

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 933 134**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 03572**

51) Int Cl⁸ : **F 01 N 3/023 (2006.01), F 01 N 9/00**

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25.06.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.01.10 Bulletin 09/53.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *RENAULT SAS Société par actions simplifiée* — FR.

72) Inventeur(s) : GOURARA AMINE, HISLER THIBAUD, COEUGNEZ ARNAUD et CROISERAT CHARLENE.

73) Titulaire(s) : *RENAULT SAS Société par actions simplifiée*.

74) Mandataire(s) : *RENAULT SAS*.

54) **SYSTEME DE REGENERATION D'UN FILTRE A PARTICULES ET PROCEDE DE REGENERATION ASSOCIE.**

57) La présente invention concerne système de régénération d'un filtre à particules.

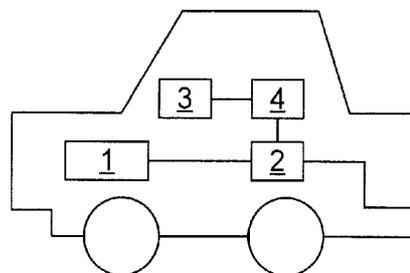
Selon l'invention, ledit système de régénération comprend un calculateur qui calcule la vitesse moyenne $v_{mdépôt}(t1)$ de dépôt des particules dans ledit filtre à l'instant $t1$ où est initiée ladite phase de régénération, selon la formule:

$$v_{mdépôt}(t1) = (m(t1) - m(t0)) / (t1 - t0) ;$$

et des moyens de détermination de ladite durée D de ladite phase de régénération pour au moins une efficacité déterminée EFF de ladite phase de régénération, en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{mdépôt}(t1)$ des particules pendant ladite phase de chargement de $t0$ à $t1$, selon la formule:

$$D = -\ln(1 - EFF) / (k(v_{mdépôt}(t1))[O_2] \exp(-E_a(v_{mdépôt}(t1)) / (R T_{rég}))) ;$$

$v(t)$ étant la vitesse de combustion instantanée desdites particules déposées sur ledit filtre.



FR 2 933 134 - A1



**Système de régénération d'un filtre à particules et procédé de
régénération associé**

La présente invention concerne un système de régénération d'un
5 filtre à particules de véhicule automobile ainsi qu'un procédé de
régénération de ce filtre.

De plus en plus de véhicules automobiles comportant un moteur à
combustion interne comportent un filtre à particules qui piège les particules
ou suies provenant de la combustion incomplète du carburant dans le moteur.
10 Ce filtre est peu à peu obstrué par les particules qui s'y déposent et il doit
donc être périodiquement régénéré, faute de quoi les performances du
moteur sont amoindries. La régénération est mise en oeuvre en augmentant
la température du filtre. Ceci peut être mis en oeuvre au moyen d'une
injection retardée de carburant dans les chambres de combustion du moteur.
15 Cette injection peut se faire juste après le point mort haut, lors de la phase
de détente, ce qui a pour effet d'augmenter la température des gaz traversant
le filtre. Il est également possible de prévoir une ou plusieurs injections
tardives, c'est-à-dire nettement après le point mort haut. Le carburant ainsi
injecté ne brûle pas dans la chambre de combustion du moteur, mais, par
20 exemple, dans un dispositif catalytique, également prévu dans la ligne
d'échappement, augmentant ainsi la température des gaz traversant ensuite
le filtre à particules.

Dans les deux cas, lors de ces injections retardées ou tardives, du
carburant est projeté sur la paroi des cylindres du moteur, car la coupelle du
25 piston est déplacée par rapport à la position d'injection normale. Le
carburant qui se trouve sur les parois du cylindre passe ensuite dans le
circuit d'huile du véhicule. Le carburant mélangé à l'huile altère cette
dernière, ce qui pose des problèmes de fiabilité du moteur, lorsque la
quantité de carburant présente dans le circuit d'huile dépasse une valeur
30 donnée et une surconsommation en carburant.

La durée de la régénération du filtre à particule ainsi que l'intervalle
entre deux régénérations sont définis par le calculateur du véhicule. Plus la

régénération est longue, plus la quantité de carburant mélangée à l'huile est importante.

