

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 916 243**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **07 03493**

51) Int Cl⁸ : **F 02 D 41/00** (2006.01), F 02 D 41/30, 35/02

12) **DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE**

A3

22) **Date de dépôt** : 15.05.07.

30) **Priorité** :

43) **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 21.11.08 Bulletin 08/47.

56) **Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.**

60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés** : Certificat d'utilité résultant de la transformation volontaire de la demande de brevet déposée le 15/05/07.

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

72) **Inventeur(s)** : BESSON MAGALI, EMERY PASCAL, LECHERE FREDERIC et NAVARRO MARCOS.

73) **Titulaire(s)** :

74) **Mandataire(s)** : REGIMBEAU.

54) **"PROCEDE DE RECALAGE DE L'AVANCE A L'INJECTION EN FONCTION DE L'INDICE DE CETANE DU CARBURANT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE"**.

57) L'invention se rapporte à un procédé de recalage de l'avance à l'injection en fonction de l'indice de cétane du carburant d'un moteur à combustion interne, sur un nombre n de cycles de déplacement d'un piston dans un cylindre.

Ce procédé comprend les étapes suivantes pour différents angles successifs que prend le vilebrequin du piston pour chaque cycle:

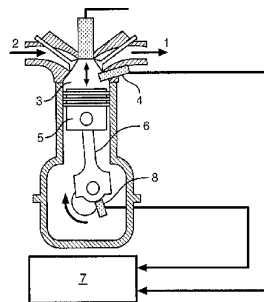
a) calculer, sur banc moteur, lors de la mise au point du dit moteur, les valeurs de délai d'auto-inflammation de z carburants de référence présentant chacun un indice de cétane " $i_1, i_2, \dots, i_x, \dots, i_z$ ", C étant compris entre 1 et z ;

b) en déduire les valeurs d'avance à injection correspondantes " SOI_{corr} ";

c) calculer, pour un carburant en train d'être consommé et présentant un indice de cétane i_x , les valeurs de délai d'auto-inflammation correspondantes;

d) en déduire les valeurs d'avance à l'injection correspondantes " SOI_{base} ";

e) affecter à chaque " SOI_{base} ", la " SOI_{corr} " correspondante pour un même indice de cétane et l'enregistrer comme nouvelle valeur d'avance à l'injection



FR 2 916 243 - A3



La présente invention se situe dans le domaine des moteurs rotatifs à combustion interne (Diesel), à injection directe ou indirecte de carburant, et à N nombre de cylindres.

Elle se rapporte plus précisément à un procédé de recalage de
5 l'avance à l'injection en fonction de l'indice de cétane du carburant d'un moteur à combustion interne, sur un nombre n de cycles de déplacement d'un piston dans un cylindre.

Elle est plus particulièrement applicable aux moteurs avec des combustions Diesel à fort taux de gaz d'échappement recirculés (EGR) et à faible
10 température de combustion.

Les normes antipollution deviennent de plus en plus sévères, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe.

Il est important pour les constructeurs de véhicules automobiles de bien maîtriser le pilotage de l'injection de carburant dans les moteurs pour limiter
15 les émissions polluantes.

L'un des paramètres important sur ces systèmes d'injection est la nature du carburant. Notamment pour les moteurs Diesel, l'indice de cétane du gasoil est à prendre en compte.

Cet indice est différent aux Etats-Unis et en Europe.

20 Il conditionne les propriétés d'auto-inflammation du carburant (autrement dit le délai d'auto-inflammation), ainsi que le phasage de la combustion dans le cycle thermodynamique, par rapport à une consigne d'avance à l'injection donnée. Une combustion mal phasée entraînera une élévation des émissions polluantes. Il est donc très important de prendre en compte l'indice de cétane du
25 carburant.

Actuellement, cet indice est pris en compte lors de la mise au point du moteur, en utilisant un carburant de référence. Les délais d'auto-inflammation qui en dérivent sont pris en compte (au même titre que les caractéristiques des injecteurs) dans la calibration de l'avance à injection. Ainsi, on calibre un phasage
30 de l'injection qui assurera un bon phasage de la combustion par rapport au carburant de référence utilisé.

