe downstream of the trap; and, - an enhanced nitrogen oxides purge second mode in which the purge step (1100) is stopped after a predetermined extended purging time.

(57) Abrégé : Procédé de purge d'un piège à oxydes d'azote, ledit piège étant apte à stocker des oxydes d'azote émis par un moteur à combustion interne de véhicule automobile dans un mode de fonctionnement normal du moteur

[Suite sur la page suivante]



WO 2016/102843 A1

**Publiée :**

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

en mélange pauvre et apte à les réduire sous l'action de carburant du moteur dans un mode de fonctionnement du moteur en mélange riche, ledit procédé comprenant : - une étape (300) dans laquelle on détecte un besoin de purge du piège lorsque la masse d'oxydes d'azotes (M_{NOx}) stockée dans le piège atteint un seuil(M_s); et, - une étape (800,1100) de purge des oxydes d'azote sous l'action de carburant du moteur, débutant après un délai d'entrée en purge (T) consécutif à l'étape (300) de détection du besoin de purge; CARACTERISE EN CE QUE l'étape de purge (800,1100) peut être réalisée selon aux moins deux modes distincts : - un premier mode de purge des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge (800) est arrêtée sur un critère de basculement d'un signal de richesse d'une sonde à oxygène aval du piège; et, - un deuxième mode de purge renforcée des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge (1100) est arrêtée après une durée de purge prolongée prédéterminée.

PROCÉDE DE PURGE D'UN PIÈGE A OXYDES D'AZOTE ET DISPOSITIF DE MOTORISATION ASSOCIE

5 DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention se situe dans le domaine du post-traitement des émissions polluantes à l'échappement de moteurs à combustion interne fonctionnant habituellement en mélange pauvre, notamment les moteurs diesel équipant des
10 véhicules automobiles.

Elle concerne plus particulièrement un procédé de purge d'un piège à oxydes d'azote (NO_x) équipant la ligne d'échappement de tels moteurs.

15 ETAT DE LA TECHNIQUE

Les moteurs modernes fonctionnant habituellement en mélange pauvre, c'est-à-dire avec un rapport de la quantité de carburant sur la quantité d'air inférieur au rapport stœchiométrique, sont souvent équipés d'une ligne d'échappement comportant un piège catalytique à oxydes d'azote (NO_x) afin de limiter les rejets dans
20 l'atmosphère de cette espèce chimique nocive à la santé et à l'environnement.

De manière connue, un tel piège fonctionne de manière séquentielle. Pendant le fonctionnement habituel du moteur en mélange pauvre, il stocke les molécules d'oxydes d'azote provenant de la combustion dans le moteur avec une certaine efficacité, dite efficacité de stockage, c'est-à-dire dans une certaine proportion, le reste
25 des molécules traversant le piège sans y être retenues et étant directement rejetées dans l'atmosphère.

Dans un deuxième temps, typiquement lorsque la masse d'oxydes d'azote stockée dans le piège atteint un certain seuil, un calculateur du moteur déclenche le basculement de ce dernier dans un mode de fonctionnement en mélange riche, c'est-à-dire avec un excès de carburant par rapport à l'air, comparativement aux conditions stœchiométriques. La richesse est alors généralement comprise entre 1,03 et 1,10 ,
30 par exemple 1,04 en moyenne. Le piège est alors purgé : les molécules de NO_x qui ont été stockées dans le piège pendant la phase de fonctionnement en mélange pauvre sont réduites en espèces inoffensives sous l'action du carburant acheminé
35 vers le piège avec les gaz de combustion du moteur. Les gaz qui résultent de cette réduction sont évacués dans l'atmosphère extérieure.

La purge est généralement arrêtée lorsque le signal de richesse délivré par une sonde à oxygène montée à la sortie du piège bascule d'une valeur de richesse inférieure à 1 à une valeur de richesse supérieure à 1, par exemple lorsque la valeur de ladite richesse rejoint la valeur de la richesse du mélange air/carburant pendant la purge, par exemple 1,04. On estime en effet que le basculement du signal de richesse de la sonde aval indique l'épuisement de la masse d'oxydes d'azote stockée dans le piège, le carburant acheminé à l'entrée du piège passant alors directement à la sortie du piège.

On connaît de nombreux exemples de tels procédés. Par exemple, la publication FR-A1-2916017 décrit un procédé dans lequel, dans le but de surveiller l'état de fonctionnement d'un piège à oxydes d'azote, on réalise une étape de détermination de la quantité d'oxydes d'azote stockée dans le piège pendant son fonctionnement en mélange pauvre, de préférence par modélisation à partir des caractéristiques du piège, des températures issues d'un modèle thermique de chaque réacteur individuel du piège et du débit massique des gaz d'échappement, et on réalise également une étape de calcul d'une quantité de réducteurs utilisés pendant une purge du piège. La purge débute lorsque la masse d'oxydes d'azote atteint un seuil, la publication précisant que le piège stocke les oxydes d'azote tant que la masse est inférieure à un seuil. L'instant de la fin de la purge, qui n'est pas déterminé de manière univoque dans cette publication, peut correspondre au basculement de richesse d'une sonde à oxygène aval du piège, en référence au document FR-A1-2866926 qui y est cité.

Les pièges à oxydes d'azote permettent aux véhicules automobiles qui en sont munis de respecter la législation des pays dans lesquels ils circulent. Ces législations fixent en effet des limites maximales aux différentes quantités d'espèces polluantes émises dans les gaz d'échappement. Par exemple, la législation européenne dite « euro6 » impose à tout véhicule particulier équipé d'un moteur diesel de ne pas rejeter plus de 80 milligrammes de NO_x par kilomètre parcouru sur le cycle dit NEDC.

On comprend de ce qui précède que le respect d'une telle norme dépend des quantités de NO_x émises par le moteur dans ses gaz de combustion et de l'efficacité de stockage du piège à oxydes d'azote. Par exemple, pour un moteur diesel émettant dans ses gaz de combustion environ 130 milligrammes de NO_x par kilomètre parcouru, l'efficacité de stockage du piège à oxydes d'azote doit être au moins égale à environ 40% pour que le véhicule ne rejette pas plus de 80 milligrammes de NO_x par kilomètre parcouru.

Il est connu que l'efficacité de stockage dépend d'un ensemble de paramètres comprenant au moins : la température θ du piège ; le débit d'échappement Q_{ech} (débit de gaz de combustion) traversant le piège ; la concentration en oxydes d'azote dans les gaz de combustion $[NO_x]_{in}$ entrant dans le piège ; la richesse r du mélange air/carburant ; et, la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} déjà stockée dans le piège.

On a représenté sur la figure 1 une courbe qui indique la variation de l'efficacité de stockage ε_{stock} (en pourcentage) d'un piège à oxydes d'azote en fonction de la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} stockée dans le piège (exprimée selon un usage connu en grammes par litre plutôt qu'en grammes, la masse étant ramenée au volume du piège), les autres paramètres étant constants par ailleurs. On peut déduire de cette figure que, pour assurer au piège une efficacité de stockage ε_{stock} au moins égale à 40%, il convient de limiter la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} stockée dans le piège à environ 4 g/l, ce qui se rapproche de la capacité de stockage maximale des pièges actuellement disponibles. Le calculateur du moteur peut donc être programmé pour détecter un besoin de purge lorsque la masse de NO_x dans le piège atteint 4 g/l, ce qui se présente à des intervalles de temps assez espacés, et on peut exploiter pratiquement toute la capacité du piège.

