

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 08.06.95.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 13.12.96 Bulletin 96/50.

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) : REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT — FR.

72) Inventeur(s) : MOINE XAVIER et TAUPIN JEAN MARIE ANDRE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire : CABINET BALLOT SCHMIT.

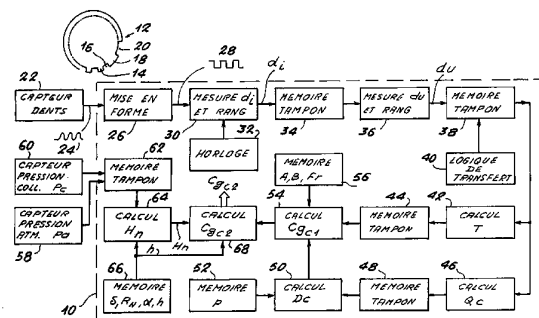
54) PROCÉDE ET DISPOSITIF DE MESURE DU COUPLE D'UN MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE PRENANT EN COMPTE LES CONDITIONS PARTICULIERES DE COMBUSTION.

57) Ce procédé et dispositif de mesure de couple prennent en compte les conditions particulières de combustion dans les cylindres telles que le taux de recirculation des gaz d'échappement, le taux de gaz résiduels, l'excès de carburant et les régimes transitoires des moteurs.

Le procédé consiste à déterminer la masse d'air M pompée dans un cylindre au cours de la période de combustion d'un autre cylindre; déterminer le couple de pompage Cp nécessaire à cet effet; mémoriser ces deux données pendant les deux périodes de combustion suivantes; combiner ces données pour produire un terme H_n de correction du couple Cg_n afférent à la période de combustion de rang n selon la relation:

$$H_n = -\delta (M_{n-2} + M_{n-1}) + \alpha \cdot C_{p-2}$$

dans laquelle δ et α sont des constantes dépendant du type de moteur, et calculer le couple gaz moyen corrigé, engendré au cours de la période de combustion de rang n, selon la relation Cg_{cn} = h.Cg_n + H_n, dans laquelle h est une constante d'étalonnage dépendant du type de moteur.



PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DU COUPLE D'UN MOTEUR
THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE PRENANT EN COMPTE LES
CONDITIONS PARTICULIERES DE COMBUSTION

L'invention se rapporte à un procédé et dispositif de mesure du couple d'un moteur thermique à combustion interne prenant en compte les conditions particulières de combustion dans les cylindres, c'est-à-dire le taux
5 de recirculation des gaz d'échappement, le taux de gaz résiduels, l'excès de comburant et les régimes transitoires du moteur.

Un procédé et un dispositif de mesure du couple d'un moteur thermique à combustion interne ont été décrits
10 dans le brevet français N° 91 11273, déposé par la demanderesse. Dans ce brevet est décrit un dispositif pour produire une valeur numérique C_g représentative du couple gaz moyen engendré par chaque combustion du mélange gazeux dans les cylindres d'un moteur thermique
15 fonctionnant à bas régime. Ce dispositif comprend :

- des repères de mesure disposés sur une couronne solidaire du volant d'inertie du moteur ou du vilebrequin ;
- des moyens pour définir au moins une référence
20 d'indexation des repères ;
- un capteur de défilement des repères, monté fixe au voisinage de la couronne ;
- des moyens de calcul pour produire une valeur numérique primaire d_i représentative de la durée
25 instantanée de défilement devant le capteur de chacun des repères ;
- des moyens de calcul pour élaborer à partir des valeurs numériques d_i une première valeur numérique secondaire T représentative de la durée totale de

défilement devant le capteur de chaque série de repères compris dans l'intervalle angulaire des combustions dans le moteur ;

5 - des moyens de calcul pour élaborer une seconde valeur numérique K représentative de la projection, sur une ligne de référence de phase des repères correspondant à l'origine des périodes de combustion, de l'amplitude de la composante alternative des durées instantanées d_i , à la fréquence des combustions dans le moteur ;

10 - des moyens de calcul pour élaborer la valeur numérique recherchée C_g à partir de la relation $C_g = A.K/T^3 + B/T^2$, dans laquelle les termes A et B sont des constantes déterminées expérimentalement.

15 Selon une première forme de réalisation décrite dans le brevet visé plus haut, le nombre de repères compris dans l'intervalle angulaire des combustions dans le moteur étant m, la relation définissant K est :

20
$$K = \sum_0^{m-1} d_i \cdot \cos (i \cdot 2\pi/m).$$

25 Selon une deuxième forme de réalisation décrite dans la demande de brevet déposée le 8 juin 1995 sous le N° 95 06780 par la demanderesse et intitulée : "Procédé et dispositif de mesure de couple d'un moteur thermique à combustion interne", une manière simplifiée de calculer le terme K est présentée.

30 Le dispositif de mise en oeuvre de cette manière simplifiée comprend :

- des moyens pour établir un horizon de mesure au moins égal à l'intervalle angulaire entre deux explosions consécutives dans le moteur ;

- des moyens pour diviser cet horizon en un nombre

35 relativement petit de paquets de repères ;

- des moyens pour calculer les durées de défilement de chacun de ces paquets devant le capteur et pour leur affecter un rang dans chaque horizon de mesure ;
- des moyens pour combiner ensemble, par addition de
5 soustraction, un nombre donné de durées ayant des rangs déterminés, de manière à produire une grandeur Q ayant une valeur moyenne nulle et une réponse fréquentielle non-nulle à la fréquence d'analyse des explosions du moteur ;
- 10 - des moyens pour calculer le terme K selon la relation simplifiée $K = p.Q$ dans laquelle p est une constante de pondération qui donne au terme K, obtenu pour la combinaison des durées retenue pour Q, une réponse fréquentielle, au moins pour la fréquence d'analyse,
15 identique à celle obtenue plus haut.

Dans le brevet et/ou la demande de brevet visés ci-dessus, des moyens complémentaires sont décrits pour corriger les mesures de couple affectées par les perturbations à basse fréquence subies par le moteur et
20 par celles engendrées par un moteur fonctionnant à haut régime.

L'objet de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif pour effectuer une nouvelle correction intégrant les effets de la richesse du mélange du taux
25 de recirculation des gaz d'échappement et des régimes transitoires du moteur. Cette nouvelle correction peut être combinée ou non avec les corrections précitées.