Mais si le véhicule est utilisé avec un autre carburant (avec un indice de cétane différent), le moteur ne fonctionne plus avec ses réglages optimums.

Le document WO 2005/119034 divulgue une estimation de l'indice de cétane du carburant sur la base du délai d'auto-inflammation trouvé entre un temps de référence et le moment d'auto-inflammation.

Le moment d'auto-inflammation est déterminé à partir de l'étude de l'évolution temporelle de la quantité d'énergie existant dans les gaz présents dans la chambre de combustion au cours d'un cycle, la quantité d'énergie étant déduite, à un moment déterminé du fonctionnement du cylindre, du volume de la chambre de combustion et de la pression mesurée dans le cylindre.

S'il est détecté que ladite quantité d'énergie augmente soudainement d'une valeur supérieure à une valeur seuil, la combustion est alors considérée comme détectée, et le moment associé à cette augmentation d'énergie est estimé être ledit moment d'auto-inflammation. L'indice de cétane est alors calculé.

Un objet de l'invention est de permettre le recalage à l'avance à l'injection de manière à ce que le moteur fonctionne selon des réglages optimums, quel que soit l'indice de cétane du carburant utilisé.

L'invention propose donc un procédé de recalage à l'avance à l'injection en fonction de l'indice de cétane du carburant d'un moteur à combustion interne, sur un nombre n de cycles de déplacement d'un piston dans un cylindre.

Ce procédé est remarquable par le fait qu'il comprend les étapes suivantes pour différents angles successifs que prend le vilebrequin du piston dans chaque cycle :

- a) calculer, sur banc moteur, lors de la mise au point dudit moteur, les valeurs de délai d'auto-inflammation de z carburants de référence présentant chacun un indice de cétane " $I_1, I_2, \dots, I_x, \dots, I_z$ ", x étant compris entre 1 et z ;
- b) en déduire les valeurs d'avance à l'injection correspondantes " SOI_{corr} " ;
- c) calculer, pour un carburant en train d'être consommé et présentant un indice de cétane I_x , les valeurs de délai d'auto-inflammation correspondantes ;
- d) en déduire les valeurs d'avance à l'injection correspondantes " SOI_{base} " ;
- e) affecter à chaque " SOI_{base} ", la " SOI_{corr} " correspondante pour un même indice de cétane, et l'enregistrer comme nouvelle valeur d'avance à injection.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de ce procédé :

- on calcule les valeurs de délai d'auto-inflammation à partir d'une valeur de début de combustion, qui est elle-même déterminée à partir de l'évaluation d'une variable " C_θ " à un angle " θ " du vilebrequin dans la chambre de combustion du cylindre, " C_θ " correspondant à la dérivée angulaire de la quantité d'énergie " Q " à

5 un angle " θ ", qui est calculée à partir de l'expression suivante :

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{V}{\gamma - 1} \frac{p}{T} \frac{dT}{d\theta} + p \frac{dV}{d\theta}$$

" p " étant la pression dans le cylindre à l'angle " θ ",

" V " étant le volume de la chambre de combustion à l'angle " θ ",

" T " étant la température dans la chambre de combustion à l'angle " θ ",

10 " γ " étant le rapport de chaleur spécifiques " c_p/c_v ".

Avantageusement, ce procédé consiste à :

- comparer chaque " C_θ " à une valeur seuil " $S1$ " au-delà de laquelle la combustion pourrait avoir commencé ;

15 - comparer " $|C_\theta - C_{\theta-\Delta\theta}|$ " à une valeur " $S2$ ", " $C_{\theta-\Delta\theta}$ " étant une variable précédemment évaluée pour l'angle " $\theta-\Delta\theta$ ", " $S2$ " étant une valeur limite au-delà de laquelle " C_θ " est considérée comme une valeur non suffisamment stable pour identifier une combustion ;

20 - s'il s'avère, à l'issue des deux précédentes étapes de comparaison, que le seuil " $S1$ " a été dépassé et que le seuil " $S2$ " n'a pas été dépassé pour un C_θ , la valeur " θ " est enregistrée comme étant la valeur angulaire de début de combustion pour le cycle considéré.