Avec la sévérité toujours accrue des législations futures, les quantités de NO_x émises par les moteurs à la source (dans les gaz de combustion) ne pouvant pas être beaucoup réduites, il devient nécessaire d'augmenter considérablement l'efficacité de stockage des pièges à oxydes d'azote. Plus précisément, il faut envisager de maintenir en permanence le catalyseur dans une zone d'efficacité ne s'écartant pas de l'efficacité maximale, par exemple au moins 80%. En référence à la figure 1, on peut atteindre et maintenir une telle valeur en gardant constamment la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} stockée dans le piège en dessous de 1 g/l, à une valeur de l'ordre de 0,3 à 0,5 g/l. En d'autres termes, le calculateur du moteur doit alors être programmé pour détecter un besoin de purge lorsque la masse de NO_x dans le piège atteint seulement 0,3 ou 0,5 g/l, ce qui entraîne une augmentation très nette du besoin de déclenchement des purges par rapport à la situation connue avec les législations actuelles.

Les procédés connus de purge ne sont pas assez fiables pour garantir l'atteinte d'un tel objectif d'efficacité, pour plusieurs raisons qui se cumulent entre elles.

Une raison très importante est que l'arrêt d'une purge sur un basculement du signal d'une sonde aval du piège à une valeur riche ne garantit pas que le piège soit complètement vide. Sur la figure 2, on a représenté l'évolution temporelle de la masse

d'oxydes d'azote dans un piège pendant une purge, pour un piège contenant par exemple 1 g/l d'oxydes d'azote au début de la purge. La purge s'arrête après 10 secondes lorsqu'une condition de basculement de la sonde à oxygène est remplie. On constate qu'à la fin de la purge, le piège contient encore entre 0,2 et 0,3 g/l d'oxydes d'azote. Des mesures similaires précises réalisées pour des pièges contenant des masses initiales de NO_x plus élevées, ont montré que le piège peut conserver jusqu'à environ un tiers de sa masse initiale de NO_x en fin de purge selon la même condition de fin de purge, par exemple environ 1,5 g/l pour une masse initiale de 4 g/l. D'une manière générale, plus la masse initiale de NO_x est élevée en début de purge, plus la masse résiduelle l'est en fin de purge, et plus elle l'est en proportion par rapport à la masse initiale.

L'utilisation d'une condition de basculement de la sonde à oxygène pour arrêter la purge a plusieurs conséquences. D'une part, l'efficacité maximale du piège n'est pas rétablie complètement à la fin de la purge, ce qui augmente en soi les émissions polluantes du véhicule, et d'autre part, elle fausse la détermination de la masse d'oxydes d'azote qui s'accumule dans le piège pendant le fonctionnement du moteur en mélange pauvre, comme on le montre maintenant sur un exemple :

La masse d'oxydes d'azote est généralement déterminée par un modèle d'accumulation itératif, par exemple en initialisant la masse à zéro à la fin d'une purge, puis en ajoutant à chaque pas de temps Δt à une masse d'oxydes d'azote $M_{\text{NO}_x}(t)$ connue à un instant t une masse d'oxydes d'azote supplémentaire ΔM_{NO_x} accumulée pendant le pas de temps Δt . Cette masse supplémentaire ΔM_{NO_x} peut se calculer comme le produit du débit d'oxydes d'azote Q_{NO_x} par le pas de temps Δt , multiplié par l'efficacité de stockage $\epsilon_{\text{stock}}(t)$ du piège qui représente la proportion du débit d'azote entrant qui est effectivement retenue dans le piège. Le débit d'oxydes d'azote Q_{NO_x} est égal au produit du débit de gaz d'échappement Q_{ech} et de la concentration en oxydes d'azote $[\text{NO}_x]_{\text{in}}$ dans les gaz. En d'autres termes, la masse d'oxydes d'azote dans le piège peut se calculer de manière itérative par l'équation suivante :

$$(Eq.1) \quad M_{\text{NO}_x}(t+\Delta t) = M_{\text{NO}_x}(t) + [Q_{\text{ech}}(t) * [\text{NO}_x]_{\text{in}}(t) * \epsilon_{\text{stock}}(t)] * \Delta t$$

, équation dans laquelle :

- t et $t+\Delta t$ désignent symboliquement deux instants successifs de calcul séparés d'un pas de temps Δt ;
- $M_{\text{NO}_x}(t)$ et $M_{\text{NO}_x}(t+\Delta t)$ désignent respectivement la masse d'oxydes d'azote aux

instants successifs t et $t+\Delta t$;

- $Q_{ech}(t)$ désigne le débit des gaz d'échappement à l'instant t ;
- $[NO_x]_{in}(t)$ désigne la concentration en oxydes d'azote dans les gaz à l'instant t ; et,
- $\epsilon_{stock}(t)$ désigne l'efficacité de stockage à l'instant t .

5 Comme indiqué plus haut, l'efficacité de stockage $\epsilon_{stock}(t)$ dépend elle-même de la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} déjà stockée dans le piège.

On comprend donc de l'équation 1 que la valeur de la masse d'oxydes d'azote $M_{NO_x}(t)$ à l'instant t influe sur la détermination de la masse $M_{NO_x}(t+\Delta t)$ au pas de calcul suivant, non seulement directement en tant qu'un des termes de la somme, mais aussi
10 une deuxième fois par l'estimation de l'efficacité de stockage $\epsilon_{stock}(t)$ qui sert à déterminer la masse d'oxydes d'azote supplémentaire ΔM_{NO_x} accumulée pendant le pas de temps Δt . Le calcul étant itératif, il est très sensible aux conditions initiales, c'est-à-dire à la valeur initiale de la masse $M_{NO_x}(t=0)$, qui n'est pas nulle à la fin d'une
15 purge arrêtée sur un critère de basculement de richesse d'une sonde aval, et à la valeur initiale de l'efficacité $\epsilon_{stock}(t=0)$, qui dépend elle-même de la masse initiale. Une faible erreur sur ces valeurs initiales peut se traduire à la fin du calcul par une grande erreur sur la masse totale, car toutes les étapes de calcul sont entachées d'erreur.

On notera aussi que les dispersions normales entre moteurs entraînent des variations de concentration en oxydes d'azote $[NO_x]_{in}(t)$ et d'efficacité de stockage
20 $\epsilon_{stock}(t)$ qui contribuent aussi à rendre le modèle de détermination de la masse d'oxydes d'azote imprécis.

Il en résulte que le déclenchement de la purge est également imprécis. La purge démarre lorsque la masse d'oxydes d'azote $[NO_x]_{in}$ estimée atteint un seuil prédéterminé. Si la masse stockée réelle est supérieure à la masse stockée estimée,
25 par exemple à cause d'une première erreur sur la masse initiale $M_{NO_x}(t=0)$, c'est-à-dire la masse encore présente dans le piège à la fin de la purge précédente, il en résulte que la masse restant dans le piège à la fin de la purge suivante est encore plus grande qu'à la fin de la purge précédente. On fera donc une estimation encore plus erronée de la masse initiale servant au calcul de la masse stockée lors du cycle de
30 fonctionnement suivant de stockage des oxydes d'azote, et ainsi de suite. De proche en proche, comme la demanderesse l'a constaté avec l'application des procédés de purges connus, un piège à oxydes d'azote peut finir par contenir une masse de 4 g/l d'oxydes dans la réalité alors que l'estimation n'excède pas 0,5 g/l à chaque cycle successif. L'efficacité de stockage du piège est alors durablement dégradée, et le
35 véhicule rejette trop de polluants dans l'atmosphère.

On comprend de ce qui précède que les procédés de purge connus sont fortement divergents, chaque défaut de réalisation d'un cycle de stockage ou de purge entraînant un défaut encore plus grand sur le cycle suivant. En outre, ce phénomène de divergence est encore renforcé par le fait que, lorsqu'un besoin de purge est détecté sur une condition de seuil de masse d'oxydes d'azote, la purge ne peut pas toujours démarrer physiquement, ou bien elle doit être empêchée pour des raisons de fiabilité, si plusieurs conditions relatives à des paramètres de fonctionnement du moteur et du véhicule ne sont pas remplies. En d'autres termes il existe un délai d'entrée en purge T, qui est égal à la durée pendant laquelle on attend que lesdites conditions soient satisfaites.

