

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 11.09.06.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.03.08 Bulletin 08/11.

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) : RENAULT SAS Société par actions
simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : EMERY PASCAL, DEVAUD EMMA-
NUEL et NAVARRO MARCOS.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES.

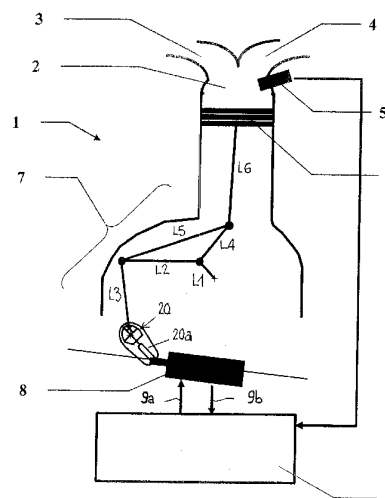
54 PROCÉDE D'ADAPTATION DU TAUX DE COMPRESSION POUR UN MOTEUR VCR.

57 Il s'agit d'un procédé d'adaptation du taux de com-
pression pour un moteur (1) à combustion interne compren-
ant au moins une chambre de combustion (2), caractérisé
en ce qu'il comprend les étapes suivantes, alors que le mo-
teur fonctionne :

a) mesures ou estimations, à différents moments éche-
lonnés dans le temps, de la pression p dans la chambre de
combustion (2) considérée,

b) calculs dans le temps de la valeur de la pression
moyenne effective à partir des dites mesures ou estimations
de pression p ,

c) fournitures successives des dites valeurs calculées à
au moins un algorithme de calcul tenant compte d'une ou
plusieurs cartographies reliant entre eux différentes para-
mètres physiques de fonctionnement du moteur (1) et four-
nissant périodiquement en sortie une valeur actualisée de
consigne du taux de compression.



La présente invention concerne le contrôle des moteurs à combustion interne. Plus particulièrement, il s'agit ici d'adapter le taux de compression pour un tel moteur. Est généralement visée la commande de ce moteur, 5 celui-ci comprenant favorablement un moyen de variation du taux de compression.

Sont donc concernés les moteurs à taux de compression variable (« variable compression rate » en anglais, ou encore VCR) où il existe déjà de nombreux 10 dispositifs actionneurs connus permettant de faire varier le taux de compression du moteur, lors du fonctionnement de celui-ci.

Bien que l'invention puisse éventuellement s'appliquer à d'autres cas et que les revendications 15 jointes définissent réellement ces domaines d'application, sans les limiter donc impérativement aux moteurs du type VCR, on peut citer comme art antérieur pour le domaine des VCR les brevets US 4834031, US 6412453 et US 6736091 qui utilisent des dispositifs 20 hydrauliques disposés au niveau du palier, entre le piston et le vilebrequin, pour permettre de faire varier la longueur apparente de la bielle. D'autres réalisations sont connues, telles que des mécanismes faisant varier la géométrie du piston, de la bielle ou encore le volume de 25 la chambre de combustion.

De tels dispositifs actionneur permettent avantageusement d'augmenter le taux de compression lorsque le moteur est soumis à une charge faible afin d'améliorer la puissance délivrée tout en diminuant les 30 émissions polluantes. Cependant si le taux de compression est trop élevé un phénomène préjudiciable de cliquetis peut apparaître.

Il est connu de détecter ce cliquetis afin d'empêcher que le taux de compression ne devienne trop élevé. US 4834031 divulgue ainsi l'utilisation d'un capteur de cliquetis. US 6666177 présente encore un
5 contrôle optimal utilisant un tel capteur de cliquetis afin de commander le taux de compression pour que ce taux soit le plus élevé possible, sans provoquer de cliquetis.

Cependant, lorsque le taux de compression devient trop faible, d'autres problèmes apparaissent, qui ne sont
10 pas envisagés dans l'art antérieur et pour lesquels il n'existe pas de solution satisfaisante.

En outre, dans US 6 412 453, mais également US 6932054 et US 6915766, on propose de calculer le taux de compression sur un moteur VCR à partir d'une cartographie
15 reliant le régime moteur et la charge moteur au taux de compression de consigne fourni pour commander le fonctionnement de ce moteur.

