



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
11.08.2004 Bulletin 2004/33

(51) Int Cl.7: **F02D 41/14, F02D 35/02**

(21) Numéro de dépôt: **04290240.3**

(22) Date de dépôt: **30.01.2004**

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

(72) Inventeurs:
• **Abida, Jamil**
78280 Guyancourt (FR)
• **Buis, Emmanuel**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(30) Priorité: **07.02.2003 FR 0301466**

(74) Mandataire: **Cemeli, Eric et al**
Renault Technocentre,
1 avenue du Golf,
Sce 0267 TCR AVA 056
78288 Guyancourt (FR)

(71) Demandeur: **Renault s.a.s.**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(54) **Procédé d'estimation du rapport air/carburant d'un moteur procédé de contrôle d'un moteur utilisant celui-ci et dispositif correspondant**

(57) L'invention concerne un procédé d'estimation du rapport air/carburant d'un moteur à combustion interne comportant des moyens de recirculation des gaz d'échappement. Ce procédé permet d'estimer la richesse cylindre du moteur, en prenant en compte la totalité de l'oxygène admis dans le moteur :

$$R_{cyl} = K_s' \frac{Q_{carb}}{Q_{O2mot}}$$

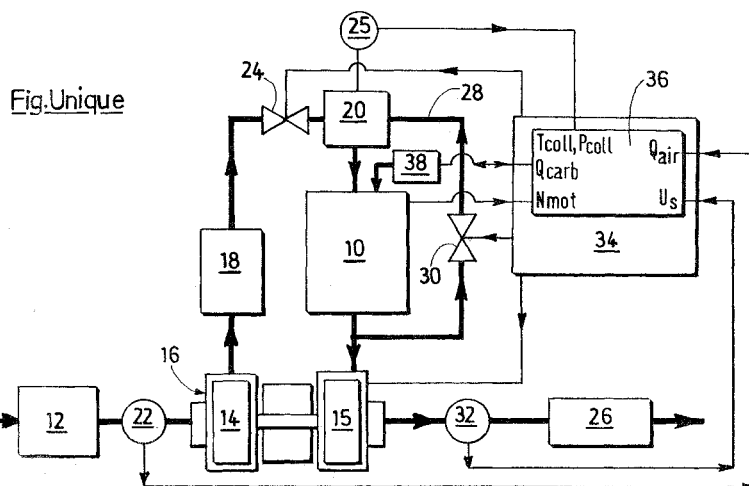
où

$$K_s' = \frac{\left(1 + \frac{h}{4}\right) M_{O_2}}{(M_c + h M_H)} \quad (4)$$

K_s' : rapport débit d'oxygène sur débit carburant dans le cas de la stoechiométrie,

Q_{carb} : débit de carburant injecté dans les cylindres,
 Q_{O2mot} : débit d'oxygène admis dans les cylindres, somme de l'oxygène provenant de l'air "frais" et de celui ramené par les gaz EGR.

L'invention propose également un procédé de contrôle d'un moteur utilisant la richesse cylindre obtenue afin d'obtenir un réglage fin des conditions de combustion du moteur, ainsi qu'un dispositif de contrôle pour la mise en oeuvre de ces procédés



Description

[0001] L'invention concerne un procédé d'estimation du rapport air/carburant d'un moteur à combustion interne comportant des moyens de recirculation des gaz d'échappement. Elle concerne également un procédé de contrôle d'un moteur utilisant le procédé d'estimation, et un dispositif de contrôle pour la mise en oeuvre de ces procédés.

[0002] Les normes relatives aux émissions de polluants imposent un contrôle de plus en plus fin de la combustion ainsi que du circuit d'air des moteurs à combustion interne, notamment par l'intermédiaire de la commande du circuit de recirculation des gaz d'échappement (EGR), du turbocompresseur, de l'échangeur thermique à l'admission, du volet d'admission, etc. Or, les émissions de polluants sont directement liées à la richesse cylindre du mélange air/carburant entrant dans le moteur. La connaissance de ce paramètre apparaît donc essentielle pour contrôler le moteur.

[0003] La définition classique de la richesse R est traduite par le rapport des masses (ou des débits massiques) du carburant et de l'air, normalisé par le coefficient K_s , qui traduit ce même rapport déterminé dans le cas d'une combustion complète d'un mélange stoechiométrique de carburant et d'air :

$$R = K_s \cdot \frac{Q_{carb}}{Q_{air}} \quad (1)$$

où

$$K_s = \frac{1}{\left(\frac{Q_{carb}}{Q_{air}} \right)_s}$$

Q_{carb} : débit de carburant injecté dans le moteur,

Q_{air} : débit d'air admis dans le moteur.

[0004] Pour déterminer la valeur de la richesse lors du fonctionnement d'un moteur propulsant un véhicule, différentes solutions peuvent être envisagées.

[0005] Une première solution consiste à calculer ou à mesurer les différents termes de la formule (1) :

- Le débit d'air peut être mesuré à l'aide d'un débitmètre d'air (par exemple à fil ou à film chaud), généralement implanté dans le conduit d'admission d'air du moteur. Ou bien, il peut être calculé à partir d'un modèle ou d'une table de caractérisation du remplissage du moteur en air et de la mesure du régime de rotation du moteur, de la pression absolue et de la température dans le collecteur d'admission du moteur.
- Le débit de carburant peut être calculé à partir d'un modèle ou de tables de caractérisation des injecteurs, en fonction du nombre d'injections par tour du moteur et de la durée de l'injection.
- Le coefficient K_s est calculé en faisant une hypothèse sur la composition moyenne du carburant et de l'air. En supposant le carburant de formule chimique $C_m H_n$ avec $h = n/m$ et en supposant l'air de composition molaire équivalente à une fraction molaire fm_{O_2} d'oxygène ($fm_{O_2} = 0.21$) et une fraction molaire fm_{N_2} d'azote ($fm_{N_2} = 1 - fm_{O_2}$), le coefficient K_s est déterminé par la formule :

$$K_s = \frac{\left(1 + \frac{h}{4}\right) (M_{O_2} fm_{O_2} + M_{N_2} fm_{N_2})}{fm_{O_2} (M_C + h M_H)} \quad (2)$$

M_x : masse molaire de l'élément chimique ou du gaz X.

