

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 989 113

21 N° d'enregistrement national : 12 53061

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 01 P 7/14 (2013.01)

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.04.12.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.10.13 Bulletin 13/41.

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.

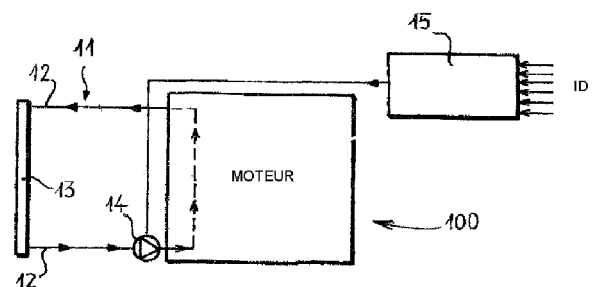
72 Inventeur(s) : ZAMPARUTTI DAVID, MADANI TAREK, ROLLAND XAVIER, CAVALLARO GABRIEL et CHERIF IDRISSE EL GANOUNI AMINE.

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

74 Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA Société anonyme.

54 ESTIMATION D'UNE TEMPERATURE VIRTUELLE DANS UN MOTEUR.

57 Un circuit de refroidissement (11) du moteur à combustion d'un véhicule automobile comprend notamment un organe de réglage (14) du débit du fluide de refroidissement dans le circuit et un dispositif de commande (15) de cet organe de réglage. Au démarrage du moteur, le fluide de refroidissement ne peut pas circuler dans le circuit, ce qui favorise une montée en température plus rapide du moteur. Une estimation d'une température dite virtuelle du fluide de refroidissement est cependant effectuée, sur la base des conditions initiales au début de la période de démarrage et en procédant par itérations successives, pour surveiller l'état thermique du moteur. Un étage de détection de fin de période de démarrage est prévu pour assurer l'établissement de la circulation du fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement lorsque cette température virtuelle atteint un seuil.



FR 2 989 113 - A1



## ESTIMATION D'UNE TEMPERATURE VIRTUELLE DANS UN MOTEUR

[0001] DOMAINE TECHNIQUE

[0002] La présente invention concerne d'une manière générale la surveillance en température des moteurs de véhicules automobiles et, plus particulièrement, un circuit de refroidissement pour un moteur à combustion, ainsi qu'un procédé de commande d'un tel circuit de refroidissement.

[0003] ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

[0004] Dans un moteur de véhicule automobile, les combustions répétées conduisent à un échauffement qui se diffuse à l'ensemble des pièces du moteur. Pour éviter la détérioration du moteur et le maintenir à une température adaptée lui permettant d'avoir un rendement optimal, le moteur est pourvu d'un circuit de refroidissement.

[0005] La demande de brevet français publiée sous le n° 2 796 987 décrit un exemple de réalisation d'un dispositif de régulation du refroidissement d'un moteur thermique de véhicule automobile. Ce dispositif comprend, notamment, un module de commande qui assure une régulation de la température du moteur pour maintenir les conditions thermiques d'un rendement optimal. Cette régulation n'est possible qu'en connaissant et maîtrisant l'état thermique du moteur. Cela peut être obtenu en mesurant la température du fluide de refroidissement, qui est l'information la plus représentative de cet état thermique.

[0006] Toutefois, cette mesure de température n'est pertinente que si le fluide de refroidissement circule suffisamment dans le moteur. Lors d'un démarrage, le moteur est froid, ou déjà partiellement refroidi même après un arrêt peu prolongé du véhicule, et le rendement du moteur est plus faible. Dans ce cas, il peut être possible, pendant la période de démarrage, de ne pas établir tout de suite la circulation du fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement (ou, en tout cas, de limiter très fortement son débit), pour accélérer la montée en température du moteur. Cette situation n'est que temporaire : le module de commande effectue un bilan thermique à intervalles réguliers, et met fin, lorsque le moteur a sensiblement atteint sa température optimale de fonctionnement, à l'inactivité du circuit de refroidissement en rétablissant la circulation du fluide de refroidissement dans ce circuit.

[0007] Toutefois, comme le fluide de refroidissement ne circule plus ou pratiquement plus dans ce mode de démarrage, la température du fluide, qui est pourtant un paramètre essentiel de gestion de l'état thermique du moteur, ne représente plus une image de la température moyenne du moteur. Le bilan  
5 thermique préalable au rétablissement de l'activité du circuit de refroidissement en fin de période de démarrage risque donc de ne pas être fiable.

[0008] EXPOSE DE L'INVENTION

[0009] Il existe de ce fait un besoin pour une solution permettant, au démarrage d'un véhicule, lorsque le circuit de refroidissement est volontairement maintenu  
10 inactif pour permettre une montée en température rapide du moteur, d'effectuer un bilan thermique à intervalles réguliers de manière fiable, malgré l'absence de mesure pertinente de la température du fluide de refroidissement.

[0010] L'invention concerne à cet effet un circuit de refroidissement pour un moteur à combustion, comprenant un organe de réglage du débit d'un fluide de refroidissement dans ledit circuit et un dispositif de commande dudit organe de  
15 réglage, ledit dispositif de commande comprenant un premier étage d'estimation apte à déterminer une condition thermique initiale au début d'une période de démarrage du moteur sans circulation du fluide de refroidissement, un second étage d'estimation apte à déterminer, pendant ladite période de démarrage, une  
20 température estimée du fluide de refroidissement à partir de la condition thermique initiale et d'une équation représentant des échanges thermiques dans le circuit de refroidissement.

[0011] Lorsque le débit réel du fluide de refroidissement est trop faible ou nul, pendant la période de démarrage du véhicule, une température dite virtuelle (car  
25 évaluée dans la situation d'absence de débit) de ce fluide est tout de même déterminée, à partir de conditions initiales préalablement enregistrées et d'une modélisation des échanges thermiques auxquels participe le moteur. Par la mise à disposition de cette température virtuelle, le dispositif de commande du circuit de refroidissement reçoit une information qui est représentative de l'état thermique du  
30 moteur, et la surveillance de cette information permet de déterminer la fin de la période de démarrage et l'établissement de la circulation normale du fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement.

[0012] En fonction des conditions initiales ainsi définies, selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le premier étage d'estimation comprend un module de détermination d'un coefficient de décroissance de la température du fluide de refroidissement pendant la dernière période d'arrêt du moteur, un module de calcul de la différence entre la température du fluide de refroidissement atteinte au début de la dernière période d'arrêt et la température ambiante extérieure à la fin de cette période d'arrêt, un module de calcul du produit de cette différence par le coefficient de décroissance thermique, un module de calcul de la somme de la température ambiante extérieure et de l'écart de température constitué par la valeur dudit produit, cette somme définissant une nouvelle température dite température initiale primaire, un module de comparaison entre ladite température initiale primaire et une mesure de la température du fluide de refroidissement, pour une sélection de celle de ces deux températures qui est la plus élevée, la condition thermique initiale comprenant la température sélectionnée.

[0013] Plus précisément, dans un mode de réalisation particulier, le module de détermination de température virtuelle comprend lui-même, par exemple, un module de calcul du débit virtuel en fonction de paramètres liés au fonctionnement du moteur, lesdits paramètres étant au moins : le régime du moteur, un coefficient de régulation de l'organe de réglage de débit prévu pour permettre la circulation du fluide de refroidissement, et un coefficient de gestion d'un système de gestion thermique du moteur.