Le régime moteur est typiquement mesuré, en utilisant un capteur de régime moteur. La charge moteur
20 peut être détectée, en utilisant pour cela un capteur comme au brevet US 6915766. Elle peut encore être estimée par la quantité cible d'air à l'admission.

Malgré tout, le couple moteur ne peut alors être qu'une estimation plus au moins fiable, étant donné
25 qu'aucun retour d'information sur le couple moteur effectif n'est pris en compte.

Typiquement, l'actionneur du système VCR fonctionne alors à partir d'une cartographie « moyenne » reliant la position de cet actionneur et un taux de compression
30 théorique.

Les données d'entrée fournies dans les cartographies associées ne sont pas connues réellement,

ni donc pilotées, ce qui introduit un risque important d'erreur et donc une qualité de réglage incertaine.

Ainsi, et en pratique, le taux de compression (CR) réel et sa consigne sont souvent notablement différents.

5 Il n'y a pas de moyen effectif de corriger ce taux de compression en temps réel et, si on le souhaite, de façon « continue », c'est-à-dire régulièrement.

Certes, dans US 6666177, on prévoit un recalage du taux de compression à partir d'une mesure de cliquetis.

10 Mais alors, le système de contrôle prévu ne peut se fixer que sur le taux de compression maximum, juste avant l'apparition du cliquetis. Aucun autre choix n'est possible.

Un objet de l'invention est d'apporter une solution

15 à tout ou partie des problèmes et inconvénients mentionnés ci-avant et, plus généralement, de permettre d'adapter de façon performante le taux de compression de l'ensemble des moteurs à combustion interne visés.

Dans ce but, il est proposé que le procédé

20 d'adaptation de ce taux de compression pris en compte ici comprenne les étapes suivantes, alors que ce moteur fonctionne :

a) mesures ou estimations, à différents moments échelonnés dans le temps, de la pression p dans la

25 chambre de combustion considérée,

b) calculs dans le temps de la valeur de la pression moyenne effective (PME) et/ou du couple moteur à partir desdites mesures ou estimations de pression p ,

c) fournitures successives des dites valeurs

30 calculées à au moins un algorithme de calcul tenant compte d'une ou plusieurs cartographies reliant entre eux différentes paramètres physiques de fonctionnement du

moteur et fournissant périodiquement en sortie une valeur actualisée de consigne du taux de compression.

Dans le cadre de la commande du dispositif VCR précité, l'invention conseille par ailleurs d'effectuer
5 successivement et périodiquement, c'est-à-dire à différents moments échelonnés dans le temps, avec éventuellement des périodes variables :

d) la génération d'une consigne de taux de compression, en utilisant pour cela le procédé précité
10 d'adaptation du taux de compression,

e) la commande du moyen de variation utilisé pour faire varier ce taux de compression, en le faisant évoluer depuis une première position de commande vers une autre position de commande, ceci en fonction de ladite
15 consigne générée à l'étape d) précédente.

En liaison avec cette commande adaptée du dispositif VCR, on conseille en outre :

- d'asservir ledit moyen de variation du taux de compression par une boucle d'asservissement dans laquelle
20 on effectue ledit calcul de la PME, et on fournit, à chaque passage par cette boucle, la nouvelle valeur calculée pour la commande du moyen de variation du taux de compression,

- et/ou, lors de l'étape c) précitée, on fait
25 déterminer par un algorithme de calcul, et ce à chaque (ou du moins différents) cycle(s) thermodynamique(s) du moteur, et pour chaque cylindre (sur un moteur multicylindres), plusieurs des paramètres physiques de fonctionnement de ce moteur, y compris donc la consigne
30 du taux de compression.

Si on le souhaite, le calcul de la pression moyenne effective, ou de la pression moyenne indiquée

(PMI), pourra être réalisé de manière encore plus précise en appliquant un filtre sur le signal de pression reçu.

La mise en place d'un filtre numérique peut, toutefois, s'avérer coûteux en temps de calcul et
5 atténuer le signal d'origine, risquant de dégrader la précision du calcul de ladite pression moyenne PME/PMI. Pour y remédier, on conseille d'effectuer, en tant que filtrage, un filtrage analogique non-linéaire.

D'autres caractéristiques et avantages de
10 l'invention apparaîtront encore dans la description encore plus détaillée qui suit, faite en référence aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquels :

- la figure 1 présente un schéma d'un moteur apte
15 aux procédés selon l'invention,

- la figure 2 schématise le principe de l'invention appliqué ici à un calcul de PME,

- et la figure 3 montre un exemple de réalisation de cartographie.