[0006] Une autre solution consiste à mesurer la richesse à l'aide d'une sonde proportionnelle implantée à un endroit approprié dans le conduit d'échappement du moteur. On peut par exemple utiliser une sonde proportionnelle, appelée "UEGO sensor" (universal exhaust gas oxygen sensor), sensible aux pressions partielles des oxydants (principalement l'oxygène) et des réducteurs (le monoxyde de carbone, les hydrocarbures imbrûlés) présents dans les gaz d'échappement du moteur. Le signal délivré par la sonde peut être capté sous forme d'une tension. Des essais spécifiques permettent de construire une relation entre la tension de sortie de la sonde et la valeur de richesse R de la formule (1).

[0007] Toutefois, les stratégies de contrôle moteur ont souvent recours à la dilution de l'air d'admission du moteur par une partie des gaz d'échappement que l'on fait recirculer vers l'admission (EGR). Ce procédé a déjà montré tout son intérêt dans la diminution des émissions d'oxydes d'azote dans les gaz d'échappement des moteurs, en particulier dans les cas de fonctionnement avec un mélange air/carburant avec excès d'air (mélange pauvre). C'est le cas général de fonctionnement du moteur diesel ou du moteur essence en mélange pauvre ("lean burn").

[0008] Cependant, la valeur de richesse R obtenue par le calcul ou par la mesure ne tient compte que de l'air "frais" apporté par le circuit d'admission et ignore l'air, et donc l'oxygène, apporté via le circuit EGR. Par conséquent, l'erreur entre cette valeur de richesse R et la vraie valeur de richesse cylindre peut s'avérer importante, en particulier sur les points de fonctionnement du moteur à fort taux d'EGR (fraction du débit EGR dans le débit total des gaz admis dans le moteur). Par exemple, pour un point de fonctionnement à 50 % de taux d'EGR, la sonde à l'échappement mesure une richesse de 0.384 alors que la richesse cylindre n'est que 0.237, soit plus de 61 % d'erreur.

[0009] Il convient donc de déterminer la richesse cylindre R_{cyl} en prenant en compte la totalité de l'oxygène admis dans le moteur :

$$R_{cyl} = K'_s \frac{Q_{carb}}{Q_{O2mot}} \quad (3)$$

où

$$K'_s = \frac{\left(1 + \frac{h}{4}\right) M_{O_2}}{(M_C + h M_H)} \quad (4)$$

K'_s : rapport débit d'oxygène sur débit carburant dans le cas de la stoechiométrie,

Q_{carb} : débit de carburant injecté dans les cylindres,

Q_{O2mot} : débit d'oxygène admis dans les cylindres, somme de l'oxygène provenant de l'air "frais" et de celui ramené par les gaz EGR.

[0010] Pour tenir compte de l'oxygène apporté par les gaz EGR et donc connaître la teneur en oxygène des gaz admis dans le moteur, on pourrait envisager l'utilisation d'une sonde proportionnelle (sonde UEGO) à l'admission, tel que décrit dans le document FR-2 805 567. Toutefois, ce type de sonde fournit une mesure peu précise dans des zones à fort taux d'oxygène, telles qu'à l'admission.

[0011] D'autres documents, tels que par exemple les documents EP-892 124, US-5 150 694 et WO-01 88360 décrivent des procédés de contrôle en fonction de la richesse. Toutefois, la richesse calculée ou mesurée ne correspond pas à la richesse cylindre, et des écarts importants peuvent être constatés entre cette richesse et la richesse cylindre, de sorte que le procédé de contrôle du moteur n'est pas précis.

[0012] Le document FR-2 793 846 propose une estimation du débit d'air total en entrée du moteur, somme de l'air frais et de l'air amené par l'EGR. Toutefois, la solution exposée utilise des calculs complexes qui nécessitent de nombreuses mesures de capteur, de sorte que les incertitudes sur les mesures pénalisent la précision du résultat.

[0013] L'invention vise à pallier à ces inconvénients en proposant un procédé simple de détermination de la richesse cylindre via une estimation, et de la teneur en oxygène des gaz admis dans le moteur. Elle propose également un procédé de contrôle d'un moteur utilisant la richesse cylindre obtenue afin d'obtenir un réglage fin des conditions de combustion du moteur.

[0014] A cet effet, un premier objet de l'invention concerne un procédé d'estimation du rapport air/carburant dans les cylindres d'un moteur à combustion interne, ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, le procédé comprenant les étapes consistant à :

- déterminer le taux d'oxygène à l'échappement du moteur, noté $[O_{2éch}]$, et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le débit molaire d'oxygène admis dans le moteur, noté Q_{O2mot} , et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le rapport air/carburant dans les cylindres du moteur, appelé richesse cylindre R_{cyl} , au moyen de la formule (3) citée plus haut.

[0015] L'invention présente l'avantage de ne pas nécessiter le calcul du débit de gaz de recirculation.

[0016] Dans une variante, le taux d'oxygène à l'échappement du moteur est mesuré au moyen d'une sonde proportionnelle placée au niveau du circuit d'échappement des gaz.