Par ailleurs, la vitesse à laquelle les suies ou particules se déposent dans le filtre, n'est pas constante. En effet, cette vitesse de dépôt, ou vitesse
5 de chargement du filtre, varie en fonction des émissions du moteur et de la température de sortie des gaz. Ainsi, à relativement basse température, apparaît le phénomène dit de « régénération passive », qui est en fait la réaction des suies avec l'oxyde d'azote (NO_2) produit par la réaction de
10 combustion dans le moteur. A relativement plus haute température, la combustion des suies par le dioxygène (O_2) devient prépondérante. Ces réactions consomment une partie des suies et produisent du dioxyde de carbone.

Le document US5319930 décrit un procédé de régénération d'un filtre à particules d'un véhicule automobile équipé d'un moteur à
15 combustion interne et qui comprend des moyens d'élévation de la température du filtre. Selon ce procédé, on calcule la quantité de particules déposées dans le filtre, par unité de temps, en fonction, de la charge du moteur, de la vitesse du moteur, de la distance parcourue par le véhicule, de la vitesse du véhicule, de la durée du trajet ou de la quantité de carburant
20 consommé. On calcule ainsi la vitesse instantanée de dépôt des particules. En intégrant ces valeurs, on obtient une quantité de particules déposées à t_1 , dans le filtre, estimée par le calcul. Cette quantité estimée est ensuite utilisée pour déterminer si la régénération du filtre a été effectuée à t_1 . On mesure, ensuite, à t_2 , la différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre qui
25 fournit une quantité mesurée de particules déposées dans le filtre à t_2 . On détermine, à t_2 , sur la base de cette valeur mesurée, si la régénération du filtre a été effectuée. On détermine ensuite, entre t_1 et t_2 , quel est l'instant réel auquel doit être effectuée la régénération, l'instant réel étant le plus petit de t_1 et t_2 . Ce procédé permet d'ajuster l'intervalle entre deux
30 régénérations, en fonction des conditions d'utilisation du moteur. Ainsi, ce procédé ne laisse pas une trop grande quantité de particules s'accumuler

entre deux régénérations, ce qui évite de dégrader le filtre et les performances du moteur.

Un but de la présente invention est de proposer un nouveau système de régénération d'un filtre à particules.

5 Ce but est atteint au moyen d'un système de régénération d'un filtre à particules, ledit système de régénération comprenant :

- des moyens de détermination de la quantité de particules $m(t)$ déposées dans ledit filtre à un instant t quelconque d'une phase de chargement dudit filtre, mesuré à partir d'un instant t_0 qui correspond au
10 début de ladite phase de chargement dudit filtre et jusqu'à un instant t_1 , qui correspond à la fin de ladite phase de chargement et auquel $m(t_1) \geq m_{crit}$, où m_{crit} est une valeur critique de la quantité de particules déposées dans ledit filtre à partir de laquelle ledit filtre doit être régénéré ;

- des moyens d'élévation de la température dudit filtre jusqu'à au
15 moins une température de régénération T_{reg} et pendant une durée D qui correspond à une phase de régénération; et

- une unité de commande électronique, reliée auxdits moyens de détermination de la quantité de particules $m(t)$ déposées et qui commande lesdits moyens d'élévation de la température dudit filtre ; ladite unité de
20 commande électronique comportant :

- une mémoire contenant ladite valeur critique m_{crit} ;
- un comparateur qui compare la valeur de la quantité de particule
25 $m(t)$ déposée à un instant t avec ladite valeur critique m_{crit} , et qui, à t_1 , avertit ladite unité de commande électronique qui déclenche lesdits moyens d'élévation de la température dudit filtre pour initier ladite phase de régénération.

Selon l'invention, de manière caractéristique, ladite mémoire de ladite unité de commande conserve la valeur $m(t_0)$ de la quantité de particules déposées audit instant t_0 , ladite unité de commande électronique
30 (3) comporte un calculateur apte à déterminer la vitesse moyenne $v_{mdepôt}(t_1)$ de dépôt des particules dans ledit filtre à l'instant t_1 où est initiée ladite phase de régénération, selon la formule :

$$v_{\text{mdépôt}}(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0) ;$$

ladite unité de commande électronique comprend des moyens de détermination de ladite durée D de ladite phase de régénération pour au moins une efficacité ciblée EFF de ladite phase de régénération, en fonction
5 de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ des particules pendant ladite phase de chargement de t_0 à t_1 , selon la formule :

