



(12)

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**29.01.2003 Bulletin 2003/05**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F02B 1/12**, F02B 7/02,  
F02B 47/08

(21) Numéro de dépôt: **02291797.5**

(22) Date de dépôt: 17.07.2002

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

(71) Demandeur: INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

(72) Inventeurs:

- **Walter, Bruno**  
**92000 Nanterre (FR)**
- **Gatellier, Bertrand**  
**78380 Bougival (FR)**

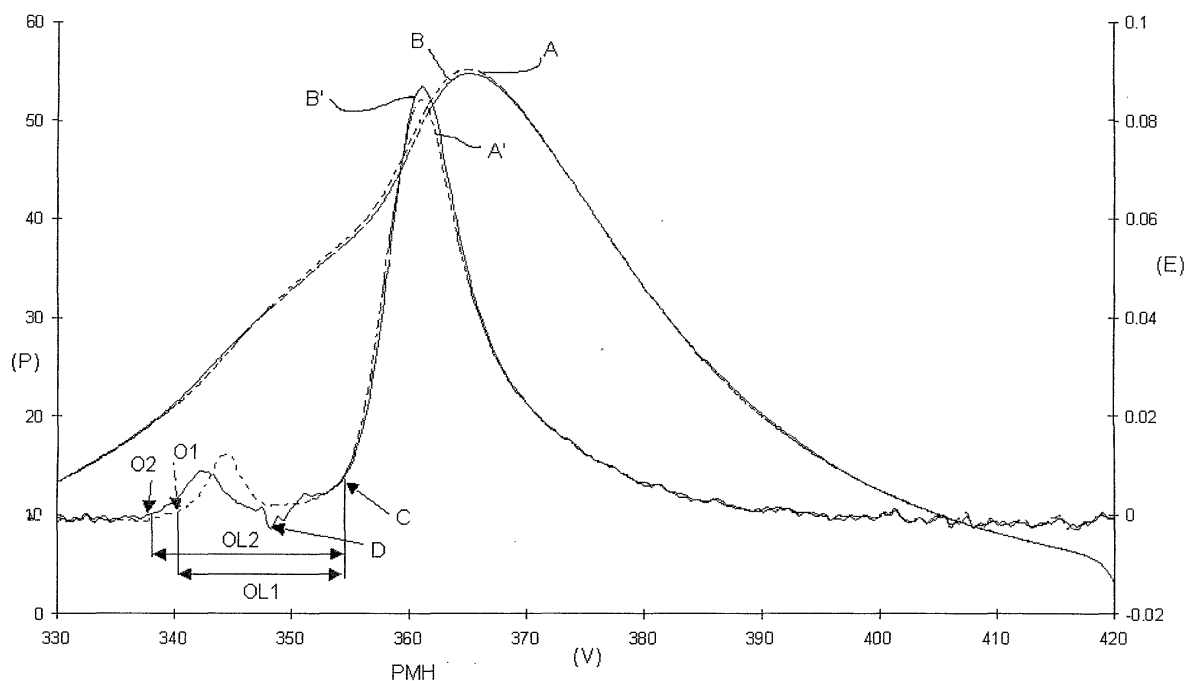
(30) Priorité: **27.07.2001 FR 0110148**

(54) **Procédé de dispositif de contrôle de la combustion pour un moteur à combustion interne**

(57) La présente invention concerne un procédé de contrôle de la combustion par auto-inflammation d'un mélange carburé homogène pour un moteur à combustion interne comportant une chambre de combustion à l'intérieur de laquelle se réalise une phase d'oxydation

lente dudit mélange au préalable de la combustion de ce mélange.

Selon l'invention, on introduit, dans la chambre de combustion, une quantité déterminée de carburant pendant la phase d'oxydation lente de ce mélange pour allonger la durée de cette phase.



### Figure unique

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte à un procédé et un dispositif de contrôle de la combustion pour un moteur à combustion interne.

**[0002]** Elle porte plus particulièrement sur la combustion d'un mélange homogène du carburant avec l'air admis ou avec un mélange d'air et de gaz d'échappement recirculés (EGR).

**[0003]** La réduction des émissions de polluants générées par les moteurs à combustion interne associée à une réduction de la consommation est un souci constant des développeurs de moteurs à combustion interne.

**[0004]** Dans de nouvelles générations de moteurs, il est prévu, pour les faibles et moyennes charges, de remplacer la combustion du mélange carburé, enflammé conventionnellement soit par compression soit par une bougie, par une combustion de type allumage par compression d'une charge homogène.

