

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :

2 946 393

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

09 02660

(51) Int Cl<sup>8</sup> : F 02 D 41/30 (2006.01)

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 03.06.09.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.12.10 Bulletin 10/49.

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

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : IFP Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

(72) Inventeur(s) : KASHDAN JULIAN.

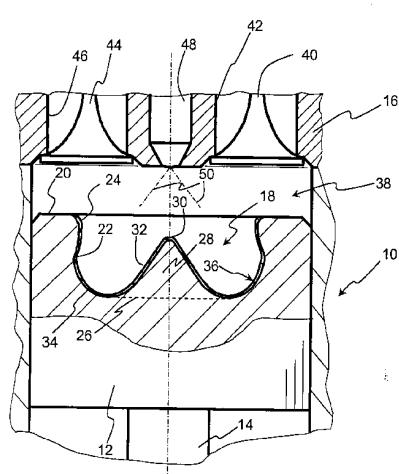
(73) Titulaire(s) : IFP Etablissement public à caractère industriel et commercial.

(74) Mandataire(s) : IFP.

(54) PROCEDE D'INJECTION DE CARBURANT DANS UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A AUTO-INFLAMMATION A INJECTION DIRECTE.

(57) La présente invention concerne un procédé d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel, comportant un cylindre (10) fermé par une culasse (16), un piston (12) comportant un bol (18), et un injecteur de carburant (48).

Selon l'invention, le procédé consiste à introduire le carburant dans le bol revêtu d'un revêtement thermiquement isolant en au moins deux injections successives rapprochées de manière à réaliser une combustion à basse température du mélange carburé.



La présente invention se rapporte à un procédé d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne à auto-inflammation à injection directe, notamment de type Diesel.

5       Elle concerne plus particulièrement les moteurs de type Diesel fonctionnant en combustion à basse température du mélange carburé, plus communément connue sous le terme de combustion LTC (Low Temperature Combustion).

10      Ce type de combustion LTC a notamment pour avantage de limiter la production de polluants résultant de la combustion et en particulier de limiter la production d'oxydes d'azote (NOx) et de particules.

15      Cette combustion est généralement réalisée par l'utilisation d'une grande quantité de gaz d'échappement recirculés (EGR) à l'admission du moteur pour abaisser les températures de combustion permettant de réduire les émissions de NOx. En outre, l'emploi d'un fort pré-mélange entre l'air et le carburant a pour effet de réaliser un mélange relativement homogène avant la combustion permettant ainsi de limiter la production de particules.

20      Cependant, ce type de combustion a pour inconvénient majeur de produire des niveaux d'émissions de HC élevés qui sont rejetés à l'échappement du moteur. Cette production de HC est liée essentiellement aux basses températures de combustion, qui ne permettent pas l'oxydation totale des HC en CO puis en CO2.

25      Comme cela est déjà décrit dans la demande de brevet CN 1 434 193, il est connu un tel moteur avec un cylindre à l'intérieur duquel coulisse, en un mouvement rectiligne alternatif, un piston portant un bol creux. Une chambre de combustion d'un mélange carburé est ainsi délimitée par la paroi du cylindre, la face de la culasse en vis du piston, la face supérieure de ce piston et les parois 30     du bol.

Tel que cela est mieux explicité dans le document précité, il est prévu de minimiser les pertes thermiques (pertes de chaleur générée lors de la

combustion de ce mélange carburé) à travers les parois de la chambre de combustion du moteur. Pour cela, les surfaces du bol sont couvertes au moins en partie par un revêtement isolant thermiquement, par exemple de type céramique, caractérisé notamment par une conductivité thermique très faible.

5 De ce fait, ce revêtement limite la perte de chaleur générée lors de la combustion du mélange carburé, ce qui permet de maintenir des températures de combustion élevées. Ces niveaux élevés de températures permettent ainsi de favoriser une meilleure oxydation des hydrocarbures imbrûlés (HC) et des monoxydes de carbone (CO). De plus, l'utilisation d'un tel revêtement entraîne  
10 une élévation des températures des parois de la chambre de combustion, ce qui a pour effet de limiter la formation de films liquides de carburant qui se forment notamment sur la surface du piston. En effet, ces films liquides de carburant sont une source non négligeable de production de HC, en particulier dans le type de combustion LTC.