[0014] Dans une réalisation qui tient alors compte de ces options technologiques de régulation et de gestion, le second étage d'estimation comprend, pour le calcul du débit virtuel, un module de détermination d'un coefficient de régulation virtuel de l'organe de réglage, un module de détermination d'un débit virtuel primaire à partir d'une information relative au régime du moteur et dudit coefficient de régulation virtuel, et un module de détermination d'un coefficient de gestion du système de gestion thermique, les sorties des modules de détermination de débit virtuel primaire et de coefficient de gestion constituant les entrées du module de calcul du débit virtuel.

[0015] Dans une réalisation préférentielle du circuit de refroidissement selon l'invention, la température estimée,  $T^{\text{virt}}$ , est déterminée par un calcul itératif, sur la base d'une équation du type :  $T^{\text{virt}}(t+1) = T^{\text{virt}}(t) + G(t) \cdot \Delta t$  où  $t$ ,  $t+1$ , etc,

représentent les instants successifs,  $\Delta t$  désigne l'intervalle de temps entre les instants successifs, et  $G(t)$  est un paramètre lié à l'état thermique du moteur, la première itération étant effectuée à partir d'une température initiale, qui est la température sélectionnée par le module de comparaison (55), et dudit paramètre  
5 lié à l'état thermique du moteur, la température estimée ainsi déterminée se substituant à la température initiale lors de l'itération suivante, et chaque nouvelle température estimée ainsi déterminée se substituant à la précédente pour chaque nouvelle itération par rapport à l'itération précédente.

[0016] Le paramètre lié à l'état thermique du moteur est, de préférence, le  
10 gradient thermique du moteur.

[0017] Pour mettre fin à l'inactivité du circuit de refroidissement, dans une réalisation particulière du dispositif de commande, celui-ci comprend un module de comparaison apte à effectuer une comparaison de la température estimée à un seuil, le dispositif de commande provoquant l'établissement de la circulation du  
15 fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement lorsque la température estimée est au moins égale audit seuil.

[0018] Le principe de l'invention réside donc dans le fait de proposer, sur la base des conditions initiales au moment du démarrage d'un moteur à combustion en l'absence de circulation de fluide de refroidissement dans le circuit de  
20 refroidissement du moteur, un procédé de commande de ce circuit selon lequel il est prévu, pendant la période de démarrage, une étape d'estimation d'une température virtuelle du fluide de refroidissement, suivie d'une étape de détection de fin de période de démarrage, en fonction de la valeur de ladite température virtuelle, pour l'établissement de la circulation du fluide de refroidissement dans le  
25 circuit de refroidissement.

[0019] La présente invention concerne aussi un programme d'ordinateur qui comprend un jeu d'instructions de code de programme enregistré sur un support lisible par un ordinateur et qui est destiné à permettre, lorsqu'il fonctionne sur un ordinateur, la mise en œuvre des étapes de ce procédé de commande de circuit  
30 de refroidissement pour moteur à combustion.

[0020] La présente invention concerne enfin tout véhicule automobile comprenant, à son bord, un circuit de refroidissement de moteur à combustion présentant les caractéristiques précédemment mentionnées

[0021] Une description détaillée en référence à des dessins illustre maintenant  
5 l'invention qui vient d'être brièvement exposée.

[0022] DESCRIPTION SOMMAIRE DES DESSINS

- La figure 1 illustre de façon très schématique un moteur de véhicule automobile et son circuit de refroidissement.
- La figure 2 est un schéma de principe illustrant les principaux échanges  
10 thermiques pris en compte pour déterminer la température du fluide de refroidissement, représentative de celle du moteur.
- La figure 3 illustre un processus simple de détermination du débit du fluide de refroidissement.
- La figure 4 illustre, dans le cas d'un démarrage du moteur sans circulation du  
15 fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement, un exemple de réalisation d'un étage de calcul d'un débit dit virtuel.
- La figure 5 illustre un exemple de réalisation d'un module de détermination de température virtuelle selon l'invention.
- La figure 6 est un graphique qui mentionne, en ordonnée, les indications de  
20 diverses températures intervenant dans le module de la figure 5, en fonction du régime du moteur, représenté en abscisse en fonction du temps.

[0023] DESCRIPTION DETAILLEE

[0024] La figure 1 illustre très schématiquement un circuit de refroidissement 11  
d'un moteur 100. Ce circuit de refroidissement 11 est parcouru par un fluide de  
25 refroidissement, qui est habituellement de l'eau (additionnée en général d'un antigel). On se placera dans ce cas dans la suite de la description. Cependant, cet exemple n'est pas limitatif, et d'autres fluides de refroidissement pourraient être utilisés.

[0025] Le circuit de refroidissement 11 comporte des conduits 12 dans lesquels  
30 circule l'eau de refroidissement. Les conduits 12 d'une part pénètrent dans le

moteur 100, pour que l'eau, en circulant, puisse le refroidir, et d'autre part alimentent un radiateur 13, pour que l'eau du moteur soit elle-même refroidie par transfert de la chaleur accumulée vers l'extérieur du véhicule. Un capteur (non représenté) placé dans le moteur sur le parcours de l'eau de refroidissement  
5 fournit la température de celle-ci.

[0026] Le circuit de refroidissement 11 comprend également un organe de réglage de débit, ici une pompe 14 (alimentée par un moteur non représenté), destinée, selon son réglage, à faire varier le débit de l'eau de refroidissement introduite dans le moteur, en fonction de données d'entrée ID (charge du moteur,  
10 quantité de carburant injectée, débit d'air, données de température, etc.). Ces données d'entrée sont fournies à un dispositif de commande 15.

[0027] Le dispositif de commande 15 est réalisé par exemple, dans le mode de réalisation ici décrit, sous la forme d'un calculateur (incorporant un processeur ou un micro-processeur) exécutant les instructions d'un logiciel. Ce calculateur est  
15 apte à déterminer, à chaque instant ou en tout cas à intervalles réguliers, le débit optimal de la pompe 14 qui, en fonction des paramètres reçus, permet le refroidissement suffisant du moteur et son maintien dans l'état thermique correspondant à son fonctionnement optimal.

[0028] Dans cette situation de fonctionnement optimal, l'eau de refroidissement circule dans le circuit de refroidissement du moteur, et sa température est  
20 représentative de celle du moteur. Il est cependant possible, en même temps, dans ce mode de fonctionnement, de modéliser l'ensemble des échanges thermiques auxquels participe le moteur. Il pourrait sembler paradoxal de procéder à cette modélisation pour déterminer une température réelle qui peut tout  
25 simplement être mesurée, mais, comme on va le voir, cette étape est utile en ce sens qu'elle va être ensuite transposée, de façon similaire, dans la situation où l'eau de refroidissement ne circule plus.

[0029] La figure 2 illustre un exemple de modélisation des principaux échanges thermiques qui sont pris en compte, en présence d'une circulation effective de  
30 l'eau de refroidissement (mode dit circulant), pour déterminer la température d'eau, représentative de l'état thermique moyen du moteur. Sur cette figure, les éléments suivants sont représentés : le moteur 100, la référence  $T^{\text{mot}}$  désignant la température en un point chaud du moteur à combustion (cette température est

généralement appelée température matière du moteur) ; un circuit d'arrivée d'huile 22,  $T^{huile}$  étant la température de l'huile mesurée au niveau d'une rampe d'admission d'huile ; un module d'arrivée d'air extérieur 23,  $T^{ext}$  étant la température de l'air extérieur ; et un circuit d'eau 24,  $T^{eau}$  étant la température d'eau de ce circuit. Ces températures sont fournies par des capteurs appropriés, représentés de façon simplifiée par la référence 25 sur la figure 2.