$$D = -\ln(1 - \text{EFF}) / (k(v_{\text{mdépôt}}(t_1)[\text{O}_2]) \exp(-E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1)) / (R T_{\text{rég}})) ;$$

dans laquelle $[\text{O}_2]$ est la fraction volumique d'oxygène dans le mélange gazeux entrant dans le filtre pendant la durée D de ladite régénération,
10 $k(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ et $-E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ sont des valeurs calculées à partir de valeurs expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$, qui sont stockées dans ladite mémoire, $v(t)$ étant la vitesse de combustion instantanée desdites particules déposées sur ledit filtre, mesurée expérimentalement à t , pendant une phase de régénération donnée, à ladite température de
15 régénération $T_{\text{rég}}$, et $v_{\text{mdépôt}}$ étant la vitesse moyenne de dépôt des particules pendant une phase de chargement donnée qui a précédé ladite phase de régénération donnée à $T_{\text{rég}}$, moyennant quoi ledit système de régénération peut adapter la durée D de ladite régénération en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ de ladite phase de chargement.

20 L'adaptation de la durée de la phase de régénération peut aboutir à une phase de régénération raccourcie, ce permet de réduire la consommation en carburant et d'éviter des perturbations au niveau du moteur qui sont engendrées par le passage du carburant dans le circuit d'huile durant les injections retardées ou tardives, comme précédemment expliqué.

25 Les moyens de détermination de la quantité de particules déposées dans le filtre ne sont pas limités selon l'invention. Les modes de réalisation peuvent, par exemple, de manière non exhaustive :

- utiliser la différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre,
- comporter un capteur de particules,
- 30 - comporter un modèle d'émissions,
- comporter une combinaison des modes de réalisations ci-dessus décrits.

Selon un mode de réalisation, lesdits moyens de détermination de la durée D de ladite phase de régénération utilisent une cartographie de la durée D de ladite phase de régénération, pour au moins une efficacité ciblée, en fonction de la vitesse moyenne de dépôt des particules $v_{\text{mdépôt}}$ pendant
5 la phase de chargement qui a précédé ladite phase de régénération, pour au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$ donnée.

Avantageusement, les mesures expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$ sont effectuées sur des cycles chargement-régénération de référence, à au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$ donnée et qui,
10 en fonction des paramètres d'utilisation du moteur pendant la phase de chargement, présentent des vitesses moyennes de dépôt $v_{\text{mdépôt}}$ différentes pendant la phase de chargement et des vitesses de combustion $v(t)$ différentes, lesdites vitesses de combustion $v(t)$ dépendant de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}$ de la phase de chargement qui a précédé ladite
15 phase de régénération. Ces cycles de référence peuvent être, par exemple, les cycles utilisés dans l'industrie automobile pour l'évaluation de la quantité de particules rejetées par un véhicule en fonction de son utilisation (urbaine ou grands trajets).

La présente invention concerne également un procédé de
20 régénération d'un filtre à particules d'un véhicule à moteur à combustion interne qui comporte des moyens d'élévation de la température dudit filtre, selon lequel :

- on détermine la quantité de particules $m(t_0)$ déposées dans ledit
filtre à un instant t_0 qui correspond au début d'une phase de chargement
25 dudit filtre ;

- à un instant t_1 , qui correspond à la fin de ladite phase de chargement, où la quantité de particules déposées $m(t_1)$ est supérieure ou égale à une valeur critique de la quantité de particules déposées m_{crit} dans ledit filtre, on initie une phase de régénération dudit filtre en augmentant la
30 température dudit filtre jusqu'à une température de régénération $T_{\text{rég}}$, à laquelle se produit la combustion desdites particules déposées dans ledit

filtre, la vitesse de combustion instantanée desdites particules à un instant t , $v(t)$ étant égale à

$$v(t) = k[O_2]m(t)\exp(-E_a/(RTrég)) \text{ avec}$$

R = constante des gaz parfaits ;

5 E_a étant l'énergie d'activation de ladite réaction de combustion des particules pendant la phase de régénération ;

k étant le coefficient cinétique de ladite réaction de combustion ;

$[O_2]$ étant la fraction volumique d'oxygène dans le mélange gazeux entrant dans le filtre à t ; et