Selon cette invention, le procédé pour prendre en compte les conditions particulières de combustion
30 affectant la détermination de la valeur numérique C_g du couple gaz moyen engendré par chaque combustion de mélange gazeux dans les cylindres d'un moteur thermique à quatre temps et quatre cylindres fonctionnant à bas régime, et pour corriger en conséquence cette valeur

numérique, laquelle est exprimée par la relation $Cg = A.K/T^3 + B/T^2$, est caractérisé en ce qu'il consiste à :

- 5 - déterminer la masse d'air M pompée dans un cylindre au cours de la période de combustion d'un autre cylindre ;
- déterminer le couple de pompage Cp nécessaire à cet effet ;
- 10 - mémoriser ces deux données pendant les deux périodes de combustion suivantes ;
- combiner ces données pour produire un terme H_n de correction du couple Cg_n afférent à la période de combustion de rang n selon la relation :
- 15
$$H_n = -\delta(M_{n-2} + M_{n-1}) + \alpha.Cp_{n-2},$$
 dans laquelle δ et α sont des constantes dépendant du type de moteur, et
- calculer le couple gaz moyen corrigé, engendré au cours de la période de combustion de rang n, selon la relation $Cg_{cn} = h.Cg_n + H_n$, dans laquelle h est une
- 20 constante d'étalonnage dépendant du type de moteur.

Selon une caractéristique particulière du procédé selon l'invention :

- déterminer la masse d'air M consiste à mesurer la
- 25 pression Pc dans le collecteur d'admission d'air du moteur et à calculer $M = Pc.R_N$, avec R_N le coefficient sensiblement constant de remplissage des cylindres du moteur ;
- déterminer le couple de pompage Cp consiste à mesurer la pression atmosphérique Pa et à calculer
- 30 $Cp = (Pc - Pa)$.

La mise en oeuvre de cette caractéristique particulière du procédé selon l'invention permet d'exprimer le terme H_n selon la relation :

$$H_n = -\delta.R_N(Pc_{n-2} + Pc_{n-1}) + \alpha(Pc_{n-2} - Pa).$$

Grâce à ces dispositions, on réalise une correction de la mesure du couple d'un moteur à quatre temps et quatre cylindres, adaptée à un fonctionnement en mélange pauvre, à fort taux de recirculation des gaz d'échappement et/ou aux conditions transitoires du moteur (variation de l'angle papillon). L'ensemble de ces avantages résulte des considérations ci-après.

Le couple exercé par la pression des gaz sur le vilebrequin est la composée du couple exercé par le cylindre en détente et du couple exercé par le cylindre en compression. Dans le cas d'un cycle thermodynamique théorique, les deux couples de détente et de compression sont des adiabatiques, donc identiques à un facteur k près (k augmente lorsque l'énergie de combustion, donc la richesse augmente).

Dans le cas d'un moteur quatre temps à quatre cylindres, si $C_{comp}(\theta)$ représente le couple instantané exercé par le cylindre en compression, le couple exercé par le cylindre en détente vaut alors :

$$C_{dét}(\theta) = k \cdot C_{comp}(\pi - \theta).$$

Le couple gaz est la somme du couple de détente, du couple de compression (négatif car résistant) et du couple de pompage. P_c étant la pression dans le collecteur d'admission et P_a la pression atmosphérique, on peut considérer que le couple de pompage est proportionnel à $(P_c - P_a)$. Le couple gaz vaut donc :

$$C_{gaz} = C_{dét} - C_{comp} + \alpha(P_c - P_a) = (k-1)C_{comp} + \alpha(P_c - P_a).$$

Dans le cas de l'estimation logicielle du couple C_g définie par la relation visée plus haut, la symétrie de la courbe des coefficients par rapport au plan milieu de l'horizon de mesure se transforme en courbe impaire vis-à-vis du couple. Il en résulte que le couple de compression résistant est vu comme un couple positif,

au même titre que le couple de détente, par le procédé de mesure de C_g . La valeur mesurée du couple est :

$$C_g = A.K/T^3 + B/T^2 = \beta(C_{\text{comp}} + C_{\text{dét}}).$$

Or, le couple de compression C_{comp} peut être calculé à partir de la masse d'air introduite dans le cylindre, laquelle peut être déduite, soit d'une mesure débitométrique soit d'une mesure de pression. Dans le cas de la pression, le couple de compression est proportionnel à la pression P_c dans le collecteur et au coefficient R_N de remplissage du cylindre du moteur (lequel dépend du régime moteur) : $C_{\text{comp}} = \delta.R_N.P_c$.

Dans le cas du couple gaz engendré, le couple C_{comp} est le couple de compression du cylindre qui sera en détente au moment de la mesure (pression $P_{c(n-2)}$) tandis que pour C_g le couple gaz mesuré, on mesure le couple C_{comp} du cylindre en compression au moment de la mesure (pression $P_{c(n-1)}$). En revanche, le coefficient de remplissage peut être le même pour les deux cylindres car le régime moteur varie peu. En combinant les équations ci-dessus, on obtient :

$$C_{g_c} = C_{\text{dét}} - C_{\text{comp}} + \alpha(P_{c(n-2)} - P_a) \text{ ou}$$

$C_{g_c} = h.C_g + H$, avec h , une constante d'étalonnage dépendant du type de moteur et :

$$H = \delta.R_N.(P_{c(n-1)} + P_{c(n-2)} + \alpha(P_{c(n-2)} - P_a),$$

dans laquelle $\alpha = V/\pi$, avec V la cylindrée unitaire du moteur, $\delta = 1,14V$ en première approximation (avec $k = 4,5$) ajustable pour chaque type de moteur et R_N le coefficient de remplissage du moteur, dépendant du régime mais égal à 1 en première approximation (il varie de 0,8 à 1,02 en fonction du régime croissant).

On rappellera que le terme $R_N.P_c$ représente la masse d'air introduite dans le cylindre. Il peut, en conséquence, être remplacé par un autre estimateur D/N , avec D le débit massique d'air dans le collecteur et N

le nombre de tours par seconde du vilebrequin. De même, le terme $(P_c - P_a)$ peut être remplacé par $(D.T - M_0)$ avec M_0 , la masse d'air introduite dans un cylindre pour un papillon à pleine ouverture.

5 Les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'une manière plus précise de la description d'une forme de réalisation particulière de l'invention, faite ci-après à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés dans
10 lesquels :

- la figure 1 représente le schéma des différents éléments constitutifs d'un dispositif de mesure du couple d'un moteur incorporant une première forme de réalisation de l'invention ;
- 15 - la figure 2 représente le schéma des éléments spécifiques d'une seconde forme de réalisation de l'invention.