[0017] Un deuxième objet de l'invention concerne un procédé de contrôle d'un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, des moyens d'injection de carburant dans le moteur et un système de contrôle du moteur relié aux différents actionneurs du moteur, le procédé comprenant les étapes consistant à :

- estimer la richesse cylindre R_{cyl} du mélange air/carburant en entrée du moteur en utilisant le procédé d'estimation déjà décrit,
- comparer la valeur de richesse cylindre estimée avec une valeur de richesse cylindre de consigne,
- commander au moins l'un des actionneurs du moteur afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée.

[0018] Un tel contrôle du moteur en fonction de la richesse cylindre présente de nombreux avantages. Il permet par exemple d'homogénéiser la commande des différents actionneurs du circuit d'admission d'air. Les différentes cartographies de consigne utilisées habituellement pour commander la vanne EGR, le turbocompresseur ou le volet à l'admission d'air peuvent alors être remplacées par une seule cartographie, simplifiant ainsi la mise au point du moteur.

[0019] De plus, dans les systèmes actuels, des problèmes de transition se produisent lors du passage d'un mode normal de fonctionnement à un mode de régulation de richesse utilisé lors des phases de régénération des systèmes de traitement des gaz d'échappement. Un contrôle permanent des actionneurs en fonction de la richesse cylindre permet de supprimer ces problèmes.

[0020] Enfin, les émissions polluantes étant fonction de la richesse cylindre lors du fonctionnement du moteur, le procédé selon l'invention permet un contrôle plus précis de ces émissions.

[0021] Dans une variante, deux ou plusieurs actionneurs du moteur sont commandés indépendamment les uns des autres. Dans une autre variante, deux ou plusieurs actionneurs du moteur sont commandés en tenant compte des états des autres actionneurs afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée. Cette variante permet de ne pas dissocier les commandes des différents actionneurs et de privilégier, selon la situation, l'utilisation de l'un plutôt que d'un autre, afin d'obtenir des conditions optimales de combustion.

[0022] Un autre objet de l'invention concerne un dispositif de contrôle d'un moteur à combustion interne, ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, des moyens d'injection de carburant dans le moteur et un système de contrôle du moteur, ledit dispositif comprenant en outre une sonde proportionnelle de mesure du taux d'oxygène [$O_{2éch}$] située sur le circuit d'échappement et un calculateur relié au système de contrôle, ledit calculateur étant apte à recevoir et enregistrer la valeur mesurée et étant programmé pour estimer la richesse cylindre en mettant en oeuvre le procédé d'estimation décrit précédemment.

[0023] La simplicité de la méthode de calcul de la richesse cylindre selon l'invention permet de diminuer le nombre de valeurs mesurées ainsi que les incertitudes qui en découlent.

[0024] Dans une variante, le système de contrôle du moteur est programmé pour la mise en oeuvre du procédé de contrôle du moteur.

[0025] D'autres modes de réalisation et avantages de l'invention seront décrits en référence au dessin annexé, non limitatif, dans lequel :

- la figure unique est une représentation schématique d'un dispositif de contrôle pour la mise en oeuvre des procédés de l'invention.

[0026] Sur la figure unique, sont représentés un moteur à combustion interne 10, son circuit d'admission d'air et son circuit d'évacuation des gaz d'échappement.

[0027] Avant d'entrer dans le moteur 10, l'air suit le circuit d'admission d'air décrit ci-après. Il traverse un filtre à air 12, puis un compresseur 14 d'un turbocompresseur 16 afin d'être comprimé. Il est ensuite refroidi par un échangeur 18 et arrive au collecteur d'admission d'air 20 avant d'être introduit dans les cylindres du moteur 10 (non représentés).

[0028] Un moyen de mesure du débit d'air, tel qu'un débitmètre 22, est placé en sortie du filtre à air 12 et avant le collecteur d'admission 20. Avant le collecteur d'admission 20, et après l'échangeur de chaleur 18, une vanne de régulation (ou volet d'admission) 24 est placée afin de contrôler la quantité d'air frais introduite dans le collecteur d'admission 20. Des moyens de mesure de la température et de la pression 25 sont également prévus pour mesurer la température T_{coll} (K) et la pression absolue P_{coll} (Pa) dans le collecteur d'admission 20.

[0029] Après la combustion, les gaz d'échappement sont dirigés vers une turbine 15 du turbocompresseur 16, puis vers un dispositif de traitement 26, tel qu'un piège à oxydes d'azote (Nox-trap) et un filtre à particules, avant d'être

rejetés dans l'atmosphère. Une partie des gaz d'échappement du moteur est redirigée vers le collecteur d'admission 20, via un circuit de recirculation EGR 28 comportant une vanne de régulation 30.

[0030] Une sonde proportionnelle 32, telle qu'une sonde UEGO, est placée sur le circuit d'échappement des gaz afin de mesurer le taux d'oxygène qu'ils contiennent. Cette sonde est de préférence placée après la turbine 15 du turbocompresseur pour une mesure plus précise.

[0031] Un système de contrôle 34 commande les différents actionneurs du moteur, tel que par exemple les vannes 24 et 30 du dispositif, ainsi que le turbocompresseur 16. Il est relié à un calculateur 36 qui reçoit les informations provenant du débitmètre 22, des moyens de mesure de température et de pression 25, de la sonde proportionnelle 32. Il reçoit également les données de fonctionnement du moteur, telles que le régime de rotation du moteur (N_{mot} , en tr/min) et le débit de carburant injecté (Q_{carb} , en kg/s).

[0032] L'injection du carburant dans les cylindres du moteur est réalisée grâce à des moyens d'injection du carburant 38 reliés au réservoir de carburant du véhicule (non représenté). Ils sont commandés par le système de contrôle 34 et éventuellement reliés au calculateur 36.

