

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 942 851

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

09 51351

51 Int Cl⁸ : F 02 B 77/08 (2006.01), F 02 D 41/04, G 01 P 3/489,
13/04

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.03.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 10.09.10 Bulletin 10/36.

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) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme — FR.

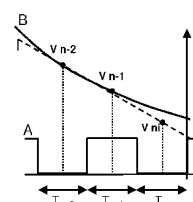
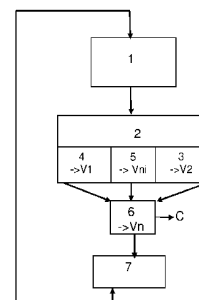
72 Inventeur(s) : FONTAINE DAVID, CALENDINI
PIERRE OLIVIER, ROPARS PASCAL et BLIND CHRIS-
TOPHE.

73 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA.

54 PROCÉDE D'ESTIMATION DE LA POSITION D'ARRÊT D'UN MOTEUR A COMBUSTION.

57 L'invention porte sur un procédé d'estimation de la position d'arrêt d'un moteur à combustion muni d'un capteur de régime, dans lequel, lors d'une phase d'arrêt dudit moteur, on observe les fronts électriques issus du capteur et, pour toute période n observée correspondant à la période écoulée entre la détection de deux fronts successifs du capteur de régime, on calcule deux vitesses de rotations (V_1 , V_2) selon qu'on suppose que le vilebrequin a connu ou non un changement de sens, et on définit la vitesse de rotation dans la période n (V_n) comme la plus proche d'une vitesse de rotation estimée (V_{ni}) en fonction des vitesses de rotation calculées dans les périodes précédentes (V_{n-2} , V_{n-1}), et on détermine l'angle d'arrêt du moteur par cumul des angles parcourus au cours des périodes n , selon la vitesse de rotation retenue pour chaque période.



FR 2 942 851 - A1



PROCEDE D'ESTIMATION DE LA POSITION D'ARRET D'UN MOTEUR A COMBUSTION

[0001] L'invention porte sur le domaine des moteurs à combustion de tous types. Plus précisément, elle a trait à l'arrêt et au redémarrage des moteurs à combustion interne.

5 [0002] Au démarrage d'un moteur, sa position dans le cycle, c'est-à-dire l'état de ses différents cylindres est a priori inconnue. Il est cependant important d'injecter le carburant et de déclencher l'allumage (pour un moteur à allumage commandé) à des moments adéquats du cycle. Plusieurs stratégies de démarrage sont connues et peuvent être employées.

10 [0003] Classiquement, lors du redémarrage d'un moteur, on doit effectuer plusieurs étapes successives. Dans une première étape dite de synchronisation, on détecte la position du moteur lorsqu'il est en régime sous démarreur (ou alterno-démarreur). Il s'agit donc par exemple d'actionner le moteur à l'aide du démarreur sans injecter de carburant ni alimenter les bougies d'allumage, jusqu'à l'obtention de la synchronisation du moteur.

15 Cependant, cette solution classique entraîne un important délai au démarrage.

[0004] Dans une seconde étape, on pilote l'injection de carburant dans le moteur et son allumage pour les moteurs à allumage commandé, ou l'injection seule pour les moteurs diesel. La synchronisation préalable du moteur, c'est-à-dire la connaissance de la position de chacun de ses cylindres dans le cycle, est fondamentale car elle permet de piloter
20 l'injection de carburant au moment adéquat, ainsi que le déclenchement de l'inflammation du mélange dans un moteur à essence (allumage).

[0005] Afin de connaître et de suivre la position de chacun des cylindres dans un cycle, les calculateurs électroniques disposent principalement d'informations fournies par deux capteurs, qui caractérisent respectivement la rotation du vilebrequin du moteur (on parle
25 alors de capteur de régime), et la rotation d'au moins un arbre à cames (on parle alors de capteur de position AAC ou arbre à cames).

[0006] Au cours d'un cycle d'un moteur à 4 temps, le vilebrequin effectue 2 tours, soit une rotation de 720°. Pour des raisons de clarté, conformément à l'usage, nous posons qu'un cycle commence à 0° d'angle vilebrequin au début d'une phase de compression
30 d'un cylindre donné et se termine à 720° à la fin de la phase d'admission de ce même cylindre.

[0007] Le volant moteur, solidaire du vilebrequin du moteur, est pourvu sur sa périphérie d'un ensemble de dents, appelé cible, en regard de laquelle est positionné le capteur de régime. Il délivre une tension alternative en créneaux, présentant des fronts électriques montants et des fronts électriques descendants, et dont la fréquence varie avec le régime du moteur. On ménage des dents manquantes sur la denture portée par le volant moteur. Le capteur va détecter ces lacunes apportant ainsi une information sur la position du vilebrequin.

[0008] Typiquement, le volant moteur peut présenter, par exemple, 58 dents et deux lacunes (c'est-à-dire une denture de 60 dents dont 2 manquantes). Il y a une corrélation entre le passage de la cible en face du capteur et le signal électrique émis. Le contrôle moteur adapte la position en angle du vilebrequin en fonction des signaux émis par le capteur.

[0009] On notera en outre que la détection de la lacune ne suffit pas à positionner de façon absolue le moteur dans le cycle, puisqu'une absence de dent peut correspondre à deux instants distincts du cycle. Afin de trancher entre les deux positions possibles, on peut mettre en œuvre un dispositif analogue sur au moins un arbre à cames du moteur, avec une denture présentant au moins une lacune (ou singularité) et un capteur en regard. L'arbre à came ne faisant qu'un tour par cycle, la détection de la lacune dans la denture ménagée permet de trancher entre les deux positions possibles, et d'obtenir ainsi ce que l'on appelle la synchronisation totale du moteur.

[0010] Les informations issues des capteurs de régime et AAC permettent ainsi d'obtenir une information précise de la position du moteur sur 720°.

[0011] L'exploitation des signaux issus des capteurs de position du vilebrequin et d'arbre à cames permet de connaître la position du moteur lors de son arrêt. En effet, le comptage des dents portées par le volant moteur et vues par le capteur régime / position permettent de suivre l'évolution du cycle moteur. Cependant, les capteurs évoqués précédemment ne traduisent qu'un changement d'état (présence ou absence de dent en regard). Ils sont généralement incapables d'identifier le sens de rotation du volant moteur. Cependant, lors de l'arrêt d'un moteur, une rotation du moteur en sens inverse de son sens de fonctionnement peut avoir lieu, avant son arrêt. On parle alors de rebond du vilebrequin. Plusieurs rebonds peuvent se produire lors d'un arrêt.

[0012] Les capteurs généralement utilisés sont incapables d'identifier ce fait, et la position d'arrêt ne peut alors être connue. En effet, le capteur de régime actuel servant à

la synchronisation est unidirectionnel, c'est-à-dire qu'il émettra le même signal quel que soit le sens de rotation du moteur, car de tels capteurs ne traduisent qu'un changement d'état (présence ou absence de dent en regard), qui sont traduits en un signal électrique.

5 [0013] Deux méthodes de détection de la position d'arrêt moteur existent actuellement, et utilisent respectivement un capteur de régime bidirectionnel, coûteux, ou une stratégie logicielle utilisant l'information signal de régime unidirectionnel qui n'est pas suffisamment robuste pour garantir avec précision la connaissance de la position d'arrêt du moteur.

10 [0014] On connaît également par le brevet FR2890690 qui utilise un capteur monodirectionnel dans une méthode pour déterminer le sens de rotation d'un moteur et en déduire par conséquent sa position d'arrêt. Une telle méthode est cependant insatisfaisante, car il ne prend pas en compte nombre d'éléments potentiellement mis en jeu dans le moteur, par exemple :

- 15 - le fait que l'angle parcouru pendant un état haut du signal issu du capteur de régime est potentiellement différent de l'angle parcouru pendant un état bas, ce qui favorise les erreurs dans la détection des changements de sens du vilebrequin ;
- elle ne permet pas de quantifier la confiance que l'on peut avoir dans le résultat obtenu ;
- elle se contente d'exploiter le signal du capteur de régime, sans se baser sur les phénomènes physiques effectivement mis en jeu ;

20 [0015] Dans l'invention, on propose une solution à ce problème par le développement d'une fonction d'estimation d'angle d'arrêt moteur robuste, tirant notamment sa fiabilité du fait qu'elle représente au mieux les phénomènes physiques entrant en jeu lors de l'arrêt du moteur.

25 [0016] En outre, l'invention propose des indicateurs permettant de quantifier la confiance que l'on peut avoir dans l'estimation de l'angle d'arrêt moteur obtenu à l'aide de la fonction d'estimation d'angle.

30 [0017] Plus précisément, l'invention porte sur un procédé d'estimation de la position d'arrêt d'un moteur à combustion muni d'un capteur de régime, dans lequel, lors d'une phase d'arrêt dudit moteur, on observe les fronts électriques issus du capteur et caractérisé en ce que, pour toute période n observée correspondant à la période écoulée entre la détection de deux fronts successifs du capteur de régime :

- On calcule l'angle parcouru par le vilebrequin dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas changé de sens de rotation au cours de la période n
 - On calcule deux vitesses de rotation du vilebrequin, une première vitesse à l'aide de l'angle parcouru calculé précédemment, dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas connu de changement de sens de rotation au cours de la période n, et une seconde vitesse dans l'hypothèse où le vilebrequin a connu un changement de sens de rotation au cours de la période n ;
 - On estime une vitesse de rotation du vilebrequin en fonction de vitesses de rotations calculées dans des périodes précédentes
 - On compare les deux vitesses de rotation calculées à la vitesse de rotation estimée, et on définit la vitesse de rotation dans la période n, étant égale à la vitesse calculée (choisie entre la première vitesse et la seconde vitesse) la plus proche de la vitesse estimée ;
 - On choisit, en fonction du choix effectué entre les vitesses calculées, l'angle effectivement parcouru pendant la période n entre l'angle précédemment calculé dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas changé de sens de rotation et un angle nul dans l'hypothèse où le vilebrequin a changé de sens de rotation.
 - On répète les étapes précédentes jusqu'à l'arrêt du moteur et on détermine son angle d'arrêt par cumul des angles parcourus.
- En se basant essentiellement sur des vitesses de rotations estimées ou calculées, le procédé représente fidèlement les phénomènes physiques mis en jeu lors de l'arrêt du moteur. On peut déterminer de manière fiable la position d'arrêt du moteur dans le cycle. Dans une variante de l'invention, on pourrait également baser les calculs mis en jeu non pas sur la vitesse, mais sur les accélérations angulaires qui en dérivent directement.
- [0018] De préférence, la vitesse de rotation estimée est estimée par interpolation au milieu de la période n considérée. En prenant comme référence le milieu des périodes, on obtient une vitesse instantanée représentative de la vitesse moyenne de rotation dans cette période.
- [0019] De préférence, l'interpolation de la vitesse de rotation estimée est faite à partir des vitesses de rotation définies pour les périodes n-1 et n-2. Cette interpolation est simple à réaliser, et l'inventeur a en outre constaté qu'une interpolation mettant en jeu un plus

grand nombre de périodes antérieures n'apporte guère plus de précision et est nettement plus lourde à mettre en œuvre. D'autres méthodes sont envisageables, ne mettant pas en jeu d'interpolation.

