

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
26 octobre 2012 (26.10.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/143625 A2

(51) Classification internationale des brevets :
F02M 61/18 (2006.01) *F02B 3/10* (2006.01)
F02M 45/04 (2006.01) *F02M 45/02* (2006.01)
F02M 45/08 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/000151

(22) Date de dépôt international :
19 avril 2012 (19.04.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
11/01261 21 avril 2011 (21.04.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : IFP
ENERGIES NOUVELLES [FR/FR]; 1 et 4 avenue de
Bois Préau, F-92852 Rueil Malmaison (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : DUPARCHY,
Alexandre [FR/FR]; 2, rue Blanche Monier, F-38000 Gre-
noble (FR).

(74) Mandataire : NGUYEN, Jean-Paul; IFP Energies Nou-
velles, 1 et 4 avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Mal-
maison Cedex (FR).

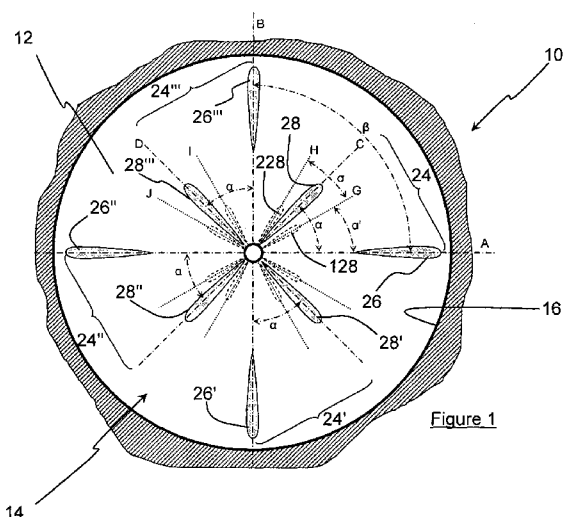
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, TM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR CONTROLLING THE INJECTION OF FUEL INTO A DIRECT-INJECTION INTERNAL COMBUS-
TION ENGINE, PARTICULARLY A DIESEL ENGINE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE CONTRÔLE DE L'INJECTION DE CARBURANT DANS UN MOTEUR À COMBUSTION IN-
TERNE À INJECTION DIRECTE, NOTAMMENT DE TYPE DIESEL



(57) Abstract : The present invention relates to a method for controlling the injection of a fuel into a direct-injection internal com-
bustion engine, particularly a diesel engine, comprising a cylinder (10) having a chamber (14) for the combustion of a fuel/air mix-
ture and including a means (20) for injecting fuel into said chamber in at least one jet (24) including a main jet portion (26) and at
least one secondary jet portion (28) following the main portion. According to the invention, the method involves injecting the main
jet portion (26) into the combustion chamber in at least one direction (A, B, E), and injecting the secondary jet portion (28) in
at least one direction (C, D, F, G, H, I, J, L, M) forming a nonzero angle (α , Θ) with the direction of said main jet portion.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/143625 A2



Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

La présente invention concerne un procédé de contrôle de l'injection d'un carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel, comportant un cylindre (10) avec une chambre (14) pour la combustion d'un mélange carburé et comprenant des moyens d'injection de carburant (20) dans ladite chambre en au moins un jet (24) comprenant une portion primaire de jet (26) et au moins une portion secondaire de jet (28) succédant à la portion primaire. Selon l'invention, le procédé consiste à injecter dans la chambre de combustion la portion primaire (26) de jet selon au moins une direction (A, B; E) et à injecter la portion secondaire (28) de jet dans au moins une direction (C, D, F, G, H, I, J, L, M) formant un angle (α , Θ) non nul avec la direction de ladite portion primaire de jet.

Procédé de contrôle de l'injection de carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel.

5 La présente invention se rapporte à un procédé de contrôle de l'injection de carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, en particulier pour un moteur de type Diesel.