[0033] Le calculateur 36 est programmé afin de mettre en oeuvre le procédé d'estimation de la richesse cylindre selon l'invention. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- déterminer le taux d'oxygène à l'échappement du moteur, noté $[O_{2éch}]$, et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le débit molaire d'oxygène admis dans le moteur, noté $Q_{O_2moteur}$, et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le rapport air/carburant dans les cylindres du moteur, appelé richesse cylindre R_{cyl} , en tenant compte de l'air provenant de la recirculation des gaz d'échappement.

[0034] Lors de la première étape, le taux d'oxygène à l'échappement du moteur $[O_{2éch}]$ est mesuré au moyen de la sonde proportionnelle 32. Cette dernière fournit une valeur de tension U_s qui est traduite en taux d'oxygène au moyen d'une table pré-calibrée mémorisée. Le taux d'oxygène ainsi obtenu est ensuite mémorisé. Ces mémorisations sont par exemple effectuées dans le calculateur 36.

[0035] Deux modes de réalisation de la détermination du débit molaire d'oxygène admis dans le moteur lors de la deuxième étape sont décrits ci-après.

[0036] Un premier mode de réalisation comprend les étapes consistant :

- à déterminer les valeurs de température (T_{coll}) et de pression absolue (P_{coll}) du collecteur d'admission (20), et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et enregistrer les valeurs obtenues,
- et à déterminer le débit massique d'oxygène admis dans le moteur au moyen de l'équation suivante :

$$Q_{O_2mot} = M_{O_2} \left([O_{2éch}] \left(\eta_{vol} \frac{N_{mot} P_{coll} V_{cyl}}{120 \cdot r \cdot T_{coll}} + \frac{h}{4} \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}} \right) + \left(1 + \frac{h}{4} \right) \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}} \right) \quad (5)$$

dans laquelle :

- M_{O_2} est la masse molaire de l'oxygène,
- $[O_{2éch}]$ est la valeur du taux d'oxygène à l'échappement déterminé dans l'étape précédente,
- η_{vol} est un rendement de remplissage du moteur, il est généralement cartographié en fonction du régime de rotation du moteur (N_{mot}) et du quotient de la pression sur température dans le collecteur d'admission (P_{coll}/T_{coll}), cette cartographie est par exemple enregistrée dans le calculateur 36,
- V_{cyl} est le volume total des cylindres du moteur (m^3),
- r est la constante des gaz parfaits.

[0037] Le débit de carburant Q_{carb} peut être calculé par le calculateur 36 en fonction d'une consigne carburant enregistrée. Il peut être calculé à partir d'un modèle ou de tables de caractérisation des injecteurs, indiquant le débit de carburant en fonction de la durée d'injection et du nombre d'injections dans le moteur. Par exemple :

$$Q_{carb} = N_{inj} \frac{N_{mot}}{60} K_{inj} (D_{inj} - D_0)$$

[0038] Dans cette formule :

- N_{inj} est le nombre d'injections par tour du moteur,
- N_{mot} est le régime de rotation du moteur (en tr/min),
- K_{inj} est le débit unitaire de l'injecteur, cette quantité est souvent extraite d'une table en fonction de la pression d'injection et la tension électrique aux bornes de l'injecteur,
- D_{inj} est la durée de commande de l'injecteur,
- D_0 est la durée minimale de commande de l'injecteur qui permet l'ouverture de l'injecteur.

[0039] Le régime du moteur (N_{mot}) peut être mesuré ou calculé d'une manière connue.

[0040] Dans un mode de réalisation particulier, cette solution est mise en oeuvre de la manière suivante : les valeurs (P_{coll} , T_{coll}) sont mesurées par les moyens de mesure de température et de pression 25 du collecteur d'admission, les données de fonctionnement N_{mot} et Q_{carb} sont déterminées tel que décrit précédemment, puis, le débit massique d'oxygène admis dans le moteur est déterminé à partir de ces valeurs enregistrées au moyen de l'équation (5). Le

[0041] Il n'est alors pas nécessaire d'installer un débitmètre 22 en sortie du filtre à air 12, ce qui permet de simplifier la réalisation du circuit.

[0042] Cette solution présente l'avantage d'être simple à mettre en oeuvre, toutefois, elle suppose que le système est statique, identique aux temps t et $t+1$.

[0043] Un deuxième mode de réalisation tend à considérer la dynamique du système. Il consiste à calculer le débit massique d'oxygène à partir d'un modèle dynamique approché. Ce modèle ne prend pas en compte la variation du nombre de moles d'oxygène provenant du circuit EGR, mais est constitué par un observateur du nombre de moles d'oxygène dans le collecteur d'admission. Il est représenté par le système d'équations différentielles ordinaires (6) suivant :

$$\begin{aligned} \frac{dn_{O_2col}}{dt} &= -\alpha n_{O_2col} + \frac{f_{mO_2}}{M_{air}} Q_{air} - C_1 (z_1 - [O_{2éch}]) - C_2 z_2 \\ \alpha n_{O_2col} &- \left(1 + \frac{h}{4}\right) \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}} \\ \frac{dz_1}{dt} &= \frac{\eta_{vol} \frac{N_{mot} P_{coll} V_{cyl}}{120 \cdot r \cdot T_{coll}} + \frac{h}{4} \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}}}{\tau_{sonde}} - C_3 (z_1 - [O_{2éch}]) - C_4 z_2 \\ \frac{dz_2}{dt} &= z_1 - [O_{2éch}] \end{aligned}$$

dans lequel,

$$\alpha = \eta_{vol} \frac{N_{mot} V_{cyl}}{120 V_{coll}},$$

$$Q_{O_2mot} = M_{O_2} \alpha n_{O_2col}, \text{ et}$$

- z_1 représente une estimation du taux d'oxygène à l'échappement,
- z_2 représente l'intégrale des écarts entre l'estimation et la mesure du taux d'oxygène à l'échappement $[O_{2éch}]$,
- τ_{sonde} est un coefficient qui caractérise le temps de réponse de la sonde proportionnelle 32,
- M_{air} est la masse molaire de l'air,
- f_{mO_2} est la fraction molaire de l'oxygène dans l'air, supposée égale à 0,21,
- n_{O_2col} est le nombre de moles d'oxygène contenues dans le collecteur d'admission,
- Q_{air} est le débit d'air frais admis dans le collecteur.