**[0005]** Ceci est connu notamment pour les moteurs Diesel sous le vocable anglais de « Homogeneous Charge Compression Ignition » (en abrégé H.C.C.I) et pour les moteurs à essence pour un mode de combustion baptisé Contrôle de l'Auto Inflammation (en anglais « Controlled Auto Ignition » C.A.I).

**[0006]** Cette combustion est atteinte lorsque le mélange homogène de carburant, d'air et éventuellement de gaz d'échappement recirculés a atteint un certain seuil de température qui favorise sa combustion par auto-inflammation (ou auto-allumage).

**[0007]** Généralement, ce type de combustion se caractérise par une phase d'oxydation lente du mélange carburé précédant la combustion de ce mélange.

**[0008]** Grâce à ce genre de combustion, il est possible de réduire fortement les émissions d'oxydes d'azote (NOx) et de particules émises par le moteur.

**[0009]** Cependant, cette combustion présente un certain nombre d'inconvénients non négligeables.

**[0010]** En effet, il est nécessaire d'obtenir un bon calage de la combustion, c'est à dire de déterminer l'instant exact où le mélange carburé va s'auto-enflammer, de manière à ce que cette combustion se fasse notamment lorsque la position du piston a atteint sa position adéquate à l'instant où le mélange carburé a toutes les caractéristiques physico-chimiques requises pour s'auto-enflammer.

**[0011]** Pour ce faire, il existe de nombreux moyens, tel que l'admission de vapeur d'eau ou l'utilisation de gaz d'échappement recirculés dans la chambre de combustion.

Le moyen le plus souvent utilisé pour obtenir le calage souhaité consiste à admettre ou à retenir dans la chambre de combustion des gaz d'échappement issus du moteur, dénommés gaz d'échappement recirculés, avec un fort taux pour caler la combustion à l'instant souhaité.

Ces gaz d'échappement recirculés permettent de « calmer » la combustion, car ils réduisent la teneur en

oxygène (O<sub>2</sub>) du mélange carburé.

**[0012]** Cependant, ces taux élevés de gaz d'échappement recirculés entraînent des richesses élevées des mélanges carburés, richesses qui s'approchent de la stoechiométrie, ce qui réduit d'autant plus la plage de fonctionnement du moteur. En effet, au-delà d'une richesse supérieure à 0,96 le mélange carburé ne contient plus suffisamment d'oxygène pour brûler correctement.

De plus, à cause de ces richesses élevées, les émissions de polluants tels que l'oxyde de carbone (CO), les hydrocarbures imbrûlés (HC) et les fumées sont de hautes amplitudes.

**[0013]** La présente invention se propose de remédier aux inconvénients mentionnés ci-dessus en proposant un procédé de contrôle de la combustion qui permet d'obtenir le calage souhaité de cette combustion.

**[0014]** A cet effet, un procédé de contrôle de la combustion par auto-inflammation d'un mélange carburé homogène pour un moteur à combustion interne comportant une chambre de combustion à l'intérieur de laquelle se réalise une phase d'oxydation lente dudit mélange au préalable de la combustion de ce mélange, est caractérisé en ce qu'on introduit, dans la chambre de combustion, une quantité déterminée de carburant pendant la phase d'oxydation lente du mélange carburé pour allonger la durée de cette phase.

**[0015]** De manière avantageuse, on peut introduire la quantité déterminée de carburant lors d'au moins une injection de carburant.

**[0016]** Préférentiellement, on peut introduire une quantité du carburant inférieure ou égale à 10 mm<sup>3</sup>.

**[0017]** Cette quantité de carburant introduite peut être comprise entre 1 et 8 mm<sup>3</sup>.

**[0018]** De manière préférentielle, on peut réaliser dans la chambre de combustion un mélange carburé comprenant du carburant, de l'air et des gaz d'échappement recirculés.

**[0019]** On peut réaliser un mélange carburé avec un taux maximum de gaz d'échappement recirculés de l'ordre de 0,7.

**[0020]** Le carburant introduit peut être du type essence ou de type diesel.

**[0021]** L'invention concerne également un dispositif de contrôle de la combustion par auto-inflammation d'un mélange carburé homogène pour un moteur à combustion interne comportant une chambre de combustion à l'intérieur de laquelle se réalise une phase d'oxydation lente dudit mélange précédant la combustion du mélange carburé, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de commande d'injection d'une quantité déterminée de carburant pendant la phase d'oxydation lente de ce mélange.