Selon une variante de réalisation, ce procédé consiste à calculer la valeur d'angle CA10 qui est égale à l'angle où $Q = \int \frac{dQ}{d\theta}$ atteint 10% de son

25 amplitude maximale AM, cette valeur CA10 étant enregistrée comme étant la valeur angulaire de début de combustion pour le cycle considéré.

Préférentiellement, ladite amplitude maximale AM est mesurée en établissant la différence entre :

- les valeurs maximale et minimale de Q :

ou

30 - la valeur maximale de Q et zéro ;

ou

- zéro ou la valeur minimale de Q , et l'angle de fin d'intégration de Q si celui-ci correspond à la valeur maximale de Q .

D'autres caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation préférentiel. Cette description sera faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement une vue en coupe d'un cylindre d'un moteur à combustion interne en fonctionnement ;

- la figure 2 est une représentation graphique, pour un carburant présentant un indice de cétane donné, des correspondances entre les valeurs de base d'avance à l'injection et les valeurs corrigées.

En référence à la figure 1, un dispositif auquel s'applique l'invention est illustré. Il s'agit d'un moteur à combustion interne Diesel ou Essence comportant un piston mobile 5, une bielle 6, une chambre de combustion 3, un dispositif d'admission de gaz 2, un dispositif d'échappement de gaz 1, un moyen de mesure apte à mesurer différents angles " θ " de rotation du vilebrequin 8, un capteur de pression 4 placé dans la chambre de combustion 3, et des moyens de traitement 7 aptes à recevoir les signaux provenant dudit capteur de pression 4 et du moyen de mesure 8, à synchroniser ces signaux pour pouvoir les corrélérer, et à traiter ces signaux pour mettre en œuvre un procédé selon l'invention.

Lors du fonctionnement du moteur, une estimation de l'indice de cétane est faite. Elle s'effectue avantageusement dans des conditions de fonctionnement fixées à l'avance lors de la mise au point du moteur.

L'indice de cétane du carburant est estimé, comme on le verra plus loin, grâce à l'estimation du délai d'inflammation ou d'auto-inflammation du carburant.

Le délai d'inflammation ou d'auto inflammation est le temps qui s'écoule entre un temps de référence, e.g. le moment où l'on injecte le carburant, et l'instant où la combustion démarre.

Il est donc avant tout essentiel de déterminer le moment du début de la combustion (encore noté "SOC").

Une détermination possible du SOC est basée sur le calcul et l'analyse d'une variable C, image de la combustion.

A partir de la valeur de pression p_θ régnant dans la chambre de combustion, et de la valeur de la position angulaire θ du vilebrequin, qui ont été mesurées lors d'une première étape, une variable C_θ est en permanence calculée lors d'une étape ultérieure.

C_θ est fonction d'une évolution angulaire de la quantité d'énergie « Q » dans les gaz présents dans la chambre de combustion 3 à un angle θ .

Cette évolution angulaire de la quantité d'énergie est avantageusement la dérivée $\frac{dQ}{d\theta}$.

Cette valeur C_θ est calculée en permanence sur la base du dégagement d'énergie dans le cylindre, pour un angle θ évoluant entre -180° et $+180^\circ$ (i.e. dans un cycle), ou dans un intervalle plus réduit.

Le principe est d'identifier un changement significatif dans la valeur de C_θ pour diagnostiquer le début de la combustion. La valeur de l'angle vilebrequin est alors enregistrée, et l'instant de début de combustion est ainsi déduit. Tant que ce changement significatif dans la valeur de C_θ n'a pas eu lieu, la combustion est estimée comme n'ayant pas commencé.

Selon une première possibilité, C_θ se calcule à partir de :

$$C = \frac{1}{F} \frac{dQ}{d\theta} \quad (1)$$

où "Q" est l'énergie dans le cylindre,

" θ " est l'angle vilebrequin, et

"F" est une fonction de " θ " telle que "F" est maximale au point mort bas (encore noté PMB), minimale au point mort haut (encore noté PMH), monotone entre les deux, et toujours strictement positive.