[0044] Les paramètres η_{vol} , V_{cyl} et r , sont les mêmes que ceux décrits dans la solution précédente, Q_{carb} et N_{mot} peuvent également être obtenus tel que décrit précédemment.

[0045] Les coefficients $C_1, \dots, C_4$ sont réglés lors de la mise au point du moteur, au cours d'essais de fonctionnement, de sorte que l'estimation du taux d'oxygène z_1 se rapproche de la mesure à l'échappement de ce même taux faite par la sonde proportionnelle 32. Ils peuvent par exemple être déterminés de la manière suivante :

$$C_1 = \frac{1+\varepsilon^2}{2\tau_{sonde}} \frac{P_{coll} V_{coll}}{rT_{coll}}$$

$$C_2 = \alpha C_1$$

$$C_3 = \frac{1}{\tau_{sonde}}$$

$$C_4 = \frac{1+\varepsilon^2}{2\tau_{sonde}^2}$$

où ε est un coefficient constant, par exemple pris égal à 1, et représente l'obtention d'un compromis entre la rapidité et la stabilité du système. Ce choix des coefficients permet d'obtenir la convergence de manière stable et précise de l'estimation du taux d'oxygène à l'échappement z_1 vers la mesure de ce même taux par la sonde proportionnelle 32.

[0046] Bien entendu, ces coefficients peuvent être calculés différemment.

[0047] Ce mode de réalisation comprend les étapes consistant à :

- déterminer les valeurs de température (T_{coll}) et de pression absolue (P_{coll}) du collecteur d'admission (20), la valeur du débit d'air (Q_{air}) avant le collecteur d'admission et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et enregistrer les valeurs obtenues,
- déterminer le débit massique d'oxygène admis dans le moteur au moyen du modèle dynamique représenté par le système d'équations différentielles ordinaires (6) décrit plus haut.

[0048] Dans un mode de réalisation particulier, elle est mise en oeuvre de la manière suivante : les valeurs (P_{coll} , T_{coll}) sont mesurées par les moyens de mesure de température et de pression du collecteur d'admission 25 et la valeur Q_{air} est mesurée par le débitmètre 22. Ces valeurs, ainsi que les données de fonctionnement (N_{mot} , Q_{carb}) sont enregistrées. Puis, le débit massique d'oxygène admis dans le moteur est déterminé au moyen du système d'équations différentielles (6). L'enregistrement et les calculs sont par exemple effectués par le calculateur 36 programmé à cet effet.

[0049] Enfin, lors de la dernière étape du procédé d'estimation, le calculateur 36 détermine la richesse cylindre au moyen de la formule :

$$R_{cyl} = k'_s \frac{Q_{Carb}}{Q_{O_{2moteur}}}, \quad (3)$$

où

$$k'_s = \frac{\left(1 + \frac{h}{4}\right) M_{O_2}}{(M_C + hM_H)} \quad (4)$$

[0050] K'_s représente le rapport des débits oxygène/ carburant dans les conditions stoechiométriques de l'équation de combustion, M_{O_2} , M_C et M_H sont les masses molaires de l'oxygène (gaz), du carbone et de l'hydrogène, respectivement, et $h = n/m$, le carburant étant supposé de composition chimique $C_m H_n$.

[0051] Le procédé d'estimation de la richesse cylindre R_{cyl} selon l'invention peut être mis en oeuvre pour tout moteur comportant un circuit de recirculation des gaz. Le moteur peut être un moteur diesel ou essence à mélange pauvre. Il peut également être utilisé pour des moteurs ne comportant pas de turbocompresseur 16 et d'échangeur de chaleur

18. Bien entendu, d'autres moyens de détermination, par le calcul ou la mesure, peuvent être utilisés pour déterminer les valeurs des différents paramètres à chaque étape. Par ailleurs, le calculateur 36 peut faire partie intégrante du système de contrôle 34 ou être distinct.

[0052] Un exemple d'application de cette estimation de la richesse cylindre R_{cyl} est son utilisation pour un procédé de contrôle d'un moteur à combustion interne, tel que décrit ci-après. Un tel procédé peut être utilisé avec un dispositif de contrôle d'un moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, des moyens d'injection de carburant 38 dans le moteur et un système de contrôle 34 du moteur relié aux différents actionneurs du moteur.

[0053] Ce procédé de contrôle comprend les étapes consistant à :

- estimer la richesse cylindre R_{cyl} du mélange air/carburant en entrée du moteur en utilisant le procédé d'estimation décrit précédemment,
- comparer la valeur de richesse cylindre estimée avec une valeur de richesse cylindre de consigne,
- commander au moins l'un des actionneurs du moteur afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée.

le système de contrôle 34 du moteur est par exemple programmé afin de mettre en oeuvre le procédé.

[0054] Dans une variante, deux ou plusieurs actionneurs du moteur sont commandés indépendamment les uns des autres. Cette variante est la plus simple dans la mesure où l'on ne tient pas compte des relations existant entre les différents actionneurs. Chaque actionneur est alors commandé suivant une boucle qui effectue les étapes d'estimation de la richesse cylindre, de comparaison avec la valeur de richesse cylindre de consigne et de commande de cet actionneur si un écart est constaté.

[0055] Dans une autre variante, les états des autres actionneurs sont pris en compte afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée, de manière à considérer ces relations et à améliorer la combustion du moteur.

Tous les actionneurs ne sont alors pas forcément commandés en même temps.