 Elle concerne plus particulièrement les moteurs avec une combustion du
10 mélange carburé à basse température, qui est dénommée combustion LTC (Low Temperature Combustion).

 Ce type de combustion LTC a principalement pour avantage de limiter la production de polluants résultant de la combustion, comme les oxydes d'azote (NOx).

15

 Comme mieux décrit dans la demande de brevet EP 1 122 417, ce moteur comprend une chambre de combustion et des moyens d'injection de carburant pour y injecter, dans une même direction radiale et dans le même sens, un jet de carburant se décomposant en deux portions de jet successives, une portion
20 primaire de jet suivie d'une portion secondaire de jet.

 Ce fractionnement de l'injection du carburant permet ainsi de réaliser, lors de la combustion du mélange carburé, un fractionnement du dégagement d'énergie à l'intérieur de la chambre de combustion, ce qui autorise un meilleur contrôle de la température de combustion ainsi qu'une réduction importante du
25 bruit de combustion.

 Ce type d'injection bien que donnant satisfaction présente néanmoins des inconvénients non négligeables.

 En effet, cette combustion à basse température avec des injections
30 successives de carburant est la source d'une émission importante de particules. Ces particules sont ensuite rejetées dans l'atmosphère au travers de la ligne d'échappement, ce qui ne peut qu'aggraver la pollution.

Cette émission de particules (ou fumées) provient principalement du fait que la portion primaire de jet de carburant est en train de brûler en consommant l'air présent dans la chambre de combustion et que la portion secondaire de carburant est injecté dans la zone de combustion de cette portion primaire, zone qui est très chaude et qui contient très peu d'oxygène.

Par cela, la richesse locale du mélange carburé est fortement augmentée et le délai d'auto-inflammation de la seconde injection est réduit de manière non négligeable. Les conditions de combustion de la portion secondaire sont donc propices à la création de particules (ou fumées) alors qu'en combustion LTC la faiblesse de la température moyenne régnant dans la chambre durant la détente ne permet pas la post-oxydation de ces particules

La présente invention se propose de remédier aux inconvénients ci-dessus en limitant fortement les émissions de particules tout en obtenant le même niveau de bruit de combustion et en réalisant une combustion à basse température du mélange carburé.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de contrôle de l'injection d'un carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel, comportant un cylindre avec une chambre pour la combustion d'un mélange carburé et comprenant des moyens d'injection de carburant dans ladite chambre en au moins un jet comprenant une portion primaire de jet et au moins une portion secondaire de jet succédant à la portion primaire, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter dans la chambre de combustion la portion primaire de jet selon au moins une direction et à injecter la portion secondaire de jet dans au moins une direction formant un angle non nul avec la direction de ladite portion primaire de jet.

Le procédé peut consister à injecter la portion primaire de jet selon une direction radiale et à injecter la portion secondaire de jet dans une direction radiale formant un angle non nul avec la direction radiale de ladite portion primaire de jet.

Selon un mode de réalisation de l'invention dans lequel le jet de carburant comprend au moins deux portions secondaires de jet, le procédé peut consister à injecter chacune des portions secondaires de jet dans une direction radiale
5 différente l'une de l'autre.

Le procédé peut consister à injecter dans la chambre de combustion la portion primaire de jet selon une direction axiale formant un angle non nul par rapport à l'axe des moyens d'injection et à injecter la portion secondaire de jet
10 dans une direction axiale formant un angle non nul avec la direction radiale de ladite portion primaire de jet.

Selon un mode de réalisation de l'invention dans lequel le jet de carburant comprend au moins deux portions secondaires de jet, le procédé peut consister à injecter chacune des portions de jet secondaires dans une direction axiale
15 différente l'une de l'autre.

Le procédé peut consister à injecter une quantité de portion secondaire de jet de carburant comprise entre 30% et 70% de la quantité de la portion
20 primaire de jet.

