



(11)

EP 1 662 105 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
31.05.2006 Bulletin 2006/22

(51) Int Cl.:
F01N 3/08 (2006.01) **F01N 3/10** (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01) **F01N 3/28** (2006.01)
B01D 53/94 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05292350.5**

(22) Date de dépôt: **07.11.2005**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **08.11.2004 FR 0411882**

(71) Demandeurs:
• **PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES S.A.**
78140 Velizy Villacoublay (FR)
• **Renault SAS**
92100 Boulogne Billancourt (FR)
• **UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS VI)**
75005 Paris (FR)
• **Université d'Orleans**
45067 Orleans Cedex 2 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Baudin, François**
21150 Venarey-Les-Laumes (FR)

- **Schneider, Stéphanie**
75011 Paris (FR)
- **Lendresse, Yvane**
Rueil-Malmaison (FR)
- **Calvo, Sabine**
78340 Les Clayes sous Bois (FR)
- **da Costa, Patrick**
93500 Pantin (FR)
- **Djega-Mariadassou, Géraud**
91430 Igny (FR)
- **Thomas, Cyril**
94130 Nogent sur Marne (FR)
- **Khacef, Ahmed**
45100 Orleans (FR)
- **Cormier, Jean-Marie**
45130 Baule (FR)

(74) Mandataire: **Domenego, Bertrand et al**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Système de traitement des NOx de gaz d'échappement d'un moteur thermique de véhicule automobile**

(57) L'invention concerne un système de traitement des oxydes d'azote, ou NOx, de gaz d'échappement d'un moteur thermique (10) de véhicule automobile, comprenant, dans une ligne d'échappement (16) de celui-ci, des moyens (18) de production de plasma non-thermique à partir des gaz d'échappement qu'ils reçoivent en entrée et des moyens (22) formant catalyseur de réduction des

oxydes d'azote agencés en sortie des moyens de production de plasma. Les moyens formant catalyseur comprennent des éléments catalytiques de types différents présentant des fenêtres thermiques d'activité catalytique différentes, les éléments catalytiques étant disposés suivant le sens d'écoulement des gaz par ordre décroissant des fenêtres thermiques d'activité catalytique.

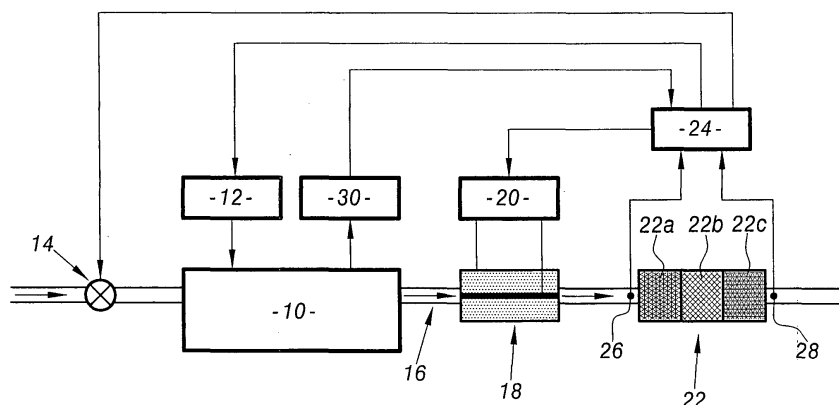


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne un système de traitement des oxydes d'azote de gaz d'échappement d'un moteur thermique de véhicule automobile, comprenant, dans une ligne d'échappement de celui-ci, des moyens de production de plasma non-thermique à partir des gaz d'échappement qu'ils reçoivent en entrée et des moyens formant catalyseur de réduction d'oxydes d'azote agencés en sortie des moyens de production de plasma.

[0002] La combustion de mélange air/carburant dans un moteur thermique de véhicule automobile produit des oxydes d'azotes (monoxyde d'azote NO et dioxyde d'azote NO₂).

[0003] Une technologie pour le traitement des NOx présents dans les gaz d'échappement, connue sous le nom de DeNOx permanente, utilise un catalyseur agencé dans la ligne d'échappement du moteur. Un tel catalyseur présente une activité catalytique permanente pendant le fonctionnement du moteur. Un tel catalyseur utilise les hydrocarbures imbrûlés des gaz d'échappement pour réduire les NOx sur des sites catalytiques prévus à cet effet. Toutefois, la fenêtre thermique d'activité catalytique d'un tel catalyseur, c'est-à-dire la plage de températures où le catalyseur est efficace pour réduire les NOx, est relativement faible. Aussi, son utilisation est peu compatible avec le fonctionnement d'un moteur de véhicule pour particulier dont la température des gaz d'échappement peut varier dans de larges mesures.

[0004] Il est également connu de disposer un générateur de plasma en amont du catalyseur. Un tel générateur produit du plasma à partir des gaz d'échappement afin d'augmenter l'efficacité catalytique du catalyseur. Toutefois, la fenêtre thermique d'activité catalytique de cet agencement reste relativement faible, de sorte que son utilisation est également peu compatible avec le fonctionnement d'un moteur de véhicule pour particulier.

[0005] Le but de la présente invention est de résoudre le problème susmentionné en proposant un système de traitement des NOx émis par un moteur thermique de véhicule automobile présentant une fenêtre thermique d'activité catalytique importante et compatible avec un fonctionnement sensiblement permanent du moteur en mélange pauvre, de sorte qu'un tel système peut être implanté dans des véhicules automobiles pour particulier pour un traitement efficace des NOx.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un système de traitement des NOx de gaz d'échappement d'un moteur thermique de véhicule automobile, comprenant, dans une ligne d'échappement de celui-ci, des moyens de production de plasma non-thermique à partir des gaz d'échappement qu'ils reçoivent en entrée et des moyens formant catalyseur DeNOx agencés en sortie des moyens de production de plasma, caractérisé en ce que les moyens formant catalyseur comprennent des éléments catalytiques de types différents présentant des fenêtres thermiques d'activités catalytiques complémentaires et variables en fonction de la nature des gaz qu'ils traitent.

[0007] Selon d'autres caractéristiques :

- les types d'éléments catalytiques sont sélectionnés pour que la fenêtre thermique totale d'activité catalytique des moyens formant catalyseur comprennent la fenêtre [200, 500]°C ;
- les éléments catalytiques sont choisis dans le groupe consistant en du Al₂O₃, et du CeO₂-ZrO₂ imprégné d'un élément métallique de transition ou précieux ;
- les éléments catalytiques sont successivement, dans le sens de l'écoulement des gaz d'échappement, de l'Al₂O₃, du Rh-Pd/CeO₂-ZrO₂ et du Ag/CeO₂-ZrO₂ ;
- les éléments catalytiques sont déposés sur un support unique ;
- le support unique est choisi dans le groupe consistant en de la cordierite, de la mullite, du SiC et du métal ;
- les éléments catalytiques sont choisis dans le groupe consistant en du Al₂O₃ et du CeO₂-ZrO₂ ;
- les moyens de production de plasma non-thermique sont agencés à l'intérieur des moyens formant catalyseur ;
- il comprend en outre:
 - des premiers moyens d'acquisition de la température des gaz d'échappement en amont des moyens formant catalyseur ; et
 - des moyens de commande des moyens de production de plasma en fonction de la température acquise pour optimiser la réduction des NOx à cette température ;
 - les moyens de commande activent les moyens de production de plasma si, pour la température amont acquise, le gain d'activité catalytique totale d'une telle activation est supérieur à un seuil prédéterminé ;
 - il comprend des seconds moyens d'acquisition de la température en aval des moyens formant catalyseur, et les moyens de commande comprennent des moyens de détermination de l'état d'amorçage des types d'éléments catalytiques en fonction de ces températures acquises, et une condition d'activation des moyens de production de plasma est qu'au moins un type d'éléments catalytiques soit amorcé ;
 - les moyens de commande comprennent des moyens de comparaison des températures amont et aval acquises à des première et seconde températures de seuil prédéterminées respectivement, et :
 - lorsque les températures amont et aval sont inférieures à leurs températures de seuil respectives, les

moyens de production de plasma sont inactifs ;