[0020] De préférence, on impose que la seconde vitesse de rotation (dans le cas de l'occurrence d'un changement de sens de rotation) est nulle.

[0021] De préférence, pour le calcul de l'angle parcouru en cas d'absence de changement de sens:

- On calcule la vitesse moyenne de rotation du vilebrequin sur le cumul des périodes n et n-1, et on la considère comme vitesse instantanée au milieu de ces périodes ;
- 10 • On interpole la vitesse de rotation au milieu de la période n-1 en fonction de des durées des périodes n, n-1 et n-2, et de la vitesse de rotation moyenne sur le cumul des périodes n-2 et n-1.
- On calcule l'angle parcouru pendant la période n-1 par la relation :

$$agl_{n-1} = T_{n-1} \cdot V_{n-1i}$$
 où agl_{n-1} désigne l'angle parcouru pendant la période n-1
- 15 • On calcule l'angle parcouru pendant la période n par la relation :

$$agl_{tooth} = agl_{n-1} + agl_n$$
 ; où agl_n désigne l'angle parcouru pendant la période n et agl_{tooth} désigne l'angle parcouru entre deux fronts identiques, montants ou descendants, issus du capteur de régime.

Ce mode de calcul de l'angle parcouru permet une bonne précision.

20 [0022] Dans une variante, dans le cas où le capteur de régime passe devant une lacune de dent d'une cible au cours de la période n-1 ou n, la vitesse de rotation au milieu de la période n-1 est calculée par interpolation de la vitesse de rotation instantanée à la moitié du cumul des périodes n-3 et n-2, et de la vitesse instantanée à la moitié du cumul des périodes n-1 et n-2. Par ce mode de calcul, on résout la problématique de l'estimation de
 25 la vitesse de rotation pour le calcul de l'angle parcouru, dans le cas où une lacune de dent de la cible visée par le capteur viendrait interférer dans l'estimation généralement menée.

[0023] De préférence, on définit en outre un critère de fiabilité, représentatif de la probabilité que la vitesse de rotation retenue soit la vitesse de rotation réelle et en ce qu'on invalide la vitesse de rotation définie pour la période n, si le critère de fiabilité calculé

6

pour la période n est inférieur à un seuil prédéterminé. Ainsi, si une mesure aboutit à une incertitude trop grande quant à la détection d'un rebond du vilebrequin, on choisira de ne pas prendre en compte cette mesure et l'on arrêtera le procédé, ou bien on mettra en jeu d'autres procédés d'estimation de la position d'arrêt à partir de ce moment.

- 5 [0024] De préférence, on attribue au critère de fiabilité une valeur obtenue selon la formule : $C = 100 \cdot \left(1 - \frac{|\min(V_{ni} - V_1; V_{ni} - V_2)|}{|\max(V_{ni} - V_1; V_{ni} - V_2)|} \right)$, où C représente le critère de fiabilité, V_{ni} la vitesse de rotation estimée, V_1 la première vitesse de rotation et V_2 la seconde vitesse de rotation.

- 10 On a ainsi un critère simple pour lequel une valeur proche de 100 traduit une quasi-certitude, et une valeur proche de zéro traduit une forte incertitude.

[0025] De préférence, lorsque la vitesse de rotation retenue correspond à l'occurrence d'un changement de sens, on force à zéro le seuil de critère de fiabilité pris en compte pour la période n+1. Cela a pour conséquence d'éviter d'observer consécutivement deux rebonds du vilebrequin, ce qui n'a jamais été observé.

- 15 [0026] De préférence, si après qu'on a conclu à un changement de sens du vilebrequin au cours d'une période n on détecte une absence de changement de sens au cours de la période suivante n+1, on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période n+1 à un premier niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions. Si après qu'on a conclu à un changement de sens du vilebrequin au cours
20 d'une période n on détecte un changement de sens au cours de la période suivante n+1, on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période n+1 à un second niveau prédéfini, supérieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions. Il est ainsi possible de tenir compte du fait qu'un changement de sens de rotation du vilebrequin ne peut généralement pas être suivi d'un autre changement de sens. En procédant ainsi,
25 on évite d'invalider inutilement des calculs (dans cas où le changement de sens n'est pas suivi d'un autre changement de sens) ou au contraire de considérer exact un calcul qui présente une forte probabilité d'être erroné (dans cas où le changement de sens est suivi d'un autre changement de sens)

- 30 [0027] De préférence, si on détecte un rebond du vilebrequin supérieur en angle à un rebond du vilebrequin précédent, on invalide le calcul de la vitesse de rotation définie. Une telle situation est physiquement impossible. Si elle est constatée, une erreur ou un phénomène inattendu s'est probablement produit. Il convient d'invalider le calcul réalisé.

De préférence, et en réalisant le calcul des vitesses V_n par une interpolation d'ordre un :

- 5

• si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ est positive et si on a conclu à l'absence de changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est positive on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période $n+1$ à un troisième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.
- 10

• si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ est positive et si on a conclu à un changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est négative on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période $n+1$ à un quatrième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.
- 15

• si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ est négative et si on a conclu à un changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est positive on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période $n+1$ à un cinquième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.
- 20

• si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ est négative et si on a conclu à une absence de changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est négative on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période $n+1$ à un sixième niveau prédéfini,

25

inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

Ces différents cas de figure correspondent à des situations typiques lors de l'arrêt d'un moteur, pour lesquelles on peut prendre en considération un critère de fiabilité moins élevé, pour ne pas invalider un calcul qui a de grandes probabilités d'être exact. Par exemple, dans le premier cas de figure cité, prendre un critère de fiabilité faible est

30

particulièrement intéressant pour éviter des invalidations intempestives de la vitesse de rotation définie pour la période n , lors de franchissement de points morts hauts du moteur. Bien évidemment, une vitesse de rotation positive correspond à la rotation du moteur dans

son sens normal de fonctionnement, tandis qu'une vitesse de rotation négative traduit la rotation du moteur en sens inverse de son sens de fonctionnement normal.

[0028] De préférence on définit en outre la probabilité d'un rebond du vilebrequin par le positionnement dans une cartographie, définissant des zones de probabilité de l'occurrence d'un changement de sens de rotation du vilebrequin, dans un espace
5 dépendant d'un paramètre traduisant l'évolution de la vitesse de rotation du moteur, et d'un paramètre représentatif de l'angle parcouru avant un éventuel changement de sens fonction de l'angle parcouru pendant la période n-2, de la durée de la période n et de la durée de la période n-2. Cela permet de savoir facilement si l'occurrence d'un rebond est
10 certaine, probable, ou impossible. L'inventeur a constaté qu'une cartographie appropriée

met en jeu le paramètre $Tho = \frac{T_n}{T_{n-2}}$ d'une part pour traduire l'évolution de la vitesse de

rotation du moteur, et le paramètre $A0 = \frac{agl_{n-2}}{\left(\frac{T_n + T_{n-2}}{T_{n-1}} + 1\right)^2 - 1}$ afin de traduire l'angle

parcouru avant un éventuel changement de sens.

[0029] Dans une variante de l'invention, on définit deux seuils de critère de fiabilité pour
15 chaque zone de la cartographie, selon qu'on a choisi une vitesse de rotation correspondant à la présence ou à l'absence de changement de rotation du vilebrequin. Ainsi, on pourra être moins exigeant sur le critère de fiabilité si on a conclu à un changement de sens et si l'on sait qu'il y a une forte probabilité qu'un changement de sens de rotation se produise. A contrario, il peut être préférable d'exiger un critère de fiabilité
20 élevé dans les zones de la cartographie où la probabilité d'un rebond du vilebrequin est faible.

[0030] Dans une variante de l'invention, on mémorise l'angle moteur au moment de l'invalidation, on compte les fronts suivant cette invalidation observés par le capteur de régime, et on en déduit une plage possible de position d'arrêt du moteur. Ainsi, même si la
25 position exacte du moteur lors de son arrêt n'a pas pu être déterminée, la plage de valeur possible pourra donner une information utilisable pour la synchronisation du moteur lors du démarrage.

[0031] On pourrait également sur cette base appliquer une méthode utilisant uniquement les fronts descendants (ou montants) du capteur, mais la précision d'une telle méthode serait moindre.

[0032] L'invention est décrite plus en détail et en référence aux figures présentant
5 diverses étapes mises en jeu dans un procédé selon l'invention.

La figure 1 présente le synoptique général de l'invention.

La figure 2 présente sur un graphe un mode de détermination de la vitesse de rotation estimée du moteur pour la réalisation d'un procédé selon l'invention.

La figure 3 illustre l'interprétation en vitesse de rotation faite de l'observation des signaux
10 du capteur de régime, dans le cas où un changement de sens de rotation se produit.

La figure 4 présente les données utilisées dans la méthode de détermination de l'angle parcouru par le vilebrequin pendant une période déterminée, mise en jeu dans l'invention.

La figure 5 présente dans un logigramme la méthode de calcul appliquée à aux données
15 afin de déterminer l'angle parcouru dans une période donnée.

La figure 6 présente les données utilisées dans la méthode de détermination de l'angle parcouru par le vilebrequin pendant une période déterminée, mise en jeu dans l'invention, dans le cas particulier où le capteur de régime passe devant la lacune de dent de la cible observée.

