

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 27.06.06.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.12.07 Bulletin 07/52.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *RENAULT SAS Société par actions
simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : BELHALFAOUI SAMI et SAVY SYL-
VAIN.

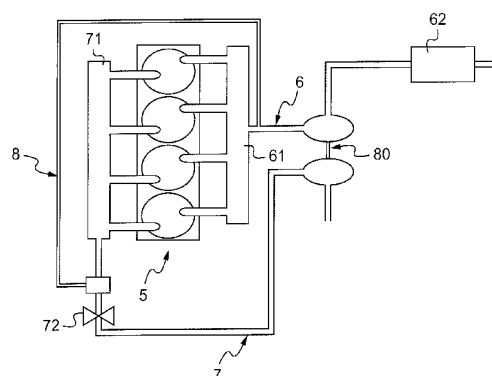
⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET CORALIS.

⑤④ PROCÉDE DE PILOTAGE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE COMPORTANT DES MOYENS DE
FILTRAGE LORS D'UNE PHASE DE REGENERATION DE CES MOYENS DE FILTRAGE ET POUR UN REGIME
AU RALENTI.

⑤⑦ La présente invention concerne un procédé de pilota-
ge d'un moteur à combustion interne comportant un circuit
d'admission (7), des moyens de filtrage (62) des gaz
d'échappement, et un circuit de recirculation (8) piqué sur le
circuit d'admission.

Selon l'invention, ledit procédé consiste à réduire la sec-
tion de passage de l'air dans le circuit d'admission en aval
des moyens d'obturation (72) lorsque l'on détecte une pha-
se de régénération des moyens de filtrage ainsi qu'un état
de fonctionnement au ralenti du moteur.



DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale les moteurs à combustion interne.

L'invention concerne plus particulièrement un procédé de pilotage d'un
5 moteur à combustion interne comportant un circuit d'admission, des moyens de filtrage des gaz d'échappement, et un circuit de recirculation piqué sur le circuit d'admission.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse pour les moteurs à combustion interne de véhicules automobiles de type diesel.

10

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Les moteurs de véhicule automobile de type diesel comportent un circuit d'échappement pourvu généralement de moyens de dépollution et de filtrage. Ces moyens de dépollution et de filtrage comportent généralement un catalyseur et un
filtre à particules.

15

Lorsque le filtre à particules atteint un certain taux de remplissage, on procède à une phase dite de régénération du filtre à particules pendant laquelle les particules combustibles brûlent en étant soumises à une forte élévation de température.

20

Si au cours de cette phase de régénération le moteur se met à fonctionner à un régime au ralenti, par exemple suite à un débrayage, la combustion des particules dans le filtre à particules peut s'emballer et provoquer une augmentation de température importante risquant de détruire le filtre à particules.

25

En effet, au ralenti la quantité de gaz d'échappement est fortement diminuée tandis que la quantité d'air admise reste sensiblement la même. Il s'ensuit que le taux de dioxyde de carbone présent dans les gaz d'échappement traversant le filtre à particules diminue, tandis que, comparativement, le taux de dioxygène augmente, ce qui provoque l'emballlement de la combustion des particules.

30

OBJET DE L'INVENTION

Par rapport à l'état de la technique précité, l'invention propose un nouveau procédé de pilotage du moteur à combustion interne qui limite le risque de destruction du filtre à particules.

À cet effet, l'invention propose un procédé de pilotage d'un moteur à combustion interne comportant un circuit d'admission, des moyens de filtrage des gaz d'échappement, et un circuit de recirculation piqué sur le circuit d'admission, qui consiste à réduire la section de passage de l'air dans le circuit d'admission en aval des moyens d'obturation lorsque l'on détecte une phase de régénération des
5 moyens de filtrage ainsi qu'un état de fonctionnement au ralenti du moteur.

La réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission permet, d'une part, de limiter la quantité d'air admise dans la chambre de combustion et donc la quantité de dioxygène présente dans les gaz
10 d'échappement, et, d'autre part, de générer une dépression dans la partie du circuit d'admission située en aval du piquage du circuit de recirculation, ce qui provoque une augmentation du débit de gaz d'échappement recirculés à travers le circuit de recirculation et donc une augmentation du taux de dioxyde de carbone présent dans les gaz d'échappement. Il en résulte que le taux de dioxygène
15 présent dans les gaz d'échappement peut être diminué de manière à limiter l'emballement de la réaction exothermique de la phase de régénération des moyens de filtrage.

En outre, l'augmentation du taux de gaz d'échappement recirculés permet de ralentir la combustion du mélange de gaz frais ce qui diminue le bruit
20 dans le moteur.

Selon une première caractéristique avantageuse de l'invention, on réalise, à chaque cycle de combustion du moteur, une injection multiple de carburant dans chaque cylindre, cette injection multiple comportant une injection principale pour former un mélange carburé prêt à l'allumage et, au moins une
25 injection auxiliaire réalisée avant l'injection principale pour former un prémélange homogène du carburant injecté avec l'air admis dans le cylindre.

L'injection auxiliaire permet d'homogénéiser la richesse du mélange de gaz frais dans la chambre de combustion. Cette homogénéisation permet, d'une part, de limiter la présence trop importante de dioxygène dans certaines parties du
30 mélange de gaz frais qui se retrouverait alors dans les gaz d'échappement et, d'autre part, de stabiliser la combustion dans le moteur.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, l'injection multiple comporte deux injections auxiliaires réalisées avant l'injection principale.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, chacune des deux injections auxiliaires fournit une quantité de carburant comprise entre 10% et 20% de la quantité de carburant fournie par l'injection principale.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission est réalisée de telle sorte que la partie du circuit d'admission située en aval des moyens d'obturation soit en dépression, avec une pression comprise entre 900 et 1000 mbar.

10 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le moteur comportant un turbocompresseur, on ferme les ailettes de la turbine du turbocompresseur de manière à mettre en surpression la partie du circuit d'échappement située en amont de ladite turbine.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, on augmente le débit des gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation.

15 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission est réalisée de manière à obtenir un taux de gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation compris entre 65% et 75%.

20 Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, la quantité de carburant injectée dans le moteur est déterminée de manière à obtenir une pression moyenne efficace du moteur comprise entre 0 et 2 bars.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, on fait fonctionner un alternateur pour puiser l'énergie dégagée par la pression moyenne efficace du moteur.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

25 La description qui va suivre en regard des dessins annexés d'un mode de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

Sur les dessins annexés :

- la figure 1 est une vue schématique d'un moteur à combustion interne ; et
- 30 - la figure 2 est un graphique donnant, pour un cylindre, la courbe d'activation de l'injecteur de carburant, la courbe de pression dans le cylindre, et les courbe de dégagement d'énergie en fonction de l'angle de vilebrequin.

Sur la figure 1 on a représenté un moteur à combustion interne de véhicule automobile de type diesel comportant des cylindres 5 et un circuit

d'admission 7 d'air équipé, d'une part, de moyens d'obturation 72 dudit circuit d'admission 7 d'air et, d'autre part, d'un répartiteur d'admission d'air 71 pour répartir l'air dans les cylindres 5.

Ici, les moyens d'obturation 72 comportent une vanne d'admission 72
5 pourvue d'un volet permettant de faire varier la section de passage du circuit d'admission 7.

Le moteur comporte également un circuit d'échappement 6 pourvu, d'une part, d'un collecteur d'échappement 61 pour récupérer les gaz d'échappement en sortie des cylindres 5, et, d'autre part, de moyens de dépollution (non représenté)
10 et de moyens de filtrage 62 des gaz d'échappement.

Les moyens de dépollution comportent un pot catalytique situé en amont des moyens de filtrage 62, dans le sens d'écoulement des gaz d'échappement, et les moyens de filtrage 62 comportent ici un filtre à particules. On peut prévoir en variante que les moyens de filtrage intègrent les moyens de dépollution.