De manière non limitative, ces conditions d'entrée en purge sont les suivantes :

- Le régime du moteur, le couple du moteur, et la vitesse du véhicule sont comprises dans des plages prédéterminées ;
- Les variations ou les dérivées du couple du moteur et de la vitesse du véhicule sont inférieures à des seuils prédéterminés ;
- Le rapport de boîte de vitesses du véhicule est compris dans une plage de rapports prédéterminée ;
- La température de l'atmosphère extérieure est comprise dans une plage prédéterminée ;
- La pression de l'atmosphère extérieure est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- La température du carburant est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- La température du liquide de refroidissement du moteur est comprise dans une plage prédéterminée ;
- Le moteur ne fonctionne pas sans recirculation des gaz d'échappement à l'admission (ou : la concentration en oxydes d'azote dans les gaz d'échappement est inférieure à un seuil prédéterminé). Ce cas se présente notamment lors d'une purge d'un filtre à particules.

Certains des paramètres qui viennent d'être cités sont à évolution lente. La plupart sont non prévisibles et/ou non modifiables. Par conséquent, il se peut qu'une purge ne puisse pas démarrer dès qu'un seuil de masse d'oxydes d'azote est atteint. Si l'attente se prolonge, la masse stockée d'oxydes d'azote stockée dans le piège augmente. A la fin de la purge, la masse résiduelle d'oxydes d'azote augmente à son tour, ce qui fausse ensuite l'estimation de la masse d'oxydes d'azote au cours du cycle suivant de stockage des oxydes d'azote, etc. Finalement, un début de purge retardé a

les mêmes effets que les erreurs d'estimation de la masse d'oxydes d'azote et qu'une fin de purge déclenchée sur un critère de basculement de richesse de la sonde aval, les effets se cumulent.

5 RESUME DE L'INVENTION

L'invention propose de remédier aux défauts des procédés de purge connus. Elle vise à maintenir en permanence l'efficacité de stockage des pièges à un niveau très élevé voisin de l'efficacité maximale, par exemple de l'ordre de 80%.

10 Pour cela, elle propose un procédé de purge d'un piège à oxydes d'azote, ledit piège étant apte à stocker des oxydes d'azote émis par un moteur à combustion interne de véhicule automobile dans un mode de fonctionnement normal du moteur en mélange pauvre et apte à les réduire sous l'action de carburant du moteur dans un mode de fonctionnement du moteur en mélange riche, ledit procédé comprenant :

15 - une étape dans laquelle on détecte un besoin de purge du piège lorsque la masse d'oxydes d'azotes M_{NO_x} stockée dans le piège atteint un seuil ; et,
- une étape de purge des oxydes d'azote sous l'action de carburant du moteur, débutant après un délai d'entrée en purge consécutif à l'étape de détection du besoin de purge.

20 La principale caractéristique du procédé est que l'étape de purge peut être réalisée selon aux moins deux modes distincts :

- un premier mode de purge des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge est arrêtée sur un critère de basculement d'un signal de richesse d'une sonde à oxygène aval du piège ; et,
25 - un deuxième mode de purge renforcée des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge est arrêtée après une durée de purge prolongée prédéterminée.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

30

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation non limitatif de celle-ci, en se reportant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 déjà décrite plus haut représente l'efficacité de stockage d'un
35 piège à oxydes d'azote en fonction de la masse d'oxydes d'azote déjà

- contenue en son sein ;
- la figure 2 déjà décrite plus haut représente l'évolution temporelle de la masse d'oxydes d'azote dans un piège au cours d'une purge se terminant sur une condition de basculement de richesse de sonde aval, pour une
5 masse initiale de 1 g/l ;
 - la figure 3 représente un dispositif de motorisation apte à la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
 - la figure 4 est un organigramme illustrant les différentes étapes d'un procédé de purge selon l'invention ;
 - 10 - la figure 5 est un graphique représentant l'évolution temporelle de la masse d'oxydes d'azote dans un piège au cours d'une purge interrompue, pour différentes masses initiales ; et,
 - la figure 6 est un extrait du graphique selon la figure 5 illustrant l'évolution temporelle de la masse d'oxydes d'azote avec un procédé de purge selon un
15 mode préféré de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DES FIGURES

La figure 3 représente schématiquement un dispositif de motorisation pour la
20 mise en œuvre du procédé selon l'invention. On y a représenté un moteur à combustion interne 1 fonctionnant en mélange pauvre, par exemple un moteur diesel. Le moteur 1 comporte des cylindres 2 (au nombre de quatre sur la figure), dont chacun est alimenté en carburant par un injecteur 3 à partir d'une rampe à carburant 4, et en air provenant d'un collecteur d'admission 5.

25 Les gaz brûlés, issus de la combustion dans les cylindres 2, sont évacués par l'intermédiaire d'un collecteur d'échappement 6. Ils traversent ensuite un débitmètre 7 apte à déterminer le débit des gaz d'échappement. Ils sont ensuite évacués dans une ligne d'échappement 8, qui comprenant un dispositif catalytique 9 de traitement des gaz d'échappement, une descente d'échappement 10 qui relie le débitmètre 7 au
30 dispositif catalytique 9, et un pot d'échappement 11 par lequel les gaz d'échappement sont évacués dans l'atmosphère extérieure après traitement par le dispositif catalytique 9.

Le dispositif catalytique 9 contient un piège à oxydes d'azote 12. Il peut aussi comporter un dispositif supplémentaire de traitement des gaz d'échappement 13, par
35 exemple un filtre à particules 13 qui permet de traiter les suies émises par la

combustion dans le moteur 1. Le piège à oxydes d'azote 12 est équipé d'une sonde de température 14 qui permet de mesurer la température θ du piège 12. Deux sondes à oxygène amont et aval 15, 16 sont montés respectivement à l'entrée et à la sortie du dispositif catalytique 9 (dans le sens de l'écoulement des gaz d'échappement). La sonde à oxygène amont 15 peut être implantée sur la descente d'échappement 10 et la sonde à oxygène aval 16 peut être implantée sur le pot d'échappement 11.

De manière non limitative, le moteur 1 peut être du type suralimenté. Dans ce cas, il peut être associé à un turbocompresseur (non représenté sur la figure 3), et il peut alors comporter au moins un circuit de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, par exemple un circuit de recirculation à basse pression et/ou un circuit de recirculation à haute pression (non représentés).

De manière connue, le fonctionnement du moteur 1 est piloté par un calculateur 17. Celui-ci est relié à un certain nombre de capteurs et d'actionneurs, comprenant au moins le débitmètre 7, les injecteurs 3, la sonde de température 14 et les deux sondes à oxygène amont et aval 15,16.

Le calculateur 17 comprend des moyens de détermination de la richesse r du mélange carburant / air, et de réglage de ladite richesse en ajustant le débit de carburant Q_{carb} injecté par rapport à un débit d'air admis Q_{adm} . Le débit d'air admis peut être calculé à partir du débit des gaz d'échappement Q_{ech} mesuré par le débitmètre 7 et du débit de carburant Q_{carb} par un principe de conservation de la masse.

Quand la richesse r est inférieure à 1, c'est-à-dire quand le débit d'air Q_{adm} est en excès par rapport au débit de carburant Q_{carb} relativement aux proportions stœchiométriques, le piège 12 stocke une partie des molécules d'oxydes d'azote issues de la combustion dans le moteur 1.