[0030] Dans le mode circulant ainsi schématisé, le bilan thermique des échanges réalisés, permettant de relier la température d'eau mesurée et le débit de l'eau de refroidissement, est exprimé par l'équation différentielle (1) ci-dessous :

$$\begin{aligned}
 [0031] \quad M.Cp^{eau}(T^{eau}).(dT^{eau}/dt) &= S.H^{eau \rightarrow ext}(Q^{eau}, Q^{air}).(T^{ext} - T^{eau}) \\
 [0032] &+ S.H^{eau \rightarrow mot}(Q^{eau}).(T^{mot} - T^{eau}) \\
 [0033] &+ S.H^{eau \rightarrow huile}(Q^{eau}, Q^{huile}).(T^{huile} - T^{eau}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

[0034] Dans cette équation (1), les grandeurs utilisées sont les suivantes. La grandeur  $Q^{eau}$  désigne le débit d'eau dans le circuit de refroidissement,  $Q^{huile}$  désigne le débit d'huile au niveau de la rampe d'admission d'huile, et  $Q^{air}$  désigne le débit d'air sous le capot. La grandeur  $M.Cp^{eau}(T^{eau})$  correspond à l'inertie thermique de l'eau dans le moteur (une fonction affine :  $\alpha^{eau}.T^{eau} + \beta^{eau}$ , de pente  $\alpha^{eau}$  et d'ordonnée à l'origine  $\beta^{eau}$  (offset) étant par exemple utilisée pour le calcul de ce coefficient).

[0035] Le coefficient  $S.H^{eau \rightarrow ext}(Q^{eau}, Q^{air})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et l'air extérieur, et est déterminé à partir d'une cartographie bidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir les débits d'eau et d'air dans le moteur. Le coefficient  $S.H^{eau \rightarrow mot}(Q^{eau})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et la matière du moteur, et est déterminé à partir d'une cartographie unidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir le débit d'eau dans le moteur. Le coefficient  $S.H^{eau \rightarrow huile}(Q^{eau}, Q^{huile})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et l'huile, et est déterminé à partir d'une cartographie bidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir les débits d'huile et d'eau dans le moteur. Les débits  $Q^{huile}$ ,  $Q^{air}$  sont des informations disponibles, mesurées ou calculées à partir de capteurs appropriés.

[0036] On remarquera que le débit du fluide de refroidissement dans un moteur peut dépendre de la technologie de pompe et du type de gestion thermique utilisés. Par exemple, pour certaines motorisations, on utilise des pompes dont le

débit est simplement proportionnel au régime moteur, alors que, dans d'autres cas, on utilise des pompes régulées dont le fonctionnement n'est pas linéaire. D'autre part, pour améliorer la montée en température des pièces du moteur, il est possible d'utiliser des systèmes de gestion thermique plus ou moins élaborés (en général, un actionneur couplé à une vanne de répartition) pour gérer le débit d'eau en fonction de différentes conditions thermiques du moteur et du régime ou du couple de celui-ci.

[0037] La figure 3 illustre, dans le cas général d'un régime de moteur établi, avec circulation de l'eau de refroidissement, le mode de détermination du débit d'eau  $Q^{\text{eau}}$  permettant de prendre en compte de la manière la plus générale possible les options technologiques qui viennent d'être mentionnées : une fois déterminé par résolution de l'équation (1), le débit d'eau  $Q^{\text{eau}}$  est, alors, adapté en fonction du régime moteur (et, si les options correspondantes ont été retenues, en fonction du coefficient de régulation de la pompe et du mode de pilotage du système de gestion thermique). La mise en œuvre de cette adaptation est réalisée sous le contrôle du module de commande et selon un dispositif tel que celui de la figure 3, qui comprend un module de calcul 31 suivi d'un module de calcul 32.

[0038] Le module de calcul 31 reçoit, sur une première entrée, une information N relative au régime du moteur (exprimé en tours par minute) et, sur une deuxième entrée, une information R relative au coefficient de régulation de la pompe (exprimé par un coefficient compris entre 0 et 1, bornes incluses). Le module de calcul 31 détermine alors un débit  $Q^{\text{eau}}_{-1}$  de l'eau circulant dans le moteur. Ce calcul de  $Q^{\text{eau}}_{-1}$  est ici effectué par interpolation linéaire, à partir d'une cartographie de débits déterminée en fonction du régime de rotation du moteur (information N) et du coefficient de régulation de la pompe à eau (information R). Plus les informations N et R sont grandes, plus le débit d'eau  $Q^{\text{eau}}_{-1}$  est élevé. Par souci de simplification, on retiendra ici, pour la pompe, l'option technologique d'une absence de régulation, ce qu'exprime la valeur maximale 1 prise alors par le coefficient R (la présence d'une régulation serait marquée par une valeur du coefficient R comprise entre 0 et 1).

[0039] Le module de calcul 32 reçoit, sur une première entrée, le débit d'eau  $Q^{\text{eau}}_{-1}$  déterminé par le module de calcul 31 et, sur une deuxième entrée, un coefficient P correspondant au mode de gestion du système de gestion thermique.

Le module de calcul 32 détermine alors la valeur du débit d'eau  $Q^{\text{eau}}$  en fonction de  $Q^{\text{eau}}_1$  et du coefficient P. Là encore, on retiendra une option technologique simple, correspondant à un mode de gestion exprimé par un coefficient  $P = 1$  (un mode de gestion plus complexe serait exprimé par un coefficient inférieur à 1).

5 [0040] La détermination de débit réalisée en mode dit circulant et décrite en référence à la figure 2 (et complétée par l'adaptation de débit réalisée selon le principe défini sur la figure 3 et selon les options technologiques retenues) va être maintenant transposée dans le cas où, en période de démarrage, le circuit de refroidissement est inactif (c'est-à-dire : l'eau ne circule pas dans le circuit de  
10 refroidissement). La température réelle de l'eau de refroidissement n'étant plus représentative de l'état thermique du moteur, on va, en remplacement, évaluer une température d'eau virtuelle, déterminée dans des conditions telles qu'elle peut se substituer, pour la surveillance de l'état thermique du moteur, à la température d'eau réelle en mode circulant.

15 [0041] La détermination d'une température (maintenant virtuelle) implique cependant, pour l'application de l'équation (1) utilisée, de déterminer d'abord un débit lui aussi qualifié de virtuel dans le mode non circulant maintenant considéré. La figure 4 illustre un exemple de réalisation pour cette détermination de débit virtuel. Un module de calcul 41, destiné à calculer un débit virtuel  $Q^{\text{virt}}_1$ , reçoit,  
20 sur une première entrée, l'information N relative au régime du moteur et, sur une deuxième entrée, une information  $R^{\text{virt}}$  qui est représentative d'un coefficient de régulation virtuel de la pompe, imposé par un module 43 de détermination de coefficient de régulation virtuel. On a vu précédemment qu'on adoptait  
25 simple (pas de régulation), à laquelle correspond un coefficient R égal à 1 (si l'option d'une régulation était retenue, ce coefficient, déterminé par des essais préalables, serait inférieur à 1). Le module de calcul 41 détermine alors, à partir de N et de  $R^{\text{virt}}$ , un débit virtuel primaire  $Q^{\text{virt}}_1$ .