Il est prévu un circuit de recirculation 8 des gaz d'échappement dont l'entrée est piquée sur le circuit d'échappement 6 et dont la sortie est piquée sur le circuit d'admission 7 en aval des moyens d'obturation 72 dans le sens d'écoulement de l'air. Enfin, le moteur comporte un turbocompresseur 80 dont le compresseur est associé au circuit d'admission 7 et dont la turbine est associée
20 au circuit d'échappement 6, en aval de l'entrée du circuit de recirculation 8.

Du carburant est injecté à chaque cycle de combustion du moteur et dans chaque cylindre 5 du moteur au moyen d'un injecteur à rampe commune (non représenté).

Le moteur est équipé d'un calculateur (non représenté) apte à
25 commander l'activation de l'injecteur à rampe commune, ainsi que la position de la vanne d'admission 72 et la position des ailettes de la turbine du turbocompresseur 80. Le moteur comporte également des moyens de détection (non représentés) d'une phase de régénération des moyens de filtrage 62 et des moyens de détection (non représentés) du régime de fonctionnement du moteur. Ici, les
30 moyens de détection sont compris dans le calculateur, mais, en variante, ces moyens de détection peuvent être distincts du calculateur.

Le moteur décrit ci-dessus permet de mettre en oeuvre un procédé de pilotage du moteur à combustion interne lorsqu'il se produit une phase de

régénération des moyens de filtrage 62 et lorsque le régime du moteur est au ralenti.

Pour cela les moyens de détection détectent une phase de régénération des moyens de filtrage 62, c'est-à-dire la combustion des particules du filtre à particule, ainsi que le fonctionnement du moteur à un régime au ralenti. Ici, le régime du moteur au ralenti est de 800 trs/min. En variante, le régime du moteur au ralenti peut être compris entre 700 et 900 trs/min.

Préférentiellement, cette détection du régime du moteur au ralenti est réalisée dans les secondes qui suivent la détection de la phase de régénération des moyens de filtrage, c'est-à-dire au début de la combustion des particules dans le filtre à particules.

Lorsque de telles conditions sont détectées, le calculateur commande alors l'actionnement du volet de la vanne d'admission 72 pour réduire la section de passage de l'air dans le circuit d'admission 7. La réduction de la section de passage de l'air est réalisée de telle sorte que la partie du circuit d'admission située en aval des moyens d'obturation 72 soit en dépression, avec ici une pression de 952 mbar. En variante cette pression peut être comprise entre 900 et 1000 mbar.

Le calculateur commande également la fermeture des ailettes de la turbine du turbocompresseur 80 de manière à augmenter la pression en amont de la turbine, c'est-à-dire dans la partie amont du circuit d'échappement où est piquée l'entrée du circuit de recirculation 8 des gaz d'échappement. L'entrée du circuit de recirculation 8 est ainsi en surpression par rapport à la sortie du circuit de recirculation 8, qui est en dépression.

Il en résulte une augmentation du débit de gaz d'échappement recirculés qui est admis dans les cylindres 5. Le taux de gaz d'échappement recirculés augmente et est stabilisé à 68%. Ce taux de gaz d'échappement recirculés correspond au rapport de la quantité de dioxyde de carbone mesurée à l'admission dans les cylindres sur la quantité de dioxyde de carbone mesurée à l'échappement. On peut également prévoir d'utiliser des moyens de régulation du débit de gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation, telle qu'une vanne de régulation, qui permet alors de stabiliser le taux de gaz d'échappement recirculés à une valeur prédéterminée.

En variante, la réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission 7 peut être pilotée par le calculateur conjointement ou non avec la position des ailettes de la turbine et de la vanne de régulation des gaz d'échappement recirculés, de manière à obtenir un taux de gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation compris entre 65% et 75%.

L'augmentation du taux de gaz d'échappement recirculés permet d'augmenter le taux de dioxyde de carbone dans les gaz d'échappement et la diminution de la quantité d'air admise permet de diminuer la quantité de dioxygène dans les gaz d'échappement.