Le calculateur 17 comprend des moyens aptes à détecter un besoin de purge du piège 12 lorsque la masse d'oxydes d'azote stockée en son sein atteint un seuil donné. Il est apte à estimer de manière continue la masse d'oxydes d'azote qui s'y accumule.

Pour ce faire, le calculateur peut estimer à chaque instant la concentration en NO_x à l'entrée $[NO_x]_{in}$ du dispositif catalytique 9 à partir d'une cartographie, en fonction du point de fonctionnement du moteur 1. Un tel point de fonctionnement dépend de différents paramètres comportant au moins le régime de rotation N du moteur 1, une consigne de couple C qui est par exemple obtenue à partir de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur du véhicule par le conducteur, et une valeur représentative de la

température θ_{mot} du moteur, par exemple la température d'huile ou la température d'eau. La cartographie de concentration en NO_x en fonction du point de fonctionnement du moteur 1 peut être établie au préalable au banc d'essais, en faisant un balayage de paramètres. Elle est ensuite stockée dans la mémoire du calculateur

5 17 du moteur 1. Lors du fonctionnement du véhicule, la concentration en NO_x à l'entrée $[\text{NO}_x]_{\text{in}}$ du dispositif catalytique 9 est déterminée grâce à cette cartographie en fonction des paramètres du point de fonctionnement courant du moteur 1.

Le calculateur peut d'autre part estimer à chaque instant l'efficacité de stockage ϵ_{stock} du piège 12. Celle-ci est une fonction : de la température θ du piège 12 (mesurée par le capteur 14) ; du débit de gaz d'échappement Q_{ech} traversant le piège 12 (mesuré par le débitmètre 7) ; de la concentration en oxydes d'azote $[\text{NO}_x]_{\text{in}}$ à l'entrée du dispositif catalytique 9 (estimée comme indiquée précédemment) ; de la richesse r (calculée à partir des débits d'air et de carburant ou mesurée par la sonde à oxygène amont 15) ; et, de la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} déjà stockée dans le

10 12. Cette cartographie peut également être prédéfinie par des essais au banc moteur.

Le calculateur peut alors, de manière non limitative, déterminer la masse d'oxydes d'azote de manière itérative selon l'équation 1 :

20 (Eq.1) $M_{\text{NO}_x}(t+\Delta t) = M_{\text{NO}_x}(t) + [Q_{\text{ech}}(t+\Delta t) * [\text{NO}_x]_{\text{in}}(t+\Delta t) * \epsilon_{\text{stock}}(t)] * \Delta t$

La masse d'oxydes d'azote est initialisée à une valeur $M_{\text{NO}_x}(0)$ égale à 0 à l'instant $t=0$ où une purge du piège 12 est terminée. Cette valeur permet de déduire la première valeur de l'efficacité $\epsilon_{\text{stock}}(0)$, que l'on introduit dans l'équation 1 pour

25 déterminer la masse d'oxydes d'azote M_{NO_x} à l'instant $t = 0+\Delta t$. Par itérations successives, on peut ainsi déterminer la masse d'oxydes d'azote présente dans le piège 12 à chaque instant t .

Le calculateur comprend des moyens aptes à comparer cette masse courante d'oxydes d'azote dans le piège 12 avec un seuil de masse M_s . De préférence, le seuil

30 de masse est au plus égal à 0,5 g/l. Il est par exemple compris entre 0,3 g/l et 0,5 g/l. Lorsque le seuil est atteint, le calculateur identifie un besoin de purge

Le calculateur comprend aussi des moyens aptes à déterminer un ensemble de valeurs de paramètres de fonctionnement du moteur et du véhicule comprenant, de manière non limitative :

35 - Le régime du moteur, le couple du moteur, et la vitesse du véhicule ;

- Les variations ou les dérivées du couple du moteur et de la vitesse du véhicule (calculables à partir des couples et vitesse à deux instants successifs séparés d'un pas de temps Δt) ;
- Le rapport de boîte de vitesses du véhicule ;
- 5 - La température de l'atmosphère extérieure ;
- La pression de l'atmosphère extérieure ;
- La température du carburant ;
- La température du liquide de refroidissement du moteur ;
- La concentration en oxydes d'azote dans les gaz d'échappement. Si le moteur est
- 10 du type suralimenté avec au moins une boucle de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, on peut en variante surveiller le taux de recirculation (taux d'EGR).

Le calculateur comprend des moyens aptes à vérifier si les conditions suivantes d'entrée en purge sont remplies :

- 15 - Le régime du moteur, le couple du moteur et la vitesse du véhicule sont dans des plages prédéterminées ;
- Le couple du moteur et la vitesse du véhicule sont stables, i.e. les variations ou les dérivées du couple et de la vitesse du véhicule sont inférieures à des seuils de variation de couple et de variation de vitesse prédéterminés ;
- 20 - Le rapport de boîte de vitesses du véhicule est compris dans une plage de rapports prédéterminée ;
- La température de l'atmosphère extérieure est comprise dans une plage prédéterminée ;
- La pression de l'atmosphère extérieure est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- 25 - La température du carburant est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- La température du liquide de refroidissement du moteur est comprise dans une plage prédéterminée ;
- La concentration en oxydes d'azote dans les gaz d'échappement est inférieure à un seuil prédéterminé. En variante, on peut vérifier qu'un moteur suralimenté ayant
- 30 au moins une boucle de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission ne fonctionne pas sans aucune recirculation.

Le calculateur comprend des moyens aptes à basculer le fonctionnement du moteur lorsque lesdites conditions d'entrée en purge sont remplies. Le basculement du fonctionnement du moteur 1 se fait à une richesse r supérieure à 1,

35 c'est-à-dire avec un excès de débit de carburant Q_{carb} par rapport au débit d'air Q_{air} .

Les molécules de NO_x réagissent dans le piège 12 avec les réducteurs (hydrocarbures imbrûlés) contenus dans les gaz d'échappement et sont réduites en molécules inoffensives. Typiquement, la richesse du mélange est réglée à une valeur comprise entre 1,03 et 1,10 , par exemple 1,04.

5 Le calculateur comprend des moyens aptes à déterminer le délai d'entrée en purge T, c'est-à-dire la durée T écoulée entre le moment où un besoin de purge est identifié et le moment où les conditions d'entrée en purge sont remplies. Il comprend aussi des moyens aptes à comparer ledit délai d'entrée en purge T avec un seuil de durée T_s .

10 Le calculateur comprend des moyens aptes à adapter la fin de la purge en fonction du délai d'entrée en purge T écoulé.

Plus précisément, il comprend des moyens aptes à arrêter la purge lorsque la sonde à oxygène aval 16 mesure une richesse qui rejoint celle de la sonde à oxygène amont 15, par exemple 1,04, dans le cas où le délai d'entrée en purge T est inférieur
15 au seuil de durée T_s . Le calculateur comprend aussi des moyens aptes à maintenir la purge pendant une durée prolongée prédéterminée, dans le cas où le délai d'entrée en purge T est supérieur au seuil de durée T_s . Ladite durée de purge prolongée est choisie de manière à pouvoir purger entièrement un piège ayant atteint une masse d'oxydes d'azote prédéterminée, de préférence celle qui correspond à sa capacité
20 maximale de stockage. Par purger entièrement, on entend que la masse résiduelle d'oxydes d'azote dans le piège à la fin de la purge est inférieure à un seuil très bas, par exemple au plus 0,2 g/l. La durée de purge prolongée peut être prédéterminée par des essais préalables dans lesquels les masses d'oxydes d'azote sont mesurées de manière précise, par exemple par pesée ou par caractérisations sur banc à gaz
25 synthétiques.