[0042] Un module de calcul 42 reçoit ensuite, sur une première entrée, le débit  
30 virtuel primaire  $Q^{\text{virt}}_1$  déterminé par le module de calcul 41 et, sur une deuxième entrée, une information  $P^{\text{virt}}$  représentative d'un mode de gestion virtuel du système de gestion thermique et exprimée par un coefficient imposé par un module 44 de détermination de mode de gestion virtuel. Comme précédemment

pour la régulation, l'option technologique ici retenue, la plus simple, conduit à retenir une valeur maximale, égale à 1, pour ce coefficient. Le module de calcul 42 détermine alors une valeur virtuelle de débit d'eau  $Q^{\text{virt}}$  en fonction de  $Q^{\text{virt}}_{-1}$  (et du mode de gestion  $P^{\text{virt}}$ ). Le débit virtuel  $Q^{\text{virt}}$  ainsi déterminé va maintenant être  
5 utilisé pour estimer, sur la base de l'équation (1), la température virtuelle recherchée, c'est-à-dire la température équivalente du moteur dans la situation d'absence de circulation d'eau dans le circuit de refroidissement.

[0043] La figure 5 illustre un exemple de réalisation d'étages d'estimation de température virtuelle comprenant des modules 51 à 56. Les modules 51 à 55  
10 constituent un premier étage d'estimation qui détermine une condition thermique initiale au début d'une période de démarrage du moteur sans circulation du fluide de refroidissement étage. Le module 56 constitue un second étage d'estimation qui détermine, pendant ladite période de démarrage, une température estimée du fluide de refroidissement à partir de la condition thermique initiale et d'une  
15 équation représentant des échanges thermiques dans le circuit de refroidissement. Comme on le verra plus loin, le module 56 procède par détermination récurrente, en effectuant un calcul à un instant  $t$  en fonction du calcul précédent à l'instant  $t-1$ . Comme toujours pour un processus itératif, il est important d'effectuer une initialisation correcte au début de ce processus, à  
20 l'instant  $t = 0$  de démarrage du moteur. Cette initialisation est réalisée comme indiqué maintenant par le premier étage d'estimation.

[0044] Le module 51 détermine un coefficient  $D$  de décroissance thermique libre de la température d'eau en phase d'arrêt du moteur. La valeur de ce coefficient  $D$  est normalisée, pour qu'il varie entre 1 (correspondant à un temps d'arrêt nul) et 0  
25 (correspondant à un temps d'arrêt très grand). Ce coefficient normalisé  $D$  est déterminé à partir d'une cartographie mise en mémoire et exprimant la loi de décroissance de  $D$  en fonction de la température ambiante extérieure, notée  $T^{\circ}\text{ext}$ , et du temps d'arrêt du moteur, noté  $T_{\text{mp\_arrêt}}$ . Cette décroissance est d'autant plus rapide que la différence de température entre la température de l'eau  
30 à l'instant du dernier arrêt du moteur, notée  $T^{\circ}\text{eau\_arrêt}$ , et la température ambiante extérieure,  $T^{\circ}\text{ext}$ , est grande.

[0045] Le module 52 calcule la différence, notée  $\Delta T^{\circ}\text{arrêt}$ , entre la température d'eau  $T^{\circ}\text{eau\_arrêt}$  mémorisée au début de la dernière période d'arrêt du moteur et

la température ambiante extérieure  $T^{\circ ext}$ . Le module 53 effectue le produit de cette différence  $\Delta T^{\circ}_{arr\hat{e}t}$  par le coefficient normalisé  $D$  de décroissance thermique libre de la température d'eau et définit ainsi un écart  $\Delta T^{\circ}$ . Le module 54 effectue la somme de la température ambiante extérieure  $T^{\circ ext}$  et de cet écart

5  $\Delta T^{\circ}$ , ce qui définit une température notée  $T^{\circ eau\_init\_1}$  et dite température initiale primaire.

[0046] Cette température initiale primaire est fournie au module 55, qui reçoit, sur une première entrée, la température initiale primaire  $T^{\circ eau\_init\_1}$  fournie par le module de calcul 54 et, sur une deuxième entrée, la température d'eau mesurée,

10 notée  $T^{\circ eau\_mesure}$ . Le module 55 compare ces deux températures et sélectionne celle des deux qui est la plus élevée, pour l'envoyer vers le module 56, dit de détermination de température virtuelle, dont le fonctionnement est décrit plus en détail ci-après. Cette température fournie au module 56 est la valeur initiale de température virtuelle, notée  $T^{\circ eau\_init}$ , utilisée par le module 56.

15 [0047] La figure 6 rassemble sur un graphique les indications, en ordonnée, des diverses températures  $T^{\circ}$  intervenant dans le circuit de la figure 5 en fonction du régime du moteur, représenté en abscisse en fonction du temps  $t$ . Sur la figure 6, le point AM correspond à un début de période d'arrêt du moteur et le point DM à un instant de démarrage du moteur (fin de la période d'arrêt). Les périodes de

20 « moteur tournant » sont celles antérieure à l'instant d'arrêt AM et postérieure à l'instant de démarrage DM, et la période comprise entre AM et DM et correspondant à un arrêt du moteur est notée  $T_{mp\_arr\hat{e}t}$ . La courbe tracée en trait continu représente l'évolution de la température de l'eau de refroidissement du moteur, en période de moteur tournant puis à l'arrêt, et la courbe tracée en trait

25 discontinu correspond au tracé selon lequel se poursuivrait cette évolution de température (qui décroîtrait jusqu'à la valeur de la température ambiante extérieure) s'il n'y avait pas un nouveau démarrage du moteur à l'instant DM. C'est à l'instant DM que la température initiale primaire  $T^{\circ eau\_init\_1}$  est déterminée. Comme le montre l'axe vertical ajouté à droite de la figure 6, toutes

30 les températures mentionnées peuvent être rapportées à un axe normalisé de décroissance thermique (entre 1, pour la température maximale atteinte au moment où l'arrêt se produit, et 0, pour la température ambiante extérieure).

[0048] On a décrit, en référence à la figure 2, un exemple de modélisation des principaux échanges thermiques pris en compte dans le mode circulant, en régime optimal du moteur. Le même principe de modélisation est repris, à l'identique, en mode non circulant, mais cette fois avec une résolution de l'équation (1) en sens inverse, pour obtenir à partir du débit (virtuel) déterminé une température d'eau (virtuelle, cette fois) qui est quand même représentative de celle du moteur, malgré l'absence d'une circulation effective de l'eau de refroidissement.