Une fonction "triangle" possède de telles propriétés, et peut être définie de la façon suivante :

$$F = F_0 + K \cdot |\theta| \quad (2)$$

où "K" et "F₀" sont des constantes.

En pratique, le calcul du dégagement d'énergie $\frac{dQ}{d\theta}$ donne une information bruitée.

L'effet d'une telle fonction "F" est d'atténuer le signal de dégagement d'énergie dans les zones où il est le plus bruité (du côté du PMB), par rapport aux zones où il est susceptible de contenir l'information qui intéresse (du côté du PMH).

Cette opération augmente donc le rapport signal sur bruit et diminue les contraintes sur le filtrage de la pression à mettre en place.

Selon une deuxième possibilité, C_θ se calcule à partir de l'expression simplifiée du dégagement d'énergie volumique dans le cylindre suivante :

$$C = \frac{1}{V} \frac{dQ}{d\theta} \quad (3)$$

où V représente le volume de la chambre de combustion pour un angle θ .

Comme le volume varie cycliquement avec θ , la multiplication par $\frac{1}{V}$ a pour avantage de diminuer l'amplitude du bruit sur le dégagement d'énergie là où il est typiquement le plus fort (vers les PMB). Ce calcul amplifie aussi le signal là où il est utile pour la détection de SOC (typiquement rencontré au voisinage du PMH).

Cette opération augmente donc le rapport signal sur bruit et diminue les contraintes sur le filtrage de la pression à mettre en place.

En pratique, le calcul de $\frac{dQ}{d\theta}$ peut s'avérer complexe et peut donc nécessiter de la puissance de calcul pour être réalisé tel quel dans un système électronique embarqué de contrôle moteur. Mais la division par le volume est intéressante car elle permet de réaliser les simplifications exposées ci-après.

On part de l'expression, bien connue de l'homme du métier, du dégagement d'énergie apparent $\frac{dQ}{d\theta}$ du gaz présent dans la chambre :

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{\gamma-1} V \left(\frac{p}{m} \frac{dm}{d\theta} + \frac{p}{T} \frac{dT}{d\theta} - \frac{p}{V} \frac{dV}{d\theta} \right) + \frac{\gamma}{\gamma-1} p \frac{dV}{d\theta} \quad (4)$$

avec :

- Q : quantité d'énergie présente dans les gaz de la chambre de combustion ;

- θ : angle vilebrequin ;

- γ : rapport des chaleurs spécifiques (c_p et c_v) à θ ;

- V : volume de la chambre de combustion à θ ;

- p : pression dans la chambre de combustion à θ ;

- m : masse de gaz enfermés dans le cylindre à θ ;

- T : température dans la chambre de combustion à θ .

Il est à noter que l'expression (4) pourrait être écrite en remplaçant θ par le temps t .

Il est toutefois préféré l'utilisation de l'angle θ , car le système devient alors indépendant de la vitesse de rotation du moteur.

Il est à noter par ailleurs que l'expression (4) prise comme point de départ contient la dérivée angulaire de la température et non pas la dérivée de la pression.

Ceci va permettre de minimiser le bruit, car la dérivée de la pression p mesurée introduit un bruit important dans le résultat.

Avantageusement, seules la pression p et l'angle θ sont des valeurs mesurées par le dispositif selon la figure 1.

Les autres variables de l'expression (4) sont négligées ou estimées, comme nous allons le voir.

5 Concernant la masse m , l'hypothèse est prise de la considérer comme constante (la masse injectée est donc négligée). L'expression de C devient alors :

$$C = \frac{1}{V} \frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{\gamma - 1} \left(\frac{p}{T} \frac{dT}{d\theta} \right) + \frac{p}{V} \frac{dV}{d\theta} \quad (5)$$

Le rapport des chaleurs spécifiques γ est considéré constant avant la combustion ainsi que dans les premiers instants de la combustion. On pourra par
10 exemple l'estimer égal à 1,4.

Pour une géométrie donnée d'un moteur, il y a une relation immuable entre le volume V et l'angle θ . Pour estimer le volume V et sa dérivée $\frac{dV}{d\theta}$, une table de valeurs donnant le volume V pour différentes valeurs de θ est utilisée.