- lorsque la température amont est supérieure à la première température de seuil et la température aval inférieure à la seconde température de seuil, les moyens de production de plasma sont actifs ; et
- lorsque les températures amont et aval sont supérieures à leurs températures de seuil respectives, les moyens de production de plasma sont inactifs ;
- les première et seconde températures de seuil sont respectivement d'environ 200°C et 350°C ; et
- les moyens de commande sont en outre adaptés pour commander l'alimentation de carburant dans les cylindres du moteur et/ou le débit d'air admis dans le moteur pour modifier la composition en hydrocarbure des gaz d'échappement en sortie de celui-ci.

[0008] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en relation avec les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système conforme à l'invention associé à une unité de propulsion à moteur thermique d'un véhicule automobile ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un second mode de réalisation de la ligne d'échappement du système de la figure 1 ;
- les figures 3A et 3B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique de l' Al_2O_3 en fonction de la température, en présence de propène en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 4A et 4B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique de l' Al_2O_3 en fonction de la température, en présence d'un mélange d'hydrocarbures en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 5A et 5B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique du Rh-Pd/ CeO_2 - ZrO_2 en fonction de la température, en présence de propène en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 6A et 6B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique du Rh-Pd/ CeO_2 - ZrO_2 en fonction de la température, en présence du mélange d'hydrocarbures en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 7A et 7B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique du Ag/ CeO_2 - ZrO_2 en fonction de la température, en présence de propène en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 8A et 8B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique du Ag/ CeO_2 - ZrO_2 en fonction de la température, en présence du mélange d'hydrocarbures en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 9A et 9B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique totale d'un catalyseur entrant dans la constitution de la figure 1 ou la figure 2 en fonction de la température, en présence de propène en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ;
- les figures 10A et 10B sont des graphiques illustrant l'activité catalytique totale d'un catalyseur entrant dans la constitution de la figure 1 ou de la figure 2 en fonction de la température, en présence du mélange d'hydrocarbures en tant que réducteur de NOx, sans et avec traitement plasmatique des gaz d'échappement respectivement ; et
- la figure 11 est une vue schématique d'une unité de contrôle entrant dans la constitution du système de la figure 1.

[0009] Sur la figure 1, un moteur thermique 10 de véhicule automobile est associé à des moyens 12 d'alimentation en carburant de ses cylindres et des moyens 14 d'admission d'air en entrée de celui-ci.

[0010] Le moteur 10 est également associé à une ligne d'échappement 16 de ses gaz d'échappement comprenant un réacteur 18 de production de plasma non-thermique.

[0011] Le réacteur 18 est par exemple constitué d'un corps cylindrique comprenant au moins une première électrode périphérique connectée à la masse de moyens 20 d'alimentation électrique haute tension et d'une seconde électrode centrale, en forme de fil, connectée à une borne de tension de consigne des moyens 20 d'alimentation haute tension.

[0012] Les moyens 20 d'alimentation sont commandables et connectés à la batterie du véhicule par exemple. Ils comprennent un générateur de formes d'onde appropriées pour la formation de décharges électriques dans les gaz d'échappement traversant le réacteur 18 pour ainsi produire un plasma non-thermique.

[0013] Par exemple, les moyens 20 sont adaptés pour délivrer des impulsions de tension prédéterminées aux électrodes du réacteur ou une tension sinusoïdale.

[0014] Un catalyseur 22 de réduction des NOx, agencé en aval du réacteur 18 dans la ligne d'échappement 16, reçoit les gaz d'échappement en sortie du réacteur 18, c'est-à-dire directement les gaz d'échappement du moteur ou le plasma non-thermique produit par le réacteur 18 selon que celui-ci est actif ou non.

[0015] Le catalyseur 22 comprend une pluralité d'éléments catalytiques 22a, 22b, 22c distincts successifs agencés en série.

[0016] Chacun de ces éléments catalytiques présente une activité catalytique (taux de conversion des NOx) dans une fenêtre thermique variable en fonction de la nature des gaz qu'ils traitent, c'est-à-dire en fonction notamment de la composition des gaz d'échappement en hydrocarbures imbrûlés et des caractéristiques plasmatiques des gaz d'échappement, comme cela sera expliqué plus en détail par la suite.

[0017] De manière avantageuse, les fenêtres thermiques des éléments 22a, 22b, 22c du catalyseur 22 sont complémentaires, une première fenêtre étant comprise dans des températures basses, une seconde dans des températures intermédiaires et une troisième dans les hautes températures. Ainsi, la fenêtre thermique totale d'activité catalytique du catalyseur 22 est importante, comme cela sera également expliqué plus en détail par la suite.

[0018] Le fonctionnement du moteur 10 et des organes qui viennent d'être décrits est commandé par une unité 24 mettant en oeuvre une stratégie de contrôle du traitement des NOx qui maximise l'activité catalytique du catalyseur 22 pour la température des gaz d'échappement, tout en minimisant la consommation de carburant induite par l'alimentation en énergie du réacteur 18.

[0019] Un premier capteur de température 26 est agencé en amont du catalyseur 22 pour acquérir la température des gaz d'échappement en entrée de celui-ci et délivre la température amont acquise à l'unité 24.

[0020] Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, un second capteur de température 28 est également prévu en aval du catalyseur 22 pour acquérir la température des gaz d'échappement en sortie de celui-ci, et délivre la température aval acquise à l'unité 24.

[0021] Des moyens 30 d'acquisition du point de fonctionnement du moteur 10, par exemple le régime de rotation de celui-ci, le couple moteur demandé par le conducteur et/ou le débit d'air en entrée du moteur 10, sont également prévus et délivrent le point de fonctionnement acquis à l'unité 24.

[0022] Ces moyens 30 comprennent par exemple un capteur de régime pour l'acquisition du régime de rotation du moteur 10, un capteur de la position de la pédale d'accélérateur pour l'acquisition du couple demandé et un débitmètre agencée en entrée des moyens 14 d'admission pour l'acquisition du débit d'air admis dans le moteur 10.

[0023] Un second mode de réalisation du réacteur et du catalyseur est présenté de manière schématique sur la figure 2. Sur les figures 1 et 2, les éléments identiques ou analogues sont référencés par le même numéro.