**[0022]** Les moyens de commande peuvent être le calculateur moteur contrôlant les injecteurs de carburant.

**[0023]** Les autres caractéristiques et avantages de l'invention vont ressortir à la lecture de la description qui va suivre et à laquelle est annexée la figure unique qui

montre les courbes de pression et de dégagement d'énergie présents dans la chambre de combustion en fonction de l'angle du vilebrequin.

**[0024]** Sur cette figure, les courbes A et B montrent l'évolution de la pression P (en bars) dans une chambre de combustion d'un moteur à combustion interne de type diesel, en fonction de l'angle du vilebrequin V (en degré), et les courbes A' et B' l'évolution du dégagement d'énergie E à l'intérieur de cette chambre en fonction de l'angle de vilebrequin et cela respectivement sans et avec le procédé selon l'invention.

**[0025]** La chambre de combustion est généralement délimitée par la face supérieure d'un piston, la paroi d'un cylindre à l'intérieur duquel coulisse ce piston, dans un mouvement linéaire alternatif, et la face interne d'une culasse venant fermer le cylindre.

**[0026]** Pour des raisons de simplification, il est fait mention dans la description de l'angle du vilebrequin mais il est clair que cet angle correspond à une position précise du piston qui se déplace dans le cylindre sous l'effet d'un système bielle-manivelle que commande le vilebrequin.

**[0027]** Comme visible sur la figure unique, la courbe A (en pointillé) montre l'évolution de la pression régnant dans la chambre de combustion avec un mélange carburé avec une richesse de l'ordre de 0,96 et comprenant du carburant diesel, de l'air et un taux de gaz d'échappement recirculés correspondant à environ 70% du mélange total.

Aux environs de 260° d'angle du vilebrequin, le carburant est introduit dans la chambre de combustion par une première injection puis, aux environs de 320° d'angle du vilebrequin, par une deuxième injection pour obtenir, à environ 360°, qui correspond au point mort haut compression (PMH), le mélange quasi homogène entre le carburant, l'air et les gaz recirculés. Conjointement, la pression dans la chambre de combustion va croître de manière sensiblement linéaire pour atteindre un maximum au voisinage du point mort haut. A partir de cette position, cette pression va décroître pour atteindre sensiblement la pression atmosphérique aux environs de 420° d'angle de vilebrequin.

Simultanément et en se rapportant à la courbe A' (en pointillé), le dégagement d'énergie dans cette chambre de combustion va être sensiblement nul à la fin de la deuxième injection (aux environs de 320° d'angle de vilebrequin) jusqu'aux alentours de 340° d'angle de vilebrequin. Puis, à partir de ce point, le mélange carburé homogène, sous l'effet notamment de la compression, subit une phase d'oxydation lente qui débute au point O1 et perdure pendant une certaine durée (indiquée OL1 sur la figure) tout en précédant le début de la combustion de ce mélange carburé (signalé par la flèche C sur la figure). Cette combustion entraîne un fort dégagement d'énergie jusqu'aux environs de 360° d'angle de vilebrequin (PMH), puis l'énergie emmagasinée dans la chambre de combustion va décroître jusqu'à atteindre une valeur quasi nulle aux environs de 400°

d'angle de vilebrequin.

**[0028]** Il est clair que si l'on souhaite décaler le moment C où va débiter la combustion du mélange carburé de manière à améliorer le rendement du moteur, la solution la plus utilisée consiste à augmenter le taux de gaz d'échappement recirculés présent dans la chambre de combustion et de ce fait les émissions de polluants tels que les oxydes de carbone vont augmenter rapidement.

**[0029]** Pour obtenir un calage souhaité tout en diminuant les émissions de polluants, le demandeur a prévu d'introduire dans la chambre de combustion, pendant la phase d'oxydation lente du mélange carburé et à un moment déterminé de cette phase, une quantité déterminée de carburant.

**[0030]** Cette introduction de carburant se fera soit par une seule injection soit par une multitude d'injections.

**[0031]** Cette introduction tardive de carburant permet ainsi d'absorber une partie de l'énergie dégagée dans la chambre de combustion par le mélange carburé en phase d'oxydation lente, cette énergie absorbée étant utilisée pour la vaporisation du carburant injecté tardivement.

Cette énergie absorbée est ensuite reconstituée lors de la poursuite du processus d'oxydation lente du mélange carburé en entraînant un allongement de la durée de cette oxydation lente et ce, jusqu'à atteindre les caractéristiques nécessaires (température notamment) pour entamer la combustion du mélange carburé.