20 A toutes fins utiles, il est précisé que tout ce qui s'applique ici en référence à la pression moyenne effective (PME) peut s'appliquer, en alternative ou en complément, à la PMI (pression moyenne indiquée) ou encore au couple moteur.

25 Ainsi, les calculs de l'étape b) précitée pourraient être effectués en liaison avec un tel couple moteur, ou encore en référence à la PMI qui est donc la pression spécifique moyenne sur la surface du (de chaque) piston durant une course double compression-expansion.

30 C'est donc avec cette remarque que la référence aux calculs de PMI à l'étape b) doit être considérée.

Par ailleurs, on ne fera référence ci-après, et

essentiellement, qu'à la commande d'un taux de compression variable, sur un moteur équipé d'un dispositif VCR, sans pourtant que ceci doit être considéré comme limitatif.

5 De façon classique, le moteur 1 à combustion interne de la figure 1 comporte une tubulure d'admission 3, permettant l'introduction de comburant (air) dans une chambre de combustion 2, et une tubulure d'échappement 4 permettant la sortie des résidus de combustion, après
10 qu'ait été apportée une quantité appropriée de carburant.

Un capteur de pression 5 capable de mesurer la pression p dans la chambre de combustion 2 est ici utilisé, de préférence à un ensemble calculateur/unité mémoire permettant d'estimer cette pression à partir
15 d'une cartographie préétablie.

Un tel capteur est installé dans chaque chambre de combustion du moteur, qui est typiquement multicylindre. Les mesures successives, ou périodiques, fournies par ce capteur 5 sont appliquées à la commande du moyen 7 de
20 variation du taux de compression et vont être utilisées pour effectuer dans le temps, c'est-à-dire pendant que le moteur fonctionne, de calculs périodiques des valeurs « réelles » de la pression moyenne effective. Ces valeurs calculées vont-elles-même être adressées à un algorithme
25 ou, plus généralement, à l'entrée d'une chaîne d'algorithmes tenant compte a priori de plusieurs cartographies successives reliant entre elles différents paramètres de fonctionnement du moteur et adaptées à fournir, en sortie, une valeur actualisée de consigne du
30 taux de compression, comme montré par le synoptique de la figure 2.

Figure 1, l'ensemble de ces étapes est considéré

comme traité dans l'unité de traitement et de calcul 9. Dans un sens, flèche 9a, cette unité 9 commande un actionneur, appelé actionneur VCR, 8. En retour (flèche 9b), l'unité 9 est influencée par la position de
5 l'actionneur.

En sortie, l'actionneur VCR 8 commande quant à lui le moyen 7 de variation du taux de compression dans la chambre de combustion 2, via une action sur le déplacement du piston 6 dans cette chambre. La
10 réalisation d'une cinématique VCR via un tel moyen 7 de variation du taux de compression est connue et n'est donc pas ici décrite.

L'unité de traitement et de calcul 9 comprend typiquement des circuits de sortie (typiquement appelés
15 « drivers »), un calculateur et son unité mémoire et un logiciel de contrôle.

Le dispositif de commande VCR comprend, outre l'actionneur 8, si nécessaire un capteur de position (pour fournir en particulier un angle de vilebrequin) et
20 reçoit donc typiquement les commandes des drivers/circuits de sortie précités.

Appliqué donc à la commande robuste d'un tel moteur à combustion interne, le principe de l'invention est schématisé sur la figure 2 où la consigne 10 en taux
25 de compression est issue d'une unité 11 dans laquelle cette consigne a été élaborée à partir d'une cartographie théorique dont l'élaboration ne constitue pas l'un des objets de l'invention. Il peut s'agir par exemple de stratégies contenues dans le contrôle moteur.

30 En effet, l'unité 11 intégrant cette cartographie reçoit en entrée 19 une valeur de régime moteur et en entrée 18 une valeur actualisée du PME réelle. Une

particularité de la gestion de la cartographie de l'unité 11 ici utilisée est que l'un de ses paramètres d'entrée, ici la valeur de la PME, est recalé périodiquement grâce à la boucle d'asservissement 12, afin de correspondre aux caractéristiques réelles du moteur en fonctionnement, et non à des caractéristiques théoriques, comme typiquement dans l'art antérieur.