20 La figure 7 présente graphiquement deux cas de figure pour lesquels la méthode développée donne une réponse fiable, ou, au contraire, ne permet pas de trancher formellement.

La figure 8 présente une explication graphique de l'angle parcouru avant un changement de sens éventuel.

25 La figure 9 présente sur un cas l'approximation faite l'angle parcouru avant un changement de sens éventuel

La figure 10 présente une cartographie des probabilités d'occurrence d'un changement de sens du vilebrequin, en dehors de la zone de lacunes de dents sur la cible du capteur de régime, ou de la détection du front suivant un changement de sens.

La figure 11 présente l'emploi des évaluations faites de la position d'arrêt et de son incertitude dans l'interprétation des premières mesures lors du redémarrage.

[0033] Dans une première étape 1, les mesures obtenues des capteurs de régime et arbre à cames sont adaptées afin d'obtenir les paramètres nécessaires à la mise en œuvre des étapes suivantes. De la mesure des périodes entre les fronts du signal des capteurs, ainsi que par intégration des mesures antérieures selon des modalités qui seront ultérieurement précisées, on déduit : les périodes écoulées dent à dent, différentes vitesses angulaires utiles pour la prévision de la vitesse à venir du vilebrequin, et l'angle parcouru précédemment.

10 [0034] Par convention et dans la suite du présent mémoire, on appellera n une période élémentaire entre deux fronts donnés, T_n sa la durée, $n-1$ la période élémentaire précédente, etc.

[0035] Dans une seconde étape 2, dite étape de calcul des vitesses, on estime l'angle parcouru par le volant moteur (ou le vilebrequin), pendant une période élémentaire. Les mesures réalisées font l'objet de deux interprétations, par le calcul de deux vitesses de rotations, selon que le vilebrequin a connu ou non un phénomène de rebond (c'est-à-dire un changement de sens du vilebrequin pendant la phase d'arrêt du moteur), respectivement dans des sous étapes d'interprétation 3 et 4, aboutissant au calcul d'une première vitesse de rotation V_1 sans rebond vilebrequin, et à une seconde vitesse V_2 si un rebond s'est produit.

[0036] En parallèle, une estimation V_{ni} du régime est menée dans une sous-étape 5. Cette estimation est menée par une simple interpolation du régime dans les périodes élémentaires précédentes (T_{n-1} , T_{n-2} , etc.).

[0037] Dans une étape 6 dite de comparaison et décision, on compare les valeurs calculées des vitesses de rotation calculées V_1 et V_2 selon que le vilebrequin a connu ou non un changement de sens d'une part, à la vitesse de rotation interpolée V_{ni} . La vitesse calculée V_1 ou V_2 la plus proche de la vitesse de rotation interpolée V_{ni} sera considérée comme la valeur à prendre en compte (que nous appellerons V_n). Dans une étape 7 dite d' « adaptation d'angle parcouru et vitesse » on adapte la position du vilebrequin dans le cycle et la vitesse en fonction du choix effectué entre V_1 et V_2 .

[0038] Ces valeurs sont ensuite réutilisées dans le cadre de la première étape 1 pour la période $n+1$ successive à n .

[0039] En outre, dans la variante préférentielle de l'invention, on détermine un indicateur de confiance C, selon des modalités ultérieurement précisées, indicateur qui permet de déterminer dans quelles mesures l'estimation de l'angle moteur est fiable. La valeur de cet indicateur pourra permettre de prendre des mesures adaptées lors du redémarrage, selon
5 l'amplitude de la zone dans laquelle le moteur peut effectivement s'être arrêté.

[0040] La figure 2 présente sur un graphe le mode préférentiel de détermination des vitesses de rotation du moteur pour la réalisation d'un procédé selon l'invention. La courbe A représente le signal électrique issu du capteur de régime (volts en ordonnée). La courbe B représente l'évolution du régime moteur au cours des périodes n-2 à n. La courbe I
10 représente l'interpolation faite du régime moteur pour la mise en œuvre de la sous étape 5 du procédé représenté en figure 1.

[0041] De façon simple, l'estimation de la vitesse de rotation peut être réalisée à l'aide d'une interpolation au premier ordre. Cette interpolation prend pour paramètre :

- T_{n-2} , T_{n-1} , etc. : les durées entre deux fronts successifs du signal du capteur de régime ;
15
- V_{n-2} , V_{n-1} : les vitesses de rotation obtenues lors des précédents calculs ;
- V_{ni} : la valeur de l'interpolation du régime pour la période n, préférentiellement à la moitié de la période n ;

[0042] L'interpolation de V_{ni} est réalisée à l'aide des vitesses de rotation obtenues pour les deux demi-dents précédentes. En se basant sur les interpolations sur la moitié des périodes élémentaires considérées, les périodes élémentaires correspondant aux périodes s'écoulant entre la détection de 2 fronts du signal du capteur de régime, qu'il s'agisse d'un front montant ou descendant, on peut légitimement comparer V_{ni} avec $V1$ et $V2$,
20 calculées au milieu des périodes élémentaires.
25

[0043] On peut également mettre en œuvre, dans une variante de l'invention non représentée ici, une interpolation au second ordre, mais l'inventeur a constaté, après avoir mené de nombreux essais, que les résultats obtenus sont moins satisfaisants qu'avec une interpolation au premier ordre, dans l'optique de la mise en œuvre d'un procédé selon
30 l'invention.

[0044] On peut également mettre en œuvre, dans une variante de l'invention non représentée ici, un modèle basé sur un modèle de remplissage des cylindres du moteur.

[0045] On peut également mettre en œuvre, dans une variante de l'invention non représentée ici, un modèle basé sur la mesure de l'accélération lors du précédent demi-tour moteur.

5 [0046] Comme précédemment explicité, on interprète les mesures réalisées par le capteur de régime dans deux sous étapes menées conjointement, respectivement la sous étape 3 et la sous étape 4, sous la forme d'une première vitesse de rotation V1 (sans changement de sens de rotation du moteur) et d'une seconde vitesse V2 (avec un changement de sens de rotation du moteur).

10 [0047] En pratique, la seconde vitesse V2 sera préférentiellement considérée nulle, comme l'illustre la figure 3. La courbe A représente le signal électrique issu du capteur de régime (volts en ordonnée). La courbe B représente l'évolution du régime moteur au cours du temps. Les fronts, montants ou descendant, correspondant aux dents vues par le capteur au cours du temps sont référencés, sur la période analysée en figure 3, respectivement A1, A2, A3, A4.

15 [0048] Lors d'un changement de sens, la direction de rotation est inversée. Le dernier front vu avant le changement de sens A2 correspond à la même dent que le 1^{er} front vu après ce même changement de sens A3. Le changement de sens se situe donc approximativement au milieu de ces deux fronts. De même, les fronts A1 et A4 correspondent à la même dent de la cible.

20 [0049] Ainsi, et considérant notamment que le moteur tourne instantanément après changement de sens à une vitesse opposée mais sensiblement égale à ce qu'elle était avant le changement de sens, l'interprétation de la mesure si il y a présence d'un changement de sens est une vitesse de rotation nulle sur le milieu du dernier intervalle de temps mesuré.

25 [0050] Pour le calcul des vitesses de rotation, sur une période élémentaire n de durée T_n, qu'il y ait eu changement de sens ou non, on peut appliquer la formule générale :

$$V_x = \frac{\text{Angle_parcouru}}{T_n}$$

Dans cette formule, V_x désigne la vitesse de rotation du moteur, c'est-à-dire en pratique la première vitesse V1 ou la seconde vitesse V2 (volant moteur ou vilebrequin),
30 Angle_parcouru la rotation angulaire estimée du volant moteur pendant une période n, et

Tn durée de la période considérée. On considère cette vitesse égale à la vitesse instantanée au milieu de la période considérée.

[0051] Il résulte des 3 sous-étapes (3, 4, 5) de l'étape 2 présentée en figure 1, trois valeurs de vitesses de rotation du moteur : selon la sous étape 3, la seconde vitesse V_2 , selon la sous-étape 4, la première vitesse V_1 , et selon la sous étape 5, la vitesse estimée par interpolation V_{ni} , obtenue par exemple par une interpolation des résultats précédents, tel que détaillé en figure 2.

[0052] Dans l'étape 6 présentée en figure 1, on traite ces informations de la manière suivante : si la seconde vitesse V_2 calculée avec changement de sens est plus proche de la vitesse interpolée V_{ni} que ne l'est la première vitesse V_1 calculée sans changement de sens alors, on considère qu'il y a eu un changement de sens. Sinon, on considère qu'il ne s'est pas produit de changement de sens.

[0053] Une stratégie particulière a été mise en place afin d'estimer l'angle parcouru durant une période élémentaire n . Cette estimation d'angle s'avère nécessaire pour une bonne précision de l'estimation de la vitesse. En effet, le procédé développé peut être mis en oeuvre sur chaque front, mais l'inventeur a constaté que les angles parcourus pendant un état haut électrique et un état bas électrique sont différents et variables au cours du temps. Or pour calculer la vitesse de rotation, il faut connaître l'angle parcouru et le temps nécessaire pour parcourir cet angle. L'angle parcouru entre deux fronts étant indéterminé, il est donc impossible de calculer précisément la vitesse de rotation. Une méthode de calcul de l'angle parcouru a donc été développée. Elle est présentée en figure 4 et en figure 5. La figure 4 présente un cas d'application général, mais des mesures particulières seront prises lorsque la lacune de dent présente sur la cible vue par le capteur de régime vient interférer avec la mesure dans la période n considérée.

[0054] Dans le cas général, en dehors de l'invention, un capteur de régime n'est utilisé que sur les fronts descendants : l'angle parcouru entre deux fronts descendants est connu et fixe. Pour l'application du procédé selon l'invention, nous faisons également l'hypothèse que l'angle parcouru entre deux fronts montants est identique.

[0055] Nous allons estimer l'angle parcouru durant la période n , période considérée, entre deux fronts successifs donnés, dans l'hypothèse où le vilebrequin ne change pas de sens de rotation dans la période considérée. La courbe A présente le signal électrique provenant du capteur de régime (en volts). La courbe B représente l'évolution du régime moteur au cours des périodes $n-2$ à n . On note l'angle parcouru entre deux fronts

identiques (deux fronts descendants comme sur la figure, ou deux fronts montants) agl_{tooth} . L'angle parcouru durant la période n est nommé agl_n . De même, l'angle parcouru durant la période $n-1$ est nommé agl_{n-1} .