10 $Trég$ étant la température dudit filtre pendant la phase de régénération ;

Selon l'invention, de manière caractéristique :

-à l'instant t_1 , on calcule la vitesse moyenne $v_{mdépôt}$ de dépôt desdites particules pendant la phase de chargement de durée t_1-t_0 , selon la

15 formule :

$$v_{mdépôt}(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0) ;$$

- on détermine les valeurs de $E_a(v_{mdépôt}(t_1))$ et $k(v_{mdépôt}(t_1))$ à ladite température de régénération $Trég$ et pour $v_{mdépôt}(t_1)$ en fonction des valeurs expérimentales de :

20 $\ln(v(t)/m(t)) = \ln(k(v_{mdépôt}(t))[O_2]) - E_a(v_{mdépôt}(t))/(RTrég)$

en fonction de $v_{mdépôt}$, mesurées lors de cycles chargement régénération où ladite phase de régénération a lieu à $Trég$;

-on détermine la durée D de la phase de régénération pour une efficacité EFF donnée, à la température de régénération $Trég$ et pour la
25 vitesse moyenne de dépôt des particules à t_1 , $v_{mdépôt}(t_1)$, selon la formule :

$$D = -\ln(1 - EFF) / (k(v_{mdépôt}(t_1))[O_2]\exp(-E_a(v_{mdépôt}(t_1))/(RTrég)) ;$$

moyennant quoi, la durée D de ladite phase de régénération peut être ajustée en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{mdépôt}(t_1)$ pendant ladite
30 phase de chargement qui l'a précédée.

La manière dont est déterminée D n'est pas limitée selon l'invention. D peut être déterminée par le calcul ou en utilisant un abaque donnant D

pour une efficacité EFF donnée, en fonction de $v_{m\text{dépôt}}$, pour au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$, pour ajuster ladite durée de régénération D.

5 Selon un mode de mise en œuvre particulier de l'invention, on fixe, par exemple, ladite efficacité $EFF = 80\%$.

On peut mesurer le débit de dioxyde de carbone généré par la combustion des particules déposées dans ledit filtre, pendant la phase de régénération à $T_{\text{rég}}$ pour déterminer la vitesse de combustion instantanée $v(t)$ à $T_{\text{rég}}$.

10 Lesdites valeurs expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ peuvent être mesurées sur des cycles chargement-régénération de référence, à au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$, qui en fonction des conditions de fonctionnement du moteur présentent des vitesses moyennes de dépôt $v_{m\text{dépôt}}$ différentes et engendrent donc des vitesses de combustion $v(t)$
15 différentes.

La présente invention concerne également un véhicule comportant un système de régénération d'un filtre à particules selon l'invention.

La présente invention, ses caractéristiques ainsi que les différents avantages qu'elle procure seront mieux compris à la lecture de la description
20 qui suit d'un mode de réalisation de la présente invention, présenté à titre d'exemple non limitatif et qui fait référence aux dessins annexés sur lesquels :

-la figure 1 représente un mode de réalisation d'un véhicule selon l'invention ;

25 -la figure 2 représente un diagramme des différentes phases du procédé de l'invention ;

-la figure 3 représente l'efficacité obtenue pendant plusieurs phases de régénération, en fonction de la vitesse moyenne de dépôt des particules pendant la phase de chargement qui a précédé la phase de régénération
30 considérée ;

-la figure 4 représente l'évolution de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction du temps pendant une phase de régénération ;

-la figure 5 représente $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $1/T$; et

-la figure 6 représente un exemple d'un abaque de courbes iso-température qui représentent $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{m\text{dépôt}}$ pour une efficacité EFF de 80% de la phase de régénération.

5 Sur la figure 1, on a représenté un véhicule comportant un moteur 1 dont l'échappement est relié à l'entrée d'un filtre à particules 2, la sortie du filtre étant reliée à l'extérieur du véhicule. Le filtre à particules 2 est ainsi traversé par les gaz d'échappement du moteur 1 qui contiennent des particules provenant de la combustion incomplète du carburant dans le
10 moteur 1, ainsi que d'autres composé tels que notamment des oxydes d'azote. Le véhicule comporte un système de régénération du filtre à particules dans lequel une unité de commande 3 pilote des moyens d'élévation de la température du filtre 4 servant à la mise en oeuvre de la phase de régénération, selon le procédé de l'invention.