Dans un mode préféré de l'invention, le calculateur comprend en outre des moyens aptes à alterner des cycles individuels de purge en mélange riche et de refroidissement du piège en mélange pauvre pendant la durée prolongée
30 prédéterminée indiquée précédemment. Ce mode est particulièrement avantageux parce-qu'il permet d'accélérer la purge et de vider plus complètement le piège qu'une purge continue (voir plus loin la figure 6).

La figure 4 illustre les étapes du procédé selon l'invention dans un mode de réalisation non limitatif de celui-ci.

35 Le procédé de purge est précédé par une étape 100 de fonctionnement du moteur dans son mode normal de stockage des oxydes d'azote, en mélange pauvre.

Au cours de cette étape 100, on détermine en continu la masse M_{NOx} d'oxydes d'azote dans le piège 12. Cette étape 100 est suivie d'une étape 200 de comparaison de ladite masse avec le seuil de masse M_s .

Le procédé de purge proprement dit débute lorsque ladite masse atteint ledit seuil de masse. Alors, à une étape 300, le procédé de purge détecte un besoin de purge. Avantagement, le seuil de masse M_s est inférieur à 0,5 g/l. Il est par exemple compris entre 0,3 g/l et 0,5 g/l.

Le procédé se poursuit, de manière itérative, par une étape 400 de détermination d'un ensemble de paramètres de fonctionnement, comprenant de manière non limitative :

- Le régime du moteur, le couple du moteur, et la vitesse du véhicule ;
- Les variations ou les dérivées du couple du moteur et de la vitesse du véhicule (calculables à partir des couples et vitesse à deux instants successifs séparés d'un pas de temps Δt) ;
- Le rapport de boîte de vitesses du véhicule ;
- La température de l'atmosphère extérieure ;
- La pression de l'atmosphère extérieure ;
- La température du carburant ;
- La température du liquide de refroidissement du moteur ;
- La concentration en oxydes d'azote dans les gaz d'échappement. Si le moteur est du type suralimenté avec au moins une boucle de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, on peut en variante surveiller le taux de recirculation (taux d'EGR).

Le procédé se poursuit par une étape 500 dans laquelle on vérifie si les conditions d'entrée en purge suivantes sont remplies :

- Le régime du moteur, le couple du moteur et la vitesse du véhicule sont dans des plages prédéterminées ;
- Le couple du moteur et la vitesse du véhicule sont stables, i.e. les variations ou les dérivées du couple et de la vitesse du véhicule sont inférieures à des seuils de variation de couple et de variation de vitesse prédéterminés ;
- Le rapport de boîte de vitesses du véhicule est compris dans une plage de rapports prédéterminée ;
- La température de l'atmosphère extérieure est comprise dans une plage prédéterminée ;
- La pression de l'atmosphère extérieure est supérieure à un seuil prédéterminé ;

- La température du carburant est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- La température du liquide de refroidissement du moteur est comprise dans une plage prédéterminée ;
- La concentration en oxydes d'azote dans les gaz d'échappement est inférieure à un seuil prédéterminé. En variante, on peut vérifier qu'un moteur suralimenté ayant au moins une boucle de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission ne fonctionne pas sans aucune recirculation.

Tant que toutes ces conditions ne sont pas remplies cumulativement, le procédé reprend à l'étape 400. Quand les conditions sont réunies, le procédé oriente vers une étape 600 de détermination du délai d'entrée en purge T , qui est égal à la durée écoulée entre la détection du besoin de la purge à l'étape 300 et le moment où les conditions de purge ont été remplies. Le procédé se poursuit par une étape de comparaison 700 du délai d'entrée en purge T avec le seuil de durée T_s .

Si ledit temps d'attente est inférieur audit seuil de durée, le procédé oriente vers une étape de purge classique du piège, c'est-à-dire un premier mode de purge qui est réalisée de manière continue en mélange riche, la richesse étant constamment maintenue à une valeur comprise par exemple entre 1,03 et 1,10 et qui s'arrête à l'étape 900 lorsque le signal de la sonde aval 16 mesure une richesse qui rejoint celle de la sonde à oxygène amont 15, par exemple 1,04.

Dans le cas contraire, le procédé oriente vers une étape de purge renforcée du piège. Dans une première étape 1000, il remplace dans une mémoire la masse déterminée à l'étape 100 par une masse prédéterminée M_{max} supérieure au seuil de masse M_s . Il s'agit de préférence de la capacité maximale de stockage du piège 12, par exemple environ 4 g/l. En variante, on peut prendre une masse prédéterminée plus faible, par exemple 2 g/l, si on accepte un léger risque de moindre efficacité de la purge renforcée proprement dite, qui se déroule à l'étape 1100. Au cours de cette étape de purge renforcée, on purge le piège 12 sans tenir compte du basculement de la sonde à oxygène aval. Plus précisément, on arrête la purge (à l'étape 1200) seulement après l'écoulement d'une durée prédéterminée, dite durée de purge prolongée, qui est choisie de manière à pouvoir purger entièrement un piège ayant atteint la masse prédéterminée M_{max} , de préférence celle qui correspond à sa capacité maximale de stockage. Par purger entièrement, on entend que la masse résiduelle d'oxydes d'azote dans le piège à la fin de la purge est inférieure à un seuil très bas, par exemple 0,2 g/l.

La figure 5 permet d'illustrer l'évolution de la masse d'oxydes d'azote dans un

piège qui résulte de l'application de ce procédé de purge. Cette figure est un graphique qui représente l'évolution temporelle de la masse d'oxydes d'azote au cours d'une purge ininterrompue, pour différentes masses initiales dans le piège.

Par exemple, pour une masse prédéterminée M_{\max} correspondant à la capacité maximale de stockage du piège, ici 4 g/l, la durée prédéterminée doit être de 60 secondes pour que la masse résiduelle d'oxydes d'azote en fin de purge soit inférieure à 0,5 g/l. La masse d'oxydes d'azote dans le piège diminue de moins en moins vite à mesure que la température du piège augmente au-dessus d'un certain seuil, typiquement de l'ordre de 350°C, à partir duquel le rendement de la réduction est décroissant. Ainsi, pour une masse prédéterminée M_{\max} de 4 g/l, la durée prédéterminée pour vider le piège (c'est-à-dire pour atteindre un seuil très bas, par exemple 0,2 g/l), non visible sur la figure 5, est de l'ordre de quelques minutes.

Bien entendu, si on se limite à une durée prédéterminée de purge de 60 secondes, le piège sera néanmoins vidé dans la plupart des cas. En effet, la masse réelle d'oxydes d'azote contenue dans le piège au début de la purge est en réalité toujours inférieure à la masse prédéterminée M_{\max} . Par exemple, si la masse initiale est en réalité égale à 3 g/l, la masse résiduelle dans le piège après 60 secondes de purge est de l'ordre de 0,2 g/l. Si, dans un autre exemple, la masse initiale est de 2 g/l, la masse résiduelle dans le piège après 60 secondes de purge est inférieure à 0,1 g. Néanmoins, il y a un risque, notamment dans les cas où le délai d'entrée en purge T a été long, que certains pièges commencent à présenter des masses d'oxydes d'azote résiduelles de l'ordre de 0,5 g/l si la durée prédéterminée est limitée à 60 secondes.

Dans un mode préféré de l'invention, on peut vider le piège jusqu'à un seuil encore inférieur à 0,2 g/l, par exemple un seuil indétectable inférieur à 0,1 g/l, tout en limitant la durée de la purge.

Pour cela, on remplace la purge renforcée continue de l'étape 1000 par une purge renforcée qui consiste en une alternance de cycles individuels de purge en mélange riche et de refroidissement du piège en mélange pauvre pendant la durée prolongée prédéterminée indiquée précédemment. Un exemple de ce mode est illustré par la figure 6.