[0024] Dans ce mode de réalisation, le réacteur 18 et le catalyseur 22 sont structurellement analogues à ceux de la figure 1, mais sont incorporés dans un même corps 32, c'est-à-dire que le réacteur 18 est agencé à l'intérieur du catalyseur 22.

[0025] Ainsi, le plasma non-thermique est directement produit à partir des gaz présents dans le catalyseur. Ceci présente l'avantage que le milieu réactionnel baignant les éléments catalytiques du catalyseur comporte une concentration d'éléments réactifs, tels que des radicaux libres par exemple, plus importante du fait du temps de transport de ceux-ci vers les éléments catalytiques minimal par rapport à celui-ci du mode de réalisation de la figure 1.

[0026] Il va maintenant être expliqué plus en détail la constitution du catalyseur 22 de la figure 1 ou de la figure 2 en relation avec les figures 3 à 10 qui illustrent l'activité catalytique de différents types d'éléments catalytiques en fonction de la température et de la nature des gaz traités par ceux-ci.

[0027] L'élément catalytique 22a amont du catalyseur présente une activité catalytique dans une fenêtre de températures hautes, c'est-à-dire présentant une activité catalytique principale entre environ 300°C et environ 500°C sans plasma dans les gaz traités, et entre environ 200°C et environ 400°C avec plasma dans les gaz traités.

[0028] Par exemple, l'élément catalytique amont est de l'alumine Al_2O_3 .

[0029] Le tableau 1 présente les principales caractéristiques de l'alumine Al_2O_3 illustrées sur les figures 3A, 3B, 4A et 4B.

[0030] La nature des gaz d'échappement traités par l'alumine dépend de leur composition en hydrocarbures imbrûlés en sortie de moteur.

[0031] Dans une première variante, les hydrocarbures imbrûlés présents en sortie du moteur dans les gaz d'échappement sont sensiblement du propène.

[0032] Dans une seconde variante, les hydrocarbures imbrûlés présents en sortie du moteur sont un mélange de propène, de propane, de toluène et de décane dans les proportions classiques de gaz d'échappement d'un moteur thermique.

[0033] La nature des gaz d'échappement traités dépend également de la présence ou l'absence de plasma non-thermique dans les gaz traités par l'alumine.

[0034] Une première colonne principale « Propène » du tableau 1 référence les propriétés catalytiques de l'alumine Al_2O_3 en présence de propène en tant que réducteur majoritaire dans les gaz d'échappement en sortie du moteur. Une seconde colonne principale « Mélange d'hydrocarbures » référence ces mêmes propriétés en présence du mélange d'hydrocarbures imbrûlés dans les gaz d'échappement en sortie du moteur.

[0035] Une première ligne principale du tableau 1 « Sans plasma » référence les propriétés catalytiques de l'alumine Al_2O_3 en absence de plasma dans les gaz d'échappement traités et une seconde ligne principale « Avec plasma »

référence ces mêmes propriétés en présence de plasma.

[0036] Chacune des première et seconde colonnes principales du tableau 1 est partagée entre une première colonne « Fenêtre (°C) », qui répertorie des fenêtres thermiques d'activités catalytiques de l'alumine Al_2O_3 , et une colonne « AC (%) », qui répertorie les activités catalytiques minimales de l'alumine Al_2O_3 correspondants à ces fenêtres thermiques.

Tableau 1 : activité catalytique de l'alumine Al_2O_3 en fonction de la température et de la nature des gaz traités.

	Propène		Mélange d'hydrocarbures	
	Fenêtre (°C)	AC (%)	Fenêtre (°C)	AC (%)
Sans plasma	400-500	10	300-340 480-500	10
			340-355 440-480	30
			355-440	40
Avec plasma	200-250 345-375	20	200-250 350-500	20
	250-295	30	250-275	30
	305-345		325-350	
	295-305	40	275-325	40

[0037] L'élément catalytique 22b intermédiaire du catalyseur 22, en aval de l'élément catalytique 22a amont, présente une fenêtre thermique d'activité catalytique intermédiaire, inférieure à celle du premier élément catalytique amont, c'est-à-dire présentant une activité catalytique principale entre environ 200°C et environ 300°C avec ou sans plasma dans les gaz traités.

[0038] Cet élément catalytique 22b intermédiaire est par exemple formé d'un dépôt de métal de transition sur des oxydes de cérium et de zirconium.

[0039] De manière préférentielle, l'élément catalytique 22b intermédiaire est du type Rh/CeO₂-ZrO₂ et/ou Pd/CeO₂-ZrO₂.

[0040] Le tableau 2, organisé de manière identique au tableau 1, présente les principales caractéristiques catalytiques, telles qu'illustrées sur les figures 5A, 5B, 6A et 6B, d'un élément du type Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ en fonction de la température et de la nature des gaz décrite précédemment.

Tableau 2 : activité catalytique du Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ en fonction de la température et de la nature des gaz traités.

	Propène		Mélange d'hydrocarbures	
	Fenêtre (°C)	AC (%)	Fenêtre (°C)	AC (%)
Sans plasma	210-300	10	225-250 300-350	10
	250	15	250-270 280-300	20
			270-280	23
Avec plasma	200-245 255-280	20	150-230 355-450	10
	245-255	30	230-270 280-355	20
			270-280	23

[0041] L'élément catalytique 22c aval du catalyseur 22, en aval de l'élément catalytique 22b intermédiaire, présente une fenêtre thermique d'activité catalytique basse, inférieure à celle de l'élément catalytique 22b intermédiaire, c'est-à-dire présentant une activité catalytique principale entre environ 150°C et environ 300°C avec ou sans plasma dans les

gaz traités.

[0042] Cet élément 22c aval est par exemple formé d'un dépôt de métal précieux sur des oxydes de cérium et de zirconium.

[0043] De manière préférentielle, l'élément catalytique 22c aval est du type Ag/CeO₂-ZrO₂.

[0044] Le tableau 3, organisé de manière identique au tableau 1, présente les principales caractéristiques catalytiques, telles qu'illustrées sur les figures 7A, 7B, 8A et 8B, d'un élément du type Ag/CeO₂-ZrO₂ en fonction de la température et de la nature des gaz décrite précédemment.

Tableau 3 : activité catalytique du Ag/CeO₂-ZrO₂ en fonction de la température et de la nature des gaz traités.

	Propène		Mélange d'hydrocarbures	
	Fenêtre (°C)	AC (%)	Fenêtre (°C)	AC (%)
Sans plasma	200-250	10	200-250	10
	300-400		300-400	
	250-300	18	250-300	18
Avec plasma	150-400	20	150-400	20

[0045] Ainsi, les fenêtres thermiques d'activité catalytique des différents éléments 22a, 22b, 22c sont complémentaires et décroissent dans le sens de l'écoulement des gaz d'échappement dans la ligne d'échappement 16.

[0046] Ainsi, en combinant l'activité catalytique de chacun des éléments 22a, 22b, 22c du catalyseur 22, ce dernier présente une activité catalytique totale en fonction de la température et de la nature des gaz d'échappement traités telles qu'illustrées sur les figures 9A, 9B, 10A et 10B.