Grâce à cela, le début de la combustion du mélange carburé sera décalé par l'allongement de la durée de l'oxydation lente.

**[0032]** A titre d'exemple, le demandeur a procédé à des essais avec un procédé de combustion de mélange carburé connu (courbes A et A' en trait pointillé) et avec le procédé selon l'invention (courbes B et B' en trait plein sur la figure).

**[0033]** Comme déjà mentionné, le mélange carburé des courbes A et A' contient environ 70% de gaz d'échappement recirculés et a une richesse de l'ordre de 0,96. Après combustion de ce mélange, les émissions d'oxydes de carbone (CO) ont été de l'ordre de 40g/kWh.

**[0034]** Durant ces essais, il a été prévu de diminuer de manière non négligeable le taux de gaz d'échappement recirculés (taux au voisinage de 60%) du mélange carburé et cela a entraîné comme avantage de diminuer de manière conséquente la richesse de ce mélange (de l'ordre de 0,91) ce qui, grâce au procédé du demandeur, a donné comme résultats les courbes B et B'.

**[0035]** Normalement, de par la diminution du taux de gaz recirculés et conséquemment de par la présence en plus grande quantité d'oxygène, la phase d'oxydation lente du mélange carburé débute plus tôt (aux alentours de 335° d'angle de vilebrequin) et le début de la combustion se produit généralement après un débattement angulaire du vilebrequin d'environ 15°, ce qui amène le début de la combustion dans la chambre aux alentours

de 350°. Durant le processus de combustion, le pic maximum de dégagement d'énergie est obtenu alors que le piston n'a pas atteint sa position de point mort haut, ce qui entraîne une perturbation du moteur, notamment au niveau du rendement.

**[0036]** Selon le procédé utilisé par le demandeur et en se référant à la courbe B', le début de l'oxydation lente du mélange carburé se fait également de manière précoce (point O2) aux alentours de 335° d'angle de vilebrequin mais, grâce à une introduction de quantité déterminée de carburant dans la chambre de combustion, la durée de la période d'oxydation lente est allongée (indiquée OL2 sur la figure) pour se terminer au point C du début de la combustion du mélange carburé identique à celui de la courbe A'.

**[0037]** De manière générale, cette quantité de carburant introduite tardivement est inférieure ou égale à 50% de la quantité totale de carburant introduite et préférentiellement est comprise entre 10 à 40% de cette quantité totale.

La quantité totale telle que mentionnée comprend les ou l'injection de carburant effectuée au préalable de la phase d'oxydation lente pour obtenir le mélange carburé homogène et les ou l'injection faite pendant la phase d'oxydation lente.

**[0038]** Plus précisément, il est prévu d'introduire une quantité de carburant inférieure ou égale à 10 mm<sup>3</sup> et de préférence comprise entre 1 et 8 mm<sup>3</sup>.

**[0039]** A titre d'exemple, lors d'essais effectués par le demandeur, sur une quantité totale de carure injecte de 8,6 mm<sup>3</sup>, la quantité de carburant introduite (en deux injections) pendant la phase d'oxydation lente est de 3 mm<sup>3</sup> soit environ 37%.

Pour ces essais, le demandeur a injecté le carburant pendant la phase d'oxydation lente à un angle de vilebrequin correspondant à environ -15° par rapport au point mort haut.

**[0040]** Comme visible sur la courbe B' de la figure, la quantité de carburant injecté a pour conséquence d'absorber une quantité d'énergie (montrée par une flèche D sur la figure) générée par l'oxydation lente du mélange carburé puis l'énergie absorbée est reconstituée pendant la poursuite de cette phase jusqu'à ce que le mélange carburé ait obtenu toutes les caractéristiques pour que sa combustion se fasse au point C.

**[0041]** A partir de ce point, le dégagement d'énergie est quasiment identique à celui du mélange carburé décrit en relation avec la courbe A'.

**[0042]** De plus, comme visible sur la figure et en se rapportant à la courbe B, cette dernière suit sensiblement l'évolution de la courbe A et permet ainsi d'obtenir les mêmes caractéristiques de pression régnant dans la chambre de combustion.

**[0043]** Ainsi grâce à l'invention, on peut obtenir les mêmes caractéristiques de pression et de dégagement d'énergie avec les mêmes angles de vilebrequin qu'un mélange avec un fort taux de gaz recirculés et cela avec un mélange carburé contenant un taux moindre de gaz

d'échappement recirculés et avec une richesse du mélange plus faible.