Selon la figure 1, est représenté un circuit 10 de mesure de couple gaz moyen corrigé dans un premier
20 temps des perturbations à basse et haute fréquence produit par chaque combustion du mélange gazeux dans un moteur thermique à quatre temps et quatre cylindres fonctionnant à bas et haut régime (Cg_{C1}) et, dans un deuxième temps, des perturbations affectant la mesure
25 du fait des conditions particulières des combustions dans le moteur (Cg_{C2}) .

A cet effet, une couronne de mesure dentée 12 est montée solidaire du volant d'inertie d'un moteur à allumage électronique. A titre d'exemple, la couronne
30 12 comporte sur sa périphérie cinquante-six dents identiques régulièrement espacées, telles celle formée par le plein 14 et le creux 16, réparties en deux séries de vingt-huit dents séparées par deux dents de référence diamétralement opposées, telles celle formée

par le plein 18 et le creux 20, qui ont une largeur double de celle des autres dents. En fait, la couronne 12 comporte $(2 \times 28 + 2 \times 2) = 60$ repères équidistants constitués par des dents réelles ou virtuelles de même module. Les deux dents larges diamétralement opposées servent de référence ou d'origine d'indexation afin de permettre de numéroter chacune des dents et notamment d'identifier la dent d_0 qui sera définie ci-après.

Avec le moteur thermique à quatre temps et quatre cylindres visé ci-dessus, on notera dès à présent que la période angulaire des combustions concerne trente dents et est égale à la moitié de la période de rotation du vilebrequin.

A la couronne 12 est associé un capteur fixe 22, par exemple à réluctance variable, adapté à délivrer un signal alternatif 24 de fréquence proportionnelle à la vitesse de défilement des dents de la couronne, c'est-à-dire proportionnelle à la vitesse instantanée du volant.

La position angulaire de ce capteur 22 par rapport aux dents d'indexation 18 au moment où le piston d'un cylindre est au point mort haut, est connue ou relevée. Cela permet d'identifier la dent d_0 comme étant celle qui défile devant le capteur pendant le passage du piston du cylindre concerné à son point mort haut de combustion. Le signal délivré par le capteur 22 est appliqué à l'entrée d'un circuit de mise en forme 26 adapté à délivrer des signaux 28 à flancs raides, de durée égale à la période instantanée d_i des signaux incidents 24, l'indice i variant de 0 à 29 au fur et à mesure que les dents défilent devant le capteur. Chaque période d_i du signal ainsi produit correspond à la durée de passage d'une dent, soit un plein et un creux, devant le capteur 22. Pour ce qui concerne les signaux

incidents produits par les dents de référence 18, le circuit de mise en forme 26 les transforme de la même façon en un signal à flancs raides, de durée exactement double de celle des signaux afférents aux autres dents.

5 Les signaux 28 sont appliqués à un étage 30 de mesure et de calcul des périodes instantanées d_i de défilement des dents réelles et virtuelles de la couronne de mesure 12 devant le capteur 22.

L'étage de mesure et de calcul 30 comprend des circuits
10 de comptage qui reçoivent des impulsions chronométriques de fréquence élevée (10 MHz par exemple) produites par une horloge à quartz 32 et il délivre en sortie des valeurs numériques représentatives des nombres d'impulsions d'horloge
15 comptées entre deux transitions creux-plein des signaux à flancs raides produits par l'étage de mise en forme 26. Pour ce qui est du traitement de chaque signal 28 produit par l'une des dents longues d'indexation 18-20 dans le cadre de l'exemple décrit, sa valeur sera
20 divisée par deux (décalage d'un bit) et le résultat affecté aux deux dents virtuelles correspondantes. De la sorte, l'étage 30 de mesure et de calcul des périodes d_i adresse à une mémoire-tampon 34 des séries successives de trente valeurs numériques d_i ,
25 respectivement associées à trente nombres consécutifs allant de 0 à 29 définissant le rang i de chacune des dents réelles ou virtuelles comprises dans un horizon de mesure.

La mémoire-tampon 34 est connectée à un étage de calcul
30 36 adapté à regrouper par paquets de cinq les trente durées instantanées d_i comprises entre deux dents de référence. De la sorte, l'étage 36 produit successivement six durées de défilement de paquets de cinq dents-repères, respectivement numérotées $du_0, \dots,$

du₅ au fur et à mesure de leur production, la valeur angulaire de chaque paquet étant $\pi/6$. Ces durées et ces numéros sont ensuite transmis à une mémoire tampon 38 placée sous le contrôle d'un étage de commande de transfert 40 adapté par ailleurs à recevoir les durées du₀.

La mémoire-tampon 38 est adaptée à contenir trois suites successives de six durées de paquets-repères : une suite centrale qui définit l'horizon de mesure en cours d'analyse, une suite avant qui précède cette suite centrale dans le temps et une suite arrière qui la suit. A l'arrivée d'une nouvelle durée du₀, l'étage de commande de transfert 40 est adapté à transférer aux étages suivants les six durées référencées du₀, ..., du₅ de la suite centrale ainsi que, sous la référence du₋₁, la durée du₅ du dernier paquet de la suite avant et sous la référence du₊₁, la durée du₀ du premier paquet de la suite qui vient d'arriver.

Un premier étage de calcul 42 qui reçoit ces huit durées successives est programmé pour sélectionner les six durées référencées du₀, ... du₅ et pour en calculer la somme, laquelle est la période instantanée T d'un intervalle angulaire des combustions. Chaque nouvelle valeur T ainsi calculés est adressée à une mémoire-tampon 44 où elle remplace la valeur précédemment calculée.

Un deuxième étage de calcul 46 qui reçoit ces huit durées successives (du₋₁, du₀, ..., du₅, du₊₁) est programmé pour sélectionner les six durées suivantes : du₋₁, du₀, du₂, du₃, du₅ et du₊₁ et pour les combiner selon la relation :

$$Q_C : 2du_0 - du_{-1} - du_2 + 2du_5 - du_3 - du_{+1}.$$

Le terme Q_C ainsi calculé est adressé à une mémoire-tampon 48 dans laquelle il demeure jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle valeur de Q_C. La mémoire-tampon 48 est

reliée à un troisième étage de calcul 50 qui reçoit par ailleurs une mémoire 52, la constante de pondération $p = \pi/2\sqrt{3}$. L'étage de calcul 50 est adapté à calculer le produit $K_C = p.Q_C$ et à l'appliquer à un quatrième étage de calcul 54.