La température T et sa dérivée $\frac{dT}{d\theta}$ sont calculées sur la base des
15 volume V et pression p .

Selon un premier mode de calcul de T , on suppose que le gaz est parfait. On peut alors écrire à tout moment :

$$\frac{pV}{T} = mr = \text{constante} \quad (6)$$

Donc à deux instants ou à deux angles différents :

$$20 \quad \frac{p_{\theta} V_{\theta}}{T_{\theta}} = \frac{p_0 V_0}{T_0} \quad (7)$$

On en déduit :

$$T_{\theta} = T_0 \frac{p_{\theta} V_{\theta}}{p_0 V_0} \quad (8)$$

avec :

T_0, p_0, V_0 : température, pression et volume initiaux (i.e. à
25 l'injection)

$T_{\theta}, p_{\theta}, V_{\theta}$: température, pression et volume à l'angle θ

La température est donc estimée pour chaque valeur de l'angle θ , à partir de conditions initiales de pression, température et volume en début de cycle, de préférence juste après la fermeture de la soupape d'admission.

30 On pourra prendre la température initiale constante et égale à 300K, ou bien la faire dépendre de la température d'air admis, si on la mesure.

Cette méthode peut être préférée car elle nécessite peu de calculs, étant donné que $\frac{T_0}{p_0 V_0}$ n'est calculé qu'une seule fois par cycle et qu'il suffit de multiplier ce résultat par $p_\theta V_\theta$ à chaque nouvelle valeur de l'angle θ .

Selon un deuxième mode de calcul de T, on suppose aussi que le gaz est parfait ($pV = mRT$, où mR est constant), mais on en déduit cette fois :

$$\frac{1}{T} \frac{dT}{d\theta} = \frac{1}{p} \frac{dp}{d\theta} + \frac{1}{V} \frac{dV}{d\theta} \quad (9)$$

Cette expression pourrait être réintroduite dans l'expression de C, mais cela ferait réapparaître la dérivée de la pression $\frac{dp}{d\theta}$, qui est une source de bruit pour le calcul.

Un autre moyen pour exprimer $\frac{1}{T} \frac{dT}{d\theta}$ sera donc préféré.

Pour cela, l'expression (9) est discrétisée, et les valeurs prises par V, p, T sont considérées aux angles θ et $\theta - \Delta\theta$, où $\Delta\theta$ est constant et représente le pas du calcul. L'expression (9) devient alors :

$$\frac{1}{T_\theta} \frac{T_\theta - T_{\theta - \Delta\theta}}{\Delta\theta} = \frac{1}{p_\theta} \frac{p_\theta - p_{\theta - \Delta\theta}}{\Delta\theta} + \frac{1}{V_\theta} \frac{V_\theta - V_{\theta - \Delta\theta}}{\Delta\theta} \quad (10)$$

L'expression suivante de la température T à l'angle θ est alors déduite, en fonction de la température à l'angle $\theta - \Delta\theta$:

$$T_\theta = T_{\theta - \Delta\theta} \left(\frac{1}{\frac{p_{\theta - \Delta\theta}}{p_\theta} + \frac{V_{\theta - \Delta\theta}}{V_\theta} - 1} \right) \quad (11)$$

La température est donc estimée de manière récursive pour chaque valeur de l'angle θ , à partir d'une température initiale correspondant à la température dans le cylindre à l'instant de la fermeture de la soupape d'admission. Elle peut être prise constante et égale à 300K, ou bien dépendante d'une température d'air admis mesurée par des moyens appropriés.

Pour terminer, l'expression de C est également discrétisée, et la valeur de C pour chaque valeur de θ est donnée par la formule :

$$C_\theta = \frac{1}{\gamma - 1} \left(\frac{p_\theta T_\theta - T_{\theta - \Delta\theta}}{T_\theta \Delta\theta} \right) + \frac{p_\theta V_{\theta - \Delta\theta}}{V_\theta \Delta\theta} \quad (12)$$

En outre, l'expression (9), (11) ou (12) peut être encore plus simplifiée, en termes de calcul, en simplifiant l'expression de V (ou V_θ).