15

Cette augmentation des températures entraîne cependant des inconvénients néfastes à la combustion, comme une réduction du délai d'auto-inflammation du mélange carburé et une augmentation de la vitesse de combustion. Ces vitesses de combustion excessives, qui entraînent  
20 généralement des pics de dégagement d'énergie élevés, sont pénalisantes car elles sont associées à des niveaux élevés de bruit de combustion (ou bruit moteur).

La présente invention se propose de remédier aux inconvénients précités  
25 grâce à un procédé d'injection de carburant qui permet de réduire les niveaux de bruit de combustion.

A cet effet, l'invention concerne un procédé d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel,  
30 comportant un cylindre fermé par une culasse, un piston comportant un bol, et un injecteur de carburant, caractérisé en ce qu'il consiste à introduire le carburant dans le bol revêtu d'un revêtement thermiquement isolant en au

moins deux injections successives rapprochées de manière à réaliser une combustion à basse température du mélange carburé.

Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
5 successives avec un délai correspondant à un angle de rotation de vilebrequin  
compris entre 1° et 10° entre la fin d'une injection et le début de l'injection  
suivante.

Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
10 successives de quantité de carburant égale entre elles.

Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant différente entre elles.

15 Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant croissante entre elles.

Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant décroissante entre elles.

20 Le procédé peut consister à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant comprise entre 5% et 50% de la quantité  
globale du carburant.

25 Les autres caractéristiques et avantages de l'invention vont apparaître à la  
lecture de la description qui va suivre, donnée à titre uniquement illustratif et  
non limitatif, et à laquelle sont annexées :

- la figure 1 qui montre une vue locale d'une partie d'un moteur à  
combustion interne utilisant le procédé selon l'invention et
- 30 - la figure 2 qui montre des courbes illustrant le dégagement d'énergie (J)  
en fonction de l'angle du vilebrequin (°V) pour des moteurs de l'art antérieur et  
pour un moteur utilisant le procédé selon l'invention.

La figure 1 illustre, en coupe partielle locale, un moteur à combustion interne à injection directe à autoallumage fonctionnant avec un mode de combustion à basse température. Ce moteur est préférentiellement de type 5 Diesel mais cela n'écarte en aucune manière les autres types de moteur, comme ceux fonctionnant avec de l'essence ou un carburant gazeux (GNV, GPL,...).

Ce moteur comprend au moins un cylindre 10 à l'intérieur duquel coulisse 10 un piston 12 en un mouvement translatif alternatif sous l'effet d'une bielle 14 raccordée à un vilebrequin (non représenté), et une culasse 16 venant fermer le haut du cylindre.

Le haut du piston comprend un bol concave 18 qui est délimité par la face supérieure 20 du piston, une surface latérale 22 raccordée à la face 20 par un 15 congé 24 et un fond de bol 26. De manière préférentielle, un téton 28, saillant en direction de la culasse 16, est logé l'intérieur de ce bol. Ce téton, de forme générale tronconique, est situé sensiblement au centre de ce bol. Le sommet arrondi 30 de ce téton se poursuit, en direction du fond de bol 26 par un flanc incliné 32 sensiblement rectiligne, puis par une partie curviligne 34 venant 20 raccorder le flanc 32 au fond de bol 26 et à la surface latérale 22.

Les différentes parois de ce bol sont couvertes par un revêtement 36 isolant thermiquement permettant de minimiser les pertes thermiques au travers de ces parois.

Avantageusement, ce revêtement est du type céramique et notamment du 25 groupe des nitrides de silicium. Pour cela, la suite de la description fera mention, uniquement à titre d'exemple illustratif, de revêtement céramique pour ce bol.