[0056] Ces différentes données sont alors traitées selon le logigramme en figure 5.

5 [0057] Tout d'abord, la vitesse moyenne durant les périodes n et $n-1$ cumulées est estimée, et nommée $V_{n-1/n}$. Nous considérons que cette vitesse est la vitesse instantanée lors au milieu de l'intervalle de temps cumulant les périodes n et $n-1$.

[0058] On connaît par ailleurs V_{n-2} correspondant à la vitesse instantanée calculée précédemment (tel que fait pour $V_{n-1/n}$). On obtient par interpolation V_{n-1i} , vitesse
10 instantanée interpolée au milieu de la période T_{n-1} .

[0059] On déduit alors agl_{n-1} , l'angle parcouru pendant $n-1$ par la relations : $agl_{n-1} = T_{n-1} \cdot V_{n-1i}$.

[0060] De même, on déduit agl_n , l'angle parcouru pendant la période n de la relation : $agl_{tooth} = agl_{n-1} + agl_n$

15 [0061] Avec ce procédé, les deux précédentes mesures de périodes front à front permettent d'estimer l'angle parcouru lors de la dernière période front à front. D'autres méthodes peuvent néanmoins être envisagées, sur le même principe général, mais en changeant l'ordre de l'estimateur d'angle parcouru :

- En considérant que la vitesse de rotation est constante entre deux fronts
20 successifs (ordre 0).

Au premier ordre, par adaptation de la méthode décrite,

- Au second ordre, une telle méthode ayant été testée et développée, l'inventeur à néanmoins constaté que l'augmentation du nombre de calculs était importante en comparaison de l'amélioration de précision apportée.

25 [0062] L'estimation d'angle parcouru durant la période n suppose que l'angle parcouru lors des 2 derniers fronts est égal à agl_{tooth} . Or, ceci n'est pas le cas à proximité de la dent manquante sur la cible du capteur de régime, ni après un changement de sens (l'angle parcouru entre deux fronts est nul lors d'un changement de sens). Un système particulier de gestion de ces singularités doit donc être mis en place.

[0063] Une telle situation est présentée sur la figure 6, avec des références analogues à celle de la figure 4. Dans le cas du passage du capteur face à la dent manquante, et comme pour les dents classiques, l'angle parcouru durant l'état haut de la dent manquante est différent de l'angle parcouru lors de l'état bas et l'état haut. Il faut pouvoir calculer ces 2 angles.

[0064] La méthode utilisée est alors la même que pour l'estimation d'angle parcouru précédemment exposée : nous nous appuyons sur des mesures entre deux fronts identiques où les angles parcourus sont connus pour déterminer les angles parcourus entre deux fronts successifs.

10 [0065] Nous nommons l'angle entre deux fronts descendants :

D'une dent classique : agl_{tooth}

De la dent manquante : $agl_{\text{tooth_OT}}$

[0066] On nomme $V_{n-3/n-2}$ la vitesse instantanée à la moitié de l'intervalle temporel correspondant au cumul des périodes n-2 et n-3. Nous considérons que cette vitesse est égale à la vitesse moyenne durant l'intervalle de temps cumulant les périodes n-2 et n-3.

[0067] On nomme $V_{n-1/n}$ la vitesse instantanée à la moitié de l'intervalle temporel correspondant au cumul des périodes n et n-1. Nous considérons que cette vitesse est égale à la vitesse moyenne durant l'intervalle de temps cumulant les périodes n et n-1.

[0068] On obtient par interpolation V_{n-1i} , vitesse instantanée estimée au milieu de la période n-1

[0069] On déduit alors agl_{n-1} de la relation : $agl_{n-1} = T_{n-1} \cdot V_{n-1i}$

[0070] Cette méthode permet donc d'estimer l'angle parcouru lors du premier état de la dent manquante. Mais le premier front suivant un passage de la dent manquante ou un changement de sens sont également des cas particuliers. Un système de sauvegarde et de mise à jour de l'angle parcouru peut être mis en place pour gérer ces deux cas.

[0071] Comme nous l'avons vu le procédé développé consiste essentiellement à prédire la vitesse de rotation, puis à choisir entre deux vitesses de rotation calculées selon l'interprétation faite des mesures réalisées.

[0072] Dans certains cas, le choix effectué entre les deux interprétations est parfaitement certain, tandis que dans d'autres cas de figure une certaine incertitude demeure. Le choix effectué entre les deux interprétations des régimes est certain si le choix retenu est très proche de l'estimation de la vitesse de rotation et si le choix rejeté en est très éloigné. Il est fondamental de connaître le degré de certitude ou de confiance que l'on peut avoir dans la fonction, afin de prendre les mesures adéquates.

[0073] La figure 7 présente deux cas de figures, favorable et défavorable pour l'interprétation correcte de la mesure. Sur les deux graphiques de la figure 7, l'abscisse est une échelle temporelle, tandis que l'ordonnée représente un régime moteur. La courbe I correspond au régime moteur interpolé. Le point V_{ni} correspond à la vitesse de rotation du moteur estimée par interpolation de la vitesse sur les périodes précédentes, tel que précédemment explicité. Le point V1 correspond, pour le même instant que celui pour lequel V_{ni} est estimé, à la vitesse de rotation du moteur calculée grâce aux mesures du capteur de régime, en l'absence de changement de sens du vilebrequin. Le point V2 correspond à la vitesse de rotation du moteur calculée dans le cas où un changement de sens du vilebrequin s'est produit.

[0074] Dans un cas favorable (graphique de gauche) l'estimation de la vitesse de rotation est très proche d'une des interprétations, et éloignée de l'autre. Ici, V1 est très proche de V_{ni} , tandis que V2 est très éloigné de V_{ni} . Dans le procédé selon l'invention, on considère dans ce cas V1 comme la valeur à retenir, et l'on définit alors V_n , vitesse prise en compte pour la période n, par la relation $V_n=V1$. Dans ce cas de figure, on peut en outre affirmer avec une quasi-certitude que le choix effectué est correct.

[0075] Le graphique de droite présente a contrario un cas plus défavorable. En effet, nous constatons que l'estimation de la vitesse de rotation interpolée V_{ni} est sensiblement aussi éloignée de la vitesse de rotation interprétée avec changement de sens V2 et de celle interprétée sans changement de sens V1.

[0076] Afin de quantifier ce constat, nous définissons une variable nommée « critère de fiabilité C » comme suit :

$$C = 100 \cdot \left(1 - \frac{|\min(V_{ni} - V1; V_{ni} - V2)|}{|\max(V_{ni} - V1; V_{ni} - V2)|} \right)$$

[0077] Il en sort que :

$C = 0$ dans le pire cas : l'estimation de la vitesse de rotation est située à égale distance de l'interprétation avec et sans changement de sens.

$C = 100$ dans le cas idéal : l'estimation de la vitesse de rotation est égale à une des interprétations.

5 [0078] On peut donc grâce à ce critère quantifier la confiance que nous pouvons avoir dans l'interprétation retenue. Il est également possible de définir un seuil à ce critère. A chaque front électrique, le procédé selon l'invention détermine si il y eu un changement de sens ou pas. On peut en utilisant le critère de fiabilité C définir si le choix effectué à chaque fois est sûr, ou s'il fait l'objet d'un doute.

10 [0079] Dans une des variantes de l'invention, on va donc définir un seuil minimal souhaité S , et :

Si C est supérieur ou égal au seuil minimal, le choix de l'interprétation est validé ;

Si C est inférieur au seuil minimal, le choix de l'interprétation est invalidé. Dans ce cas, la position d'arrêt du moteur ne pourra être connue avec précision, et l'on pourra répondre à
15 cette situation en mettant en jeu une stratégie de redémarrage adaptée à une position incertaine selon la variante de l'invention mise en jeu, ou totalement indéfinie :

- en sauvegardant l'angle moteur au moment de l'invalidation, et en l'incrémentant forfaitairement à chaque front, afin de définir une plage d'angle dans laquelle est située la position d'arrêt moteur.

20 ou

- en utilisant une séquence classique de redémarrage, avec synchronisation du moteur)

[0080] Le choix de la valeur du seuil minimal correspond en pratique à un compromis
25 entre le nombre de calculs corrects invalidés et le nombre de calculs incorrects non invalidés.

[0081] L'inventeur a constaté que l'occurrence d'un phénomène de rebond (changement de sens) dépend également de l'évolution de la vitesse de rotation du moteur et de l'angle parcouru par le moteur avant un éventuel changement de sens. Afin de s'assurer d'une bonne fiabilité du procédé, ainsi que pour trancher certains cas défavorable au choix de la
30 bonne interprétation des mesures du capteur de régime grâce à une modulation du seuil

critère de fiabilité à appliquer, une méthodologie basée sur une cartographie prenant en compte ces aspects est mise en place dans une variante de l'invention.

[0082] Dans un premier temps, il convient de déterminer l'angle parcouru par le moteur avant un éventuel changement de sens. Un estimateur de cet angle est créé à cet effet, et on note cet angle $A0$.

[0083] La figure 8 permet de mieux comprendre ce qu'est $A0$. La droite B représente le régime moteur, et la courbe A représente le signal en créneaux provenant du capteur de régime. Deux exemples sont figurés, et nous aurions par exemple un angle $A0$ parcouru avant le changement de sens valent $0,2^\circ$ à droite, et $2,8^\circ$ à gauche pour une cible de type « 60-2 ».

[0084] En pratique, la vitesse de rotation ne décroît pas linéairement comme représenté sur la figure 8. La figure 9 présente, dans un cas plus réaliste, le mode préférentiel d'approximation de $A0$.

[0085] Sur la figure 9, l'abscisse est une échelle temporelle. La courbe A représente le signal électrique issu du capteur de régime (volts en ordonnée). La courbe B représente l'évolution du régime moteur au cours du temps.

[0086] Le principe est d'approximer le régime (courbe B) par deux droites en arcs brisés (courbe RA) afin d'égaliser les angles parcourus avant et après le changement de sens (l'aire hachurée est égale à l'aire présentant des pointillés).