En effet, comme il est dit plus haut, la loi de volume V , qui est immuable pour une géométrie de moteur donnée, peut être déterminée par une table de valeurs, associant à chaque valeur de θ une valeur de volume.

Dans un système embarqué il est cependant intéressant de diminuer la taille des tables de valeurs car elles consomment des ressources de mémoire. La simplification exposée ci-après va permettre pour le moins de diminuer la taille de tables de valeurs en mémoire, et pour le plus de s'en affranchir.

Plutôt que d'utiliser le volume vrai dans les calculs exposés précédemment, on lui substituera une loi parabolique V_p donnée par l'expression :

$$V_p = V_0 + K_p \theta^2,$$

où V_0 est constant et est le volume au PMH (volume mort),

K_p un coefficient à ajuster de telle façon que la courbe de V_p soit très proche à la courbe de V au voisinage du PMH.

V_p peut ainsi être partout substitué à V dans les calculs exposés précédemment : pour le calcul des températures T_θ et $T_{\theta-\Delta\theta}$, et dans le terme

$$\frac{P_\theta}{V_\theta} \frac{V_\theta - V_{\theta-\Delta\theta}}{\Delta\theta}$$

Du temps de calcul est ainsi gagné et des ressources sont économisées.

Une fois que l'étape de calcul de C_θ a été réalisée, une détection du SOC est mise en œuvre, au moyen de deux étapes de comparaison de C_θ avec des valeurs seuil respectives "S1" et "S2".

Deux tests sont ainsi successivement effectués.

Le premier test observe si la variable C_θ dépasse une valeur S1 au-delà de laquelle la combustion pourrait avoir commencé. En effet, la pente prise par Q en θ est alors suffisamment grande pour estimer que, a priori, la combustion est détectée.

Le deuxième test compare C_θ et $C_{\theta-\Delta\theta}$ en observant si la valeur absolue de la différence entre C_θ et $C_{\theta-\Delta\theta}$ est inférieure à une valeur seuil S2, S2 étant une valeur limite au-delà de laquelle on considère que la combustion ne peut démarrer.

Si ces deux conditions sont vérifiées, le SOC est détecté.

Le deuxième test a notamment pour objet d'éviter les fausses détections dues au bruit de mesure, ce bruit ayant pour caractéristique une forte variation en amplitude d'une valeur de C_θ à sa suivante. Le deuxième test permet donc d'éviter les dépassements "accidentels" de S1. En outre, étant donné que ce

deuxième test offre une garantie supplémentaire contre des erreurs de détection du SOC, il est permis d'ajuster plus finement le premier seuil "S1" pour améliorer la détection.

Les seuils S1 et S2 peuvent être fixes ou issus d'une cartographie en fonction par exemple de paramètres d'injection du moteur, tels que la charge moteur (ou la quantité de carburant injectée). Ces valeurs seuil peuvent être basées par exemple sur des expérimentations préalables. Ainsi, sachant que, lors de fortes injections, l'amplitude de C est importante, il est judicieux d'augmenter S1 pour diminuer le risque de fausses détections dues au bruit de mesure. Dans ce cas là, il est aussi utile d'augmenter S2 car l'amplitude de variation sur un $\Delta\theta$ est plus importante.

Il est à remarquer qu'on peut appliquer le principe précédemment expliqué au cas multi-injection avec au moins deux injections, en appliquant à chaque injection (ex. : pilote, principale et post) ledit algorithme. Pour une double injection, on peut vouloir détecter séparément le SOC de chacune des deux injections. Pour cela il suffit de dupliquer ladite détection, et appliquer des seuils différents aux deux détections.

Une fois la détection du SOC effectuée, l'angle vilebrequin θ correspondant est enregistré.

Pour un nombre n de cycles de vilebrequin (n étant un entier supérieur ou égal à 1), n angles de SOC peuvent ainsi être mémorisés.

L'indice de cétane est alors estimé.

En premier lieu, une étape de moyennage des valeurs de ces n angles mémorisées est mise ne œuvre, donnant une valeur θ_{moy} .