Cet étage de calcul 54 reçoit en outre d'une mémoire 56, deux constantes A et B déterminées expérimentalement et, de la mémoire-tampon 44, le terme T. A partir de ces quatre grandeurs, l'étage 54 calcule le couple gaz, corrigé des perturbations à basse fréquence, selon la relation $Cg_C = A.K_C/T^3 + B/T^2$. Le couple Cg_C ainsi obtenu est corrigé des perturbations à basse fréquence.

Comme cela a été dit dans le préambule de la présente description, la formule utilisée pour le calcul du couple gaz moyen, à savoir $Cg = A.K/T^3 + B/T^2$ n'est valable que pour des moteurs fonctionnant à bas régime. Dans le cas d'un moteur fonctionnant à haut régime, une correction doit être apportée au coefficient A en question, comme cela est indiqué dans le brevet N° 91 11273 visé dans le préambule. Pour ce faire, le coefficient A est remplacé par $A_C = A(1 - z)$ avec $z = (f_i/f_r)^2$. Dans cette relation $f_i = 1/T$, la fréquence instantanée des combustions et f_r est la fréquence de résonance en torsion de la liaison vilebrequin/volant d'inertie. Pour mettre en oeuvre cette correction dans le cadre de la présente invention, la mémoire 56 contiendra le terme constant f_r et l'étage de calcul 54 calculera $f_i = 1/T$ puis $z = (f_i/f_r)^2$ puis $A_C = A(1 - z)$ puis finalement la valeur recherchée $Cg_C = A_C.K/T^3 + B/T^2$, laquelle sera dans ce cas à la fois valable à bas et à haut régimes du moteur et corrigé des perturbations à basses fréquences.

La description qui précède concerne le dispositif de mesure de couple par calcul simplifié, décrit dans la demande de brevet déposée ce jour par la demanderesse intitulée "Procédé et dispositif de mesure du couple
5 d'un moteur thermique à combustion interne".

Selon la présente invention, la forme de réalisation représentée à la figure 1 comporte, en outre, un capteur 58 de pression atmosphérique Pa, un capteur 60 de pression Pc dans le collecteur d'admission d'air, et
10 une mémoire-tampon 62 à laquelle sont appliquées les données produites par les capteurs de pression 58-60. Ces deux capteurs de pression seront par exemple du type à jauges de contrainte diffusées dans une pastille de silicium. Ils produisent tout d'abord une grandeur
15 analogique représentative de la pression mesurée. Cette grandeur est ensuite convertie en une valeur numérique par un convertisseur analogique/numérique incorporé avant d'être appliquée à la mémoire-tampon 62. Cette mémoire-tampon 62 est adaptée à détenir à tout instant
20 trois mesures successives de la pression Pc, faites au cours de trois intervalles de combustion successifs. Ces mesures sont la dernière reçue $Pc_{(n)}$ et les deux précédentes $Pc_{(n-1)}$ et $Pc_{(n-2)}$, chaque mesure étant identifiée par son rang n, (n-1) ou (n-2). La mémoire-tampon 62 est placée sous le contrôle d'un étage de
25 calcul 64 auquel elle communique les quatre données de pression qu'elle détient. L'étage de calcul 64 est adapté à calculer le terme

$$H_n = -\delta \cdot R_N \cdot (Pc_{(n-2)} + Pc_{(n-1)}) + \alpha (Pc_{(n-2)} - Pa)$$

30 à partir de trois des quatre données de pression ci-dessus et de trois constantes δ , R_N et α stockées dans une mémoire permanente 66. Les valeurs de ces constantes ont été indiquées plus haut.

Un dernier étage de calcul 68 reçoit, d'une part, la valeur Cg_{C1} produite par l'étage de calcul 54 et, d'autre part, la valeur du terme H_n , calculée par l'étage de calcul 64 ainsi qu'une constante h également stockée dans la mémoire 66. L'étage de calcul 68 est adapté à calculer la valeur recherchée Cg_{Cn2} selon la relation

$$Cg_{Cn2} = h.Cg_{Cn1} + H_n.$$

Comme cela a été indiqué plus haut, la grandeur Cg_{Cn2} ainsi obtenue est la valeur numérique totalement corrigée du couple d'un moteur thermique à combustion interne, du type à quatre temps, quatre cylindres et à injection, qui fonctionne à bas et haut régimes, cette valeur étant, en effet, en outre corrigée des perturbations à basse fréquence affectant le moteur ainsi que des erreurs occasionnées par les conditions particulières des combustions dans le moteur (taux de recirculation des gaz d'échappement, taux de gaz résiduels, excès de comburant et régimes transitoires).

Comme cela a été indiqué plus haut, l'invention peut être mise en oeuvre à partir d'une mesure de débit d'air dans le collecteur, en lieu et place d'une mesure de pression. Les moyens particuliers de mise en oeuvre de cette variante sont représentés à la figure 2.

Selon la figure 2, un capteur de débit massique 70 est placé dans le collecteur d'admission d'air. Ce capteur 70 sera par exemple du type à fil chaud ou à lame élastique encastrée à une extrémité. Les éléments sensibles de ces capteurs sont montés en pont, de manière à produire tout d'abord un signal analogique qu'un convertisseur analogique/numérique incorporé transforme ensuite en grandeur numérique. Cette grandeur numérique est appliquée à une mémoire-tampon 72, laquelle est adaptée à détenir à tout moment trois

données D_n , D_{n-1} et D_{n-2} représentatives respectivement des débits d'air dans le collecteur d'admission, au cours de l'intervalle de combustion de rang n en cours d'analyse et des deux intervalles de combustion le précédant dans le temps. Les données stockées dans la mémoire-tampon 72 sont appliquées à un étage de calcul 74 recevant par ailleurs de la mémoire-tampon 44, la période T de l'intervalle de combustion en cours d'analyse (cette période est pratiquement constante au cours des trois périodes successives concernées). L'étage de calcul 74 est adapté à calculer successivement les termes $(D_{n-1} \cdot T)$ et $(D_{n-2} \cdot T)$ et à les appliquer à une mémoire-tampon 76. Ces deux derniers termes sont respectivement M_{n-1} et M_{n-2} comme cela a été indiqué plus haut (en rappelant que $T = 1/2N$). Par ailleurs, la donnée D_{n-2} stockée dans la mémoire-tampon 72 est appliquée à un étage de calcul 78 adapté à calculer $(D_{n-2} \cdot T - M_0)$ à partir de D_{n-2} et de M_0 , la masse d'air introduite dans un cylindre pour un papillon à pleine ouverture, qui est une constante mesurée, stockée dans une mémoire permanente 80. Le terme $(D_{n-2} \cdot T - M_0)$ ainsi calculé est $C_{p(n-2)}$. Ce terme est ensuite appliqué à une mémoire-tampon 82.