[0087] On tire de ces considérations l'approximation suivante de l'angle parcouru avant

changement de sens :

$$A0 = \frac{agl_{n-2}}{\left(\frac{T_n + T_{n-2}}{T_{n-1}} + 1\right)^2 - 1}$$

[0088] Selon la variante de l'invention appliquée, d'autres méthodes peuvent être envisagées :

- En considérant que la vitesse de rotation est nulle au milieu de l'intervalle, ce qui constitue une méthode très simple et néanmoins efficace en première approximation.
- En approximant la courbe au deuxième ordre, ce qui constitue une méthode plus précise, mais qui implique de résoudre un système d'équations complexe.

[0089] En effet, l'inventeur a constaté qu'il existe une répartition particulière de l'occurrence des changements de sens, en fonction de l'angle parcouru A_0 et d'un paramètre adimensionnel Th_0 , traduisant l'évolution de la vitesse de rotation du moteur, et défini par la formule :

$$5 \quad Th_0 = \frac{T_n}{T_{n-2}}.$$

[0090] Le graphique en figure 10 présente une cartographie de différentes mesures réalisées, positionnées en fonction d' A_0 et de Th_0 . L'angle parcouru avant un éventuel changement de sens, A_0 , est porté en abscisse, et la variable Th_0 en ordonnée.

[0091] En dehors des cas dans la zone des dents manquantes et du front suivant un changement de sens qui seront traités de façon particulière, l'inventeur a constaté qu'il existe des zones aux caractéristiques distinctes. On peut distinguer :

- Une zone Z1 présentant l'occurrence systématique d'un changement de sens ;
- Une zone Z2 dans laquelle il ne se produit jamais de changement de sens ;
- Une zone Z3 (constituée de Z31 et Z32) dans laquelle il se produit parfois un changement de sens (et parfois pas de changement de sens)

[0092] La répartition de ces zones dépend :

- Du rapport maximal entre l'angle parcouru lors de l'état haut électrique et de l'état bas électrique. L'inventeur a constaté qu'il convient de tolérer un écart de 10% : pour une dent à 6° cela donnerait une répartition à $3,3^\circ$ pour un état électrique et $2,7^\circ$ pour l'autre état.
- Du nombre de dents constituant la cible.

Par contre, ces zones ne dépendent pas du type de moteur considéré ; ce qui rend ces zones faciles à calibrer.

[0093] Selon une variante de l'invention, on peut obtenir une cartographie plus précise, par exemple en séparant la zone Z32 et la zone Z1 à l'aide d'un polynôme.

[0094] Dans l'invention, on définit pour chacune des zones, des seuils minimaux de critère de fiabilité à appliquer dans le cas d'un changement de sens et de l'absence de changement de sens. Il y a donc en tout 9 seuils définis : 1 seuil par zone dans le cas d'un changement de sens détecté dans le cadre du procédé défini dans l'invention, soit 4 seuils, 1 seuil par zone dans le cas d'absence de changement de sens détecté dans le cadre du procédé défini dans l'invention, soit 4 autres seuils, et enfin 1 seuil dans le cadre du passage du capteur de régime en face de la lacune (dent manquante) sur la cible.

[0095] Après chaque calcul effectué dans le cadre du procédé de détermination de l'angle d'arrêt du moteur, le calcul de A_0 et de T_{ho} permet de définir un seuil minimal pour le critère de fiabilité, adapté au mieux à la situation. Par exemple, si on conclut à un changement de sens, on cherche préférentiellement une plus grande fiabilité dans une zone où un changement ne peut pas se produire, tandis qu'un critère de fiabilité moins contraignant peut être choisi dans une zone où l'on sait pertinemment qu'un changement de sens va se produire.

[0096] Ainsi le seuil du critère de fiabilité est-il défini finement. Comme précédemment expliqué, si le critère de fiabilité est inférieur au seuil défini en fonction de la position dans la cartographie établie, alors le choix effectué (V_n) entre les deux vitesses calculées V_1 et V_2 sera invalidé ou non. Le redémarrage suivant se fera alors selon une stratégie adaptée, tel que précédemment expliqué.

[0097] Dans sa variante préférentielle, le procédé selon l'invention permet donc de déterminer :

- Une position d'arrêt moteur dite recommandée, correspond à l'angle moteur au moment où il y a une invalidation du calcul, selon les modalités précédemment décrites.
- L'incertitude, qui peut être comptée en nombre de fronts, et qui s'incrémente alors de 1 à chaque front à partir de l'invalidation. Cela permet donc de définir la zone dans laquelle est située la position d'arrêt moteur.

[0098] L'utilisation préférentielle des 3 caractéristiques déterminées va être détaillée à l'aide de la figure 11. La figure 11 présente 3 cas pour lesquels l'incertitude déterminée dans les conditions précédemment exposées vaut respectivement 1, 2 et 3 (le graphique du haut correspondant à une incertitude de 1, celui du milieu une incertitude de 2, celui du bas une incertitude de 3). Les croix correspondent aux positions d'arrêt prévues, les points

ronds la position recommandée, les flèches la plage d'incertitude autour d'une position recommandée.

5 [0099] Dans la méthode d'utilisation lors du redémarrage des 3 caractéristiques déterminées, seuls les fronts descendants sont pris en compte. Ainsi, selon la position réelle d'arrêt du moteur, la plage d'incertitude se traduit par la possibilité d'observer en premier différents fronts descendant. Les fronts pouvant potentiellement être observés en premier sont figurés par des losanges.

10 [0100] Il convient de définir quel front sera effectivement observé en premier. Pour cela, on adopte préférentiellement une stratégie visant à minimiser la dispersion. Si la valeur de l'incertitude telle que définie précédemment est paire, alors on considère alors le milieu de l'intervalle défini par les fronts extrêmes potentiellement observables. Le premier pulse descendant sera donc connue à plus ou moins l'incertitude divisée par 2 dents. Par exemple sur la figure 11, pour une valeur d'incertitude de 2, nous avons +/-1 dent d'incertitude sur le premier pulse descendant.

15 [0101] Si la valeur de l'incertitude telle que définie précédemment est impaire, alors le nombre de front potentiellement observables en premier est pair : le milieu de ces fronts tombe entre deux fronts. Il faudra donc choisir entre deux fronts, et l'on retient alors le front le plus proche de la vitesse prévue par le procédé de détermination de la position d'arrêt du moteur. Par exemple sur la figure 11, pour une incertitude valant 3, nous avons le
20 choix entre -1 ou +2 dents d'incertitude d'une part, et -2 ou +1 dent d'incertitude d'autre part. Nous retenons le choix -1/+2 dents, car la position prévue par le procédé de détermination de la position d'arrêt donnerait un front négatif comme premier pulse descendant.

25 [0102] Le procédé développé dans l'invention tend à représenter fidèlement les phénomènes physiques mis en jeu lors de l'arrêt du moteur à combustion. Pour cela, trois caractéristiques fondamentales permettent la mise en place d'une stratégie selon l'invention. Tout d'abord, les calculs mis en jeu sont basés sur la vitesse de rotation du moteur, et non plus sur les durées séparant deux passages de dent, comme cela était le cas dans l'art antérieur. D'autre part, tous les fronts électriques du capteur de régime sont
30 utilisés, que l'on détecte le début d'une dent (front montant) ou fin d'une dent de la cible (front descendant). Cela permet de doubler la résolution par rapport à celle d'une méthode basée uniquement sur les fronts descendants, telle que généralement envisagée. L'exploitation des fronts montants et descendants rend également l'interprétation d'une inversion de sens plus précise. Ceci est rendu possible grâce au développement d'un

algorithme d'estimation d'angle parcouru entre deux fronts successifs. Enfin, les mesures sont interprétées sur les milieux d'intervalle pour plus d'exactitude La mise en place de ce procédé n'entraîne pas de coût supplémentaire important. Le procédé utilise en effet le capteur régime généralement présents sur un moteur à combustion. La calibration de la

5 fonction est en outre simple à réaliser, car elle utilise la physique du moteur.

[0103] Le procédé ainsi développé permet de démarrer les moteurs thermiques plus rapidement. La position d'arrêt étant connue, il n'est pas nécessaire de synchroniser à nouveau le moteur lors de son redémarrage ce qui permet un gain de temps au redémarrage. Cela constitue en outre un avantage concurrentiel important dans les

10 applications automobiles munies d'un système d'arrêt et redémarrage automatique dit « Stop and Start », soumises à des redémarrages fréquents devant être réalisés très rapidement.

Revendications :

1. Procédé d'estimation de la position d'arrêt d'un moteur à combustion muni d'un capteur de régime, dans lequel, lors d'une phase d'arrêt dudit moteur, on observe les fronts électriques issus du capteur et caractérisé en ce que, pour toute période n observée
- 5 correspondant à la période écoulée entre la détection de deux fronts successifs du capteur de régime :
- On calcule l'angle parcouru par le vilebrequin dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas changé de sens de rotation au cours de la période n ;
 - On calcule deux vitesses de rotation du vilebrequin, une première vitesse (V_1) à l'aide de l'angle parcouru calculé précédemment, dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas connu de changement de sens de rotation au cours de la période n , et une seconde vitesse (V_2) dans l'hypothèse où le vilebrequin a connu un changement de sens de rotation au cours de la période n ;
 - On estime une vitesse de rotation du vilebrequin (V_{ni}) en fonction de vitesses de rotations calculées dans des périodes précédentes ;
 - On compare les deux vitesses de rotation calculées à la vitesse de rotation estimée, et on définit la vitesse de rotation dans la période n (V_n), étant égale à la vitesse calculée (V_1, V_2) la plus proche de la vitesse estimée (V_{ni}) ;
 - On choisit, en fonction du choix effectué entre les vitesses calculées (V_1, V_2), l'angle effectivement parcouru pendant la période n entre l'angle précédemment calculé dans l'hypothèse où le vilebrequin n'a pas changé de sens de rotation et un angle nul dans l'hypothèse où le vilebrequin a changé de sens de rotation.
 - On répète les étapes précédentes jusqu'à l'arrêt du moteur et on détermine son angle d'arrêt par cumul des angles parcourus.
2. Procédé d'estimation de la position d'arrêt d'un moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse de rotation estimée (V_{ni}) est estimée par interpolation au milieu de la période n .