[0056] Lorsque le circuit d'admission d'air comprend un collecteur d'admission d'air 20 équipé d'un volet d'admission 24 et le cas échéant un turbocompresseur 16, et que les moyens de recirculation de gaz d'échappement comprennent une vanne de régulation EGR 30, le procédé peut commander le ou lesdits actionneurs choisis parmi le volet d'admission 24 du collecteur d'admission d'air, le turbocompresseur 16, la vanne de régulation EGR 30, les moyens d'injection de carburant 38. Cette commande est réalisée via le système de contrôle 34.

[0057] Par exemple, les vannes 24 et 30 sont commandées par le système de contrôle 34 qui contrôle leur pourcentage d'ouverture. Dans le cas d'un turbocompresseur 16 à géométrie variable, ce dernier peut être commandé en contrôlant le pourcentage d'ouverture de ses ailettes. Dans le cas d'un turbocompresseur 16 à géométrie fixe, comprenant une vanne de dérivation ou waste-gate (non représentée), la commande est réalisée par le système de contrôle 34 qui contrôle le pourcentage d'ouverture de cette vanne. On peut envisager le contrôle d'autres actionneurs du moteur au moyen du procédé de contrôle de l'invention.

[0058] Bien entendu, d'autres modes de réalisation des procédés d'estimation de la richesse cylindre et de contrôle de moteur peuvent être envisagés sans sortir du cadre de l'invention. Le dispositif peut être simplifié ou comporter d'autres actionneurs.

Revendications

1. Procédé d'estimation du rapport air/carburant dans les cylindres d'un moteur à combustion interne (10), ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes consistant à :

- déterminer le taux d'oxygène à l'échappement du moteur, noté $[O_{2éch}]$, et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le débit molaire d'oxygène admis dans le moteur, noté Q_{O2mot} , et enregistrer la valeur obtenue,
- déterminer le rapport air/carburant dans les cylindres du moteur, appelé richesse cylindre R_{cyl} , au moyen de la formule :

$$R_{cyl} = K' \frac{Q_{carb}}{Q_{O2mot}} \quad (3)$$

où :

$$K'_s = \frac{\left(1 + \frac{h}{4}\right) M_{O_2}}{(M_C + h M_H)} \quad (4)$$

et représente le rapport des débits oxygène/ carburant dans les conditions stoechiométriques de l'équation de combustion,

- M_{O_2} , M_C et M_H sont les masses molaires de l'oxygène O_2 , du carbone C et de l'hydrogène H, respectivement,

$$h = \frac{n}{m},$$

le carburant étant de composition $C_m H_n$,

- Q_{carb} est le débit de carburant injecté dans le moteur.

- Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le taux d'oxygène à l'échappement du moteur $[O_{2éch}]$ est mesuré au moyen d'une sonde proportionnelle (32) placée au niveau du circuit d'échappement des gaz.

- Procédé selon la revendication 1 ou 2, le moteur comprenant en outre un collecteur d'admission (20) dans le circuit d'admission d'air, **caractérisé en ce que** l'étape de détermination du débit molaire d'oxygène admis dans le moteur comprend les étapes consistant à :

- à déterminer les valeurs de température (T_{coll}) et de pression absolue (P_{coll}) du collecteur d'admission (20), et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et enregistrer les valeurs obtenues,
- déterminer le débit massique d'oxygène admis dans le moteur au moyen de l'équation suivante :

$$Q_{O_2mot} = M_{O_2} \left[[O_{2éch}] \left(\eta_{vol} \frac{N_{mot} P_{coll} V_{cyl}}{120 \cdot r \cdot T_{coll}} + \frac{h}{4} \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}} \right) + \left(1 + \frac{h}{4} \right) \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}} \right]$$

dans laquelle :

- $[O_{2éch}]$ est la valeur du taux d'oxygène à l'échappement déterminé dans l'étape précédente,
- η_{vol} est un rendement de remplissage du moteur,
- N_{mot} est le régime de rotation du moteur,
- V_{cyl} est le volume total des cylindres du moteur,
- r est la constante des gaz parfaits,

- Procédé selon la revendication 1 ou 2, le moteur comprenant en outre un collecteur d'admission (20) dans le circuit d'admission d'air, **caractérisé en ce que** l'étape de détermination du débit molaire d'oxygène admis dans le moteur comprend les étapes consistant à :

- à déterminer les valeurs de température (T_{coll}) et de pression absolue (P_{coll}) du collecteur d'admission (20), la valeur du débit d'air (Q_{air}) avant le collecteur d'admission et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et enregistrer les valeurs obtenues,
- déterminer le débit massique d'oxygène admis dans le moteur au moyen d'un modèle dynamique représenté par le système d'équations différentielles ordinaires suivant :

$$\frac{dn_{O_2col}}{dt} = -\alpha n_{O_2col} + \frac{f_{mO_2}}{M_{air}} Q_{air} - C_1 (z_1 - [O_{2éch}]) - C_2 z_2$$

$$\frac{dz_1}{dt} = \frac{\alpha n_{O_2col} - \left(1 + \frac{h}{4}\right) \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}}}{\tau_{sonde} \frac{N_{mot} P_{coll} V_{cyl}}{120 \cdot r \cdot T_{coll}} + \frac{h}{4} \frac{Q_{carb}}{(12+h) \cdot 10^{-3}}} - C_3 (z_1 - [O_{2éch}]) - C_4 z_2$$