Ainsi, une chambre de combustion 38 est formée dans ce cylindre en 30 étant délimitée par la portion de la culasse 16 en regard du piston 12, la surface périphérique interne du cylindre 10, la face supérieure 20 du piston 10, et les parois de bol couvertes par le revêtement céramique 36.

La culasse 16 porte au moins un moyen d'admission avec une soupape d'admission 40 et une tubulure d'admission 42, et au moins un moyen d'échappement avec une soupape d'échappement 44 et une tubulure 5 d'échappement 46.

Des moyens d'injection de carburant sont disposés dans la culasse 16 de manière à introduire du carburant à l'intérieur de la chambre de combustion 38. Ces moyens comportent un injecteur de carburant 48, de préférence un injecteur multi-jets, qui comprend au voisinage de son nez une multiplicité 10 d'orifices à travers desquels est pulvérisé le carburant dans la chambre de combustion sous forme de jets 50.

Avantageusement, l'axe de l'injecteur est placé de manière coaxiale à l'axe du téton de manière à ce que les jets de carburant soient introduits à l'intérieur du bol. Ainsi, le bol, le téton et l'injecteur sont placés coaxialement les 15 uns par rapport aux autres.

On se rapporte maintenant à la figure 2 qui montre des courbes illustrant le dégagement d'énergie (J) en fonction de l'angle du vilebrequin ( $^{\circ}V$ ) pour un moteur de l'art antérieur (A), en trait tiret, sans injection multiple de carburant et 20 comportant un piston avec un bol revêtu d'un revêtement céramique, pour un autre moteur de l'art antérieur (B), en trait pointillé, sans injection multiple de carburant et comportant un piston avec un bol dépourvu de revêtement céramique, et pour un moteur utilisant le procédé selon l'invention (I), en trait fort.

25

Ainsi, pour le moteur de l'art antérieur avec le dégagement d'énergie de la courbe A, du carburant est introduit, en une seule injection principale, dans la chambre de combustion par l'injecteur 48 à un angle de vilebrequin V1 voisin du Point Mort Haut compression de ce moteur (PMH) et avant ce PMH. Plus 30 particulièrement, ce carburant est introduit à l'intérieur du bol 18 revêtu d'un revêtement céramique pour se mélanger avec les fluides (air et EGR) qui y sont contenus. Ce carburant permet de réaliser un mélange carburé qui est disposé

à s'auto-enflammer sous l'effet de la compression par le piston. Cette combustion permet de générer un dégagement d'énergie qui s'accroît brutalement du dégagement d'énergie Dn, résultant de la phase de compression du moteur, pour arriver à un dégagement maximal D1 avant le  
5 PMH du moteur.

Comme déjà mentionné plus haut, un tel dégagement important d'énergie entraîne notamment une génération de niveaux élevés de bruit de combustion dans la chambre de combustion. En effet, l'utilisation d'un bol revêtu d'un revêtement céramique augmente la vitesse de combustion du mélange carburé  
10 en entraînant une augmentation du dégagement d'énergie ainsi que des niveaux de bruit.

Pour le dégagement d'énergie selon un autre moteur de l'art antérieur de la courbe B, le carburant est introduit, comme précédemment décrit, à l'intérieur  
15 du bol 18 dépourvu de revêtement céramique pour réaliser un mélange carburé. Lors de l'auto inflammation de ce mélange carburé, le dégagement d'énergie augmente du point Dn pour arriver à un dégagement maximal D2 au voisinage du PMH du moteur qui est inférieur à celui du dégagement maximale de la courbe A.  
20

Ce dégagement d'énergie entraîne une production de niveaux de bruit de combustion moins élevés que celui de la courbe A mais engendre des émissions élevées de HC.

Afin de palier ce problème, l'utilisation des stratégies d'injection multiples rapprochées selon l'invention permet de moduler ce dégagement d'énergie afin de limiter le bruit de combustion à des niveaux acceptables.  
25

De plus, la combinaison d'une chambre de combustion avec un bol comportant un revêtement en céramique associée et ces stratégies d'injection multiples rapprochées permet également d'améliorer le compromis HC/CO/bruit  
30 pour des moteurs fonctionnant selon le mode de combustion Diesel LTC.