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que l'interpolation de la vitesse de rotation estimée (V_{ni}) est réalisée à partir des vitesses de rotation définies pour les périodes n-1 et n-2 (V_{n-1}, V_{n-2}).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on impose que la seconde vitesse de rotation (V_2) est nulle.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que pour le calcul de l'angle parcouru en cas d'absence de changement de sens:

- On calcule la vitesse moyenne de rotation du vilebrequin sur le cumul des périodes n et n-1, et on la considère comme vitesse de rotation instantanée au milieu de ces périodes ($V_{n-1/n}$);

- On interpole la vitesse de rotation au milieu de la période n-1 (V_{n-1i}) en fonction de des durées des périodes n, n-1 et n-2 (T_n, T_{n-1}, T_{n-2}), et de la vitesse de rotation moyenne sur le cumul des périodes n-2 et n-1 ($V_{n-2/n-1}$).

- On calcule l'angle parcouru pendant la période n-1 (agl_{n-1}) par la relation :

$$agl_{n-1} = T_{n-1} \cdot V_{n-1i}$$

- On calcule l'angle parcouru pendant la période n (agl_n) par la relation :

$$agl_{tooth} = agl_{n-1} + agl_n ; \text{ où } agl_{tooth} \text{ désigne l'angle parcouru entre deux fronts identiques, montants ou descendants, issus du capteur de régime.}$$

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que, dans le cas où le capteur de régime passe devant une lacune de dent d'une cible au cours de la période n-1 ou n, la vitesse de rotation estimée au milieu de la période n-1 (V_{n-1i}) est calculée par interpolation de la vitesse de rotation instantanée à la moitié du cumul des périodes n-3 et n-2 ($V_{n-3/n-2}$), et de la vitesse instantanée à la moitié du cumul des périodes n-1 et n-2 ($V_{n-2/n-1}$).

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on définit en outre un critère de fiabilité (C), représentatif de la probabilité que la vitesse de rotation retenue soit la vitesse de rotation réelle, et en ce qu'on invalide la vitesse de rotation définie pour la période n (V_n), si le critère de fiabilité calculé (C) pour la période n est inférieur à un seuil prédéterminé.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on calcule le critère de fiabilité

(C) selon la formule :
$$C = 100 \cdot \left(1 - \frac{|\min(V_{n1} - V_1; V_{n1} - V_2)|}{|\max(V_{n1} - V_1; V_{n1} - V_2)|} \right)$$

9. Procédé selon la revendication 7 ou la revendication 8, caractérisé en ce que, lorsque la vitesse définie (V_n) correspond à l'occurrence d'un changement de sens, on force à zéro

5 le seuil de critère de fiabilité pris en compte pour la période n+1.

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que :

- si après qu'on a conclu à un changement de sens du vilebrequin au cours d'une période n on détecte une absence de changement de sens au cours de la période suivante n+1, on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période n+1 à un premier niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

10

- si après qu'on a conclu à un changement de sens du vilebrequin au cours d'une période n on détecte un changement de sens au cours de la période suivante n+1, on adapte le seuil de critère de fiabilité pour cette période n+1 à un second niveau prédéfini, supérieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

15

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que si on détecte un rebond du vilebrequin supérieur en angle à un rebond du vilebrequin précédent, on invalide le calcul de la vitesse de rotation définie (V_n)

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 dans lequel on réalise le calcul des vitesses définies (V_{n-1} , V_n , V_{n+1} ,...) par une interpolation d'ordre un, caractérisé en ce que :

20

- si la vitesse de rotation définie pour la période n-1 (V_{n-1}) est positive et si on a conclu à l'absence de changement de sens dans la période n, on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est positive, on adapte le seuil de critère de fiabilité pour la période n+1 à un troisième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

25

- si la vitesse de rotation définie pour la période n-1 (V_{n-1}) est positive et si on a conclu à un changement de sens dans la période n, on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les

30

périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est négative on adapte le seuil de critère de fiabilité pour la période $n+1$ à un quatrième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

- 5 • si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ (V_{n-1}) est négative et si on a conclu à un changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est positive on adapte le seuil de critère de fiabilité pour la période $n+1$ à un cinquième niveau prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.
- 10 • si la vitesse de rotation définie pour la période $n-1$ (V_{n-1}) est négative et si on a conclu à une absence de changement de sens dans la période n , on calcule la dérivée seconde du régime moteur à partir d'au moins trois vitesses de rotation définies dans les périodes précédentes, et, si cette dérivée seconde est négative on adapte le seuil de critère de fiabilité pour la période $n+1$ à un sixième niveau
- 15 prédéfini, inférieur au seuil normalement appliqué en l'absence de ces conditions.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsque que la vitesse de rotation définie pour la période n (V_n) est invalidée, on mémorise l'angle moteur au moment de l'invalidation, on compte les fronts suivant cette invalidation observés par le capteur de régime, et on en déduit une plage possible de position d'arrêt

20 du moteur

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on définit en outre la probabilité d'un rebond du vilebrequin par le positionnement dans une cartographie, définissant des zones de probabilité de l'occurrence d'un changement de sens de rotation du vilebrequin, dans un espace dépendant d'un paramètre traduisant

25 l'évolution de la vitesse de rotation du moteur (T_{ho}), et d'un paramètre représentatif de l'angle parcouru avant un éventuel changement de sens (A_0) fonction de l'angle parcouru pendant la période $n-2$ ($agln-2$), de la durée de la période n (T_n) et de la durée de la période $n-2$ (T_{n-2}).

15. Procédé selon la revendication 14, se rapportant à l'une des revendications 7 à 13, caractérisé en ce qu'on définit deux seuils de critère de fiabilité pour chaque zone de la cartographie, selon qu'on a choisi une vitesse de rotation correspondant à la présence ou

30 à l'absence de changement de rotation du vilebrequin.