[0047] Le tableau 4, organisé d'une manière identique au tableau 1, récapitule les principales caractéristiques du catalyseur 22.

Tableau 4 : activité catalytique totale du catalyseur, formé successivement, dans le sens d'écoulement des gaz, d'Al₂O₃, de Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ et de Ag/CeO₂-ZrO₂ en fonction de la température et de la nature des gaz traités.

	Propène		Mélange d'hydrocarbures	
	Fenêtre (°C)	AC (%)	Fenêtre (°C)	AC (%)
Sans plasma	200-240	10	220-225	20
	290-500		310-450	
	240-255	20	225-260	30
	265-290		270-310	
Avec plasma	255-265	25	260-270	40
	150-180	10	200-220	20
	340-400		300-450	
	180-255	20	220-250	40
	265-340		290-300	
	255-265	55	250-255	50
			265-290	
			255-265	55

[0048] Le catalyseur 22 présente ainsi une activité catalytique dans une fenêtre thermique au moins égale à [200 - 500]°C, ce qui permet d'obtenir un traitement des NOx dans une large gamme de fonctionnement d'un moteur thermique de véhicule pour particulier.

[0049] De manière avantageuse, les trois éléments catalytiques Al₂O₃, Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ et Ag/CeO₂-ZrO₂ sont déposés sur un support unique, comme de la cordierite, de la mullite, du carborundum (SiC), du métal, ou tout type de substrat propre à servir comme support de catalyseur.

[0050] Il va maintenant être décrit avec la figure 11, l'agencement et le fonctionnement de l'unité 24 de contrôle du traitement des NOx des gaz d'échappement émis par le moteur 10.

[0051] L'unité 24 comprend des moyens 40 de mémorisation d'une première et d'une seconde températures de seuil

T1, T2.

[0052] Les moyens 40 de mémorisation sont raccordés à des premiers et seconds moyens de comparaison 42, 44 des températures de seuil T1, T2 aux températures amont Tu et aval Td acquises respectivement.

[0053] Les températures T1, T2 de seuil sont par exemple déterminées expérimentalement et dépendent notamment de la composition en éléments catalytiques, de leur charge en métaux précieux et du volume du catalyseur, ainsi que du réglage du moteur.

[0054] Dans le cas d'un catalyseur formé successivement, dans le sens d'écoulement des gaz, d'Al₂O₃, de Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ et de Ag/CeO₂-ZrO₂, T1 est par exemple égale à 200°C et T2 est par exemple égale à 350°C.

[0055] Le résultat des comparaisons des moyens 42, 44 est délivré à des moyens 46 d'activation/désactivation du réacteur de production de plasma.

[0056] Les moyens 46 d'activation/désactivation activent l'alimentation électrique haute tension du réacteur de production de plasma si cette activation a pour effet un gain d'activité catalytique du catalyseur important, par exemple supérieur à 10%.

[0057] Si les températures amont et aval Tu, Td acquises sont inférieures à leurs températures de seuil T1, T2 respectives, aucune des portions du catalyseur n'est amorcée. Les moyens 46 d'activation/désactivation n'activent pas le réacteur de production de plasma, une condition d'activation de ce réacteur étant qu'au moins un type d'éléments catalytiques présent dans le catalyseur 22 soit dans un état amorcé.

[0058] Les NOx ne sont alors pas traités par les éléments catalytiques non amorcés et traversent donc le catalyseur sans réduction en azote. En effet, l'activation du réacteur n'aurait sensiblement aucun effet sur l'activité catalytique du catalyseur. Cette phase correspond au démarrage à froid du véhicule.

[0059] Si la température amont Tu acquise est supérieure à la température T1 et que la température aval Td acquise est inférieure à la température T2, les éléments catalytiques sont amorcés et les moyens 46 activent le réacteur pour la production de plasma.

[0060] En effet, dans la fenêtre thermique [200, 350]°C, les trois éléments catalytiques, y compris l'alumine dont la fenêtre thermique est située dans les hautes températures en absence de plasma avec une évolution de celle-ci vers les plus basses températures en présence de décharges plasma dans les gaz d'échappement, participent à la réduction des NOx des gaz d'échappement. L'activation du réacteur a ainsi pour effet un gain important de l'activité catalytique totale du catalyseur supérieur à 10%, justifiant ainsi de la surconsommation de carburant induite par l'activité du réacteur.

[0061] Dans un mode de réalisation de l'invention, les moyens 46 commandent les moyens 20 d'alimentation du réacteur de manière constante. Par exemple, les moyens 20 d'alimentation sont commandés par les moyens 46 d'activation/désactivation pour qu'ils délivrent aux électrodes du réacteur une puissance comprise entre 250 et 300W, par exemple.

[0062] Dans le mode de réalisation de la figure 11, les moyens 46 commandent les moyens 20 d'alimentation en fonction de la quantité de NOx présente dans les gaz d'échappement et/ou de la température de ceux-ci.

[0063] Les moyens 46 reçoivent le point de fonctionnement Pf du moteur et déterminent, par exemple à l'aide d'une cartographie prédéterminée et mémorisée dans ceux-ci, la quantité de NOx émise par le moteur pour le point de fonctionnement. Les moyens 46 commandent alors les moyens 20 d'alimentation du réacteur pour qu'ils leur délivrent une puissance modulée en fonction de la quantité de NOx déterminée, par exemple croissante en fonction d'une quantité croissante de NOx émise par le moteur.

[0064] Si les températures amont et aval Tu, Td acquises sont supérieures à leurs températures seuil T1, T2 respectives, alors les moyens 46 désactivent le réacteur de production de plasma. En effet, pour des températures supérieures à T2, seul l'élément catalytique haute température, c'est-à-dire l'alumine, présente une activité catalytique. Or pour ces températures, la fenêtre thermique d'activité catalytique de l'alumine est significativement plus grande sans plasma qu'avec plasma en présence du mélange d'hydrocarbures dans les gaz d'échappement comme cela est illustré sur les figures 4A et 4B. Le gain d'activité par activation du réacteur étant nulle, le réacteur n'est donc pas activé pour des températures supérieures à T2. Ceci permet de réduire la consommation de carburant du moteur pour la production d'énergie nécessaire au fonctionnement des moyens 20 d'alimentation du réacteur.

[0065] Les moyens 46 sont également adaptés pour commander le fonctionnement des moyens d'alimentation du moteur et/ou des moyens d'admission d'air en entrée du moteur afin de modifier la composition en hydrocarbures imbrûlés des gaz d'échappement et ainsi moduler l'activité catalytique du catalyseur en fonction de la composition des gaz d'échappement en propène ou en mélange d'hydrocarbures.

[0066] Par exemple, les moyens 46 sont propres à modifier la stratégie d'injection de carburant dans les cylindres du moteur, en commandant une injection tardive de carburant dans ceux-ci, ou post-injection. La post-injection de carburant dans les cylindres du moteur a pour effet d'augmenter significativement la quantité d'hydrocarbures imbrûlés dans les gaz d'échappement, ce qui conduit à une augmentation temporaire du rapport HC/NOx de la quantité d'hydrocarbures imbrûlés sur la quantité de NOx des gaz d'échappement, et donc à une amélioration de la conversion des NOx en azote.