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 :

- 25 - la figure 1 qui montre une vue en coupe transversale, selon la ligne 2-2 de la figure 2, d'une partie d'un moteur à combustion interne utilisant le procédé selon l'invention,
- la figure 2 qui est une vue en coupe partielle longitudinale issue de la figure 1 et
- 30 - la figure 3 qui présente des graphes comparatifs des émissions de particules de l'art antérieur avec celles selon l'invention.

Sur les figures 1 et 2, il est schématisé une vue locale en coupe transversale et une vue en coupe partielle longitudinale d'un moteur à combustion interne à injection directe à autoallumage fonctionnant avec un mode de combustion à basse température.

5 Ce moteur est préférentiellement de type 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,...) et avec un mode de combustion à basse température.

10 Ce moteur comprend au moins un cylindre 10 dans lequel coulisse un piston 12 en un mouvement alternatif rectiligne. Ce piston permet de délimiter une chambre de combustion 14 formée par les parois 16 du cylindre, la face supérieure du piston et la surface de la culasse 18 en regard de ce piston.

15 La culasse porte des moyens d'injection de carburant 20, comme un injecteur, qui permet d'introduire du carburant dans la chambre de combustion pour y réaliser un mélange carburé avec le fluide qu'elle contient (air ou air suralimenté avec ou sans gaz d'échappement recirculés).

Cet injecteur, d'axe sensiblement vertical YY, est préférentiellement
20 disposé dans la culasse de manière à ce que son nez 22 débouche dans la chambre de combustion.

Cet injecteur permet d'introduire la quantité requise de carburant pour assurer la génération d'un mélange carburé nécessaire à la combustion. Cette quantité de carburant est formée selon au moins un jet de carburant 24 qui se
25 décompose en une portion primaire 26 de jet et au moins une portion secondaire 28 jet. Ce fractionnement du jet de carburant se réalise principalement pendant la phase de fonctionnement du moteur précédant la phase de combustion, comme la phase d'admission ou de compression.

La portion primaire de jet se propage dans la chambre de combustion
30 selon une direction radiale, par exemple selon une direction horizontale (direction A) en considérant la figure 1 et dans un sens de propagation allant en s'écartant de l'injecteur 20 vers la paroi 16 du cylindre. La portion secondaire de

jet est injectée dans la chambre de combustion 14, de préférence après la fin de l'injection de la portion primaire, dans une direction radiale qui forme un angle α avec la direction radiale de la portion primaire de jet, comme par exemple selon la direction radiale C illustrée sur le haut de cette figure.

5 Ainsi, la portion secondaire de jet de carburant se mélange avec le fluide présent dans la chambre de combustion dans une zone éloignée de celle où brûle déjà le carburant de la portion primaire de jet.

 Cela pour effet de créer deux zones de combustion à proximité l'une de l'autre sans que l'une ou l'autre de ces zones puissent entraver le bon
10 déroulement de la combustion de la zone voisine.

 De plus, la portion secondaire de jet est située dans une zone de la chambre de combustion qui est dépourvue de mélange carburé et riche en oxygène, ce qui est moins propice à la formation de particules.

 En outre, la zone dans laquelle est injectée la portion secondaire de jet est
15 plus froide, car aucune combustion n'a eu lieu. Ceci est particulièrement favorable pour empêcher la production de particules résultant de la combustion.

 Il se produit donc une combustion qui permet de contrôler la température de cette combustion tout en obtenant le même niveau de bruit de combustion
20 que les moteurs de l'art antérieur mais avec l'avantage non négligeable de limiter fortement la production de particules et, dans une moindre mesure, d'oxyde de carbone (CO), conséquence d'une combustion localement riche.

 A titre d'exemple et en se référant à la figure 1, les moyens d'injection sont
25 conformés d'une manière telle que quatre jets de carburant 24, 24', 24" et 24''' soient formés dans la chambre de combustion.