1/5

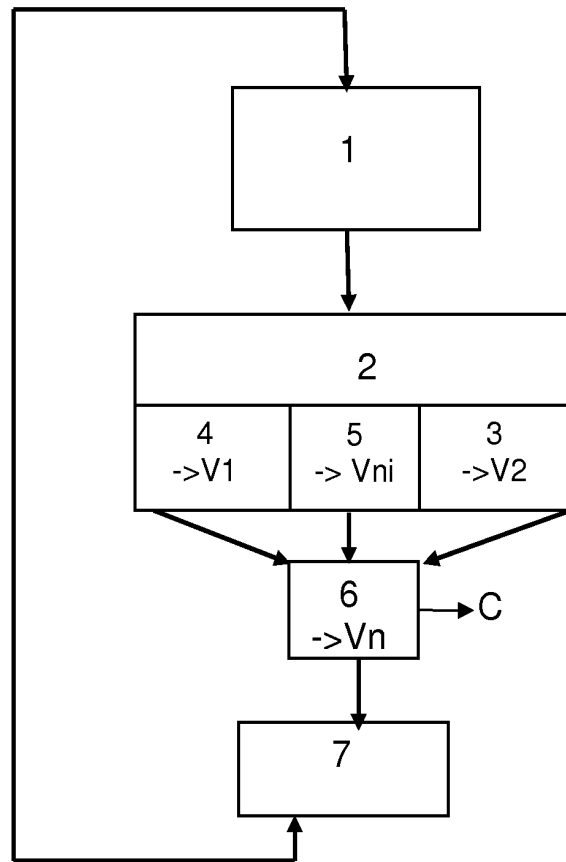


FIGURE 1

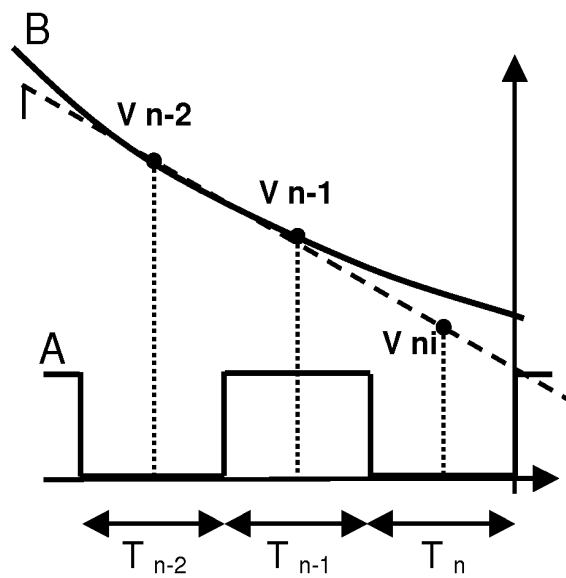


FIGURE 2

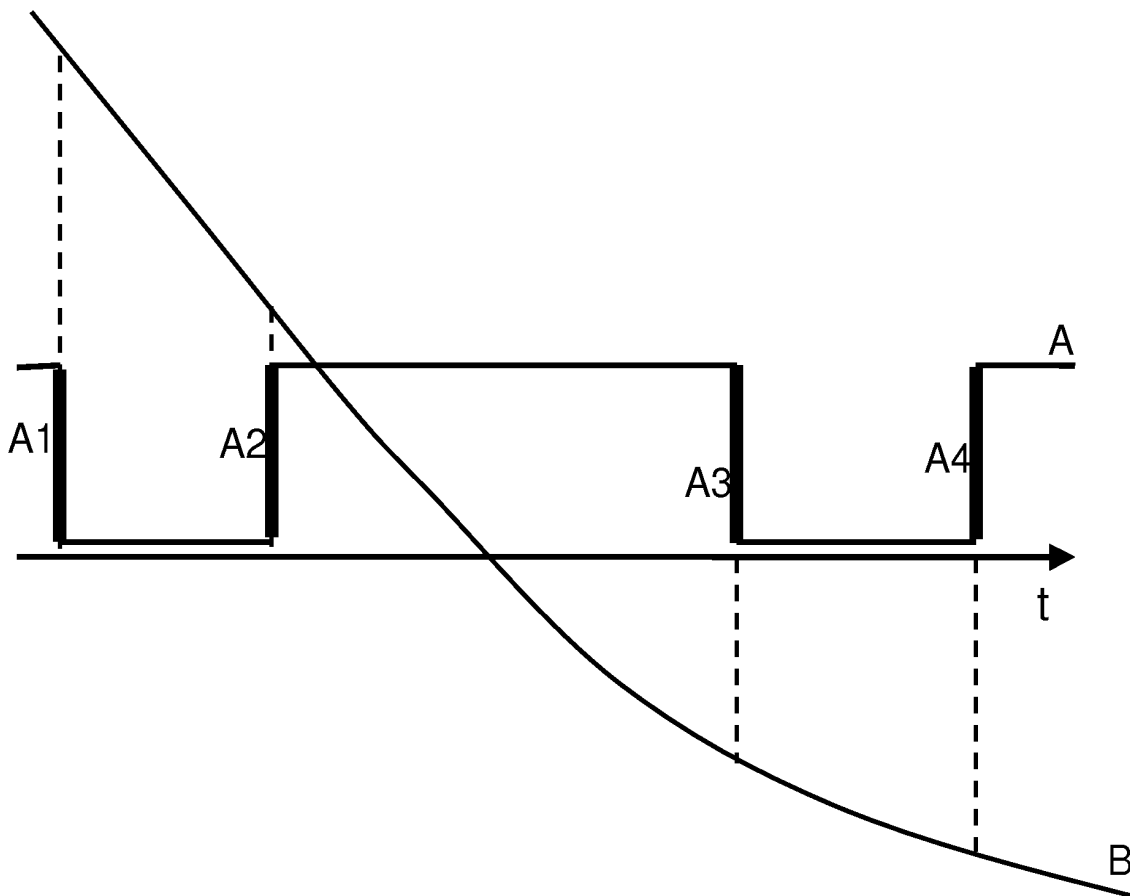


FIGURE 3

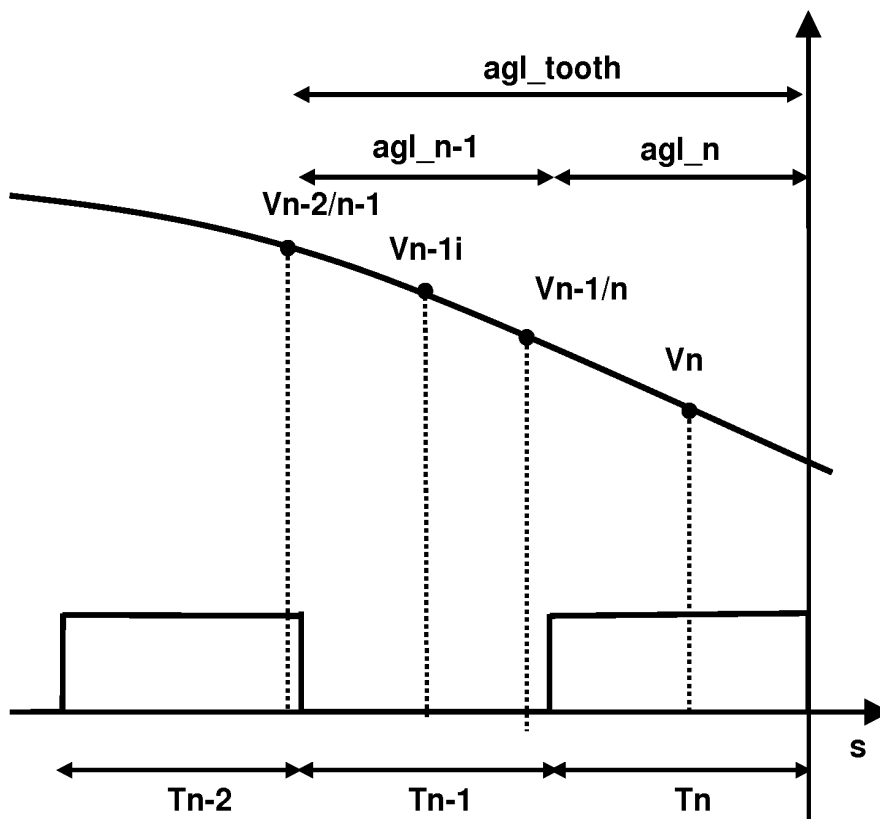


FIGURE 4

3/5

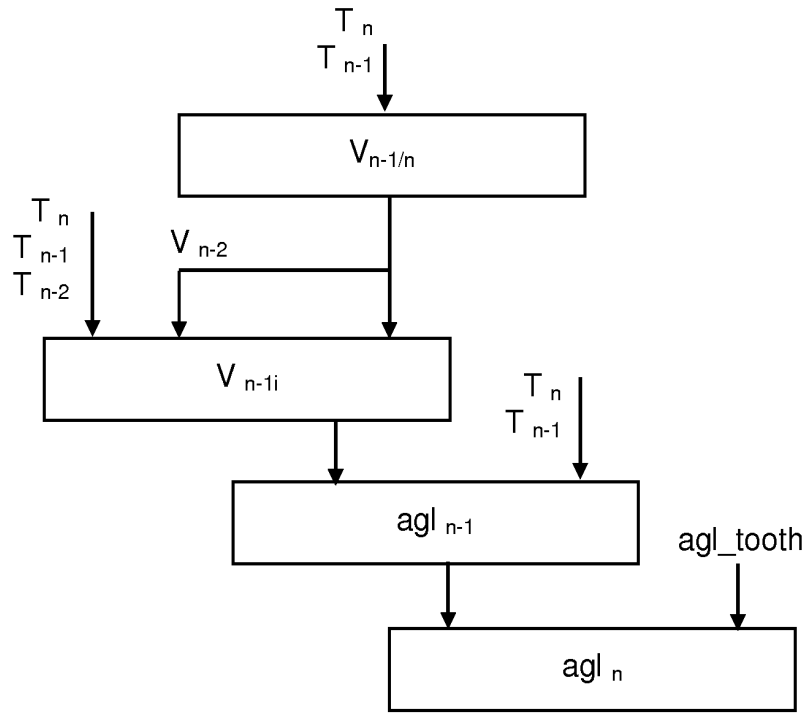


FIGURE 5

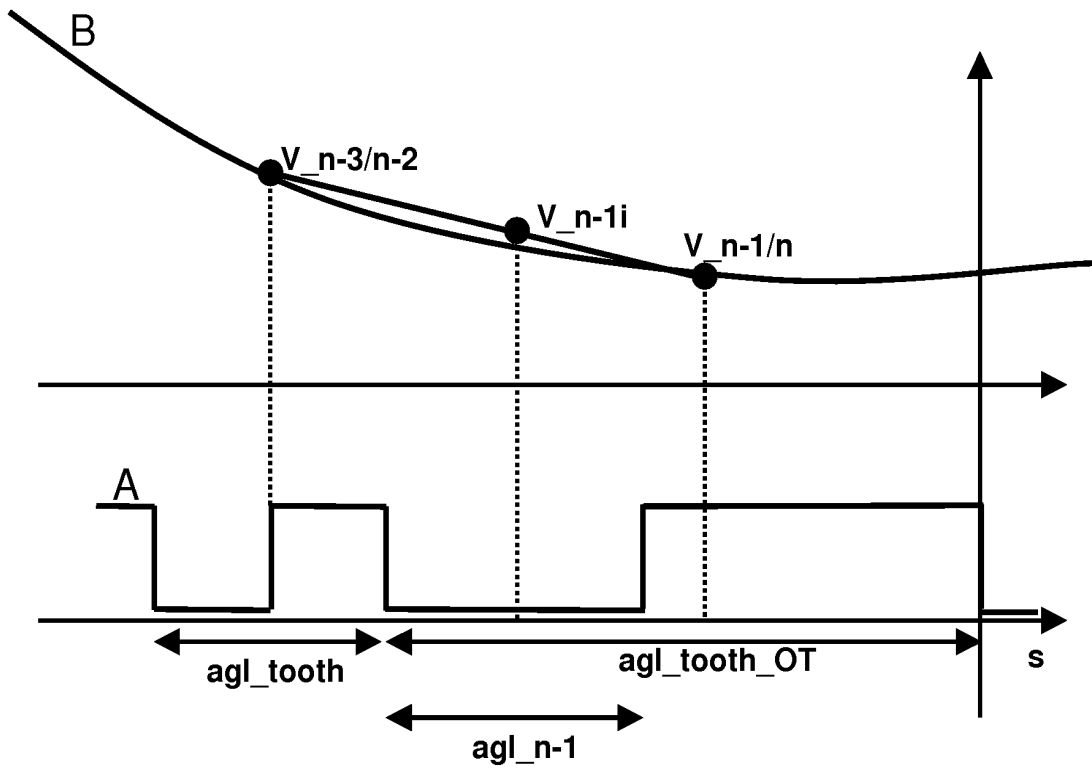


FIGURE 6

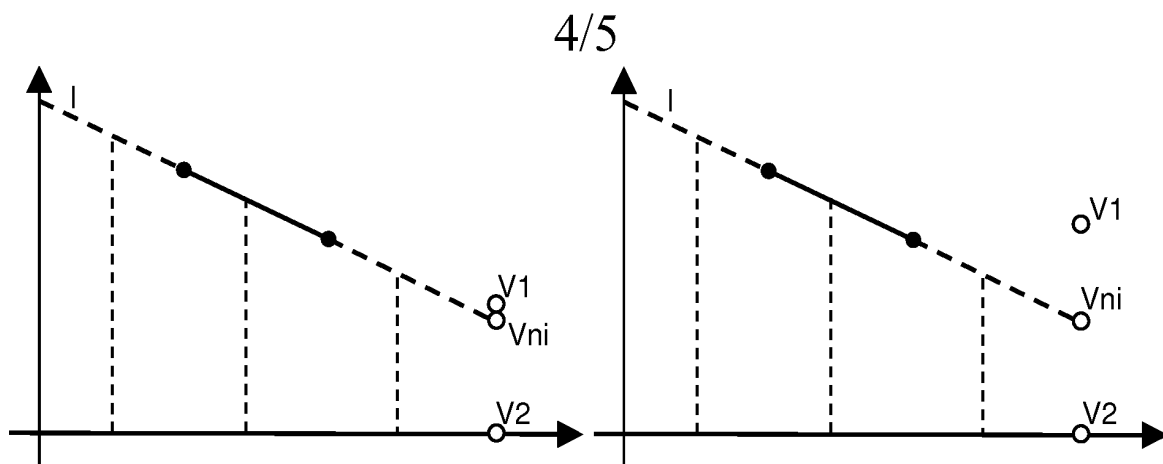


FIGURE 7

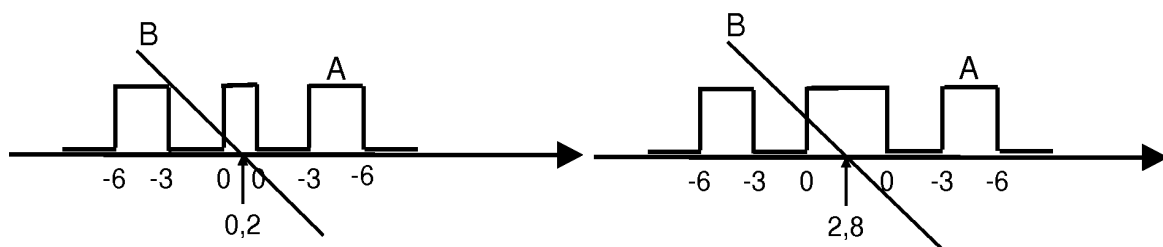


FIGURE 8

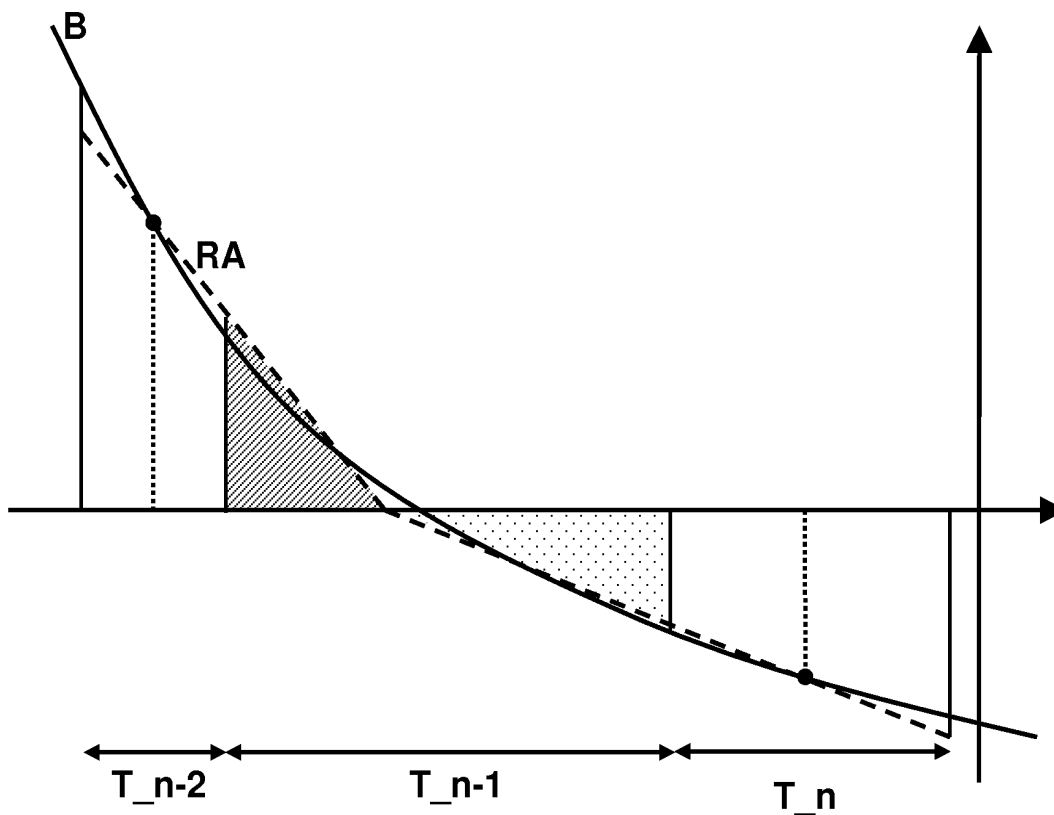


FIGURE 9

5/5

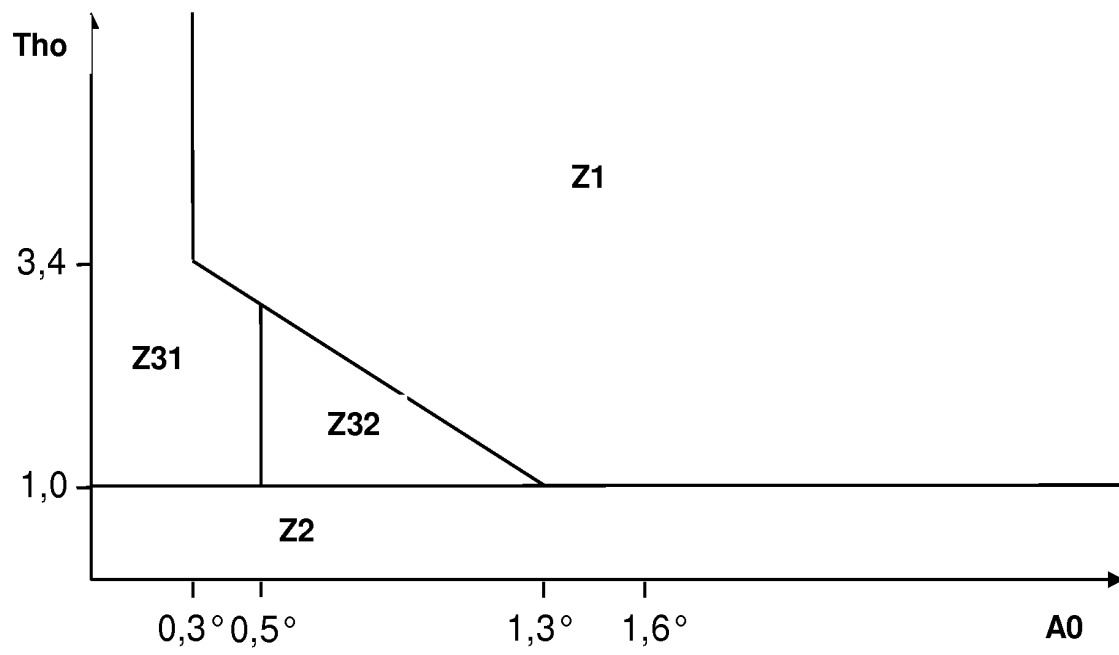


FIGURE 10

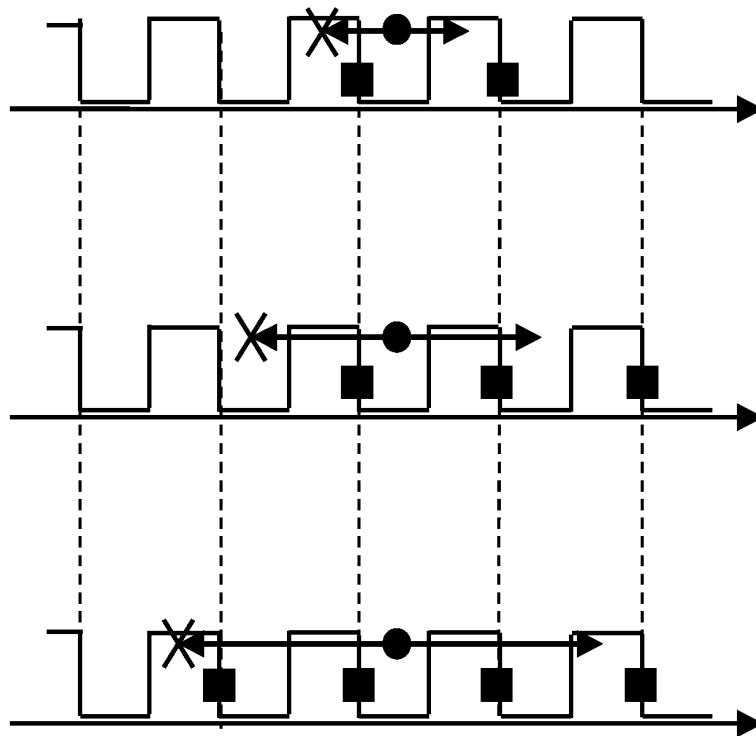


FIGURE 11



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 719998
FR 0951351

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		
A	EP 1 882 838 A2 (DELPHI TECH INC [US]) 30 janvier 2008 (2008-01-30) * abrégé * * alinéa [0008]; figures 2-4 *	1	F02B77/08 F02D41/04 G01P3/489 G01P13/04
A	WO 2006/009298 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; HASHIZUME KATSUSHI [JP]) 26 janvier 2006 (2006-01-26) * abrégé * * page 2, ligne 19 - page 8, ligne 21 * * figures 11,6 *	1	
A	US 6 499 342 B1 (GONZALES JR FRANK [US]) 31 décembre 2002 (2002-12-31) * abrégé * * figures 1-6 * * colonne 5, ligne 8-20 *	1	