Dans la suite du traitement, la consigne de taux de compression (ou consigne CR) 10 est transformée, via une autre cartographie 13, en consigne 14 de position pour l'actionneur 8.

Cette valeur de consigne, qui est donc mise à jour périodiquement à partir de paramètres physiques réels de fonctionnement du moteur, est transmise à l'actionneur VCR 8 et aux circuits de sortie ou de contrôle associés.

La position réelle de cet actionneur a bien entendu une influence directe (voir lien 8a) sur le fonctionnement du moteur thermique concerné, et en particulier sur l'évolution du volume de la chambre de combustion 2 d'où l'on peut ressortir d'une part un taux réel de compression 15 et, d'autre part, une valeur de pression 16, via le capteur de pression 5.

Comme on l'a compris, c'est donc à partir de cette valeur de pression, ou plus exactement des valeurs de pressions successives fournies de préférence à chaque cycle thermodynamique, que l'on va ici en quelque sorte calculer l'effet produit par la position effective de l'actionneur VCR 8, ceci via la PME réellement dégagée par la combustion lors du cycle concerné.

Et c'est à partir de ce calcul, objet de l'étape 17 sur la figure 2, que sont ensuite recalées les entrées de la cartographie 11, et donc l'enchaînement des

opérations qui suivent, créant ainsi une correction adaptative.

De cette façon, la cartographie effectuée en 11, et dont on illustre un exemple de réalisation sur la figure 3, va pouvoir correspondre assez réellement aux caractéristiques réelles du moteur 1 et s'affranchir de dispersions série, voire de variations temporelles.

Par conséquent, le pilotage de la position de l'actionneur VCR 8 va permettre d'atteindre la position correspondant réellement au taux de compression désiré et va pouvoir s'adapter aux performances réelles du moteur thermique considéré.

En particulier, si l'on regarde la figure 3, on va par exemple pouvoir fournir une valeur de couple réel C_1 conduisant à choisir la consigne C_{Ra} (consigne de taux de compression), alors qu'en l'absence d'une telle boucle d'asservissement, la fourniture uniquement d'un couple estimé (C_2) aurait conduit l'électronique du moteur à choisir la consigne de taux de compression C_{Rb} ou C_{Rc} , impliquant donc des différences notables de fonctionnement du moteur.

Concernant les incertitudes pouvant exister entre les valeurs de couple réel et celles de couple estimé, il a été constaté que, si l'on ne se réfère qu'à une estimation du couple moteur réalisée uniquement à partir des consignes moteur, comme cela est connu dans l'art antérieur, on risque d'obtenir des estimations entachées d'une incertitude qui peut être typiquement de plus ou moins 5 à 10% en régime moteur stabilisé, et jusqu'à 100% pendant les phases de fonctionnement transitoires, ce qui nuit bien entendu à un fonctionnement performant du moteur.

Pour le calcul de la PME prévu en 17, à partir typiquement du signal de pression cylindre fourni par le capteur 5, on prévoit favorablement que le boîtier électronique du véhicule synthétise le calcul de la
 5 pression moyenne indiquée, ou de la PME, à partir de la formule:

$$PME = \frac{4\pi}{Vu_{cycle}} \int p \frac{dV}{d\theta} d\theta$$

où on trouve les désignations suivantes :

- θ : angle vilebrequin,
- 10 Vu : cylindre unitaire,
- V : volume de la chambre de combustion ;
- P : pression dans la chambre de combustion.

Dans cette formule, la détermination du volume V de la chambre de combustion et de sa dérivée (dV) peut
 15 être effectuée de deux façons :

- par une cartographie en fonction de l'angle vilebrequin ;
- par une formule analytique qui peut être trouvée par un homme de l'art et qui est fonction des données
 20 géométriques du dispositif : longueurs de bielles $L1, L2, L3, L4, L5, L6$, position du bras de l'actionneur et géométrie de la pièce intermédiaire 20, et notamment partie 20a (voir figure 1).

La précision de ces calculs dépend directement de
 25 la fréquence d'échantillonnage définie pour l'exécution de l'algorithme dans le calculateur de l'unité 9.