En second lieu, le délai δ d'inflammation ou d'auto-inflammation est ensuite calculé. Ce délai δ est pris égal à la différence dudit angle moyen de SOC avec une valeur de référence, qui peut être la valeur de l'avance à l'injection (encore notée SOI), "l'avance à l'injection" étant la durée en angle (ou en temps) entre le point mort haut (PMH) et l'angle du début de l'injection.

Grâce à la connaissance du début de combustion (SOC) et du phasage de l'injection (SOI) on est alors capable de reconstruire le délai d'auto inflammation δ .

$$\delta = \text{SOC} - \text{SOI} \quad (13)$$

Une autre méthode de calcul de la valeur de début de combustion peut être utilisée, toujours à partir de la variable $C_\theta = \frac{dQ}{d\theta}$

Cette méthode consiste à calculer la valeur d'angle CA10 qui est égale à l'angle où $Q = \int \frac{dQ}{d\theta}$ atteint 10% de son amplitude maximale AM, cette

5 valeur CA10 étant enregistrée comme étant la valeur angulaire de début de combustion pour le cycle considéré.

Avantageusement, cette amplitude maximale AM est mesurée en établissant la différence entre :

- les valeurs maximale et minimale de Q :
- 10 ou
- la valeur maximale de Q et zéro ;
- ou
- zéro ou la valeur minimale de Q, et l'angle de fin d'intégration de Q si celui-ci correspond à la valeur maximale de Q.

15 Grâce à cette valeur de délai d'auto-inflammation, le carburant qui est en train d'être consommé par le moteur est classé parmi un certain nombre de catégories de carburants :

- Carburant donnant un délai D1 correspondant à un indice de
- cétane I_1 ;
- 20 - Carburant donnant un délai D2 correspondant à un indice de
- cétane I_2 ;
- Carburant donnant un délai D3 correspondant à un indice de
- cétane I_3 ;
- 25 I_x ;
- Carburant donnant un délai Dz correspondant à un indice de
- cétane z.

Pour chacune de ces catégories, une courbe de correction de l'angle d'avance à l'injection (SOI_{corr}) aura été identifiée lors de phase de mise au point du

30 moteur sur banc moteur. Cela signifie que l'on aura préalablement déterminé, lors de la mise au point du moteur sur banc, les valeurs d'avance à l'injection pour z carburants présentant autant d'indice de cétane différents.

L'hypothèse est faite ici qu'il y a une relation linéaire entre SOI_{corr} et SOI_{base} pour différentes valeurs de D. Il est

également pris comme hypothèse (vérifiée expérimentalement dans le cas de moteur Diesel à fort taux d'EGR et faible température de combustion) que cette relation est linéaire quelque soit la charge et le régime du moteur. Ce SOI corrigé sera celui qui sera optimum en terme de polluants et de bruit émis par le moteur.

5 La cartographie de la figure 2 montre un exemple d'identification de cette cartographie sur banc moteur pour un carburant donné.

Sur cette figure, la droite dénommée "linéaire (série 1)" est celle qui résulte de la détermination des SOI_{corr} sur banc moteur, tandis que la courbe "série 1" est celle qui résulte de la détermination des SOI_{base} en conditions réelles.

10 La sortie de cette cartographie fournit la nouvelle valeur de SOI qui sera optimum en terme d'émissions polluante et de bruit du moteur par rapport au carburant en train d'être consommé. Elle sera appliquée par le moteur tant que les conditions d'activation de la stratégie ne seront pas à nouveau remplies.

15

REVENDEICATIONS

1. Procédé de recalage de l'avance à l'injection en fonction de l'indice de cétane du carburant d'un moteur à combustion interne, sur un nombre n de cycles de déplacement d'un piston dans un cylindre, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes suivantes pour différents angles successifs que prend le vilebrequin du piston dans chaque cycle :