10 Pour stabiliser le régime du moteur au ralenti, la quantité de carburant injectée dans le moteur est déterminée de manière à obtenir une pression moyenne efficace du moteur de 1,17 bar. Cette pression moyenne efficace du moteur peut être comprise entre 0 et 2 bars. La pression moyenne efficace correspond à la charge du moteur, c'est-à-dire au couple mesuré sur le vilebrequin
15 ou encore à la puissance développée par le moteur.

Pour puiser l'énergie dégagée par la pression moyenne efficace du moteur, on fait fonctionner un alternateur associé au moteur. Pour cela on peut par exemple mettre en service les éléments électriques de ventilation ou encore les bougies de préchauffage associés au moteur.

20 Sur la figure 2, on a représenté un graphique donnant, notamment, la courbe d'activation de l'injecteur de carburant C0, pour un cylindre et un cycle de combustion en fonction de l'angle de vilebrequin. L'angle de vilebrequin est l'angle de rotation du vilebrequin et la valeur de 0° correspond à la position du piston dans le cylindre au point mort haut.

25 Selon le procédé de pilotage du moteur, l'injection de carburant dans chaque cylindre est une injection multiple qui comporte une injection principale I3 pour former un mélange carburé prêt à l'allumage et, au moins une injection auxiliaire I1,I2 réalisée avant l'injection principale I3 pour former un prémélange homogène du carburant injecté avec l'air admis dans le cylindre.
30 Préférentiellement et comme représenté sur la figure 2, l'injection multiple comporte deux injections auxiliaires I1,I2 réalisées avant l'injection principale I3.

L'injection principale I3 fournit, pour un cycle de combustion du moteur, environ 9,5 grammes de carburant. La première et la deuxième injection auxiliaire I1, I2 fournissent respectivement 2 et 1,5 gramme de carburant. La diminution de

la quantité d'air admis par l'actionnement des moyens d'obturation génère un mélange de gaz frais riche. Ici, la richesse du mélange de gaz frais est de 0,806. La quantité de carburant injectée pour chaque injection auxiliaire I1, I2 peut être comprise entre 10% et 20% de la quantité injectée pour l'injection principale I3.

5 Ici, la première injection auxiliaire I1 est calée à un angle de vilebrequin de -41° , la deuxième injection auxiliaire I2 à un angle de vilebrequin de -21° , et l'injection principale I3 est réalisée pour un angle de vilebrequin de -16° . Les injections auxiliaires I1, I2 permettent d'homogénéiser la richesse du mélange de gaz frais dans la chambre de combustion. Cette homogénéisation permet, d'une
10 part, de limiter la présence trop importante de dioxygène dans certaines parties du mélange de gaz frais qui se retrouverait dans les gaz d'échappement et, d'autre part, de stabiliser la combustion dans le moteur. En variante, les injections principale et auxiliaire peuvent être calées pour un angle de vilebrequin compris entre -60° et 0° .

15 Sur la figure 2, on a également représenté la courbe de pression C3 dans le cylindre et les courbes de dégagement d'énergie locale C1 et intégrée C2 en fonction de l'angle de vilebrequin.

Ces courbes sont obtenues dans les conditions précisées ci-dessus, à savoir une pression moyenne efficace du moteur de 1,17 bar, un régime du
20 moteur à 800 tours/min et une richesse du mélange de gaz frais de 0,806. La pression dans le circuit d'admission en aval des moyens d'obturation est maintenue à 952 mbar et le taux de gaz d'échappement recirculés est de 68%.

Les courbes d'énergie dégagée C1, C2 et la courbe de pression C3 mettent en évidence que dans ces conditions de fonctionnement du moteur, la
25 combustion est stable et sans acyclisme puisque ces courbes sont lisses et présentent un maximum sensiblement au point mort haut (0°).

Le procédé décrit ci-dessus permet ainsi de descendre d'un taux de dioxygène dans les gaz d'échappement de 12% à 5%, ce qui permet de limiter l'emballement de la réaction exothermique de la phase de régénération du filtre à
30 particules, sans dégrader les performances du moteur.