Dans une mémoire permanente 84 sont stockées les termes constants δ , α et h définis plus haut. Les termes $(D_{n-1} \cdot T)$ et $D_{n-2} \cdot T$ stockés dans la mémoire-tampon 76, le terme $(D_{n-2} \cdot T - M_0)$ stocké dans la mémoire-tampon 82 et les constantes δ et α stockées dans la mémoire permanente 84 sont appliqués à l'étage de calcul 86 adapté à élaborer le terme H_n visé ci-dessus. Dans cet étage 86, la relation exprimant H_n est :

$$H_n = -\delta \cdot (D_{n-1} \cdot T + D_{n-2} \cdot T) + \alpha (D_{n-2} \cdot T - M_0).$$

Cette relation est équivalente à celle utilisée plus haut à partir de données représentatives des pressions

dans le collecteur d'air et de la pression atmosphérique.

Au cours de la période d'analyse de rang $(n-2)$, on produit des données $P_{c(n-2)}$ ou $D_{(n-2)}$ permettant, d'une
5 part, de calculer le couple de pompage $C_{p(n-2)}$ du cylindre qui sera en détente pendant la période d'analyse de rang n et d'autre part, la masse d'air $M_{(n-2)}$ qui participera à la combustion effectuée pendant cette période de rang n . Au cours de la période
10 d'analyse de rang $(n-1)$, on produit des données $P_{c(n-1)}$ ou $D_{(n-1)}$ permettant de calculer le couple de compression du cylindre en compression pendant la période d'analyse de rang n , qui sera en détente pendant la période d'analyse de rang $(n+1)$, ce couple
15 de compression étant proportionnel à $M_{(n-1)}$.

Ces couples de pompage puis de compression et cette masse d'air participant à la combustion au cours de la période d'analyse de rang n sont directement dépendantes des conditions particulières des
20 combustions. Leur prise en compte permet de corriger les effets sur C_g du taux de recirculation des gaz d'échappement, du taux de gaz brûlés résiduels, de l'excès de carburant et des régimes transitoires du moteur.

25 L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits. A titre de variante, on pourra calculer C_g à partir de la relation générale définissant K , au lieu de la relation simplifiée mise en oeuvre dans l'exemple décrit. De même, on pourra dans certains cas, ne pas faire
30 intervenir les corrections à l'égard des perturbations à basse fréquence et/ou celles concernant les hauts régimes du moteur. Par ailleurs, pour tenir compte des variations limitées du coefficient de remplissage des cylindres en fonction de la vitesse de rotation du

- moteur, un circuit de correction recevant la valeur moyenne R de ce coefficient et la période des combustions T pourra être prévu qui produira R_N à partir d'une cartographie déterminée par l'expérience.
- 5 Un tel circuit sera placé entre la mémoire 66 et l'étage de calcul 64.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire une valeur numérique Cg_c représentative du couple gaz moyen, engendré par chaque combustion du mélange gazeux dans les quatre cylindres d'un moteur thermique à quatre temps, et corrigé des influences des conditions particulières de ces combustions, ledit moteur comprenant :
- 5
- des repères de mesure (14, 16) disposés sur une couronne (12) solidaire du volant d'inertie du moteur ou de son vilebrequin ;
 - 10 - des moyens (18, 20) pour définir au moins une référence d'indexation des repères ;
 - un capteur (22) de défilement des repères (14, 16), monté fixe au voisinage de la couronne (12) ;
 - ledit procédé consistant à :
 - 15 - produire (26, 30) une valeur numérique primaire d_i représentative de la durée instantanée de défilement devant le capteur (22) de chacun des repères (14, 16) ;
 - élaborer (42), à partir des valeurs numériques primaires d_i , une première valeur numérique secondaire T représentative de la durée totale de défilement devant le capteur (22) de chaque série de m repères définissant l'intervalle angulaire des combustions dans le moteur ;
 - 20 - élaborer (46) une seconde valeur numérique secondaire K, représentative de la projection sur la ligne de référence de phase des repères (18, 20) correspondant à l'origine des périodes angulaires des combustions, de l'amplitude de la composante alternative desdites durées instantanées d_i à la
 - 30 fréquence des combustions dans le moteur ;

- élaborer (54) une valeur numérique intermédiaire C_g à partir de la relation $C_g = A.K/T^3 + B/T^2$, dans laquelle A et B (56) sont des constantes déterminées expérimentalement ;
- 5 - ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste également à :
 - mesurer (58 - 60 - 70), notamment dans le collecteur d'admission d'air du moteur, les paramètres physiques permettant de déterminer la
 - 10 masse d'air M (64 - 74) pompée dans un cylindre au cours de la période de combustion d'un autre cylindre, ainsi que le couple de pompage C_p (64 - 78) nécessaire à cet effet,
 - mémoriser (62 - 72) les valeurs de ces paramètres
 - 15 physiques ou celles des grandeurs M et C_p , pendant les deux périodes de combustion suivantes,
 - combiner (68 - 86) les données ainsi mémorisées pour produire un terme H_n de correction du couple C_{g_n} afférent à la période de combustion de rang n selon
 - 20 la relation $H_n = -\delta(M_{n-2} + M_{n-1}) + \alpha.C_{p(n-2)}$, dans laquelle δ et α sont des constantes dépendant du type de moteur ;
 - calculer (68) le couple gaz moyen corrigé, engendré au cours de la période de combustion de rang n, selon
 - 25 la relation $C_{g_{cn}} = h.C_{g_n} + H_n$ dans laquelle h est une constante d'étalonnage dépendant du type de moteur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- 30 - déterminer la masse d'air M consiste à mesurer (60) la pression P_c dans le collecteur d'admission d'air du moteur et à calculer (64) M selon la relation $M = P_c.R_N$ dans laquelle R_N est le coefficient,

sensiblement constant en fonction de la vitesse N du moteur, de remplissage des cylindres du moteur ,