[0049] La température d'eau virtuelle  $T^{\text{virt}}$  est déterminée par introduction du débit d'eau virtuel dans l'équation (1), ce qui conduit à l'équation (2) suivante :

$$\begin{aligned}
 [0050] \quad M.Cp^{\text{eau}}(T^{\text{virt}}).(dT^{\text{virt}}/dt) &= S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{ext}}(Q^{\text{virt}}, Q^{\text{air}}).(T^{\text{ext}} - T^{\text{virt}}) \\
 [0051] \quad &+ S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{mot}}(Q^{\text{virt}}).(T^{\text{mot}} - T^{\text{virt}}) \\
 [0052] \quad &+ S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{huile}}(Q^{\text{virt}}, Q^{\text{huile}}).(T^{\text{huile}} - T^{\text{virt}}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

[0053] Dans cette équation (2), les grandeurs utilisées, définies de façon absolument similaire par rapport au cas du mode circulant, sont les suivantes. La grandeur  $Q^{\text{virt}}$  désigne le débit d'eau virtuel (estimé en fonction de l'état du moteur) dans le circuit de refroidissement. La grandeur  $M.Cp^{\text{eau}}(T^{\text{virt}})$  correspond à l'inertie thermique de l'eau dans le moteur (une fonction affine :  $\alpha^{\text{eau}}.T^{\text{virt}} + \beta^{\text{eau}}$ , de pente  $\alpha^{\text{eau}}$  et d'ordonnée à l'origine  $\beta^{\text{eau}}$  (offset) est utilisée pour le calcul de ce coefficient). Le coefficient  $S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{ext}}(Q^{\text{virt}}, Q^{\text{air}})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et l'air extérieur ; il est déterminé à partir d'une cartographie bidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir le débit d'eau (virtuel) et le débit d'air dans le moteur. Le coefficient  $S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{mot}}(Q^{\text{virt}})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et le moteur ; il est déterminé à partir d'une cartographie unidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir le débit d'eau (virtuel) dans le moteur. Le coefficient  $S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{huile}}(Q^{\text{virt}}, Q^{\text{huile}})$  est le coefficient d'échange entre l'eau et l'huile, et est déterminé à partir d'une cartographie bidimensionnelle mise en mémoire et faisant intervenir le débit d'huile et le débit d'eau (virtuel) dans le moteur.

[0054] En fait, l'équation différentielle (2) (de même que l'équation (1) dans la situation du mode circulant) est formulée dans le domaine continu par rapport au temps. L'utilisation de cette équation (2) dans les moyens de calcul du module de commande 15 est réalisable de manière plus pratique et plus simple si l'on opère sur la base d'une discrétisation, avec une période d'échantillonnage, notée  $\Delta t$

(cette période peut être constante, ou pourrait au contraire être variable en fonction du régime du moteur). On notera, d'autre part, que la dynamique d'évolution de la température de l'eau du moteur est généralement lente par rapport à la vitesse de calcul du processeur utilisé par les moyens de calcul, ce qui justifie de n'utiliser qu'un développement limité d'ordre 1 de l'équation (2) pour exprimer, de façon suffisamment approchée, le comportement de la température d'eau virtuelle.

[0055] Ce développement limité prend la forme de l'équation (3) suivante, qui définit une approximation discrète de la dérivée de la température d'eau virtuelle par rapport au temps :  $dT^{\text{virt}} / dt \approx (T^{\text{virt}}(t + 1) - T^{\text{virt}}(t)) / \Delta t$  . En partant des équations (2) et (3), on arrive alors à une équation récurrente (4) de la température d'eau virtuelle :  $T^{\text{virt}}(t + 1) = T^{\text{virt}}(t) + G(t) \cdot \Delta t$  , équation (4) dans laquelle la grandeur  $G(t)$  représente le gradient thermique, selon l'expression (5) suivante :

$$[0056] \quad G(t) = \{ S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{ext}} (Q^{\text{virt}}, Q^{\text{air}}) \cdot [T^{\text{ext}}(t) - T^{\text{virt}}(t)]$$

$$[0057] \quad + S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{mot}} (Q^{\text{virt}}) \cdot [T^{\text{mot}}(t) - T^{\text{virt}}(t)]$$

$$[0058] \quad + S.H^{\text{eau} \rightarrow \text{huile}} (Q^{\text{virt}}, Q^{\text{huile}}) \cdot [T^{\text{huile}}(t) - T^{\text{virt}}(t)] \} / M.Cp^{\text{eau}}(T^{\text{virt}}(t)) \quad (5) .$$

[0059] Le module 56 de détermination de température virtuelle a donc pour fonction d'effectuer le calcul correspondant à l'équation (4). Ce calcul a comme point de départ, à l'instant initial (pour les calculs, on choisit  $t = 0$  pour désigner l'instant du démarrage), la valeur initiale  $T^{\text{eau\_init}}$  pour la température virtuelle fournie par le module de comparaison 55. Le signal de sortie de ce module 56 est la température virtuelle recherchée. Cette température d'eau virtuelle est la grandeur de sortie du second étage d'estimation décrit ci-dessus. Lorsque la période de démarrage se poursuit (en mode non circulant), la température virtuelle calculée est de plus en plus élevée. Lorsqu'elle atteint un seuil déterminé considéré comme une valeur acceptable, le module de commande agit sur l'organe de réglage que constitue la pompe pour autoriser à nouveau la circulation de l'eau de refroidissement et mettre ainsi fin à la période de démarrage. Le moteur a atteint sa température optimale de fonctionnement, ainsi que son régime de fonctionnement en mode circulant, et la température de l'eau de

refroidissement est à nouveau caractéristique de l'état thermique du moteur, dont elle représente la valeur de température moyenne.

[0060] Le circuit de refroidissement ainsi décrit est un mode de réalisation préférentiel d'un procédé de commande dudit circuit, qui comprend une étape de  
5 détermination des conditions initiales au début d'une période de démarrage du moteur sans circulation du fluide de refroidissement, une étape d'estimation, pendant ladite période de démarrage, d'une température virtuelle du fluide de refroidissement, et une étape de détection de fin de période de démarrage, en fonction de la valeur de ladite température virtuelle, pour l'établissement de la  
10 circulation du fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement.

[0061] L'invention concerne aussi tout programme d'ordinateur qui comprend un jeu d'instructions lui permettant, lorsqu'il est introduit dans un support pouvant être lu par des moyens informatiques, d'exécuter les étapes du procédé de commande de circuit de refroidissement d'estimation définies ci-dessus.

15 [0062] REMARQUES FINALES

[0063] La solution ainsi proposée permet donc, même en l'absence de débit de l'eau de refroidissement d'un moteur thermique, de disposer à tout moment d'une température d'eau qui, bien que virtuelle, reste représentative de la température du moteur et permet de surveiller, en période de démarrage, l'évolution de l'état  
20 thermique du moteur jusqu'au moment de l'établissement de la circulation de l'eau de refroidissement dans le circuit de refroidissement.

[0064] La description de cette solution technique, effectuée ci-dessus en référence aux figures, est simplement une illustration de l'invention. Celle-ci peut être réalisée de différentes façons, et quelques alternatives sont donc indiquées  
25 très sommairement.

[0065] Par exemple, on a vu que l'estimation de débit virtuel était effectuée en tenant compte, éventuellement, de la présence d'une régulation de la pompe, exprimée à l'aide d'un coefficient de régulation R, et de la présence d'un système de gestion thermique, exprimée à l'aide d'un coefficient de pilotage P. Ces choix  
30 technologiques sont, on le rappelle, seulement optionnels, car ils ne correspondent qu'à certains types de moteur, pour lesquels les valeurs des coefficients respectifs R et P sont déterminées expérimentalement, au cours

d'essais préalables réalisés par le fabricant ou sur des bancs d'essai. Dans le cas présent, on a retenu l'exemple de réalisation le plus simple, pour lequel ces coefficients sont égaux à 1.