$$\frac{dz_2}{dt} = z_1 - [O_{2éch}]$$

dans lequel,

$$\alpha = \eta_{vol} \frac{N_{mot} V_{cyl}}{120 V_{coll}}$$

$$Q_{O_2mot} = M_{O_2} \alpha n_{O_2col}, \text{ et}$$

- z_1 représente une estimation du taux d'oxygène à l'échappement,
- z_2 représente l'intégrale des écarts entre l'estimation et la mesure du taux d'oxygène à l'échappement,
- τ_{sonde} est un coefficient qui **caractérise** le temps de réponse de la sonde,
- $[O_{2éch}]$ est la valeur du taux d'oxygène à l'échappement déterminé dans l'étape précédente,
- $C_1, \dots, C_4$ sont des coefficients réglés lors de la mise au point du moteur de façon que l'estimation du taux d'oxygène z_1 se rapproche de la mesure à l'échappement du taux $[O_{2éch}]$,
- M_{air} est la masse molaire de l'air,
- f_{mO_2} est la fraction molaire de l'oxygène dans l'air,
- n_{O_2col} est le nombre de moles d'oxygène contenues

dans le collecteur d'admission,

- η_{vol} est un rendement de remplissage du moteur,
- N_{mot} est le régime de rotation du moteur,
- V_{cyl} est le volume total des cylindres du moteur,
- r est la constante des gaz parfaits.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les coefficients C_1, C_2, C_3, C_4 sont déterminés de la manière suivante :

$$C_1 = \frac{1 + \varepsilon^2 P_{coll} V_{coll}}{2 \tau_{sonde} r T_{coll}}$$

$$C_2 = \alpha C_1$$

$$C_3 = \frac{1}{\tau_{sonde}}$$

$$C_4 = \frac{1 + \varepsilon^2}{2 \tau_{sonde}^2}$$

où ε est un coefficient constant.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le débit d'air est déterminé par un moyen de mesure de débit d'air (22) placé avant le collecteur d'admission (20).

7. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce que** la température et la pression du collecteur d'admission sont déterminés par des moyens de mesure de température et pression (25) placés dans le collecteur d'admission (20).

8. Procédé de contrôle d'un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, des moyens d'injection de carburant (38) dans le moteur et un système de contrôle (34) du moteur relié aux différents actionneurs (24, 30, 38, 16) du moteur, **caractérisé en ce que** le procédé comprend les étapes consistant à :

- estimer la richesse cylindre (R_{cyl}) du mélange air/carburant en entrée du moteur en utilisant le procédé d'estimation selon l'une des revendications 1 à 7,
- comparer la valeur de richesse cylindre estimée avec une valeur de richesse cylindre de consigne,
- commander au moins l'un des actionneurs (24, 30, 38, 16) du moteur afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** deux ou plusieurs actionneurs (24, 30, 38, 16) du moteur sont commandés indépendamment les uns des autres, ou en tenant compte des états des autres actionneurs afin de réduire l'écart entre la valeur de consigne et la valeur estimée.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, le circuit d'admission d'air comprenant en outre un collecteur d'admission (20) équipé d'un volet d'admission (24), le cas échéant, un turbocompresseur (16), et les moyens de recirculation de gaz d'échappement comprenant une vanne de régulation EGR (30), **caractérisé en ce que** le ou lesdits actionneurs commandés sont choisis parmi le volet d'admission (24) du collecteur d'admission d'air, le turbocompresseur (16), la vanne de régulation EGR (30), les moyens d'injection de carburant (38).

11. Dispositif de contrôle d'un moteur à combustion interne, ledit moteur comportant au moins un circuit d'admission d'air, un circuit d'échappement des gaz comprenant des moyens de recirculation des gaz d'échappement dans le circuit d'admission, des moyens d'injection de carburant (38) dans le moteur et un système de contrôle (34) du moteur, **caractérisé en ce qu'il** comprend :

- une sonde proportionnelle (32) de mesure du taux d'oxygène [$O_{2éch}$] située sur le circuit d'échappement,
- un calculateur (36) relié au système de contrôle (34), ledit calculateur étant apte à recevoir et enregistrer la valeur mesurée et étant programmé pour estimer la richesse cylindre en mettant en oeuvre le procédé d'estimation selon les revendications 1 ou 2.

12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un collecteur d'admission (20) équipé de moyens de mesure (25) de la pression absolue (P_{coll}) et de la température (T_{coll}), ledit calculateur étant apte à recevoir et enregistrer les valeurs mesurées et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et étant programmé pour estimer la richesse cylindre en mettant en oeuvre le procédé d'estimation selon la revendication 3.

13. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre un collecteur d'admission (20) équipé de moyens de mesure de la pression absolue (P_{coll}) et de la température (T_{coll}) et des moyens de mesure du débit d'air (22) avant le collecteur d'admission pour mesurer le débit d'air (Q_{air}), ledit calculateur étant apte à recevoir et enregistrer les valeurs mesurées et des données de fonctionnement du moteur (N_{mot} , Q_{carb}), et étant programmé pour estimer la richesse cylindre en mettant en oeuvre le procédé d'estimation selon la revendication 4 ou 5.

14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** le système de contrôle (34) du moteur est programmé pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 8 à 10.