- déterminer le couple de pompage C_p consiste à mesurer (58) la pression atmosphérique P_a et à calculer (64) C_p selon la relation $C_p = (P_c - P_a)$.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- déterminer la masse d'air M consiste à mesurer (70) le débit massique D de l'air dans le collecteur et à calculer (74) M selon la relation $M = D.T$, dans laquelle T est la période des combustions,
- déterminer le couple de pompage C_p consiste à calculer (78) C_p selon la relation $C_p = (D.T - M_0)$ dans laquelle M_0 est la masse d'air introduite dans un cylindre pour un papillon à pleine ouverture.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le terme K de la relation définissant C_g est :

$$K = \sum_{0}^{m-1} d_i \cdot \cos(i.2\pi/m) .$$

25

5. Procédé selon l'une des revendications 1, 2, 3, caractérisé en ce que le terme K de la relation définissant C_g est obtenu par la mise en oeuvre des étapes ci-après :

- établir un horizon de mesure au moins égal à l'intervalle angulaire entre deux explosions consécutives dans le moteur et diviser cet horizon de mesure en un nombre relativement petit de paquets de repères ;

30

- calculer (36) les durées de défilement de chacun de ces paquets devant le capteur (22) et leur affecter un rang dans chaque horizon de mesure.
- combiner ensemble, par addition et soustraction (46), un nombre donné de durées ayant des rangs déterminés, de manière à produire une grandeur Q ayant une valeur moyenne nulle et une réponse fréquentielle non-nulle à la fréquence d'analyse des explosions du moteur ;
- déterminer une constante de pondération p telle que le terme $K = p.Q$ obtenu par un calcul simplifié ait une réponse fréquentielle au moins pour ladite fréquence d'analyse et pour la combinaison des durées retenue pour exprimer Q, identique à celle obtenue pour un terme

$$K = \sum_{0}^{m-1} d_i \cdot \cos(i \cdot 2\pi/m).$$

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la valeur angulaire de chaque paquet de repères est $\pi/6$.
7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que pour produire un terme $K_C = p.Q_C$ corrigé des perturbations à basse fréquence affectant le moteur, chaque paquet de repères mesure $\pi/6$, la constante $p = \pi/2\sqrt{3}$ et la valeur du terme Q ainsi corrigé est $Q_C = (2du_0 - du_{-1} - du_2 - du_3 - du_{+1} + 2du_5)$, avec du_{-1} et du_{+1} , les durées respectives de défilement des paquets disposés à un instant donné de part et d'autre dudit intervalle angulaire.

8. Dispositif pour produire une valeur numérique C_g représentative du couple gaz moyen engendré par chaque combustion du mélange gazeux dans les quatre cylindres d'un moteur thermique à quatre temps fonctionnant à bas régime, ladite valeur étant corrigée des influences des conditions particulières de ces combustions,
- 5
- ledit moteur comprenant :
 - des repères de mesure (14, 16) disposés sur une couronne (12) solidaire du volant d'inertie ou du vilebrequin,
 - 10 - des moyens (18, 20) pour définir au moins une référence d'indexation des repères ;
 - un capteur (22) de défilement des repères (14, 16) monté fixe au voisinage de la couronne (12) ;
 - 15 - ledit dispositif étant du genre comprenant :
 - des moyens de calcul (30) pour produire une valeur numérique primaire d_i représentative de la durée instantanée de défilement devant le capteur (22) de chacun des repères (14, 16) ;
 - 20 - des moyens de calcul (42) pour élaborer à partir des valeurs numériques primaires d_i une première valeur numérique secondaire T représentative de la durée totale de défilement devant le capteur (22) de chaque série de m repères définissant l'intervalle angulaire séparant deux combustions consécutives dans le moteur ;
 - 25 - des moyens de calcul (46) pour élaborer une seconde valeur numérique K représentative de la projection, sur la ligne de référence de phase des repères (18, 20) correspondant à l'origine des périodes angulaires des combustions, de l'amplitude de la composante alternative des durées instantanées d_i de défilement des repères (14, 16) devant le capteur (22) à la
 - 30 fréquence des combustions dans le moteur,

- des moyens de calcul (54) pour élaborer une valeur numérique intermédiaire C_g à partir de la relation $C_g = A.K/T^3 + B/T^2$ dans laquelle A et B sont des constantes expérimentalement déterminées, contenues dans une mémoire (56) ;
- caractérisé en ce qu'il comprend également :
 - des moyens (60 - 62 - 64 ou 70 - 72 - 74) incluant des capteurs (60 - 70) installés dans le collecteur d'admission d'air, pour déterminer la masse d'air M pompée dans un cylindre au cours de la période de combustion d'un autre cylindre,
 - des moyens (58 - 60 - 62 - 64 ou 70 - 72 - 78) pour déterminer le couple de pompage C_p nécessaire à cet effet ;
 - des moyens pour mémoriser (62 ou 72 - 76 - 82) les données M et C_p ou les éléments constitutifs de ces données pendant les deux périodes de combustion suivantes,
 - des moyens (64 ou 86) pour combiner ces données ou leurs éléments constitutifs pour produire en terme H_n de correction du couple C_{g_n} afférent à la période de combustion de rang n selon la relation :

$$H_n = - \delta(M_{n-2} + M_{n-1}) + \alpha.C_{p(n-2)}$$
 dans laquelle δ et α sont des constantes dépendantes du type de moteur,
 - des moyens de calcul (68) pour calculer le couple gaz moyen corrigé, engendré au cours de la période de combustion de rang n, selon la relation :

$$C_{g_{cn}} = h.C_{g_n} + H_n$$
 dans laquelle h est une constante d'étalonnage dépendant du type de moteur.
 - les constantes δ , α et h étant stockées dans une mémoire permanente (66 ou 84).