[0066] Par ailleurs, comme également indiqué précédemment, le dispositif de commande 15 est réalisé de préférence sous la forme d'un calculateur exécutant les instructions contenues dans un logiciel. Dans ce mode de réalisation, ce calculateur comprend un module de mémoire qui contient les informations d'initialisation utiles : durée de la dernière période d'arrêt du moteur, température de l'eau de refroidissement atteinte au début de cette période d'arrêt (ces deux informations ayant été conservées en mémoire depuis la fin de la dernière période de fonctionnement du moteur et de son circuit de refroidissement), température ambiante extérieure à la fin de cette période d'arrêt. Le calculateur incorpore également, à titre de condition initiale, une instruction de coupure du débit de l'eau de refroidissement à l'instant d'un démarrage (établissement du mode non circulant), pour maintenir le circuit de refroidissement en mode inactif

[0067] L'établissement du mode circulant est effectué grâce à la surveillance, conformément à l'invention, de la température virtuelle de l'eau de refroidissement. Le seuil de température au niveau duquel cet établissement se produit dépend généralement du type de moteur utilisé et est choisi expérimentalement, après des essais préalables à la mise en service. On peut cependant fixer de manière réaliste à 90° approximativement la valeur de ce seuil, sans que cet exemple soit limitatif.

[0068] On notera enfin, que, bien que les dessins montrent diverses entités fonctionnelles sous la forme de blocs différents, cette représentation n'exclut nullement des modes de réalisation dans lesquelles une seule entité physique effectue plusieurs fonctions, ou plusieurs entités physiques effectuent collectivement une seule fonction.

[0069] Les remarques qui précèdent montrent que la description détaillée en référence aux figures illustre l'invention plutôt qu'elle ne la limite. Les signes de références n'ont aucun caractère limitatif. Les verbes tels que « comprendre » et « comporter » éventuellement utilisés n'excluent pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux listés dans les revendications. Le mot

« un » ou « une » précédant un élément ou une étape n'exclut pas la présence d'une pluralité de tels éléments ou de telles étapes.

## REVENDEICATIONS

1. Circuit de refroidissement (11) pour un moteur à combustion (100), comprenant un organe de réglage (14) du débit d'un fluide de refroidissement dans ledit circuit et un dispositif de commande (15) dudit organe de réglage, ledit dispositif de commande comprenant un premier étage d'estimation (51-55) apte à  
5 déterminer une condition thermique initiale au début d'une période de démarrage du moteur sans circulation du fluide de refroidissement, un second étage d'estimation (56) apte à déterminer, pendant ladite période de démarrage, une température estimée du fluide de refroidissement à partir de la condition thermique  
10 initiale et d'une équation représentant des échanges thermiques dans le circuit de refroidissement.
  
2. Circuit de refroidissement selon la revendication 1, dans lequel le premier étage d'estimation (51-55) comprend un module (51) de détermination d'un coefficient de décroissance de la température du fluide de refroidissement pendant la dernière période d'arrêt du moteur, un module (52) de calcul de la  
15 différence entre la température du fluide de refroidissement atteinte au début de la dernière période d'arrêt et la température ambiante extérieure à la fin de cette période d'arrêt, un module (53) de calcul du produit de cette différence par le coefficient de décroissance thermique, un module (54) de calcul de la somme de  
20 la température ambiante extérieure et de l'écart de température constitué par la valeur dudit produit, cette somme définissant une nouvelle température dite température initiale primaire, un module (55) de comparaison entre ladite température initiale primaire et une mesure de la température du fluide de refroidissement, pour une sélection de celle de ces deux températures qui est la  
25 plus élevée, la condition thermique initiale comprenant la température sélectionnée.
  
3. Circuit de refroidissement selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel le second étage d'estimation (56) comprend un module (42) de calcul du débit  
30 virtuel en fonction de paramètres liés au fonctionnement du moteur, lesdits paramètres étant au moins : le régime du moteur, un coefficient de régulation de

l'organe de réglage de débit prévu pour permettre la circulation du fluide de refroidissement, et un coefficient de gestion d'un système de gestion thermique du moteur.

5 4. Circuit de refroidissement selon la revendication 3, dans lequel le second étage d'estimation (56) comprend, pour le calcul du débit virtuel, un module (43) de détermination d'un coefficient de régulation virtuel de l'organe de réglage, un module (41) de détermination d'un débit virtuel primaire à partir d'une information relative au régime du moteur et dudit coefficient de régulation virtuel, et un module  
10 (44) de détermination d'un coefficient de gestion du système de gestion thermique, les sorties des modules de détermination de débit virtuel primaire et de coefficient de gestion (41, 44) constituant les entrées du module (42) de calcul du débit virtuel.

15 5. Circuit de refroidissement selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel la température estimée,  $T^{\text{virt}}$ , est déterminée par un calcul itératif, sur la base d'une équation du type :  $T^{\text{virt}}(t+1) = T^{\text{virt}}(t) + G(t).\Delta t$  où  $t$ ,  $t+1$ , etc, représentent les instants successifs,  $\Delta t$  désigne l'intervalle de temps entre les instants successifs, et  $G(t)$  est un paramètre lié à l'état thermique du moteur, la première itération étant  
20 effectuée à partir d'une température initiale, qui est la température sélectionnée par le module de comparaison (55), et dudit paramètre lié à l'état thermique du moteur, la température estimée ainsi déterminée se substituant à la température initiale lors de l'itération suivante, et chaque nouvelle température estimée ainsi déterminée se substituant à la précédente pour chaque nouvelle itération par  
25 rapport à l'itération précédente.

6. Circuit de refroidissement selon la revendication 5, dans lequel le paramètre lié à l'état thermique du moteur est le gradient thermique du moteur.

30 7. Circuit de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le dispositif de commande (15) comprend un module de comparaison apte à

effectuer une comparaison de la température estimée à un seuil, le dispositif de commande provoquant l'établissement de la circulation du fluide de refroidissement dans le circuit de refroidissement lorsque la température estimée est au moins égale audit seuil.

5

8. Procédé de commande d'un circuit de refroidissement de moteur à combustion, ledit procédé comprenant une étape de détermination d'une condition thermique initiale au début d'une période de démarrage du moteur sans circulation de fluide de refroidissement dans ledit circuit, une étape d'estimation, pendant ladite période de démarrage, dans laquelle une température du fluide de refroidissement est estimée à partir de la condition thermique initiale et d'une équation représentant des échanges thermiques dans le circuit de refroidissement.

15 9. Programme d'ordinateur comprenant un jeu d'instructions de code de programme enregistré sur un support lisible par un ordinateur, pour mettre en œuvre les étapes du procédé selon la revendication 8 lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.

20 10. Véhicule automobile comprenant, à son bord, un circuit de refroidissement pour le moteur à combustion du véhicule, et dans lequel ledit circuit de refroidissement comprend les éléments tels que définis dans l'une quelconque des revendications 1 à 7.