La figure 6 est un extrait du graphique selon la figure 5 illustrant l'évolution temporelle de la masse d'oxydes d'azote avec un procédé de purge selon ce mode préféré de l'invention. On y a ajouté des courbes supplémentaires correspondant à d'autres masses initiales d'oxydes d'azote.

Dans le mode préféré de l'invention, la purge renforcée commence par un

premier cycle de purge en mélange riche, par exemple d'une durée de 10 secondes. La masse d'oxydes d'azote diminue en passant du point A au point B sur la figure, c'est-à-dire qu'elle est sensiblement égale à 2,5 g/l. Puis, on lance un cycle de fonctionnement du moteur en mélange pauvre, de manière à refroidir le piège 12. Ce cycle d'une durée très courte par rapport au cycle de purge permet de refroidir le piège jusqu'à la température qu'il avait au début de premier cycle de purge, par exemple 250°C sur les figures 5 et 6. On reprend alors un deuxième cycle de purge en mode riche de 10 secondes. Le piège est au départ dans les conditions de purge correspondant au point C de la figure, et la masse diminue en passant du point C au point D. On voit que grâce au très court cycle intermédiaire de refroidissement, la masse atteint maintenant 1,25 g/l. En répétant un nouveau cycle de refroidissement et un nouveau cycle de purge de 10 secondes, la masse passe du point E au point F de la figure. Le point F correspond à une masse résiduelle qui n'est plus que de 0,5 g/l. Cette masse résiduelle est atteinte en un peu plus de 30 secondes, alors que 60 secondes sont nécessaires dans le cas d'une purge continue.

En ajoutant un troisième cycle de refroidissement puis un quatrième cycle de purge de 10 secondes, la masse passe du point G au point H sur la figure, c'est-à-dire qu'elle atteint une valeur de l'ordre de 0,1 g/l. On peut encore procéder à des cycles successifs supplémentaires de refroidissement et de purge, de manière à atteindre une masse indétectable. Par exemple, on peut prévoir une succession de 12 cycles.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits. On pourra en particulier adapter la durée et le nombre des cycles de purge dans le mode préféré de purge renforcée.

Ainsi, le procédé de purge selon l'invention, grâce au mode de purge renforcé qu'il propose, permet d'éliminer les risques de perte d'efficacité des pièges à oxydes d'azote. Il est particulièrement avantageux dans le cadre des futures législations qui entraîneront la multiplication du nombre des purges.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de purge d'un piège à oxydes d'azote (12), ledit piège étant apte à stocker des oxydes d'azote émis par un moteur (1) à combustion interne de
5 véhicule automobile dans un mode de fonctionnement normal du moteur en mélange pauvre et apte à les réduire sous l'action de carburant du moteur (1) dans un mode de fonctionnement du moteur (1) en mélange riche, ledit procédé comprenant :
 - une étape (300) dans laquelle on détecte un besoin de purge du piège (12)
10 lorsque la masse d'oxydes d'azotes (M_{NOx}) stockée dans le piège atteint un seuil (M_s) ; et,
 - une étape (800,1100) de purge des oxydes d'azote sous l'action de carburant du moteur, débutant après un délai d'entrée en purge (T) consécutif à l'étape (300) de détection du besoin de purge ;
15 CARACTERISE EN CE QUE l'étape de purge (800,1100) peut être réalisée selon aux moins deux modes distincts :
 - un premier mode de purge des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge (800) est arrêtée sur un critère de basculement d'un signal de richesse d'une sonde à oxygène aval (16) du piège (12) ; et,
 - 20 - un deuxième mode de purge renforcée des oxydes d'azote, dans lequel l'étape de purge (1100) est arrêtée après une durée de purge prolongée prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le seuil (M_s) de masse pour la détection d'un besoin de purge est inférieur à 0,5 gramme par litre,
25 ramené au volume du piège.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la durée de purge prolongée prédéterminée du deuxième mode de purge est apte à purger une masse d'oxydes d'azote prédéterminée (M_{max}) supérieure au seuil de masse (M_s) servant à détecter un besoin de purge.
- 30 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la masse d'oxydes d'azote prédéterminée (M_{max}) apte à être purgée au cours de la durée de purge prolongée prédéterminée du deuxième mode de purge est égale à la capacité maximale de stockage des oxydes d'azote du piège (12).
5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que la masse
35 d'oxydes d'azote prédéterminée (M_{max}) est sensiblement égale à 4 grammes

par litre, ramenée au volume du piège.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le délai d'entrée en purge (T) commence au moment où un besoin de purge du piège est détecté, et se termine au moment où un ensemble de conditions d'entrée en purge sont remplies, les conditions consistant à au moins vérifier que :

- le régime du moteur (N), le couple du moteur (C) et la vitesse du véhicule sont dans des plages prédéterminées ;
- la variation du couple du moteur et la variation de la vitesse du véhicule sont inférieures à des seuils prédéterminés ;
- le rapport de boîte de vitesses du véhicule est compris dans une plage de rapports prédéterminée ;
- la température de l'atmosphère extérieure est comprise dans une plage prédéterminée ;
- la pression de l'atmosphère extérieure est supérieure à un seuil prédéterminé ;
- la température du carburant est supérieure à un seuil prédéterminé ; et,
- la température du liquide de refroidissement du moteur est comprise dans une plage prédéterminée.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la purge du piège est réalisée selon le premier mode de purge si le délai d'entrée en purge (T) est inférieur à un seuil de durée (T_s) prédéterminé, et selon le deuxième mode de purge renforcé si le délai d'entrée en purge (T) est supérieur audit seuil de durée (T_s).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que dans le deuxième mode de purge renforcée, la purge du piège (1100) est réalisée par une étape unique de basculement du fonctionnement du moteur en mélange riche.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que dans le deuxième mode de purge renforcée, la purge du piège (1100) est réalisée par une alternance de cycles individuels de basculement du fonctionnement du moteur en mélange riche et de cycles individuels de refroidissement du piège.

10. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le refroidissement du piège est obtenu en basculant le fonctionnement du moteur en mélange pauvre.

11. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la durée des cycles individuels de basculement du fonctionnement du moteur en mélange riche est sensiblement égale à 10 secondes.