Le taux de dioxygène dans les gaz d'échappement peut être ajusté à un autre taux souhaité par le pilotage de la position de la vanne d'admission qui influe, d'une part, sur la quantité d'air admise, et d'autre part, sur le débit de gaz d'échappement, ainsi que par le pilotage de la position des ailettes du

turbocompresseur qui influe sur la pression en entrée du circuit de recirculation et donc sur le taux de gaz d'échappement recirculés.

La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante
5 conforme à son esprit.

REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage d'un moteur à combustion interne comportant un circuit d'admission (7) pourvu de moyens d'obturation (72), des moyens de filtrage (62) des gaz d'échappement, et un circuit de recirculation (8) piqué sur le circuit
5 d'admission (7), caractérisé en ce qu'il consiste à réduire la section de passage de l'air dans le circuit d'admission (7) en aval des moyens d'obturation (72) lorsque l'on détecte une phase de régénération des moyens de filtrage (62) ainsi qu'un état de fonctionnement au ralenti du moteur.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on
10 réalise, à chaque cycle de combustion du moteur, une injection multiple de carburant dans chaque cylindre (5), cette injection multiple comportant une injection principale (I3) pour former un mélange carburé prêt à l'allumage et, au moins une injection auxiliaire (I1,I2) réalisée avant l'injection principale (I3) pour former un prémélange homogène du carburant injecté avec l'air admis dans le
15 cylindre.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'injection multiple comporte deux injections auxiliaires (I1,I2) réalisées avant l'injection principale (I3).
4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que
20 chacune des deux injections auxiliaires (I1,I2) fournit une quantité de carburant comprise entre 10% et 20% de la quantité de carburant fournie par l'injection principale (I3).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission (7)
25 est réalisée de telle sorte que la partie du circuit d'admission située en aval des moyens d'obturation (72) soit en dépression, avec une pression comprise entre 900 et 1000 mbar.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, le moteur comportant un turbocompresseur (80), on ferme les ailettes de la
30 turbine du turbocompresseur de manière à mettre en surpression la partie du circuit d'échappement située en amont de ladite turbine.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on augmente le débit des gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation (8).

5 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la réduction de la section de passage de l'air dans le circuit d'admission (7) est réalisée de manière à obtenir un taux de gaz d'échappement recirculés dans le circuit de recirculation compris entre 65% et 75%.

10 9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la quantité de carburant injectée dans le moteur est déterminée de manière à obtenir une pression moyenne efficace du moteur comprise entre 0 et 2 bars.

10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'on fait fonctionner un alternateur pour puiser l'énergie dégagée par la pression moyenne efficace du moteur.