15 Comme représenté sur la figure 2, le procédé comporte une phase de chargement du filtre pendant laquelle les particules se déposent dans le filtre et une phase de régénération du filtre qui suit la phase de chargement et pendant laquelle on brûle les particules déposées dans le filtre en élevant la température de ce dernier. Ces deux phases forment un cycle chargement-
20 régénération.

La phase de chargement débute à t_0 , t_0 correspondant soit au début de l'utilisation du filtre quand ce dernier est neuf, où l'instant qui suit la fin d'une phase de régénération, quand le filtre est en usage. Pendant la phase de chargement, les moyens d'estimation ou de détermination de la quantité
25 $m(t)$ de la quantité de particules déposées dans le filtre mesurent régulièrement, avec un intervalle de temps donnée entre deux estimations, la quantité de particules déposées dans le filtre $m(t)$. Pendant cette phase de chargement, au moins trois phénomènes entrent en jeu : le dépôt des particules sur le filtre et éventuellement, en fonction de la température du
30 filtre, les phénomènes de combustion des particules par le dioxygène et/ou les oxydes d'azote contenus dans les gaz d'échappement qui traversent le filtre. Lorsque la quantité de particules déposées dépasse une valeur critique

mcrit stockée dans la mémoire de l'unité de commande, les moyens de détermination de la quantité de particules déposées avertissent l'unité de commande. On note t_1 , l'instant où les moyens de détermination de la quantité de particules déposées détectent que la masse de particules déposées est supérieure ou égale à $mcrit$. L'unité de commande va alors commander les moyens d'élévation de la température du filtre 4, afin d'augmenter la température du filtre jusqu'à une température de régénération donnée $Trég$. Lorsque à $trég$, la température du filtre atteint $Trég$, c'est la phase de régénération qui débute. Durant cette phase, les particules déposées sont consommées.

Les moyens de détermination de la quantité de particules déposées estiment la quantité de particules qui reste effectivement dans le filtre, en tenant compte du phénomène de dépôt qui se poursuit pendant la phase de régénération même si au total il y a plus de particules consommées par combustion que de particules déposées pendant cette phase.

Lorsque la phase de chargement est terminée, l'unité de commande calcule la vitesse moyenne $vmdépôt$ des particules pendant la phase de chargement.

$vmdépôt(t_1)$ peut être calculée de la manière suivante :

$$vmdépôt(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0)$$

avec $m(t_0)$ ayant été stockée dans la mémoire de l'unité de commande.

L'unité de commande détermine ensuite la durée D de la phase de régénération en fonction de $vmdépôt(t_1)$.

Pour ce faire, l'unité de commande détermine les coefficients $Ea(vmdépôt(t_1))$ et $k(vmdépôt(t_1))$, à la température de régénération $Trég$ donnée. Cette détermination sera expliquée ultérieurement.

La durée D est déterminée selon l'équation suivante :

$$D = -\ln(1 - EFF) / (k(vmdépôt(t_1)) [O_2] \exp(-Ea(vmdépôt(t_1)) / (RTrég))) ;$$

L'équation est implémentée sous forme de micro programme, par exemple, dans un circuit de type ASIC.

En fixant $EFF = 80\%$ par exemple, et en injectant les valeurs de $E_a(vmdépôt(t_1))$ et $k(vmdépôt(t_1))$ précédemment déterminées, et d'une valeur de $[O_2]$ déterminée par le contrôleur moteur, on peut déterminer D .

L'unité de commande contrôle alors les moyens d'élévation de la
5 température du filtre afin que la durée à laquelle la température du filtre est égale ou sensiblement égale à $T_{rég}$, ne dépasse pas la durée D calculée. On note $t_{rég}$, l'instant où la température du filtre atteint $T_{rég}$, et t_2 , l'instant où on cesse d'augmenter la température du filtre, on a

$$D = t_2 - t_{rég}.$$

10 De cette façon on peut réduire la durée D de la régénération en particulier pour des phases de régénération qui ont lieu à des températures relativement basses.

Cette réduction de la durée de régénération permet de limiter le nombre d'injections retardées ou tardives, ce qui limite la consommation de
15 carburant pendant la phase de régénération ainsi que la quantité de carburant passant dans le circuit d'huile.