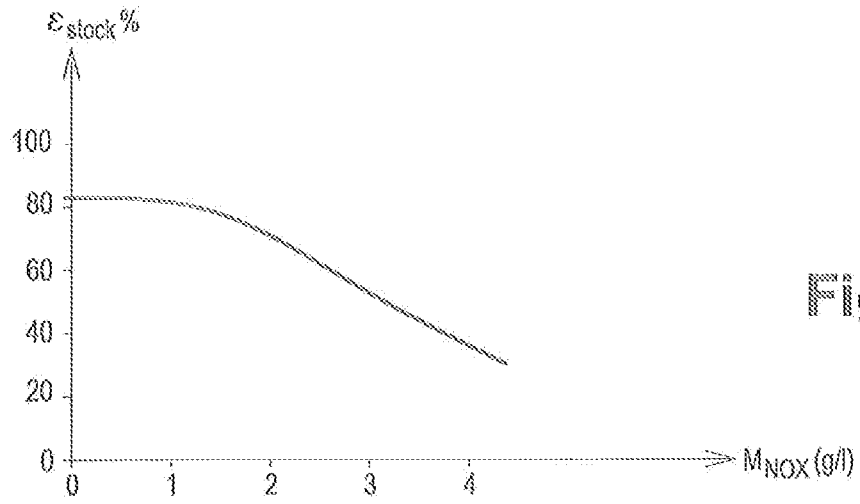


Fig. 1

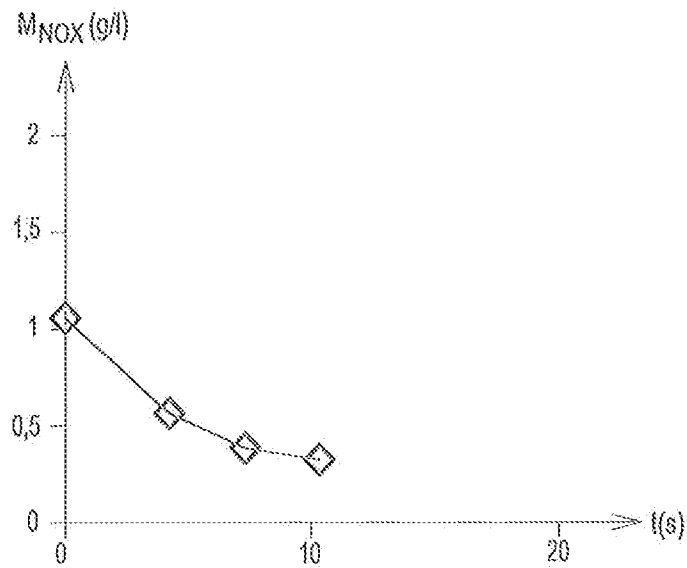


Fig. 2

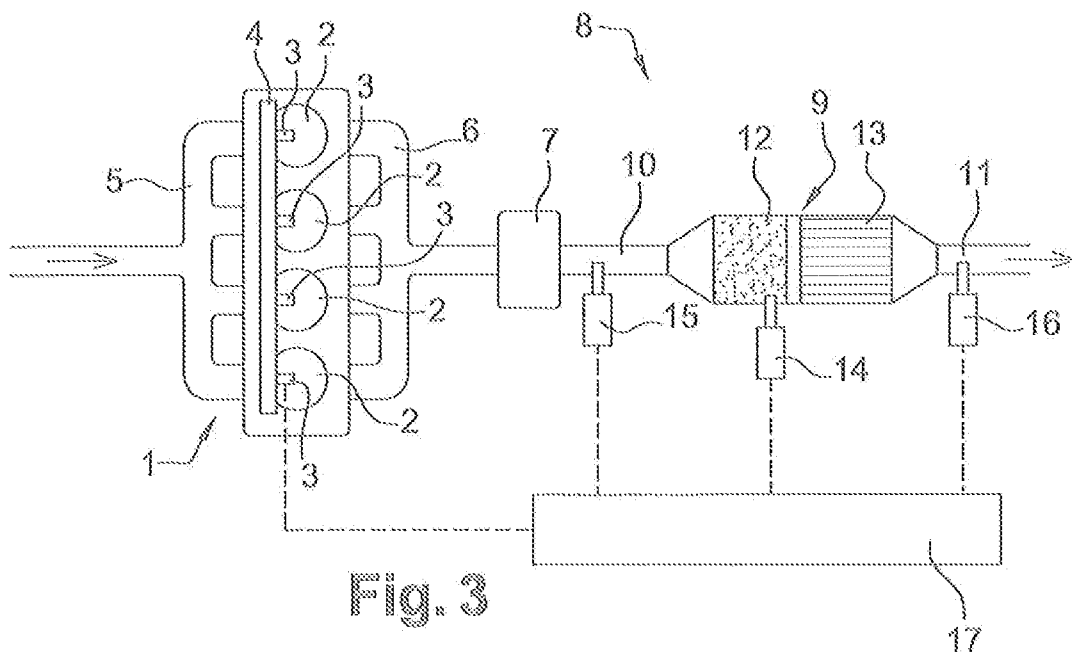


Fig. 3

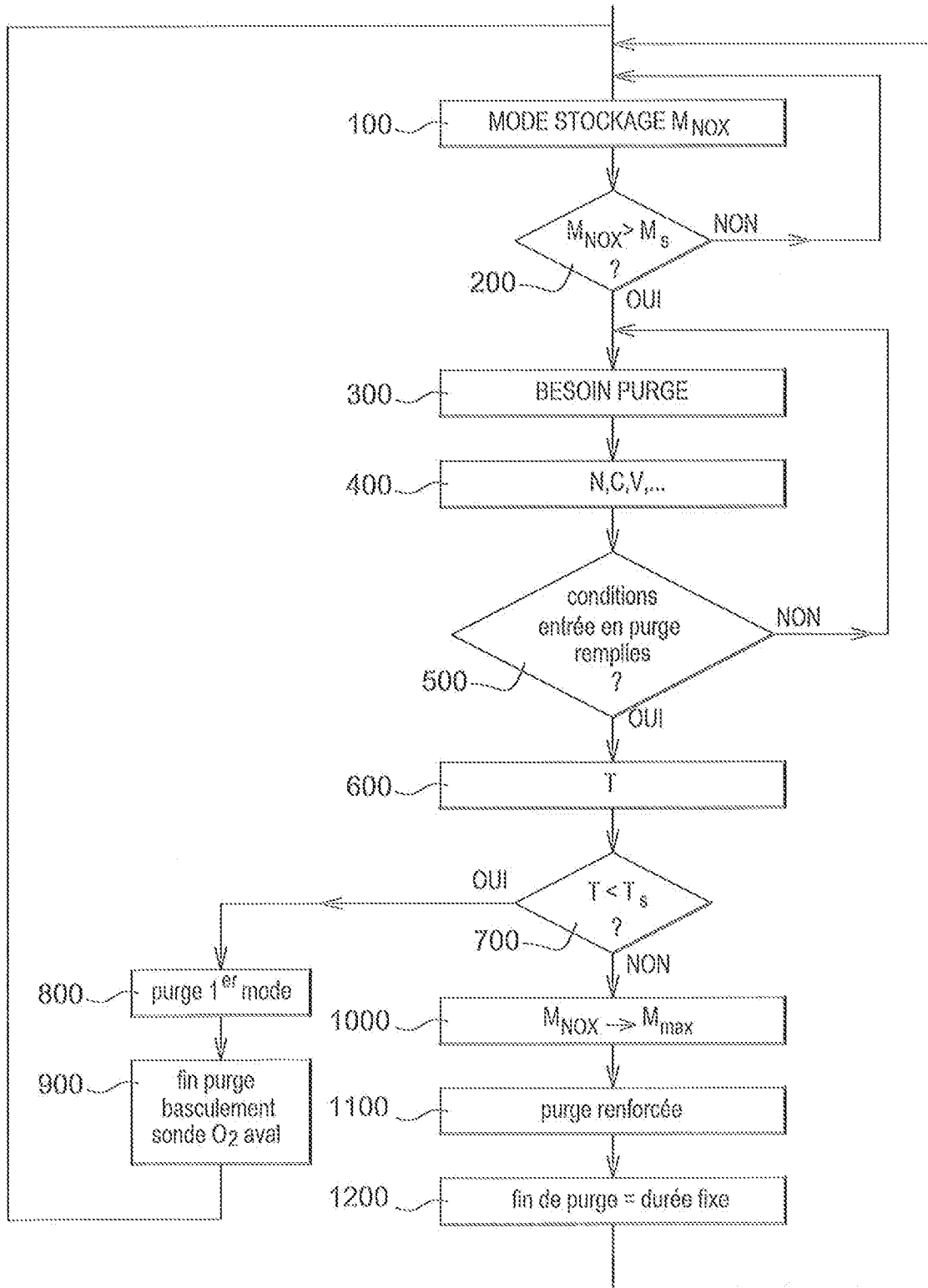


Fig. 4

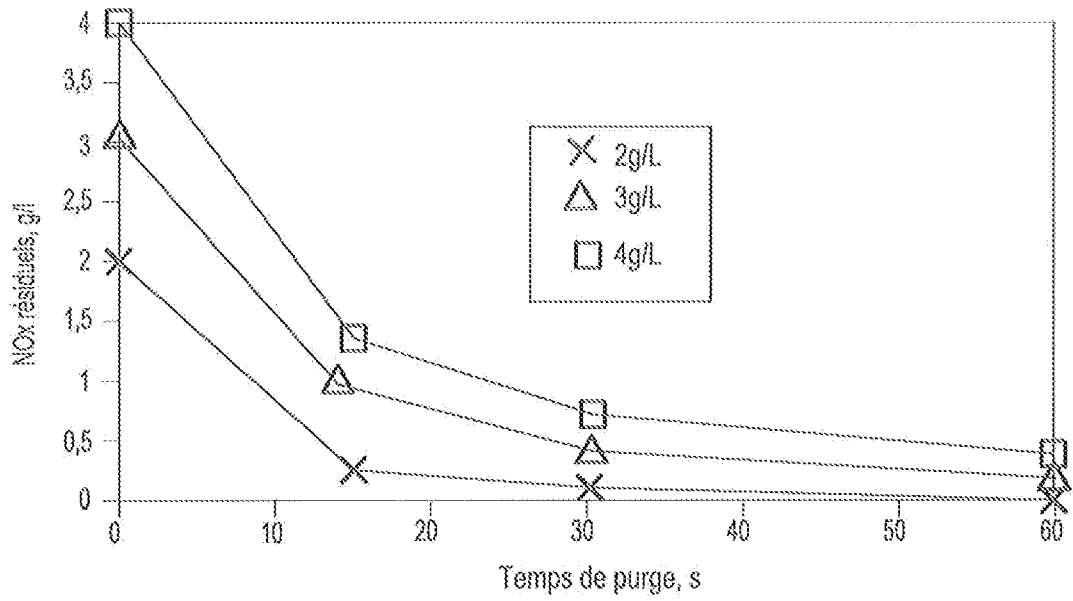
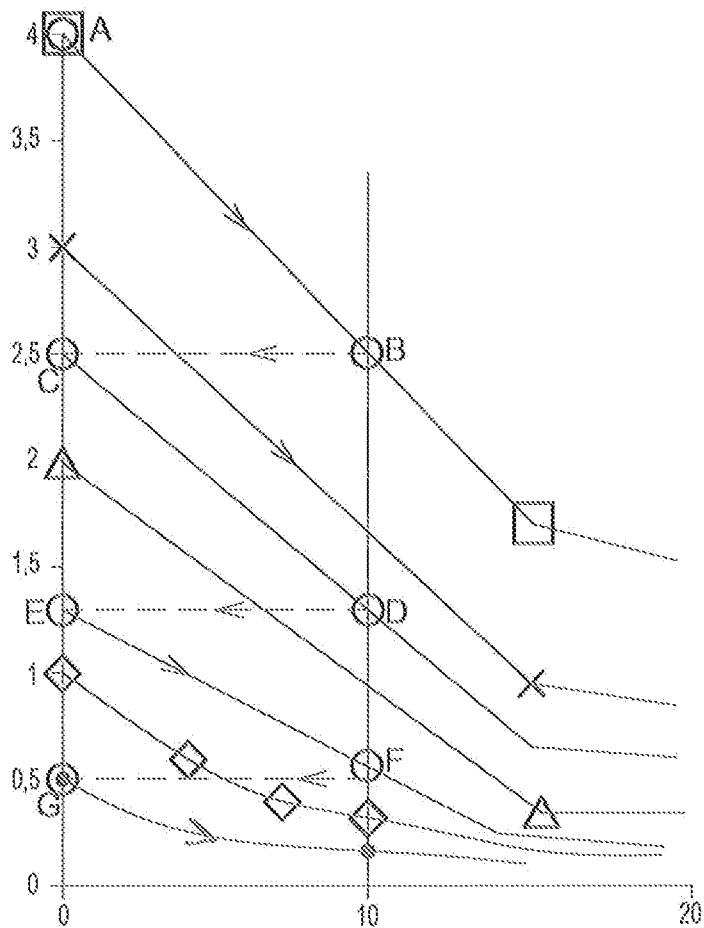


Fig. 5

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/02 F02D41/14
ADD.
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)
F02D

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 209 332 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 29 May 2002 (2002-05-29) abstract paragraphs [0003] - [0022] -----	1-11
X	DE 699 13 084 T2 (RENAULT SA [FR]) 26 August 2004 (2004-08-26) the whole document -----	1-11
X	DE 198 44 082 C1 (SIEMENS AG [DE]) 14 October 1999 (1999-10-14) column 2, line 8 - line 43 column 3, line 24 - line 60 -----	1
X	WO 2006/003341 A1 (RENAULT SA [FR]; DIONNET BERNARD [FR]; GUENOUNOU KARIM [FR]; GUYON MAR) 12 January 2006 (2006-01-12) page 1, line 1 - page 5, line 21 -----	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 application or patent 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 12 February 2016	Date of mailing of the international search report 26/02/2016
---	--

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 Wettemann, Mark
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/053627

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1209332	A2	29-05-2002	NONE

DE 69913084	T2	26-08-2004	DE 69913084 D1 08-01-2004
			DE 69913084 T2 26-08-2004
			EP 0997626 A1 03-05-2000
			ES 2207149 T3 16-05-2004
			FR 2785331 A1 05-05-2000

DE 19844082	C1	14-10-1999	DE 19844082 C1 14-10-1999
			EP 1117917 A1 25-07-2001
			WO 0019075 A1 06-04-2000

WO 2006003341	A1	12-01-2006	AT 397719 T 15-06-2008
			CN 1969114 A 23-05-2007
			EP 1759107 A1 07-03-2007
			ES 2303685 T3 16-08-2008
			FR 2871849 A1 23-12-2005
			JP 4912298 B2 11-04-2012
			JP 2008502841 A 31-01-2008
			KR 20070042531 A 23-04-2007
			US 2008196387 A1 21-08-2008
			WO 2006003341 A1 12-01-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053627