On rappelle que les expressions ci-dessus pourraient être prises en compte en remplaçant θ par le temps t . Cependant, il est plus intéressant d'utiliser
 30 l'angle vilebrequin θ , car le système devient alors indépendant de la vitesse de rotation du moteur.

A partir de ce qui précède, il est donc maintenant clair que, moteur en marche, l'algorithme de calcul concerné va typiquement calculer, par exemple et de préférence à chaque cycle thermodynamique, et pour chaque
5 cylindre concerné, les performances du moteur (c'est-à-dire différents paramètres de son fonctionnement) par l'intermédiaire en particulier de la pression moyenne effective précitée.

Ce calcul va, au passage, notamment mettre en
10 évidence d'éventuelles perturbations subies par le moteur depuis le précédent cycle d'asservissement et la mesure de pression cylindre associée, ainsi que les effets du taux de compression précédemment appliqué.

Quant à la nouvelle valeur de la PME réelle
15 calculée, fournie en 18, en entrée de l'unité 11 où est donc prise en compte une cartographie qui peut être celle de la figure 3, elle va donc permettre à chaque cycle de pointer sur une valeur de cette cartographie plus adaptée aux conditions réelles de fonctionnement du
20 moteur (valeur C1 au lieu de C2 comme on l'expliqué ci-avant).

On va ainsi disposer, en sortie 10 de la cartographie VCR, d'un couple de données (position de l'actionneur/taux de compression) proche de la réalité
25 qui va engendrer, dans la boucle d'asservissement suivante, une PME a priori différente et ainsi assurer un bouclage sur l'action de l'actionneur 8 et de la cinématique VCR 7.

Bien entendu, l'ensemble de la procédure ici
30 présentée est arrêtée lorsque le moteur thermique est mis à l'arrêt.

Comme on l'a indiqué en début de description, le

calcul de la pression moyenne (telle que la PME) pourrait être réalisé plus finement en utilisant un filtre, en particulier un filtre analogique non-linéaire, avec les avantages déjà exprimés.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'adaptation du taux de compression pour un moteur (1) à combustion interne comprenant au moins
 5 une chambre de combustion (2),
 caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes, alors que le moteur fonctionne :

a) mesures ou estimations, à différents moments échelonnés dans le temps, de la pression p dans la
 10 chambre de combustion (2) considérée,

b) calculs dans le temps de la valeur de la pression moyenne effective (PME) à partir des dites mesures ou estimations de pression p ,

c) fournitures successives des dites valeurs
 15 calculées à au moins un algorithme de calcul tenant compte d'une ou plusieurs cartographies reliant entre eux différentes paramètres physiques de fonctionnement du moteur (1) et fournissant périodiquement en sortie une valeur actualisée de consigne (10) du taux de
 20 compression.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lors de l'étape b), on mesure la pression moyenne effective comme :

$$PME = \frac{4\pi}{Vu} \int_{\text{cycle}} p \frac{dV}{d\theta} d\theta$$

25 ou comme :

$$PME = \frac{4\pi}{Vu} \int_{\text{cycle}} p \frac{dV}{dt} dt$$

où : Vu désigne la cylindrée unitaire, V le volume de la chambre de combustion (2) considérée, t le temps et θ l'angle vilebrequin.

30 3. Procédé de commande d'un moteur (1) à combustion

interne comprenant un moyen de variation (7, 8) du taux de compression de ce moteur, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

5 a) la génération d'une consigne (10) de taux de compression en utilisant le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

10 b) la commande (18) du moyen de variation (8) du taux de compression depuis une première position de commande vers une autre position de commande, en fonction de ladite consigne générée à l'étape a).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en que le moyen de variation (7, 8) du taux de compression est asservi par une boucle d'asservissement (12) dans laquelle on effectue ledit calcul de l'étape b) de l'une
15 des revendications 1 à 3, et on fournit, à chaque passage par cette boucle, la nouvelle valeur calculée pour la commande dudit moyen de variation (7, 8) du taux de compression.

20 5. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4, caractérisé en ce que, lors de l'étape c) de la revendication 1, un algorithme de calcul détermine à différents cycles thermodynamiques du moteur (1), et pour chaque cylindre, plusieurs paramètres physiques de fonctionnement du moteur (1), y compris
25 ladite consigne (10) du taux de compression.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'on applique un filtrage sur chaque valeur de pression p mesurée ou estimée.