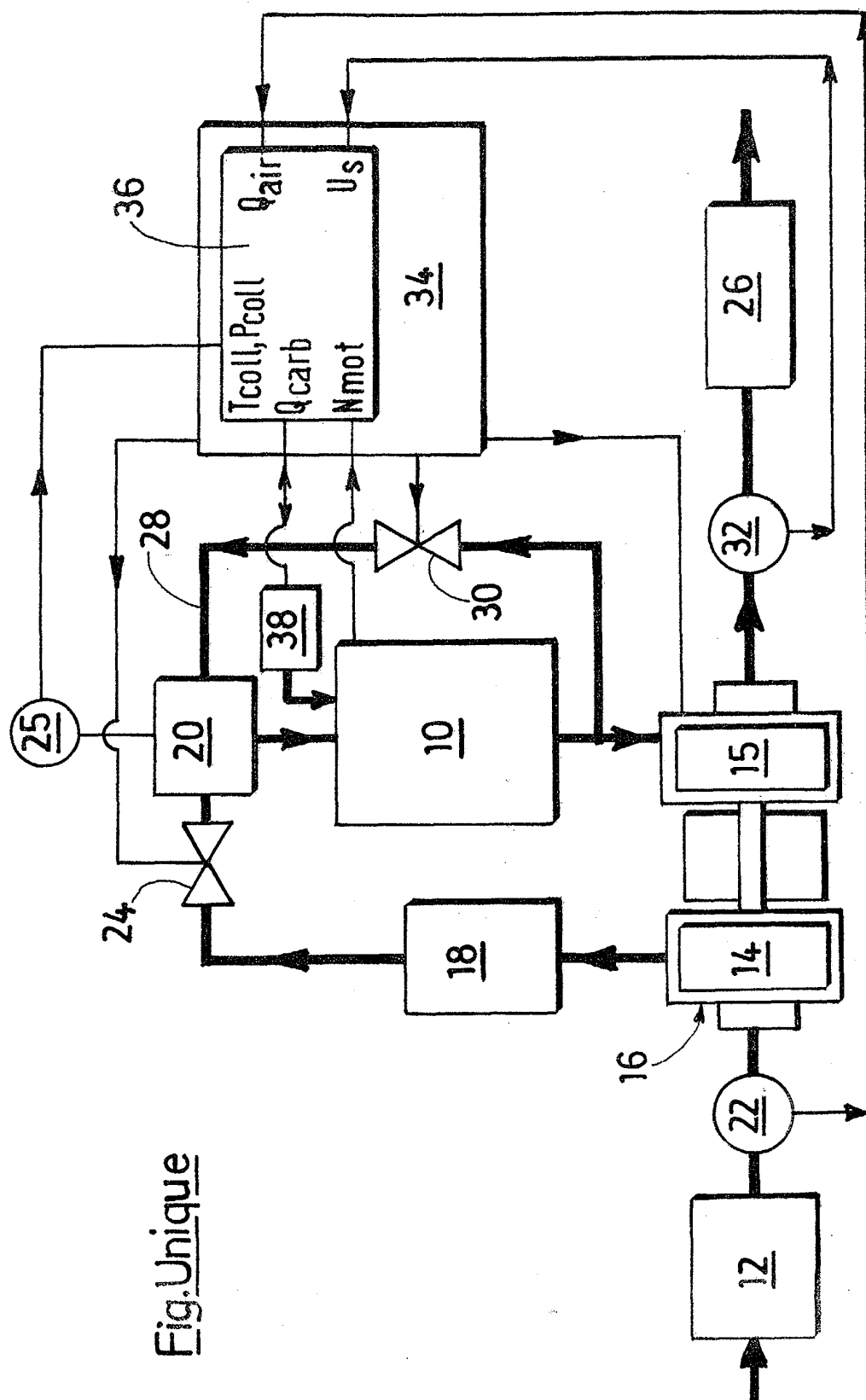


Fig.Unique



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 04 29 0240

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	EP 1 245 810 A (NISSAN MOTOR) 2 octobre 2002 (2002-10-02) * alinéa '0050! - alinéa '0055! * * alinéa '0085! - alinéa '0086! * * figure 27 *	1,3,6, 8-12,14	F02D41/14 F02D35/02
X	EP 1 223 328 A (MAGNETI MARELLI POWERTRAIN S P) 17 juillet 2002 (2002-07-17) * alinéa '0001! - alinéa '0002! * * alinéa '0013! - alinéa '0019! * * alinéa '0026! * * figure *	1-4,7,8, 11,13,14	
X	US 5 974 870 A (ROESEL GERD ET AL) 2 novembre 1999 (1999-11-02) * figures 1,3,4 * * colonne 4, ligne 52 - colonne 5, ligne 5 * * colonne 5, ligne 41 - ligne 59 * * colonne 6, ligne 15 - colonne 7, ligne 5 *	1,4,8, 11,13	
A	EP 0 243 534 A (F & O ELECTRONIC SYSTEMS) 4 novembre 1987 (1987-11-04) * colonne 1, ligne 17 - ligne 40 * * colonne 5, ligne 45 - colonne 6, ligne 5 *	1,8,11	F02D G01N
A	US 5 265 458 A (USAMI JUN ET AL) 30 novembre 1993 (1993-11-30) * colonne 2, ligne 6 - ligne 54 *	1,8,11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		2 avril 2004	Lapeyronnie, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C02)

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

EP 04 29 0240

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

02-04-2004

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1245810	A	02-10-2002	JP 2002357147 A	13-12-2002
			EP 1245810 A2	02-10-2002
			US 2002143459 A1	03-10-2002
EP 1223328	A	17-07-2002	IT B020010010 A1	12-07-2002
			BR 0200095 A	22-10-2002
			EP 1223328 A1	17-07-2002
			US 2002152016 A1	17-10-2002
US 5974870	A	02-11-1999	BR 9708197 A	27-07-1999
			CN 1214104 A ,B	14-04-1999
			CZ 9802926 A3	12-05-1999
			WO 9735106 A2	25-09-1997
			DE 59700375 D1	30-09-1999
			EP 0886725 A2	30-12-1998
EP 0243534	A	04-11-1987	DE 3614251 C1	29-01-1987
			AT 59433 T	15-01-1991
			DE 3676691 D1	07-02-1991
			DE 3702456 A1	11-08-1988
			EP 0243534 A2	04-11-1987
			JP 62258728 A	11-11-1987
			US 4793135 A	27-12-1988
US 5265458	A	30-11-1993	JP 2902162 B2	07-06-1999
			JP 4369472 A	22-12-1992
			DE 4219586 A1	17-12-1992
			GB 2256929 A ,B	23-12-1992

EPO FORM P0460

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