De plus, grâce au procédé du demandeur, les émissions d'oxyde de carbone (CO) ont été fortement diminuées avec une émission de l'ordre de 29g/kWh.

**[0044]** Bien entendu, la présente invention peut s'appliquer à des mélanges carburés avec un carburant de type essence ou diesel.

**[0045]** Ainsi, pour un mélange d'essence, d'air et de gaz recirculés, le début de la combustion par auto-inflammation est précédé, comme dans les exemples décrits ci-dessus, par une phase d'oxydation lente de ce mélange.

**[0046]** De ce fait, on peut introduire une quantité déterminée d'essence (en une ou plusieurs injections) pour rallonger cette phase d'oxydation lente et caler ainsi le début de la combustion à l'instant souhaité.

**[0047]** Préférentiellement, ce procédé s'applique pour des faibles ou moyennes charges du moteur et, pour les fortes charges, il sera utilisé les procédés de combustion classiques.

**[0048]** L'invention telle que décrite ci-dessus sera appliquée à un moteur à combustion interne qui comportera les moyens de commande nécessaires pour contenir les paramètres de l'injection tardive (moment de l'injection tardive du carburant, quantité de carburant, nombre d'injections, ...) et commander en conséquence les injecteurs de carburants associés que comporte habituellement ce moteur.

**[0049]** Avantageusement, il sera utilisé le calculateur moteur que comporte la plupart des moteurs à combustion interne pour contenir ces paramètres et commander les injecteurs de carburant en conséquence.

## Revendications

1. Procédé de contrôle de la combustion par auto-inflammation d'un mélange carburé homogène pour un moteur à combustion interne comportant une chambre de combustion à l'intérieur de laquelle se réalise une phase d'oxydation lente dudit mélange au préalable de la combustion de ce mélange, **caractérisé en ce qu'on** introduit, dans la chambre de combustion, une quantité déterminée de carburant pendant la phase d'oxydation lente du mélange carburé pour allonger la durée de cette phase.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'on** introduit la quantité déterminée de carburant lors d'au moins une injection de carburant.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'on** introduit une quantité du carburant inférieure ou égale à 10 mm<sup>3</sup>.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'on** introduit une quantité de carburant com-

prise entre 1 et 8 mm<sup>3</sup>.