Plus précisément, il est prévu d'adopter, pour le moteur utilisant le procédé selon l'invention (courbe I), une stratégie d'injection avec au moins deux injections successives rapprochées de carburant à partir de l'angle de vilebrequin V1.

5

La courbe I de la figure 2 illustre le procédé selon l'invention avec les dégagements d'énergie correspondant à la quantité globale de carburant qui est partagée en deux injections successives de carburant équivalentes à la quantité globale de carburant des moteurs de l'art antérieur. Une première 10 quantité de carburant est injectée à l'angle de vilebrequin V1 puis une seconde quantité de ce carburant est injectée à l'angle de vilebrequin V2 de manière très rapprochée de l'injection initiale de carburant, préférentiellement dans un délai correspondant à un angle de rotation de vilebrequin compris entre 1° et 10° entre la fin de l'injection précédente et le début de cette deuxième injection.

15 Ainsi, la première injection de carburant permet d'obtenir, au PMH, une combustion du mélange carburé avec un dégagement d'énergie D2 inférieur au dégagement d'énergie D1 du moteur de l'art antérieur (réduction de dégagement d'énergie de l'ordre du tiers). Ce dégagement d'énergie D2 diminue jusqu'à l'angle de vilebrequin V2 où la deuxième quantité de carburant 20 est injectée dans la chambre de combustion. Cette deuxième quantité de carburant, qui est ici sensiblement identique à la première, permet de réaliser à l'angle de vilebrequin V3 une combustion du mélange carburé avec un dégagement d'énergie qui est comparable à celui de la combustion du mélange carburé de la première injection.

25 Il peut aussi être envisagé de réaliser une multiplicité d'injections de carburant qui soit supérieure à deux injections.

Dans ce cas, il peut être prévu que la quantité totale de carburant à injecter se réalise selon des injections de carburant successives rapprochées 30 avec des quantités de carburant sensiblement identiques entre elles jusqu'à obtenir l'injection souhaitée de la quantité totale de carburant équivalente au moteur de l'art antérieur.

Ces quantités de carburant à injecter successivement peuvent être également différentes entre elles, telles que des quantités croissantes ou décroissantes les unes par rapport aux autres entre elles jusqu'à l'obtention de la quantité globale de carburant à injecter dans la chambre de combustion.

5

Avantageusement dans le cas de quantités décroissantes, ces quantités peuvent être comprise entre 5% et 40% de la quantité de carburant de l'injection précédente.

A titre d'exemple, il peut être envisagé, pour trois injections successives,  
10 d'injecter 50% de la quantité globale lors d'une première injection à l'angle V1 avant le PMH puis 30% de cette quantité globale après un angle de rotation de vilebrequin de 5° à l'angle V2 et, lors de la troisième injection, à injecter la quantité restante de carburant (soit 20% de la quantité globale) après un angle de rotation de vilebrequin de 5° suivant la deuxième injection et avant le PMB.

15

Ces injections successives peuvent être régulièrement reparties entre l'angle V1 et le PMB et leur nombre peut être différents avant et après le PMH.

Ces injections multiples rapprochées de carburant permettent de pouvoir  
20 moduler les pics de dégagement d'énergie et donc les bruits de combustion tout en réduisant les émissions de HC et en produisant une faible quantité de NOx, notamment sur les points de fonctionnement du moteur les moins chargés.