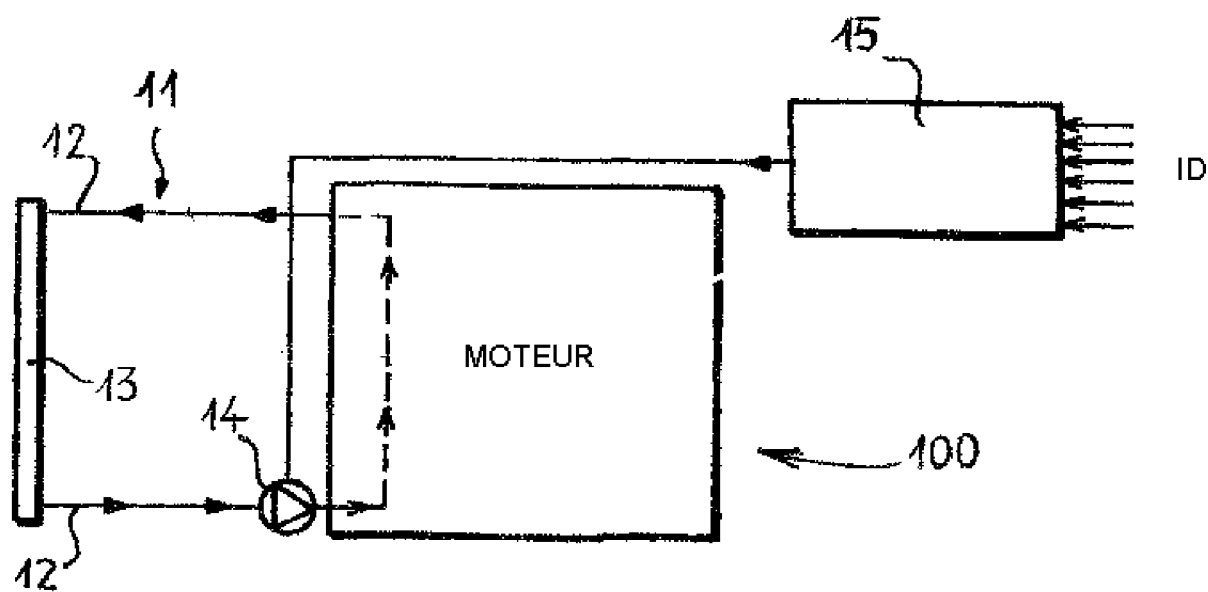


FIG.1

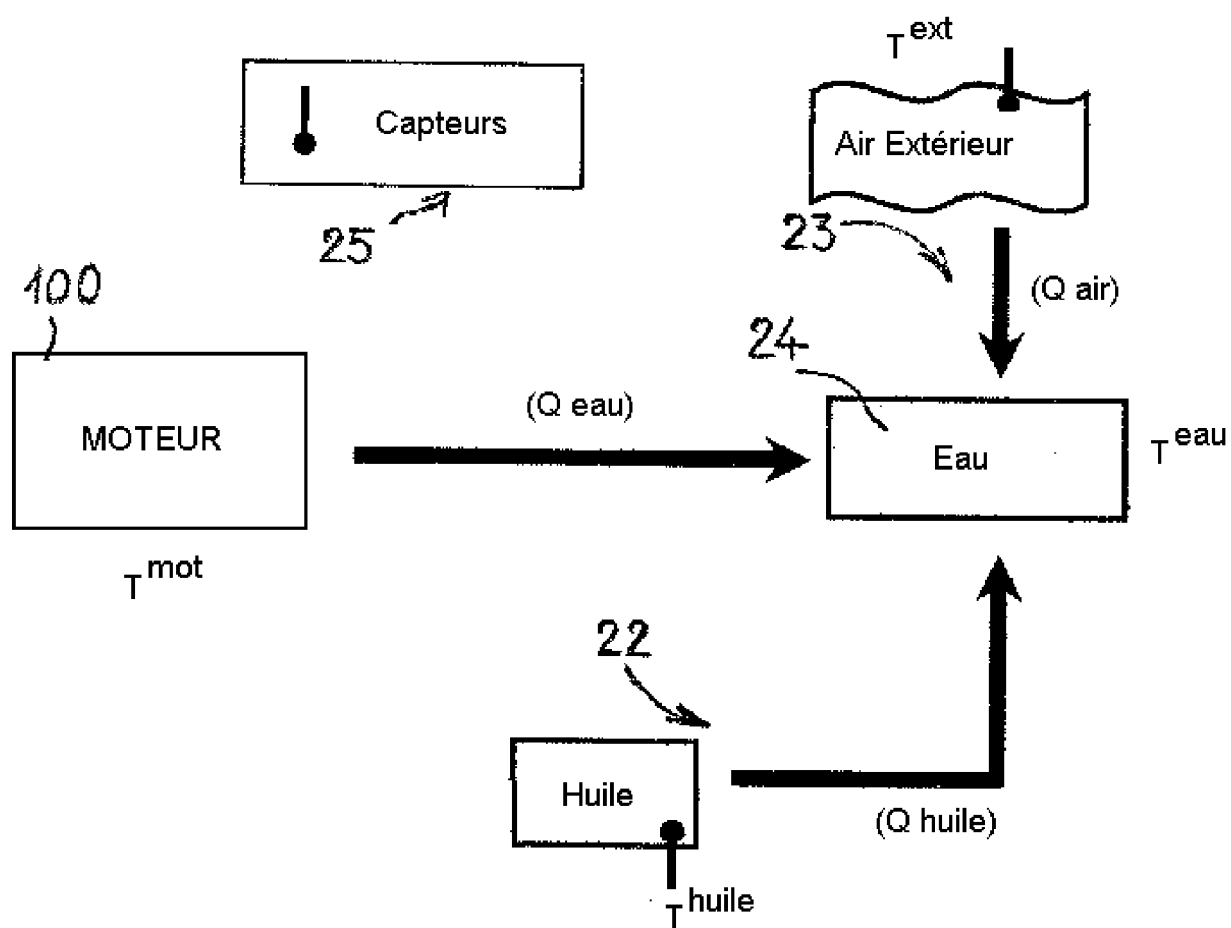


FIG.2

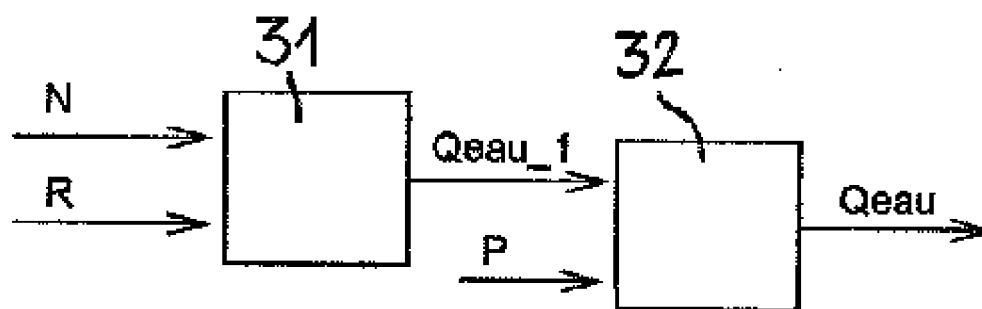


FIG.3

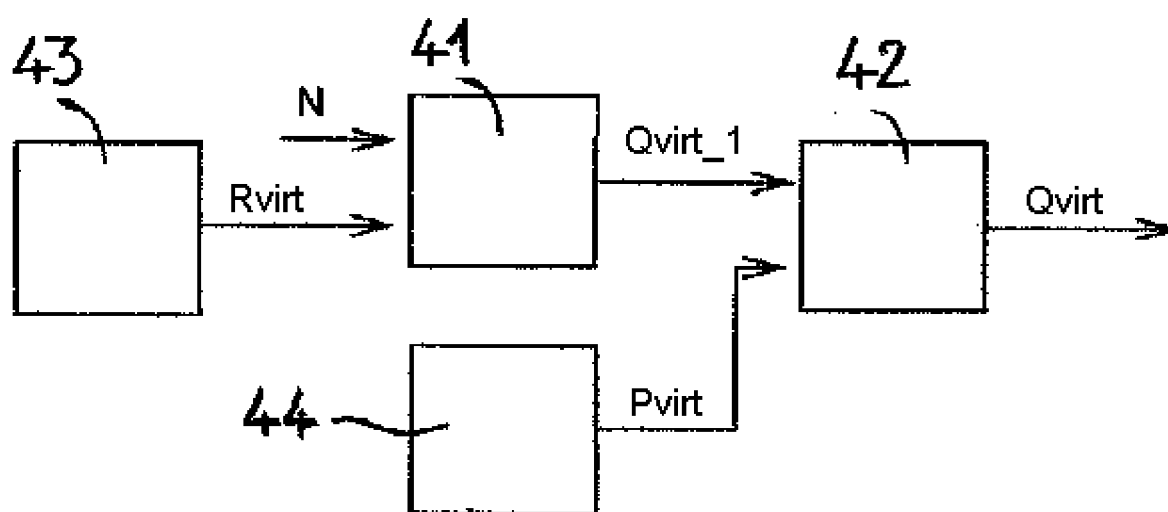


FIG.4

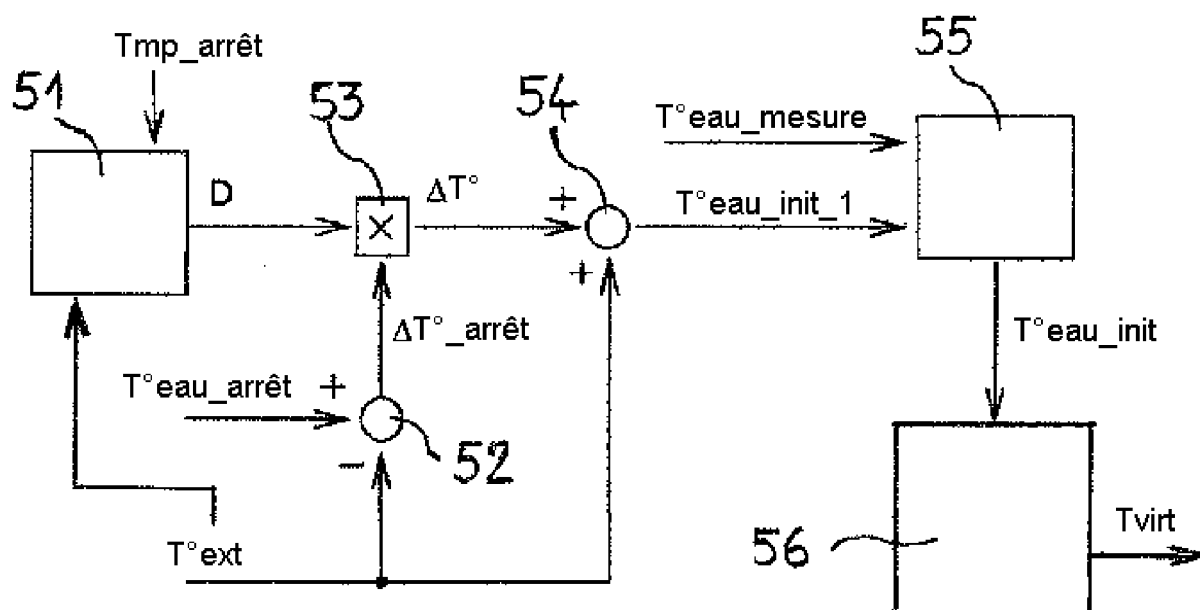


FIG.5

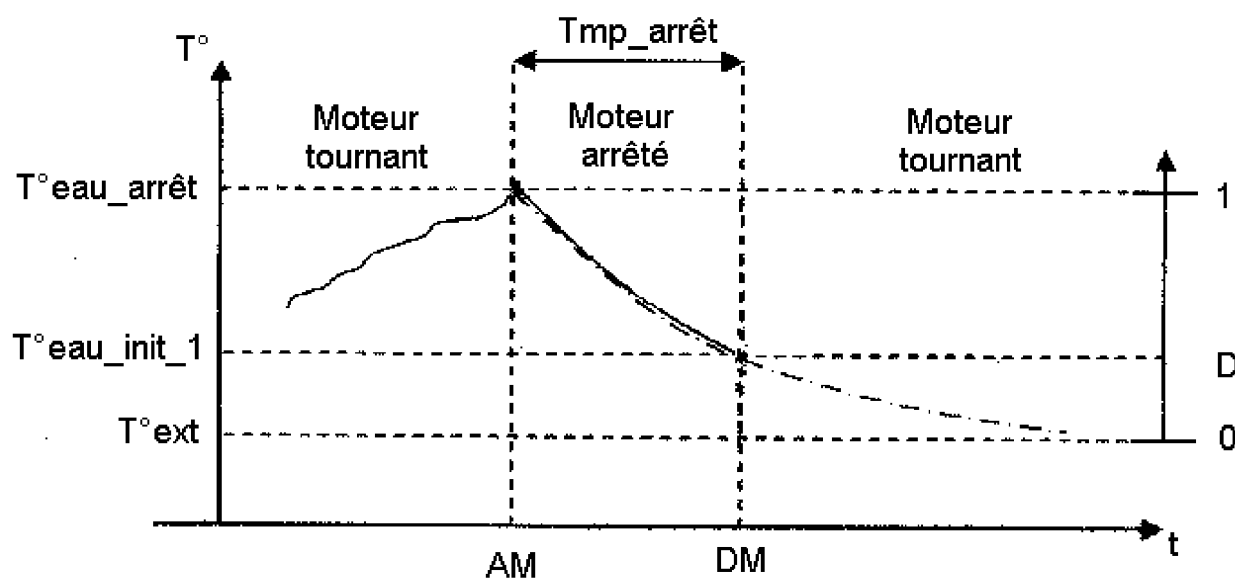


FIG.6



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 764359  
FR 1253061

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		
Y	DE 10 2008 032130 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 14 janvier 2010 (2010-01-14) * abrégé * * figures 2, 4 *	1-10	F01P7/14
Y	US 6 463 892 B1 (RUSSELL JOHN D [US]) 15 octobre 2002 (2002-10-15) * abrégé * * figures * * colonne 4, ligne 38 - colonne 5, ligne 44 * * revendication 14 *	1-10	
A	US 6 718 256 B1 (HOLMES JOHN WILLIAM [US] ET AL) 6 avril 2004 (2004-04-06) * abrégé * * figures *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 décembre 2012		Matray, J	
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 à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1253061 FA 764359**

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 **19-12-2012**

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
DE 102008032130 A1	14-01-2010	CN 102076937 A	25-05-2011
		DE 102008032130 A1	14-01-2010
		KR 20110014233 A	10-02-2011
		US 2011098883 A1	28-04-2011
		WO 2010003754 A1	14-01-2010
-----			
US 6463892	B1	15-10-2002	AUCUN
-----			
US 6718256	B1	06-04-2004	AUCUN
-----			