30 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le filtrage appliqué est un filtrage analogique non-linéaire.

1/2

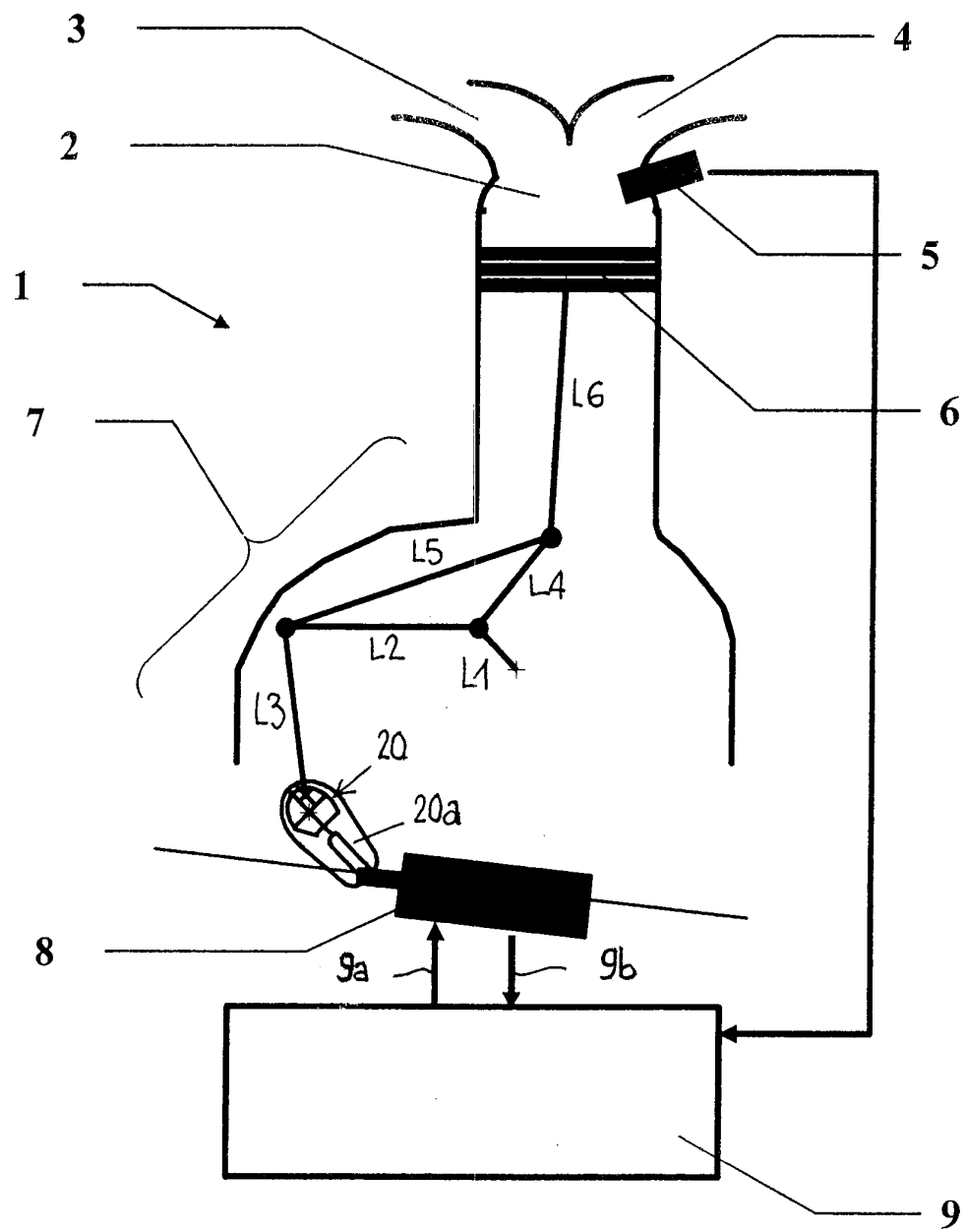


FIG. 1

2/2

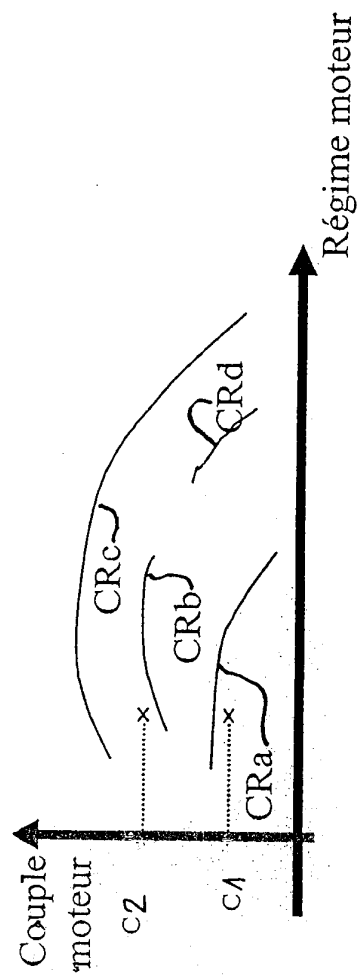
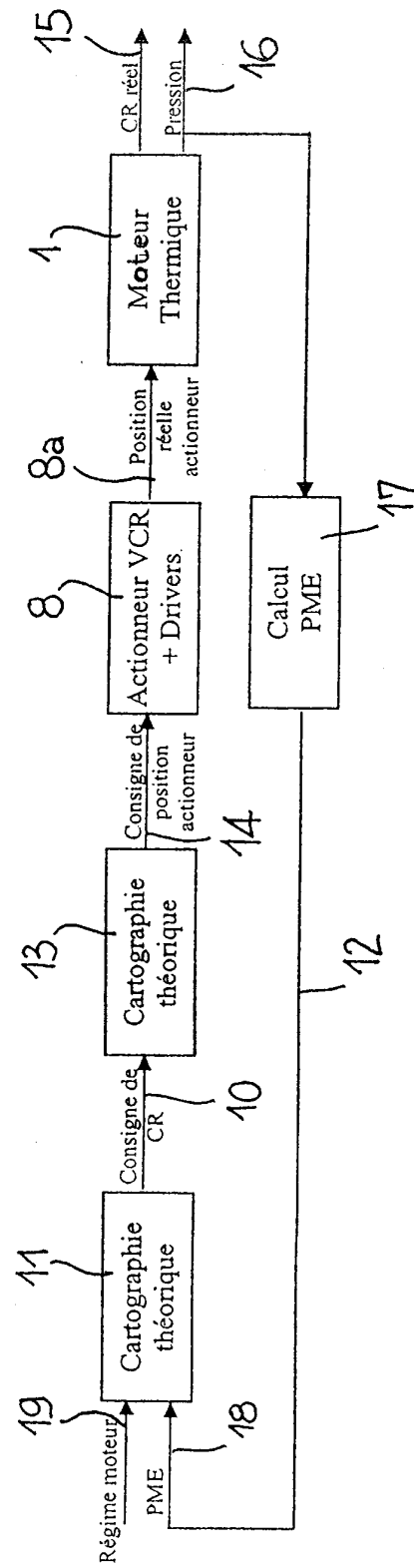


FIG. 3

FIG. 2





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 683105
FR 0607930

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		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	GB 2 210 930 A (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 21 juin 1989 (1989-06-21) * page 3, ligne 23 - page 4, ligne 25; figures * * page 6, ligne 20 - page 7, ligne 15 * * page 8, ligne 19 - page 9, ligne 26 * * page 10, ligne 21 - page 11, ligne 2 * -----	1-7	F02D15/00
A	DE 41 17 469 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 19 décembre 1991 (1991-12-19) * page 1, ligne 27-35; figures * -----	1	
A	DE 100 32 232 A1 (HITACHI LTD [JP]) 15 février 2001 (2001-02-15) * colonne 1, ligne 34-63; figures * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 avril 2007		Vedoato, Luca	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0607930 FA 683105**

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 **17-04-2007**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
GB 2210930	A	21-06-1989	DE	3833323 A1		20-04-1989
			JP	1100328 A		18-04-1989
			US	4860711 A		29-08-1989

DE 4117469	A1	19-12-1991	JP	2536243 B2		18-09-1996
			JP	4047165 A		17-02-1992
			US	5090383 A		25-02-1992

DE 10032232	A1	15-02-2001	JP	3817977 B2		06-09-2006
			JP	2001020765 A		23-01-2001
			US	6530361 B1		11-03-2003