A	EP 1 878 897 A2 (KEIHIN CORP [JP]) 16 janvier 2008 (2008-01-16) * abrégé * * figures 2,3 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	WO 2008/088460 A1 (CATERPILLAR INC [US]; MCGEE BRIAN G [US]; SNOCKO MICHAEL A [US]) 24 juillet 2008 (2008-07-24) * abrégé * * figures 2-5 *	1	F02D G01P
A,D	FR 2 890 690 A1 (SIEMENS VDO AUTOMOTIVE SAS [FR]) 16 mars 2007 (2007-03-16) * abrégé * * revendications * * figures 1,2 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 octobre 2009		Trotureau, Damien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0951351 FA 719998**

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 26-10-2009

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
EP 1882838	A2	30-01-2008	US 2008022760 A1	31-01-2008

WO 2006009298	A2	26-01-2006	CN 1985177 A	20-06-2007
			EP 1769251 A2	04-04-2007
			JP 4258448 B2	30-04-2009
			JP 2006029261 A	02-02-2006
			US 2008010037 A1	10-01-2008

US 6499342	B1	31-12-2002	AUCUN	

EP 1878897	A2	16-01-2008	JP 2008014287 A	24-01-2008

WO 2008088460	A1	24-07-2008	US 2008173079 A1	24-07-2008

FR 2890690	A1	16-03-2007	CN 101258314 A	03-09-2008
			WO 2007028584 A1	15-03-2007
			JP 2009508035 T	26-02-2009
			KR 20080055901 A	19-06-2008
			US 2008236265 A1	02-10-2008