CONSTATIONS EXPERIMENTALES

20 La Demanderesse a eu le mérite de s'intéresser à l'influence de la vitesse de dépôt des particules ou vitesse de chargement pendant une phase de chargement d'un filtre, sur la vitesse de combustion de ces particules déposées pendant la phase de régénération qui suit la phase de chargement.

La figure 3 représente l'efficacité obtenue pendant plusieurs phases
25 de régénération en fonction de la vitesse moyenne de dépôt des particules pendant la phase de chargement qui a précédé la phase de régénération considérée.

La masse de particules consommées pendant la régénération et l'efficacité de la régénération sont évaluées en fonction du pic de CO_2 en
30 sortie du filtre sur une durée de régénération égale à 3000s.

Ces mesures ont été effectuées sur des cycles de référence qui seront plus amplement explicités ultérieurement dans la partie qui concerne la détermination de $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ et $k(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$.

La figure 3 montre bien que plus la vitesse de dépôt des particules est faible pendant la phase de chargement, meilleure est l'efficacité de la phase de régénération, ceci en particulier pour des régénérations qui ont lieu à des températures relativement basses.

La Demanderesse a ensuite exploité ce phénomène afin d'ajuster la durée de la phase de régénération en fonction de la vitesse de dépôt de la phase de chargement qui a précédé cette dernière. Cet ajustement pouvant résulter en un raccourcissement de la régénération qui évite une surconsommation de carburant et une rapide dégradation de l'huile contenue dans le circuit d'huile (ceci du fait du passage du carburant dans l'huile pendant les injections retardées ou tardives, comme précédemment expliqué).

La demanderesse a donc élaboré le modèle suivant.

ELABORATION DU MODELE

La variation de la quantité de particules déposées dans le filtre peut s'écrire selon la formule :

$$\partial m / \partial t = v_{\text{dépôt}}(t) - v(t)$$

dans laquelle $v_{\text{dépôt}}(t)$ représente la vitesse de dépôt à t , $v(t)$ représente la vitesse de la combustion des particules par le dioxygène et/ou le dioxyde d'azote.

Pendant la phase de chargement ou dépôt, on peut calculer la vitesse moyenne de dépôt ou vitesse de chargement : $v_{\text{mdépôt}}(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0)$ avec $t_1 - t_0$ étant la durée de la phase de chargement et $m(t)$ la masse de particules estimée par les moyens de détermination de la quantité de particules déposées dans le filtre à l'instant t .

La vitesse de combustion instantanée des particules pendant la phase de régénération peut s'écrire de la manière suivante, selon la loi d'Arrhenius :

$$v(t) = k[O_2]m(t)\exp(-Ea/(RTrég)) \text{ avec}$$

- 5 k : coefficient cinétique à déterminer en fonction de la vitesse de dépôt de la phase de chargement qui a précédé la phase de régénération considérée;

$[O_2]$: fraction volumique d'oxygène dans le mélange gazeux entrant dans le filtre à particules ;

- 10 $m(t)$: masse de particules déposées dans le filtre au temps t ;

Ea : énergie d'activation à déterminer en fonction de la vitesse de dépôt de la phase de chargement qui a précédé la phase de régénération considérée; et

R : constante des gaz parfaits.

- 15 On a donc $v(t)/m(t) = k[O_2]\exp(-Ea/RTrég)$;

pour une température de régénération fixée $Trég$ et un taux de dioxygène $[O_2]$ constant, le rapport $v(t)/m(t)$ ne dépend plus du temps mais seulement de $vmdépôt(t1)$ puisque k et Ea dépendent de $vmdépôt(t1)$.

- 20 Pendant la phase de régénération, on peut négliger le phénomène de dépôt. On a donc un seul phénomène qui modifie la masse de particules déposées, à savoir la combustion de ces dernières.

On a donc :

$$v(t) = -\partial m(t)/\partial t = k[O_2]m(t)\exp(-Ea/(RTrég)) \text{ qui peut s'écrire}$$

$$-\partial m(t)/m(t) = k[O_2]\exp(-Ea/(RTrég))\partial t$$

- 25 Avec $[O_2]$ constant, en intégrant entre $t1$ et $t2$, $t1$ étant le début de la phase de régénération et $t2$ la fin de cette phase, on obtient :

$$D = t2 - t1$$

$$D = -\ln(1 - EFF) / (k vmdépôt(t1)) [O_2] \exp(-Ea(vmdépôt(t1))/(RTrég)) ;$$

- 30 où EFF représente l'efficacité désirée ($EFF = (m(t2) - m(t1))/m(t1)$) pour la phase de régénération, que l'on peut fixer à 80%, par exemple.