[0067] Il vient d'être décrit un mode de réalisation de l'unité de contrôle du traitement des NOx des gaz d'échappement d'un moteur thermique.

[0068] Cette unité met en oeuvre de manière simple une stratégie de contrôle qui maximise, en fonction de la température, l'activité catalytique d'un catalyseur comprenant trois éléments catalytiques complémentaires, dans une large fenêtre thermique d'environ [200, 500]°C, tout en minimisant la surconsommation de carburant induite par l'utilisation d'un réacteur de production de plasma.

[0069] En variante, le système conforme à l'invention peut comprendre un unique capteur placé en amont du catalyseur, et l'unité de contrôle est adaptée pour comparer cette température acquise aux températures seuil susmentionnées pour une commande des moyens d'alimentation du réacteur analogue à celle décrite précédemment.

[0070] Prévoir deux capteurs en amont et en aval permet cependant une commande plus précise, la température aval acquise étant sensiblement celle du dernier élément catalytique du catalyseur, ce qui permet ainsi une commande au plus près de la température de celui-ci.

[0071] En variante, le catalyseur peut comprendre 2 ou plus de portions de types d'éléments catalytiques.

[0072] Une autre variante consiste à remplacer les éléments catalytiques de type Ag/CeO₂-ZrO₂ et Pd-Rh/CeO₂-ZrO₂ par un matériau ne contenant pas de métaux précieux, à savoir deux éléments de CeO₂-ZrO₂, de sorte que le coût du système est significativement réduit du fait de l'absence de métaux précieux.

[0073] Par exemple, le catalyseur comprend une portion d'alumine Al₂O₃ en amont d'une portion de CeO₂-ZrO₂.

Revendications

1. Système de traitement des oxydes d'azote, ou NO_x, de gaz d'échappement d'un moteur thermique (10) de véhicule automobile, comprenant, dans une ligne d'échappement (16) de celui-ci, des moyens (18) de production de plasma non-thermique à partir des gaz d'échappement qu'ils reçoivent en entrée et des moyens (22) formant catalyseur de réduction des NO_x agencés en sortie des moyens de production de plasma, **caractérisé en ce que** les moyens formant catalyseur comprennent des éléments catalytiques de types différents présentant des fenêtres thermiques d'activité catalytique différentes, les éléments catalytiques étant disposés suivant le sens d'écoulement des gaz par ordre décroissant des températures des fenêtres thermiques d'activité catalytique.

2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les types d'éléments catalytiques sont sélectionnés pour que la fenêtre thermique totale d'activité catalytique des moyens formant catalyseur comprennent la fenêtre [200, 500]°C.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les éléments catalytiques sont choisis dans le groupe consistant en du Al₂O₃, et du CeO₂-ZrO₂ imprégné d'un élément métallique de transition ou précieux.

4. Système selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les éléments catalytiques sont successivement, dans le sens de l'écoulement des gaz d'échappement, de l'Al₂O₃, du Rh-Pd/CeO₂-ZrO₂ et du Ag/CeO₂-ZrO₂.

5. Système selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** les éléments catalytiques sont déposés sur un support unique.

6. Système selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le support unique est choisi dans le groupe consistant en de la cordierite, de la mullite, du SiC et du métal.

7. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les éléments catalytiques sont choisis dans le groupe consistant en du Al₂O₃ et du CeO₂-ZrO₂.

8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens (18) de production de plasma non-thermique sont agencés à l'intérieur des moyens (22) formant catalyseur.

9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre:

- des premiers moyens (26) d'acquisition de la température des gaz d'échappement en amont des moyens formant catalyseur ; et

- des moyens (24) de commande des moyens (18) de production de plasma en fonction de la température acquise pour optimiser la réduction des NO_x à cette température.

10. Système selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les moyens (24) de commande activent les moyens (18) de production de plasma si, pour la température amont acquise, le gain d'activité catalytique totale d'une telle

activation est supérieur à un seuil prédéterminé.

5 **11.** Système selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** comprend des seconds moyens (28) d'acquisition de la température en aval des moyens (22) formant catalyseur, et **en ce que** les moyens (24) de commande comprennent des moyens (46) de détermination de l'état d'amorçage des types d'éléments catalytiques en fonction de ces températures acquises, et **en ce qu'une** condition d'activation des moyens (18) de production de plasma est qu'au moins un type d'éléments catalytiques soit amorcé.

10 **12.** Système selon la revendication 11 et l'une quelconque des revendications 4 à 6 prises ensemble, **caractérisé en ce que** les moyens de commande comprennent des moyens (42, 44) de comparaison des températures amont et aval acquises à des première et seconde températures de seuil prédéterminées respectivement, et **en ce que** :

- lorsque les températures amont et aval sont inférieures à leurs températures de seuil respectives, les moyens de production de plasma sont inactifs ;
- 15 - lorsque la température amont est supérieure à la première température de seuil et la température aval inférieure à la seconde température de seuil, les moyens de production de plasma sont actifs ; et
- lorsque les températures amont et aval sont supérieures à leurs températures de seuil respectives, les moyens de production de plasma sont inactifs.

20 **13.** Système selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les première et seconde températures de seuil sont respectivement d'environ 200°C et 350°C.

25 **14.** Système selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce que** les moyens (24) de commande sont en outre adaptés pour commander l'alimentation de carburant dans les cylindres du moteur (10) et/ou le débit d'air admis dans le moteur (10) pour modifier la composition en hydrocarbure des gaz d'échappement en sortie de celui-ci.