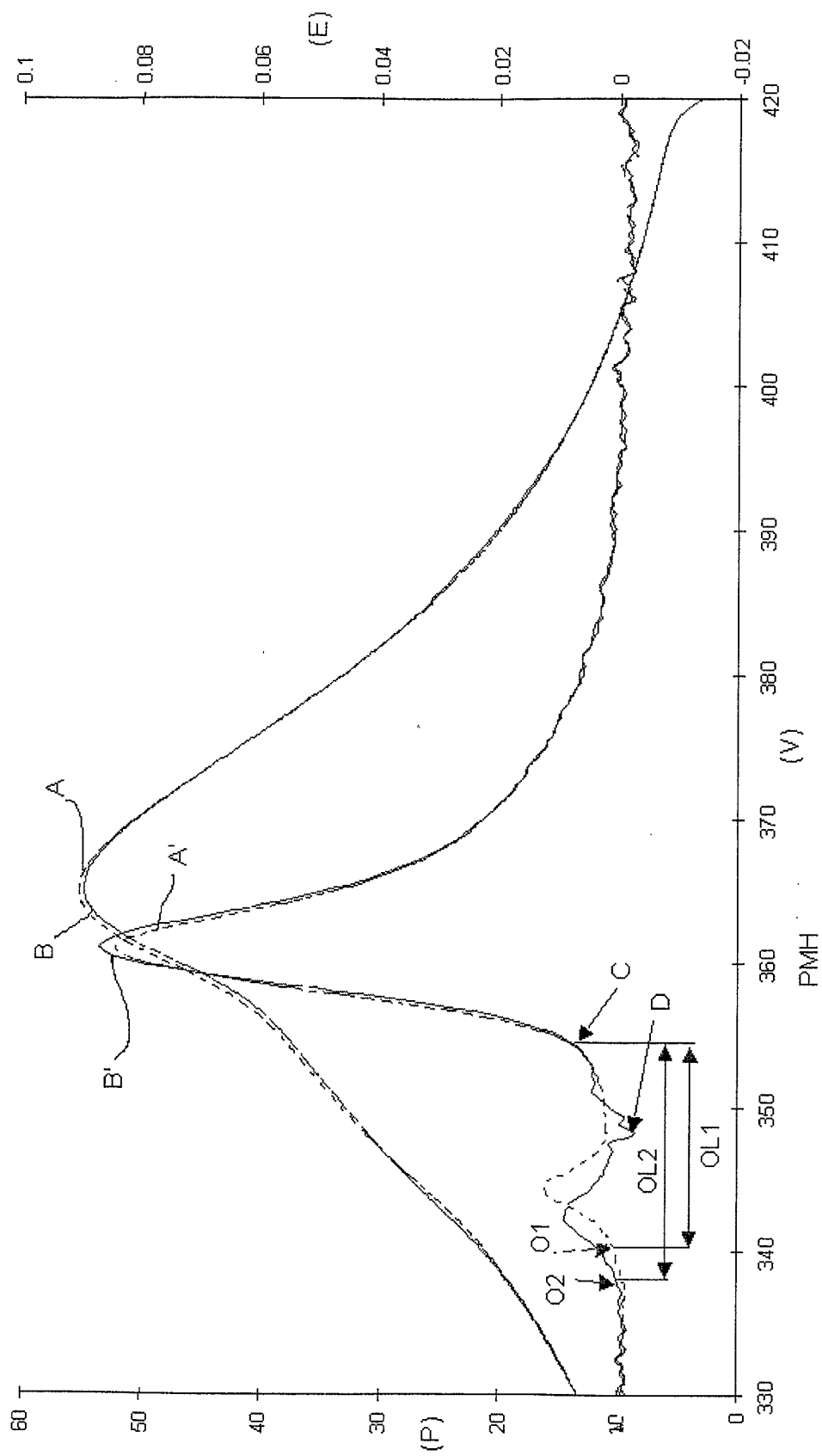
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**on réalise dans la chambre de combustion un mélange carburé comprenant du carburant, de l'air et des gaz d'échappement recirculés. 5
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'**on réalise un mélange carburé avec un taux maximum de gaz d'échappement recirculés de l'ordre de 0,7. 10
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**on introduit du carburant de type essence. 15
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**on introduit du carburant de type diesel. 20
9. Dispositif de contrôle de la combustion par auto-inflammation d'un mélange carburé homogène pour un moteur à combustion interne comportant une chambre de combustion à l'intérieur de laquelle se réalise une phase d'oxydation lente dudit mélange précédant la combustion du mélange carburé, **caractérisé en ce qu'**il comprend des moyens de commande d'injection d'une quantité déterminée de carburant pendant la phase d'oxydation lente de ce mélange. 25  
30
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé** les moyens de commande sont le calculateur moteur contrôlant les injecteurs de carburant. 35

40

45

50

55

**Figure unique**



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 02 29 1797

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (InCl.7)
X	WO 00 61927 A (SCANIA CV ABP ; CARLSSON GOERAN (SE); HULTQVIST ANDERS (SE)) 19 octobre 2000 (2000-10-19) * figure 1 * * abrégé *	1,2,7-10	F02B1/12 F02B7/02 F02B47/08
A	* revendications 1-9 *	3,4	
X	DE 195 19 663 A (DAIMLER BENZ AG) 15 mai 1996 (1996-05-15) * figures 1,2 * * abrégé * * revendications 1-3 *	1,2,9,10	
X	GB 2 277 776 A (GREENHOUGH JOHN HEATH) 9 novembre 1994 (1994-11-09) * figure 1 * * abrégé *	1,2,9,10	
A	* revendications 1-9 *	5,6	
A	DE 198 10 935 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 16 septembre 1999 (1999-09-16) * figures 1-3 * * abrégé * * revendications 1-10 *	1,5,6,9,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) F02B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 novembre 2002	Examineur Wassenaar, 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	

EPO FORM 1503/03 R2 (P04C02)

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

EP 02 29 1797

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.

20-11-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0061927	A	19-10-2000	BR 0009606 A	08-01-2002
			DE 10084446 T0	29-05-2002
			WO 0061927 A1	19-10-2000
			SE 9901255 A	10-10-2000
DE 19519663	A	15-05-1996	DE 19519663 A1	15-05-1996
GB 2277776	A	09-11-1994	AUCUN	
DE 19810935	A	16-09-1999	DE 19810935 A1	16-09-1999
			WO 9947797 A1	23-09-1999
			EP 1062412 A1	27-12-2000

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