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un capteur de pression (60) disposé dans le collecteur d'admission d'air du moteur, produisant une grandeur P_c ,
 - 5 - un capteur de pression (58) disposé de manière à mesurer la pression atmosphérique, produisant une grandeur P_a ,
 - une mémoire-tampon (62) adaptée à mémoriser la grandeur P_a et les grandeurs $P_{c(n-2)}$, $P_{c(n-1)}$ et P_{c_n} mesurées au cours de la période de combustion de rang
 - 10 n et des deux périodes précédentes,
 - des moyens de calcul (64) pour calculer le terme H_n selon la relation :

$$H_n = - \delta \cdot R_N \cdot (P_{c(n-2)} + P_{c(n-1)}) + \alpha \cdot (P_{c(n-2)} - P_a)$$
 dans laquelle R_N est le coefficient de remplissage
 - 15 des cylindres du moteur stocké dans une mémoire permanente (66), le cas échéant corrigé des variations limitées apportées par la vitesse N de rotation du moteur.
- 20 10. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un capteur de débit massique (70) installé dans le collecteur d'admission d'air du moteur, produisant une grandeur D ,
 - 25 - une mémoire-tampon (72) adaptée à mémoriser les grandeurs D_{n-2} , D_{n-1} et D_n produites au cours de la période de combustion de rang n et des deux périodes précédentes,
 - des moyens (74) pour calculer les masses d'air M_{n-2} ,
 - 30 M_{n-1} et M_n selon la relation $M = D \cdot T$ dans laquelle T est la période des combustions contenue dans la mémoire-tampon (44),
 - une mémoire-tampon (76) pour mémoriser un moment ces trois masses d'air M_{n-2} , M_{n-1} et M_n ,

- des moyens (78) pour calculer le couple de pompage $C_{p(n-2)}$ selon la relation $C_p = (D.T - M_0)$ dans laquelle M_0 est la masse d'air introduite dans un cylindre pour un papillon à pleine ouverture, stockée dans une mémoire permanente (80).

11. Dispositif selon l'une des revendications 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que les moyens pour déterminer le terme K de la relation définissant le couple C_g comprennent :

- des moyens de traitement et de calcul (36) pour établir un horizon de mesure au moins égal audit intervalle angulaire, pour diviser cet horizon de mesure en un nombre pair relativement petit de paquets de repères, pour calculer les durées de défilement de chacun de ces paquets devant le capteur (22) et pour leur affecter un rang dans chaque horizon de mesure ;

- des moyens de calcul (46) pour combiner ensemble, par addition et soustraction, un nombre pair, au moins égal à quatre, de durées de paquets ayant des rangs déterminés, de manière à produire une grandeur Q ayant une valeur moyenne nulle et une réponse fréquentielle non-nulle à la fréquence d'analyse des explosions du moteur ;

- des moyens de calcul (50) pour produire un terme $K = p.Q$ à partir de la valeur Q précédemment calculée et d'un coefficient de pondération p déterminé expérimentalement et stocké dans une mémoire (52), la valeur de p et la combinaison des durées retenue pour exprimer Q ayant été déterminées de manière que le terme K ainsi obtenu par un calcul simplifié ait une réponse fréquentielle, au moins pour ladite fréquence

d'analyse, identique à celle obtenue pour un terme K calculé à partir de la relation :

$$5 \quad K = \sum_0^{m-1} d_i \cdot \cos(i \cdot 2\pi/m).$$

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que, pour produire une valeur numérique Cg_c corrigée de l'influence des conditions particulières de combustion du mélange gazeux dans les cylindres d'un moteur thermique fonctionnant à bas et à haut régimes,

10 - la mémoire (56) contient, outre les constantes A et B, une constante f_r définie par la fréquence de résonance en torsion de la liaison vilebrequin/volant d'inertie du moteur ;

15 - les moyens de calcul (54) sont en outre adaptés à calculer la fréquence instantanée des explosions $f_i = 1/T$, à calculer un facteur de correction $z = (f_i/f_r)^2$ puis une constante A corrigée $A_c = A(1 - z)$ avant de procéder au calcul de la valeur Cg_c corrigée selon la relation

20 $Cg_c = A_c \cdot K/T^3 + B/T^2$.

25 13. Dispositif selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que, pour produire un terme Q également corrigé des perturbations à basse fréquence affectant le moteur,

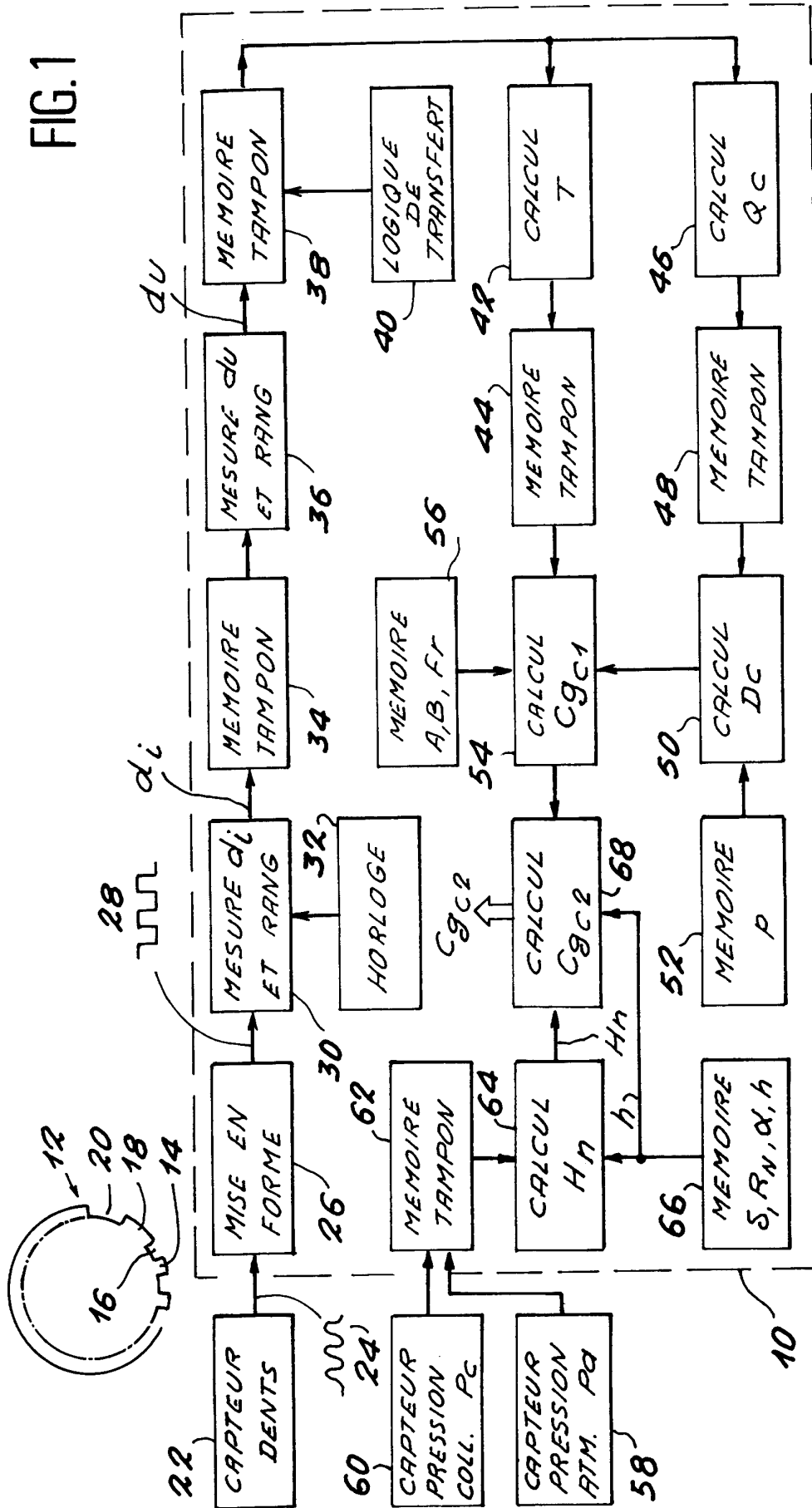
30 - les moyens de traitement de calcul (36) sont adaptés à établir un horizon de mesure s'étendant de part et d'autre de l'intervalle angulaire des explosions, à constituer dans cet intervalle six paquets de repères de durées égales référencées du_0, \dots, du_5 et en-deçà et au-delà respectivement de cet intervalle, deux