1/1

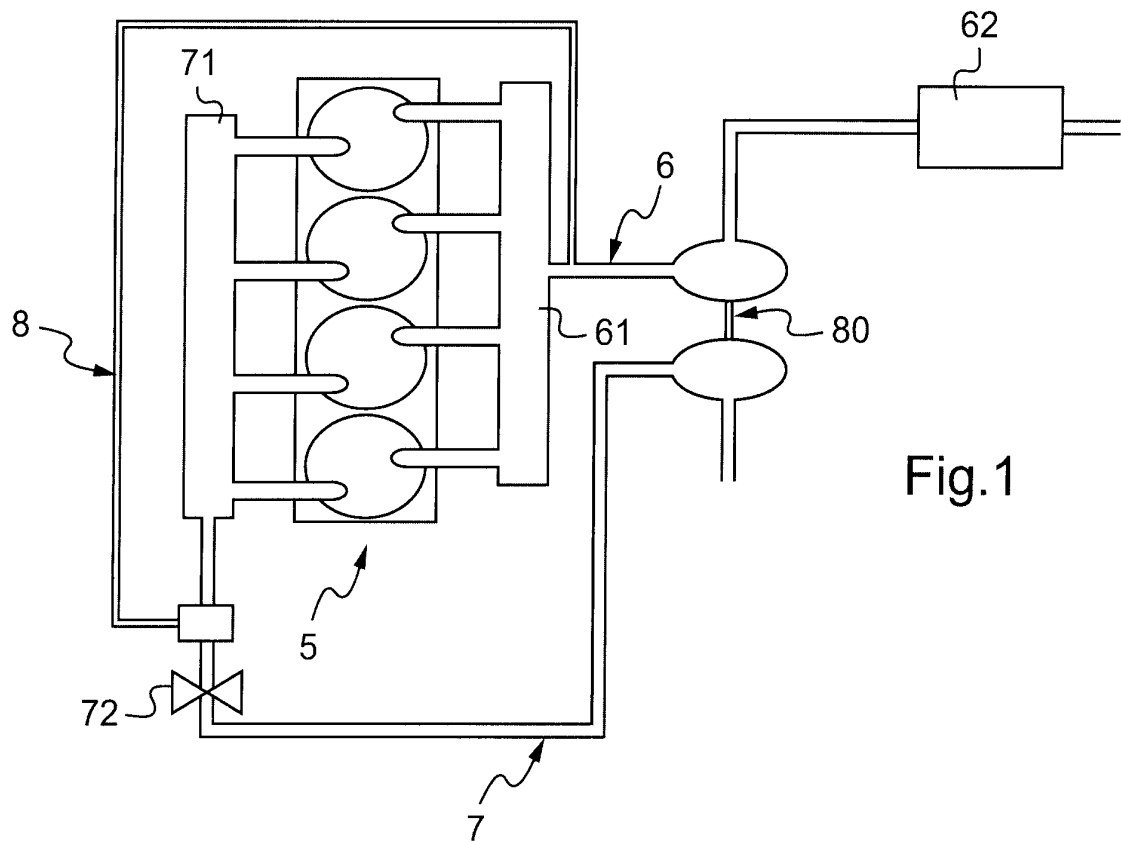


Fig.1

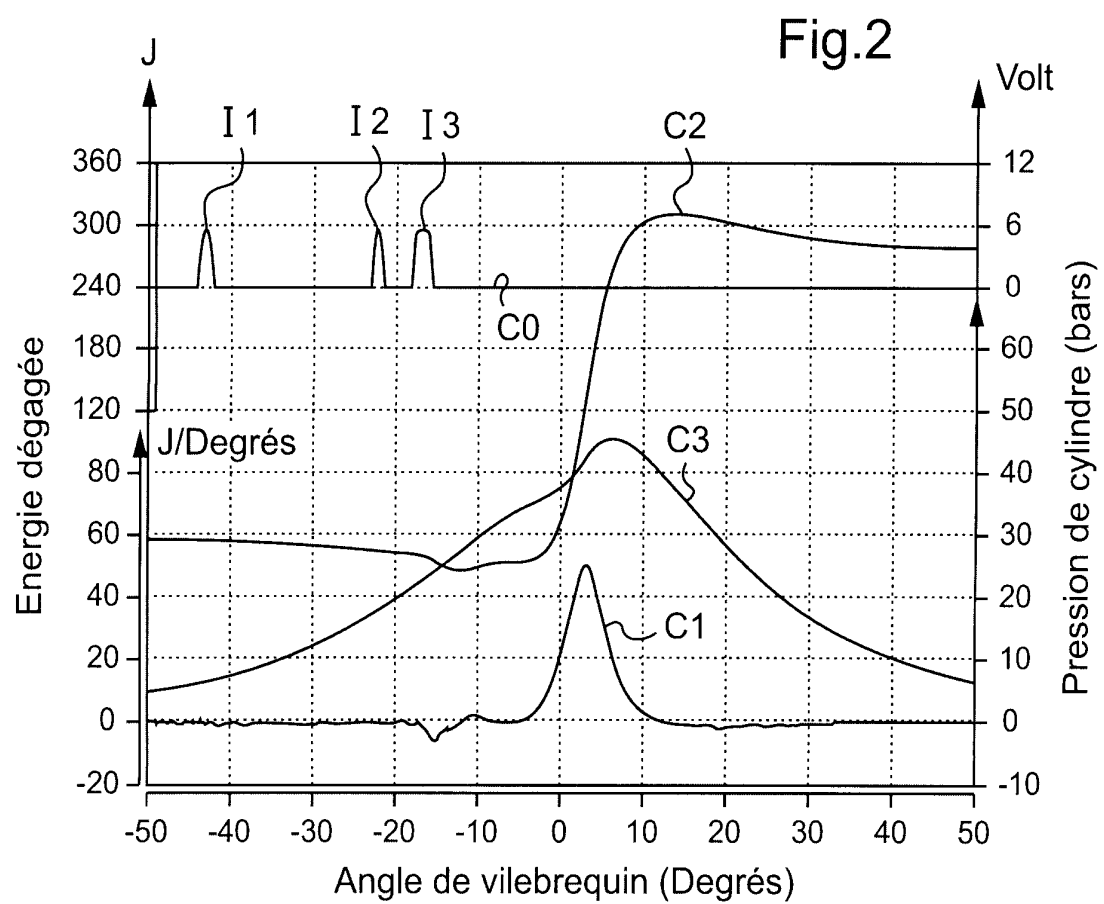


Fig.2



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE PARTIEL

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement
national

FA 682710
FR 0605750

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 281 852 A2 (FIAT RICERCH [IT]) 5 février 2003 (2003-02-05)	1-5,9	
A	* alinéa [0075] - alinéa [0084]; figures *	7,8	
X	FR 2 874 970 A (RENAULT SAS [FR]) 10 mars 2006 (2006-03-10)	1,2,5,9	
A	* page 6, ligne 28 - page 7, ligne 5; revendication 3; tableau 1 *	4	
X	EP 1 026 385 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 9 août 2000 (2000-08-09)	1,2,5, 7-9	
	* alinéas [0115] - [0123], [0196], [0198]; figures 20,21,24,25 *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01N F02D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 février 2007		Aign, Torsten	
CATÉGORIE 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0605750 FA 682710**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-02-2007**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1281852 A2	05-02-2003	IT T020010786 A1	03-02-2003
		JP 2003106205 A	09-04-2003
		US 2003033800 A1	20-02-2003

FR 2874970 A	10-03-2006	AUCUN	

EP 1026385 A2	09-08-2000	DE 60011157 D1	08-07-2004
		DE 60011157 T2	23-06-2005
		JP 3225957 B2	05-11-2001
		JP 2000291462 A	17-10-2000
		US 6276130 B1	21-08-2001

ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B

Numéro de la demande