La durée D peut donc être calculée pour une efficacité donnée et à une température de régénération donnée en fonction de $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ et $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$.

Détermination de $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ et $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ à Trég

5 Cette détermination est mise en œuvre à partir de valeurs expérimentales qui sont stockées dans la mémoire. La mémoire de l'unité de commande contient pour la température de régénération donnée, une pluralité de mesures de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$ pendant la phase de chargement qui a précédé la phase de régénération considérée qui a lieu à Trég avec une vitesse de combustion instantanée égale à $v(t)$.

$$\ln(v(t)/m(t)) = \ln(k[\text{O}_2]) - E_a/RT_{\text{Trég}}$$

La variation de $\ln(v(t)/m(t))$ étant linéaire en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$, $\ln(k[\text{O}_2])$ correspond à l'ordonnée pour $v_{\text{mdépôt}} = 0$ tandis que $-E_a$ correspond à la pente de la droite donnant $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$.

On peut ensuite déterminer D en injectant les valeurs de k et E_a estimées pour $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ dans la formule de calcul de D.

On va maintenant décrire un exemple d'expérimentations sur la base desquelles on peut calculer $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ et $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ à Trég.

20

Mesures expérimentales pour la détermination de $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ et $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ à différentes températures de régénération

Les tests suivants ont été réalisés sur des filtres à particules imprégnés, d'un volume de 0,4L (diamètre x longueur = 58x150mm), à iso masse de suie chargée 12g/L.

Les essais sont réalisés au laboratoire avec une température d'entrée du filtre à particules, pendant la régénération de 550°C, 590°C et 630°C, respectivement. Cette température en entrée du filtre à particules correspond à une température de régénération donnée.

30 La vitesse moyenne de dépôt ou vitesse de chargement a été mesurée pour différents cycles de chargement.

Tableau I

| Cycle de chargement | Vitesse de chargement (g/h) | Température moyenne en entrée du filtre | Température maximale en entrée du filtre |
|------------------------------------|-----------------------------|---|--|
| « DIMat » (EGR dégradé) | 11,8 | 340°C | 460°C |
| NEDC « sans régénération passive » | 5,5 | 250°C | 420°C |
| NEDC « avec régénération passive » | 0,94 | 270°C | 400°C |
| ECE « sans régénération passive » | 0,56 | 200°C | 200°C |

Le cycle NEDC est composé de deux sous parties :

- 4 motifs élémentaires ECE (chaque motif ECE étant lui-même composé de 3 "bosses"), qui dans leur globalité forment la partie du cycle NEDC dont les vitesses sont représentatives des vitesses de roulage de type urbain.
- suivis d'un motif EUDC qui forme la partie du cycle NEDC dont les vitesses sont représentatives des vitesses de roulage de type extra urbain.

- 10 NEDC = "New European Driving Cycle"
 ECE = UDC = "Urban Driving Cycle"
 EUDC = « Extra Urban Driving Cycle »

- 15 Le cycle « DIMat » est un cycle construit sur la base du cycle NEDC dont on a supprimé deux motifs ECE et changé certains points de fonctionnement et certaines rampes d'accélération pour qu'il soit réalisable sur un banc moteur équipé d'un frein. La dégradation de l'EGR est une

modification de la cartographie d'EGR dans le but de générer plus de particules de suies en sortie moteur et donc d'augmenter la vitesse de chargement en particules dans le filtre.

Les chargements ou dépôts sont effectués sur banc moteur avec une
5 masse M de particules déposées dans le filtre de 12g/l.