35 paquets complémentaires de même longueur que les

autres références du_{-1} et du_{+1} et à mesurer les durées de ces huit paquets puis à les adresser à une mémoire-tampon (38) en même temps que les références de leur rang dans l'horizon de mesure ;

- 5 - les moyens de calcul (46) sont adaptés à calculer la valeur corrigée du terme Q selon la relation $Q_C = 2du_0 - du_{-1} - du_2 - du_3 - du_{+1} + 2du_5$;
- la mémoire (52) contient une constante de pondération $p = \pi/2\sqrt{3}$.

FIG. 1



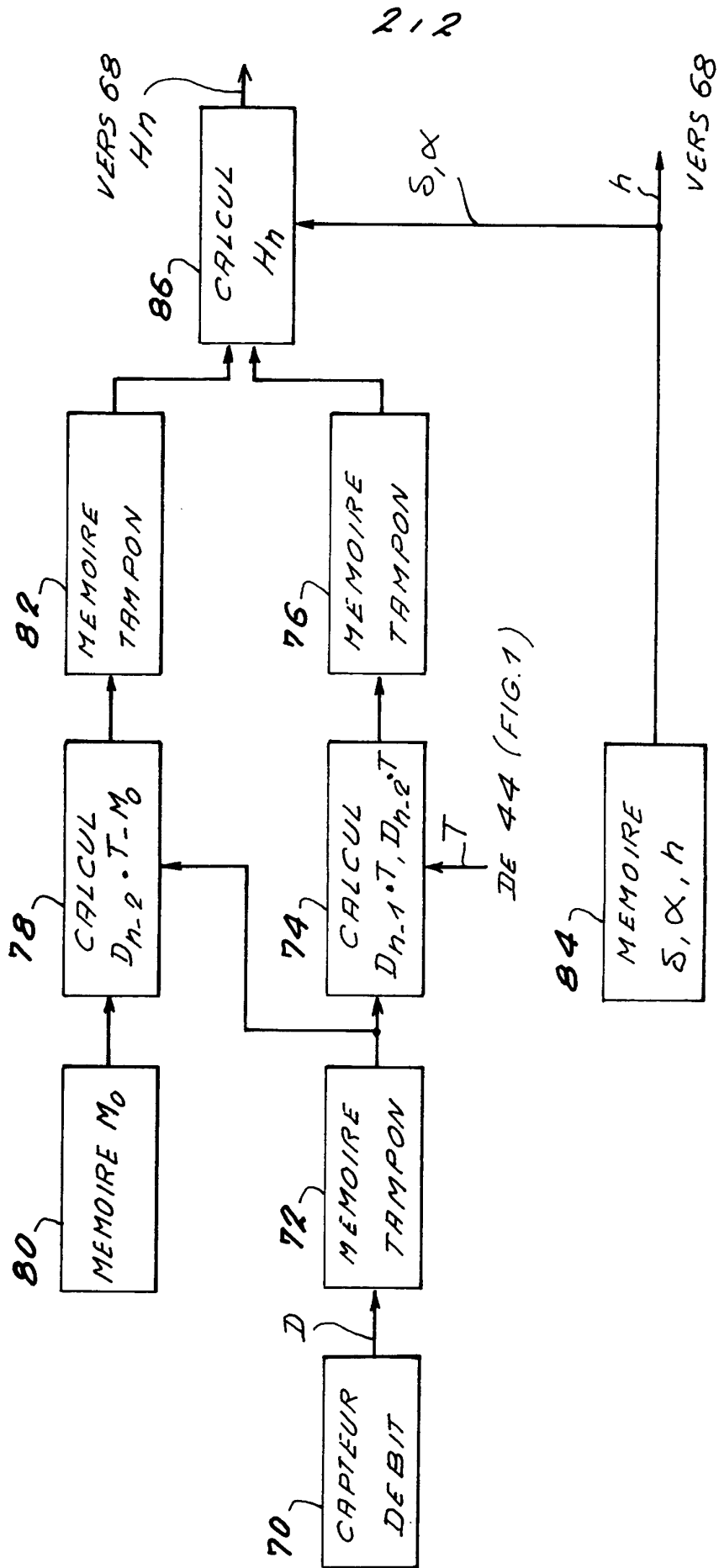


FIG. 2

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
D,A	EP-A-0 532 419 (REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT S.A.) * le document en entier * ---	1,8
A	FR-A-2 189 734 (NISSAN MOTOR COMPANY, LIMITED) * le document en entier * ---	1,8
A	US-A-5 259 241 (A. WAKAYAMA) * le document en entier * ---	1,8
A	US-A-5 241 855 (M.J. CULLEN ET AL.) * le document en entier * -----	1,8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G01L G01M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
8 Février 1996		Van Assche, P
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>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</p>		

1