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02D41/02 F02D41/14 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F02D		
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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 209 332 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 29 mai 2002 (2002-05-29) abrégé alinéas [0003] - [0022]	1-11
X	DE 699 13 084 T2 (RENAULT SA [FR]) 26 août 2004 (2004-08-26) le document en entier	1-11
X	DE 198 44 082 C1 (SIEMENS AG [DE]) 14 octobre 1999 (1999-10-14) colonne 2, ligne 8 - ligne 43 colonne 3, ligne 24 - ligne 60	1
X	WO 2006/003341 A1 (RENAULT SA [FR]; DIONNET BERNARD [FR]; GUENOUNOU KARIM [FR]; GUYON MAR) 12 janvier 2006 (2006-01-12) page 1, ligne 1 - page 5, ligne 21	1
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "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) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"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 "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 "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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 12 février 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 26/02/2016
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 Wettemann, Mark

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053627

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1209332	A2	29-05-2002	AUCUN

DE 69913084	T2	26-08-2004	DE 69913084 D1 08-01-2004
			DE 69913084 T2 26-08-2004
			EP 0997626 A1 03-05-2000
			ES 2207149 T3 16-05-2004
			FR 2785331 A1 05-05-2000

DE 19844082	C1	14-10-1999	DE 19844082 C1 14-10-1999
			EP 1117917 A1 25-07-2001
			WO 0019075 A1 06-04-2000

WO 2006003341	A1	12-01-2006	AT 397719 T 15-06-2008
			CN 1969114 A 23-05-2007
			EP 1759107 A1 07-03-2007
			ES 2303685 T3 16-08-2008
			FR 2871849 A1 23-12-2005
			JP 4912298 B2 11-04-2012
			JP 2008502841 A 31-01-2008
			KR 20070042531 A 23-04-2007
			US 2008196387 A1 21-08-2008
			WO 2006003341 A1 12-01-2006