FIG.1

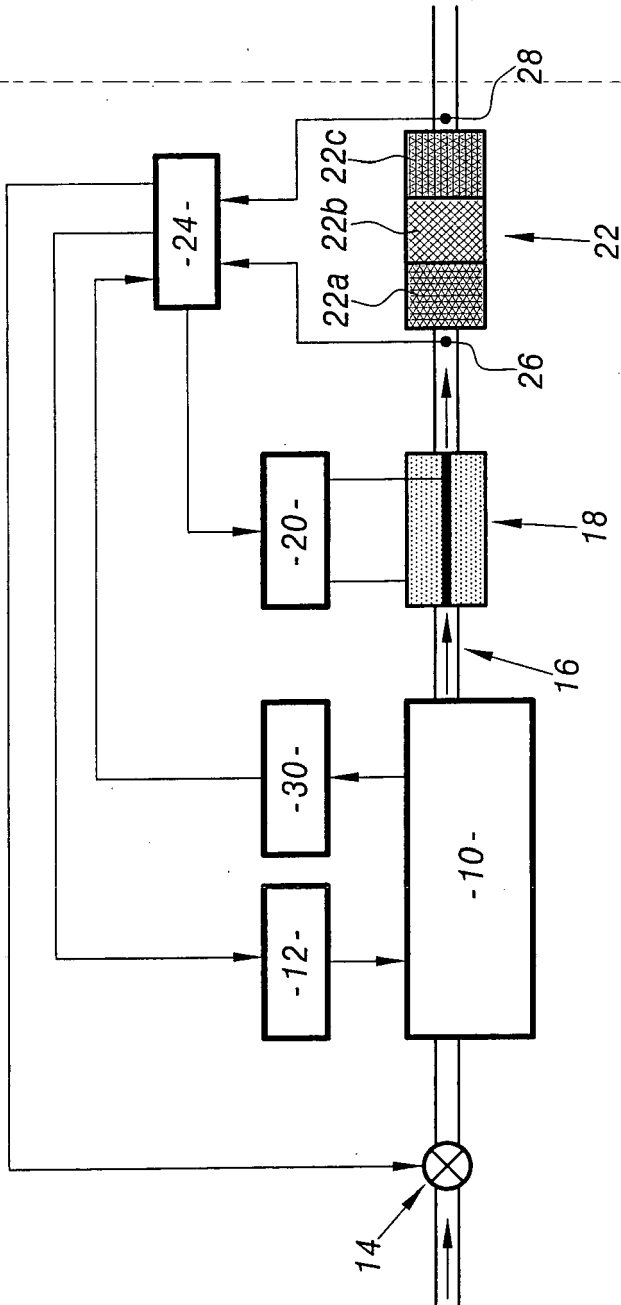
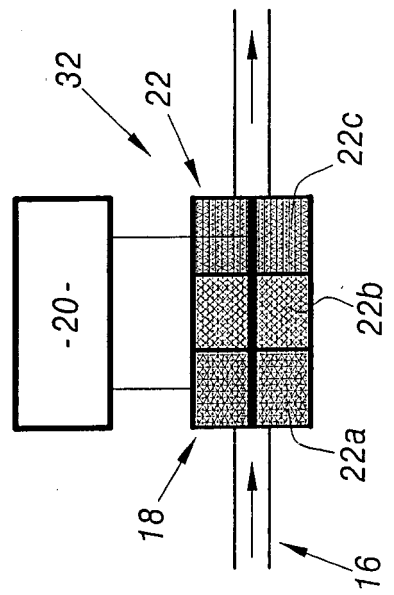