FA 682710
FR 0605750

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-5,7,8,9

Stratégie de pilotage d'injection, de l'aire d'admission et de la recirculation des gaz d'échappement pour la régénération des moyens de filtrage des gaz d'échappement au ralenti

2. revendications: 6,7,8,9

Stratégie de pilotage de l'aire d'admission et de la recirculation des gaz d'échappement pendant la régénération des moyens de filtrage des gaz d'échappement au ralenti contrôlant un turbocompresseur à géométrie variable

3. revendication: 10

Stratégie de pilotage d'un alternateur pendant la régénération des moyens de filtrage des gaz d'échappement au ralenti

La première invention a été recherchée.

La présente demande ne satisfait pas aux dispositions de l'article L.612-4 du CPI car elle concerne une pluralité d'inventions qui ne sont pas liées entre elles en formant un seul concept inventif général.

La revendication 1 n'est pas nouvelle. Le document EP 1 281 852 divulgue tout les caractéristiques de ladite revendication ensemble. Les objets des 3 groupes de revendications n'ont aucun élément technique particulier identique ou correspondant qui détermine une contribution de chacun des groupes par rapport à l'état de la technique. En particulier, le pilotage de l'injection auxiliaire, du turbocompresseur, du circuit de recirculation des gaz d'échappement et/ou de l'alternateur peuvent être réalisés de manière parfaitement indépendant l'un de l'autre.