 Comme déjà décrit chaque jet de carburant se décompose en une portion primaire 26, 26', 26" et 26''' de jet et une portion secondaire 28, 28', 28" et 28''' de jet.

30 Avantageusement, les quatre portions primaires sont réparties chacune circonférentiellement régulièrement selon deux directions radiales sensiblement

orthogonales (directions A et B) en formant entre elles un angle β , qui est ici sensiblement égale à 90° .

De même et de manière avantageuse, les quatre portions secondaires sont introduites dans la chambre de combustion chacune selon une direction radiale (direction C et D) qui forme un angle α non nul avec la direction radiale de la portion primaire de jet à laquelle elles sont associées.

Dans le cas de la figure 1, l'angle α avec la direction radiale de la portion primaire est identique pour chacune des portions secondaires. Cela permet de disposer cette portion secondaire de jet entre deux portions primaires avec un décalage angulaire de 90° entre chacune des portions secondaires.

Il peut être également envisagé que cet angle α diffère d'une portion secondaire de jet à l'autre sans pour cela qu'il soit confondu avec la direction radiale de portion primaire.

Dans l'exemple illustré, la quantité totale de carburant à injecter par chaque jet a été fractionnée en deux portions (primaire et secondaire) de quantité égale, mais il peut être envisagé que la quantité de la portion primaire de jet soit différente de celle de la portion secondaire.

Avantageusement, la quantité de carburant de la portion secondaire est comprise entre 30% et 70% de la quantité carburant de la portion primaire.

Comme cela est mieux représenté sur les résultats reportés à l'exemple non limitatif de la figure 3, il peut aussi être envisagé de moduler le temps d'intervalle entre les deux portions de carburants (sur l'exemple illustré, entre 1100 microsecondes (μs) et 1500 microsecondes (μs)) en tenant compte de la quantité de réduction d'émissions de particules que l'on souhaite.

25

Ainsi, pour une injection des deux portions de carburant s'étalant sur une durée de 1100 microsecondes, la réduction des émissions de particules peut être d'environ 20% par rapport à celle de l'art antérieur (900 microsecondes) alors que, pour une injection d'une durée de 1500 microsecondes, cette réduction peut aller jusqu'à 60%.

30

Dans une variante, la portion secondaire de jet peut être décomposée en au moins deux parties de portions qui sont, soit de quantité de carburant identique, soit de quantité différente l'une par rapport à l'autre.

Ainsi, comme mieux illustré sur la figure 1 à titre d'exemple, le jet de carburant est composé d'une portion primaire de jet 24 et de deux portions secondaires 128, 228 (en traits pointillés).

Les portions secondaires de jet sont injectées, préférentiellement en même temps, dans la chambre de combustion après la fin de l'injection de la portion primaire. La portion secondaire 128 la plus proche de la portion primaire 26 est injectée dans une direction radiale G qui forme un angle α' avec la direction radiale A de la portion primaire de jet. L'autre portion secondaire 228 est injectée dans une direction radiale H qui forme un angle σ non nul avec la direction radiale de la portion secondaire 128. Cet angle σ est tel que la direction H n'est jamais confondu avec la direction B de la portion primaire du jet suivant.

Cela a pour effet de générer trois zones de combustion voisines radialement et ainsi de pouvoir répartir circonférentiellement les zones de combustion.

Bien entendu, chaque autre jet 24', 24'' et 24''' se décompose de la même manière que le jet 24 de manière à obtenir une symétrie circonférentielle dans la répartition de l'injection de carburant, comme cela est illustré par les traits en pointillé de la figure 1.

En se rapportant plus particulièrement à la figure 2, la portion primaire 26 du jet de carburant 24 est injectée dans la chambre de combustion 12 selon une direction axiale E qui forme un angle δ non nul avec l'axe YY de l'injecteur 20 et un sens de propagation allant en s'écartant de l'injecteur vers la paroi 16 du cylindre.