FIG.2



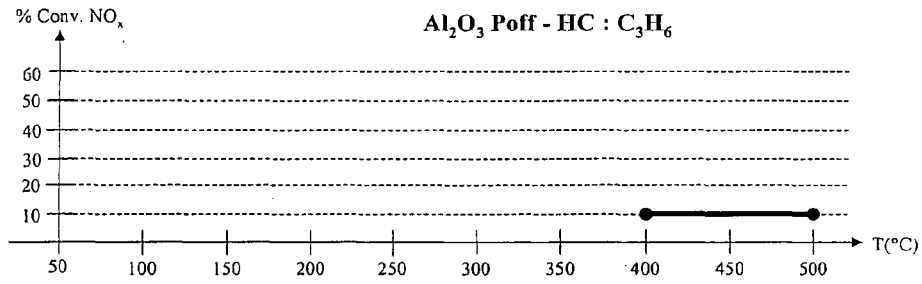


FIG.3A

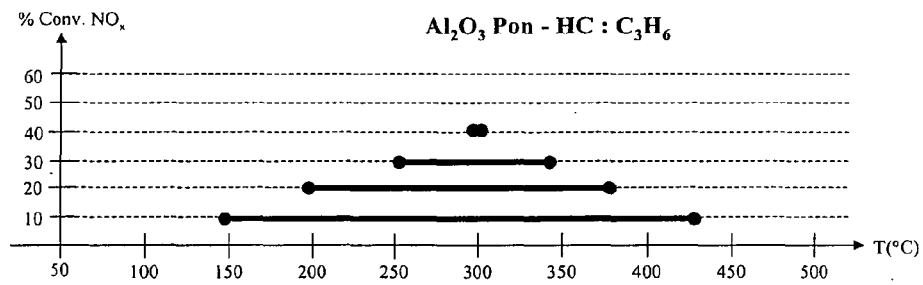


FIG.3B

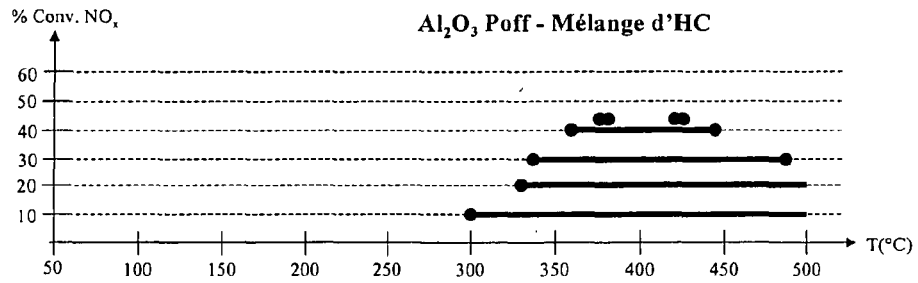


FIG.4A

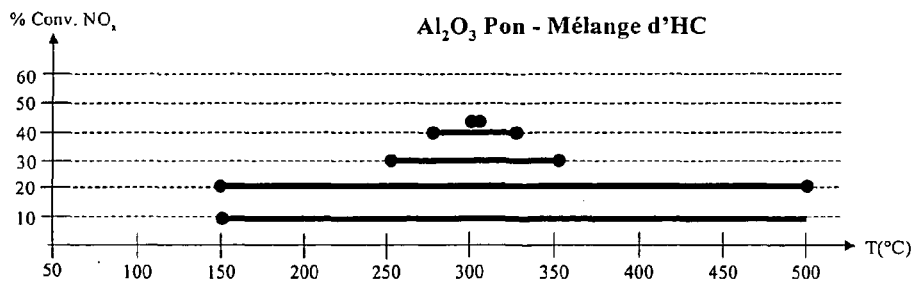
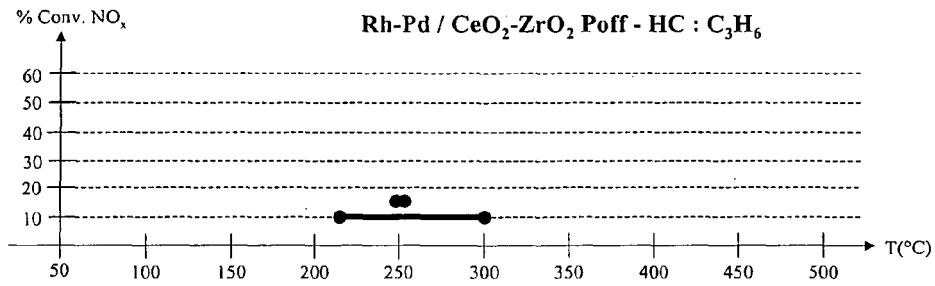
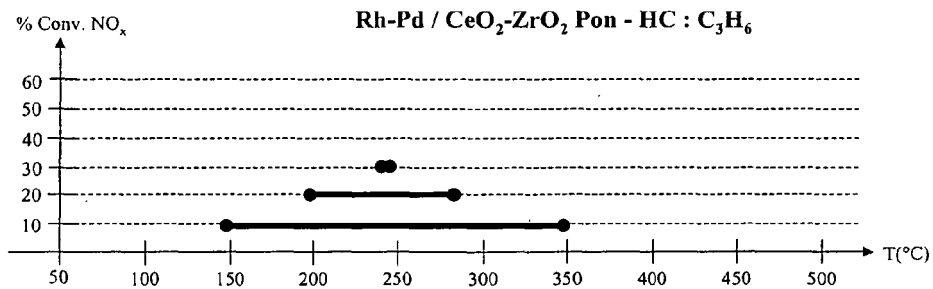
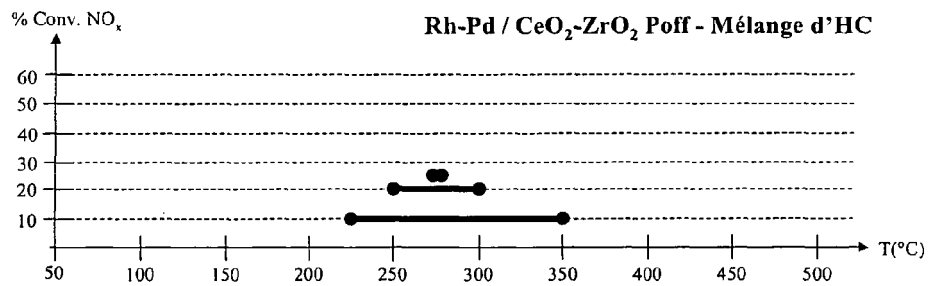
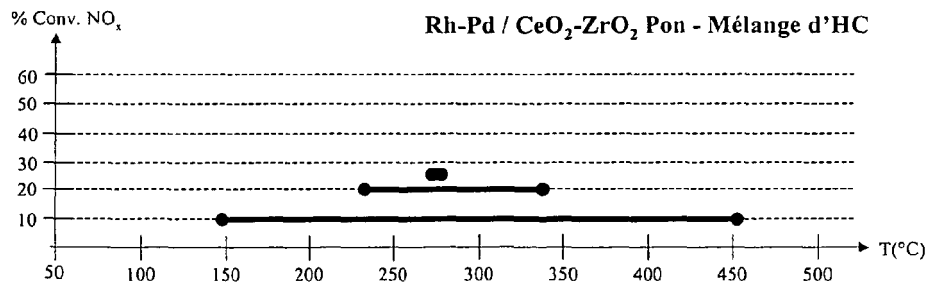