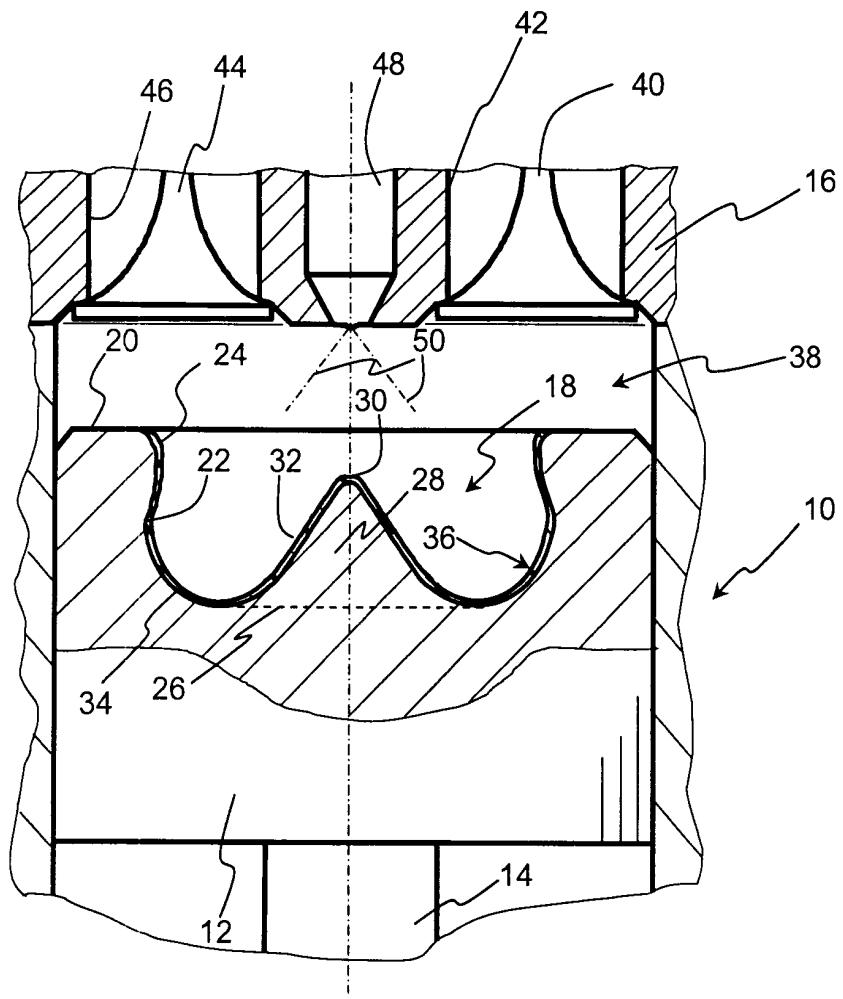
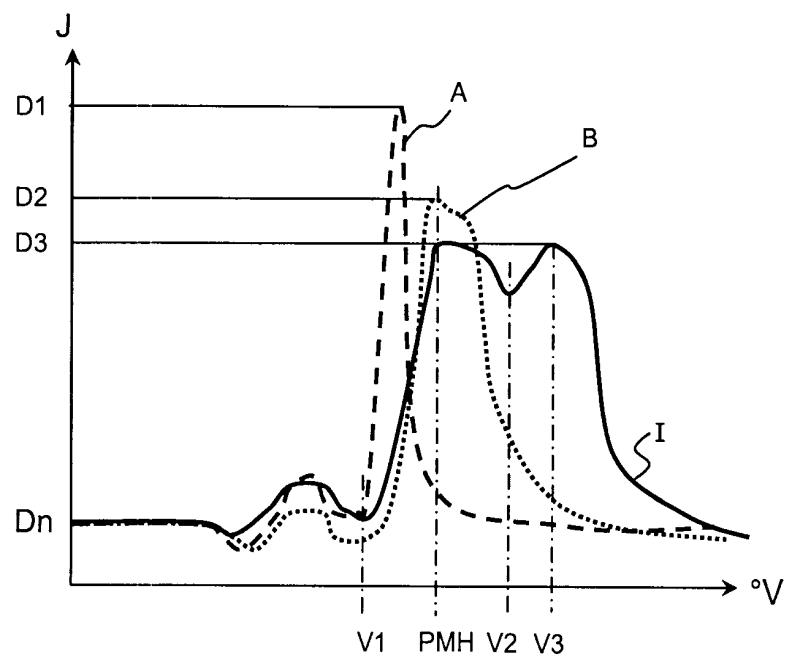
La présente invention n'est pas limitée à l'exemple décrit mais englobe  
25 toutes variantes et tous équivalents couverts par la présente invention.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne  
à injection directe, notamment de type Diesel, comportant un cylindre (10)  
5 fermé par une culasse (16), un piston (12) comportant un bol (18), et un  
injecteur de carburant (48), caractérisé en ce qu'il consiste à introduire le  
carburant dans le bol revêtu d'un revêtement thermiquement isolant en au  
moins deux injections successives rapprochées de manière à réaliser une  
combustion à basse température du mélange carburé.
- 10 2) Procédé d'injection de carburant selon la revendication 1, caractérisé  
en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections successives avec  
un délai correspondant à un angle de rotation de vilebrequin compris entre 1° et  
10° entre la fin d'une injection et le début de l'injection suivante.
- 15 3) Procédé d'injection de carburant selon la revendication 1 ou 2,  
caractérisé en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant égale entre elles.
- 20 4) Procédé d'injection de carburant selon la revendication 1 ou 2,  
caractérisé en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections  
successives de quantité de carburant différente entre elles.
- 25 5) Procédé d'injection de carburant selon la revendication 4, caractérisé  
en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections successives de  
quantité de carburant croissante entre elles.
- 30 6) Procédé d'injection de carburant selon la revendication 4, caractérisé  
en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections successives de  
quantité de carburant décroissante entre elles.