- 5 a) calculer, sur banc moteur, lors de la mise au point dudit moteur, les valeurs de délai d'auto-inflammation de z carburants de référence présentant chacun un indice de cétane " $I_1, I_2, \dots, I_x, \dots, I_z$ ", x étant compris entre 1 et z ;
- 10 b) en déduire les valeurs d'avance à l'injection correspondantes " SOI_{corr} " ;
- c) calculer, pour un carburant en train d'être consommé et présentant un indice de cétane I_x , les valeurs de délai d'auto-inflammation correspondantes ;
- d) en déduire les valeurs d'avance à l'injection correspondantes
- 15 " SOI_{base} " ;
- e) affecter à chaque " SOI_{base} ", la " SOI_{corr} " correspondante pour un même indice de cétane, et l'enregistrer comme nouvelle valeur d'avance à injection.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on calcule les valeurs de délai d'auto-inflammation à partir d'une valeur de début de combustion, qui est elle-même déterminée à partir de l'évaluation d'une variable " C_θ " à un angle " θ " du vilebrequin dans la chambre de combustion du cylindre, " C_θ " correspondant à la dérivée angulaire de la quantité d'énergie " Q " à un angle " θ ", qui est calculée à partir de l'expression suivante :

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{V}{\gamma - 1} \left(\frac{p}{T} \frac{dT}{d\theta} \right) + p \frac{dV}{d\theta}$$

- 25 - " p " étant la pression dans le cylindre à l'angle " θ ",
 - " V " étant le volume de la chambre de combustion à l'angle " θ ",
 - " T " étant la température dans la chambre de combustion à l'angle " θ ",
 - " γ " étant le rapport de chaleur spécifiques " c_p/c_v ".

30 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- comparer chaque " C_θ " à une valeur seuil "S1" au-delà de laquelle la combustion pourrait avoir commencé ;

- comparer " $|C_\theta - C_{\theta-\Delta\theta}|$ " à une valeur "S2", " $C_{\theta-\Delta\theta}$ " étant une variable précédemment évaluée pour l'angle " $\theta-\Delta\theta$ ", "S2" étant une valeur limite au-delà de laquelle " C_θ " est considérée comme une valeur non suffisamment stable pour identifier une combustion ;

- s'il s'avère, à l'issue des deux précédentes étapes de comparaison, que le seuil "S1" a été dépassé et que le seuil "S2" n'a pas été dépassé pour un C_θ , la valeur " θ " est enregistrée comme étant la valeur angulaire de début de combustion pour le cycle considéré.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il consiste à calculer la valeur d'angle CA10 qui est égale à l'angle où $Q = \int \frac{dQ}{d\theta}$ atteint 10% de son amplitude maximale AM, cette valeur CA10 étant

enregistrée comme étant la valeur angulaire de début de combustion pour le cycle considéré.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que ladite amplitude maximale AM est mesurée en établissant la différence entre :

- les valeurs maximale et minimale de Q :

ou

- la valeur maximale de Q et zéro ;

ou

- zéro ou la valeur minimale de Q, et l'angle de fin d'intégration de Q si celui-ci correspond à la valeur maximale de Q.

1/1

FIG. 1

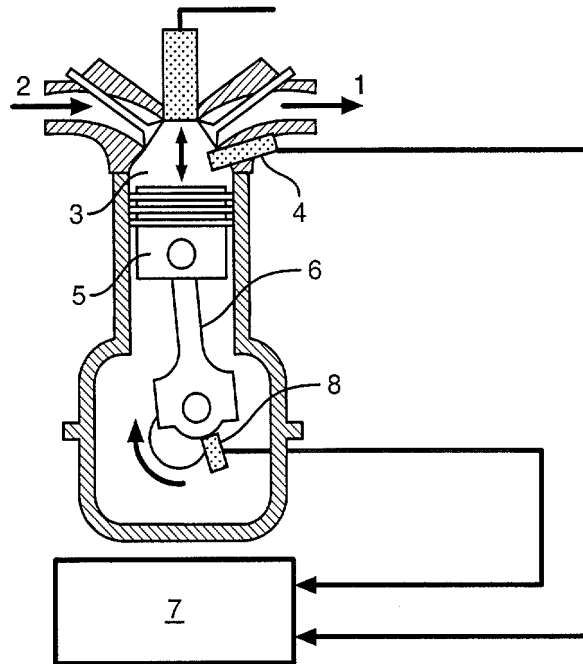


FIG. 2