FIG.4B

**FIG.5A****FIG.5B****FIG.6A****FIG.6B**

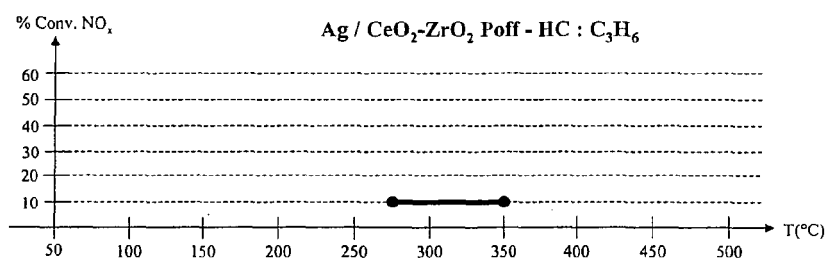


FIG.7A

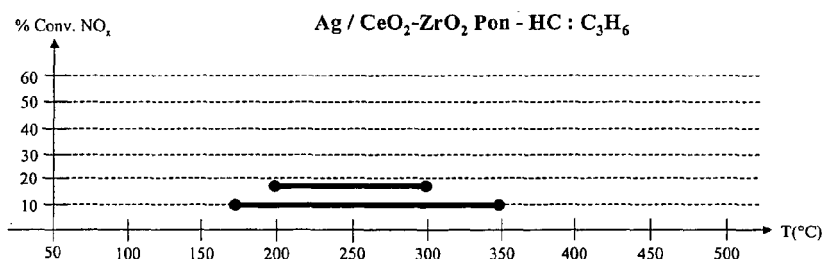


FIG.7B

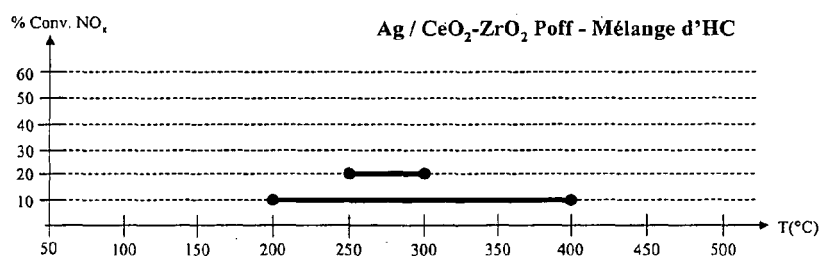


FIG.8A

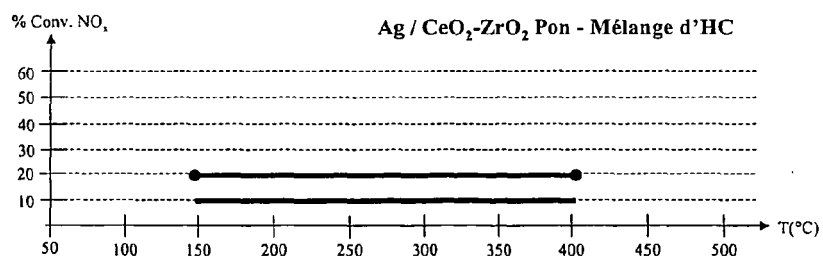


FIG.8B

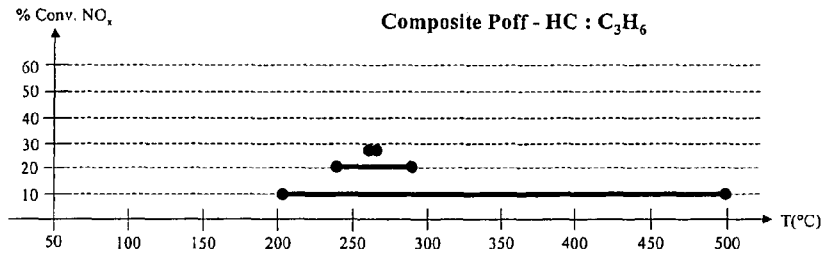


FIG.9A

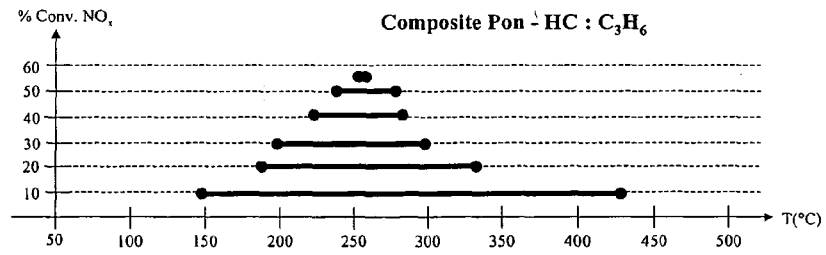


FIG.9B

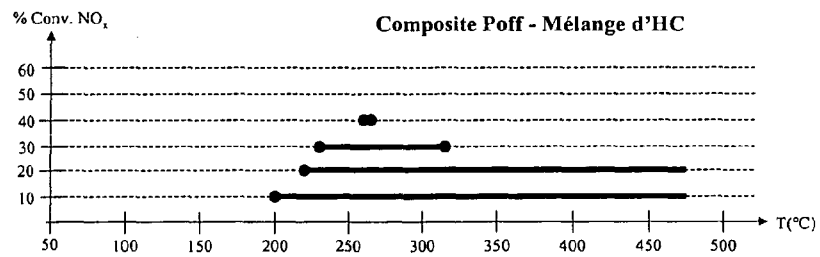


FIG.10A

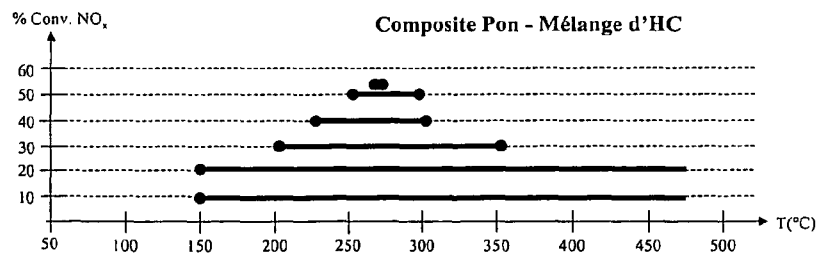
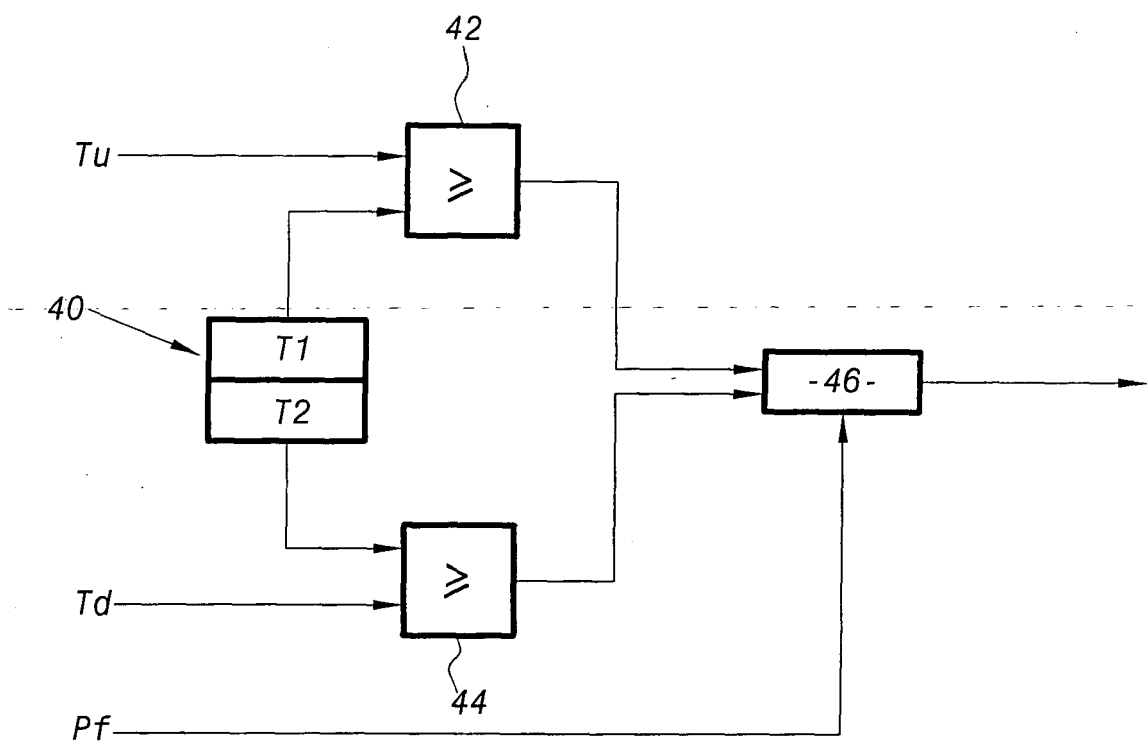


FIG.10B

**FIG.11**



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 05 29 2350

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	WO 00/43469 A (LITEX, INC) 27 juillet 2000 (2000-07-27) * abrégé * * page 2, ligne 24 - page 3, ligne 15 * * page 8, ligne 28 - page 11, ligne 20 * * page 15, ligne 5 - ligne 11 * * revendications 1-7,14,15,18-24,33,34,40,44,45 * * figures 1,3,23 * -----	1-3,5-7	F01N3/08 F01N3/10 F01N3/20 F01N3/28 B01D53/94
Y	BE 1 006 164 A3 (DIDIER-WERKE AG) 31 mai 1994 (1994-05-31) * page 2, ligne 9 - page 3, ligne 10 * * page 3, ligne 20 - ligne 29 * * page 4, ligne 5 - ligne 37 * * revendications 1,3-5 * * figures 1,2 * -----	1-3,5-7	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 11, 30 septembre 1999 (1999-09-30) & JP 11 153021 A (DENSO CORP), 8 juin 1999 (1999-06-08) * abrégé * -----	1,14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F01N B01D
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 01, 14 janvier 2003 (2003-01-14) & JP 2002 256853 A (TOYOTA MOTOR CORP), 11 septembre 2002 (2002-09-11) * abrégé * -----	1,9,12	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 décembre 2003 (2003-12-05) & JP 2004 267843 A (MAZDA MOTOR CORP), 30 septembre 2004 (2004-09-30) * abrégé * -----	1,7	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		22 décembre 2005	Ikas, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 1 095 702 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 2 mai 2001 (2001-05-02) * alinéas [0039] - [0058] * * exemples 1-6,10-12 * * figure 1 *	1,3,7	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 12, 5 décembre 2003 (2003-12-05) & JP 2004 305841 A (HONDA MOTOR CO LTD), 4 novembre 2004 (2004-11-04) * abrégé * -----	1,3,7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 22 décembre 2005	Examineur Ikas, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

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

EP 05 29 2350

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

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

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

22-12-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0043469	A	27-07-2000	AU 2856000 A	07-08-2000
			EP 1151183 A2	07-11-2001
			JP 2002535542 T	22-10-2002

BE 1006164	A3	31-05-1994	CH 681429 A5	31-03-1993
			DE 4032085 A1	16-04-1992
			DK 171491 A	11-04-1992
			ES 2036473 A1	16-05-1993
			IT 1249451 B	23-02-1995

JP 11153021	A	08-06-1999	AUCUN	

JP 2002256853	A	11-09-2002	JP 3642032 B2	27-04-2005

JP 2004267843	A	30-09-2004	AUCUN	

EP 1095702	A	02-05-2001	DE 69923843 D1	31-03-2005
			WO 0000283 A1	06-01-2000
			JP 3494147 B2	03-02-2004
			US 6806225 B1	19-10-2004

JP 2004305841	A	04-11-2004	AUCUN	

EPO FORM P0480

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