7) Procédé d'injection de carburant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à introduire le carburant en des injections successives de quantité de carburant comprise entre 5% et 50% de la quantité globale du carburant.

1/1

Figure 1Figure 2

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement  
national

FA 722737

FR 0902660

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

<b>DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	JP 10 252476 A (YANMAR DIESEL ENGINE CO) 22 septembre 1998 (1998-09-22) * alinéas [0027], [0028]; figures 13,14 *	1,4-5,7	F02D41/30
Y	-----	2-3,6	
Y	WO 01/33060 A1 (YANMAR DIESEL ENGINE CO [JP]; ASAII GOU [JP]; IMAMORI TOSHIKAZU [JP]) 10 mai 2001 (2001-05-10) * abrégé; figure 9 *	2-3	
A	-----	7	
Y	DE 10 2005 051740 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 8 juin 2006 (2006-06-08)	6	
A	* alinéas [0074], [0076], [0077] *	2,4	
-----			
A	US 2005/211218 A1 (LIU ZHENGBAI [US] ET AL) 29 septembre 2005 (2005-09-29) * alinéa [0043]; figure 4 *	2-7	
-----			
A,D	CN 1 434 193 A (UNIV SHANGHAI JIAOTONG [CN]) 6 août 2003 (2003-08-06) * abrégé *	1	
-----			
A	WO 03/064831 A1 (SCANIA CV ABP [SE]; LINDERYD JOHAN [SE]; LARSSON ANDERS [SE]; MATTSSON) 7 août 2003 (2003-08-07) * page 4, ligne 15-30 * * figure 2 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
-----			F02D F02B F02F
1	Date d'achèvement de la recherche  20 janvier 2010	Examinateur  Röttger, Klaus	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
EPO FORM 1503.12.99 (P04C14)			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0902660 FA 722737**

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 **20-01-2010**

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
JP 10252476	A	22-09-1998	JP	3804879 B2	02-08-2006
WO 0133060	A1	10-05-2001	JP	2001193463 A	17-07-2001
			TW	449645 B	11-08-2001
DE 102005051740	A1	08-06-2006	WO	2006058640 A1	08-06-2006
US 2005211218	A1	29-09-2005	CN	1934340 A	21-03-2007
			EP	1727974 A2	06-12-2006
			JP	2007530858 T	01-11-2007
			WO	2005098214 A2	20-10-2005
CN 1434193	A	06-08-2003	AUCUN		
WO 03064831	A1	07-08-2003	AT	437300 T	15-08-2009
			EP	1474593 A1	10-11-2004
			SE	524347 C2	27-07-2004
			SE	0200288 A	02-08-2003
			US	2005178354 A1	18-08-2005