La portion secondaire 28 de jet est injectée dans cette chambre de combustion approximativement à la fin de l'injection de la portion primaire dans

une direction axiale F qui forme un angle θ non nul avec la direction axiale de la portion primaire de jet et un angle λ avec l'axe YY. Cet angle λ peut être plus grand ou plus petit que l'angle δ et cela en fonction du volume libre de la chambre de combustion entre le haut du piston et la culasse.

5

Par cela, deux zones de combustion l'une en dessous de l'autre sont créés sans qu'il y ait d'interaction entre ces zones.

De même, comme déjà décrit ci-dessus, la portion secondaire 28 de jet
10 peut être décomposée en deux portions secondaires. L'une de ces portions secondaires est injectée selon une direction axiale L formant un angle θ' avec la direction axiale E de la portion primaire. L'autre de ces portions est injectée selon une direction axiale M formant un angle p avec la direction L.

15 Bien entendu et cela sans sortir du cadre de l'invention, l'injection de la portion secondaire de carburant (ou des portions secondaires) peut se réaliser avec le décalage angulaire radiale α (ou α' et σ) ou avec le décalage angulaire axiale θ (ou θ' et p) ou avec les deux décalages angulaires.

20 De manière à réaliser le procédé de contrôle de l'injection du carburant comme décrit ci-dessus, l'homme de métier sera à même de disposer de moyens d'injection qui permettent d'obtenir non seulement un décalage temporel de l'injection du carburant mais également un décalage spatial.

A titre d'exemple et en se reportant aux figures 1 et 2, les moyens
25 d'injection peuvent être sous la forme d'un injecteur de carburant multi-trous (à 8 ou 12 trous) avec une double aiguille. Une première aiguille est utilisée pour contrôler une première rangée de trous (4 trous) pour l'injection de la portion primaire et l'autre aiguille sert à contrôler une autre rangée de trous (4 ou 8 trous) pour l'injection de la ou des portions secondaires de carburant.

30

REVENDECATIONS

1) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant dans un moteur à combustion interne à injection directe, notamment de type Diesel, comportant
5 un cylindre (10) avec une chambre (14) pour la combustion d'un mélange carburé et comprenant des moyens d'injection de carburant (20) dans ladite chambre en au moins un jet (24) comprenant une portion primaire de jet (26) et au moins une portion secondaire de jet (28) succédant à la portion primaire, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter dans la chambre de combustion la
10 portion primaire (26) de jet selon au moins une direction (A, B, E) et à injecter la portion secondaire (28) de jet dans au moins une direction (C, D, F, G, H, I, J, L, M) formant un angle (α , θ) non nul avec la direction de ladite portion primaire de jet.

15 2) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter la portion primaire de jet selon une direction radiale (A, B) et à injecter la portion secondaire de jet dans une direction radiale (C, D) formant un angle non nul (α) avec la direction radiale de ladite portion primaire de jet.

20

3) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant selon la revendication 1 ou 2 dans lequel le jet de carburant comprend au moins deux portions secondaires (128, 228) de jet, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter chacune des portions secondaires de jet dans une direction radiale (G, H ; I, J)
25 différente l'une de l'autre.

4) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter dans la chambre de combustion la portion primaire (26) de jet selon une direction axiale
30 formant un angle non nul (δ) par rapport à l'axe (YY) des moyens d'injection et à injecter la portion secondaire (28) de jet dans une direction axiale formant un angle non nul (θ) avec la direction radiale de ladite portion primaire de jet.

5) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant selon l'une des revendications précédentes dans lequel le jet de carburant comprend au moins deux portions secondaires de jet, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter
5 chacune des portions de jet secondaires dans une direction axiale (L, M) différente l'une de l'autre.

6) Procédé de contrôle de l'injection d'un carburant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il consiste à injecter une
10 quantité de portion secondaire de jet de carburant comprise entre 30% et 70% de la quantité de la portion primaire de jet.