La vitesse de combustion instantanée des particules ou suies $v(t)$ mesurée, en g/s, est égale à :

$$v(t) = MM \times \text{Débit} \times [\text{CO}_2] / (60 \times \text{Volume molaire} \times 100)$$

avec :

10 MM [g/mol] = masse molaire du carbone = 12

Débit [L/min] = Débit des gaz = 230

$[\text{CO}_2]$ [%] = taux d' O_2 mesuré

Volume Molaire [L/mol] = 24

Il est à noter que la détermination des vitesses de combustion pour la
15 calibration du modèle s'obtient à l'aide de la détermination, en laboratoire, de la vitesse de combustion par la mesure d'un débit de CO_2 et de CO en aval du filtre à particules. Ici le débit de CO peut être négligé. Sur le véhicule, le CO_2 en aval du filtre n'est pas mesuré.

On a ensuite mesuré $\ln(v(t)/m(t))$ qui est indépendant du temps, selon
20 la mise en équation retenue, pour $[\text{O}_2]$ constant. En pratique, cette valeur décroît en fonction du temps, après un pallier à une valeur maximale, après que la plus grande partie des suies ait brûlé. Pour cette raison, la détermination des coefficients $k(\text{vmdépôt}(t))$ et $E_a(\text{vmdépôt}(t))$ à une température de régénération fixée a été effectuée en considérant la moyenne
25 du signal donnant $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de temps pendant la régénération sur une durée de 100s à partir de l'atteinte de la température en entrée du filtre à particule désirée (la mesure de la température d'entrée du filtre à particules permet de manière indirecte de contrôler que la régénération a bien lieu à la température $T_{\text{rég}}$ fixée).

30 La figure 4 représente l'évolution de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction du temps pendant une phase de régénération.

Sur la base de ces mesures, on détermine, sur la base de droite qui donnent $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $1/T$, la valeur de E_a , pour les différents

cycles chargement régénération de référence précités et donc pour diverses valeurs de $v_{mdépôt}$.

Le tableau II suivant et la figure 5 récapitulent les valeurs des coefficients cinétiques du modèle déterminés par les expérimentations précitées en fonction de la vitesse moyenne de chargement obtenues pour les divers cycles chargement régénération de référence.

Tableau II

| Cycle de chargement | Vitesse de chargement (g/h) | E_a/R (u.S.I.) | E_a (J/mol) | $\ln(k[O_2])$ (-) | k (u.S.I.) |
|--------------------------------|-----------------------------|------------------|---------------|-------------------|--------------|
| « DIMat » (EGR dégradé) | 11,80 | 26028 | 216 397 | 22,64 | 677 157 811 |
| NEDC sans régénération passive | 5,50 | 24692 | 205 289 | 21,17 | 155 851 612 |
| NEDC avec régénération passive | 0,94 | 25415 | 211 300 | 22,50 | 590 461 450 |
| ECE sans régénération passive | 0,56 | 19776 | 164 418 | 16,16 | 1 042 795 |

10 Il est ainsi possible, en injectant les valeurs calculées dans la formule donnant D pour une efficacité donnée, de tracer un abaque comme représenté sur la figure 6.

15 Cet abaque donne la durée D de la phase de régénération en fonction de la vitesse moyenne de chargement de la phase de chargement qui a précédé cette phase de régénération à plusieurs températures d'entrée dans le filtre à particules, qui correspondent donc à autant de températures de régénération $T_{rég}$.

L'abaque peut également être utilisé, de manière classique, pour des températures de régénération et/ou des vitesses de chargement qui ne sont pas en mémoire, par extrapolation ou interpolation des couples de valeurs de températures de régénération et/ou de vitesses de chargement qui sont
5 mémorisés.

Cet abaque peut être facilement stocké dans la mémoire de l'unité de commande et servir à la détermination de D pour plusieurs températures de régénération qui peuvent dépendre, par exemple, du type de véhicule, du type de filtre ou autre.

10 Selon un autre mode de réalisation, on tiendra compte des variations de température dans le filtre, en fonction par exemple, de la longueur, séparant un point donné de l'entrée du filtre. Dans ce cas, le modèle prendra en compte l'efficacité de la régénération à plusieurs endroits du filtre et pourra calculer une durée de régénération à laquelle on obtiendra une
15 efficacité moyenne sur toute la longueur du filtre.

Revendications

1. Système de régénération d'un filtre à particules d'un moteur à combustion, ledit système de régénération comprenant :
- 5 - des moyens de détermination de la quantité de particules $m(t)$ déposées dans ledit filtre à un instant t quelconque d'une phase de chargement dudit filtre, mesuré à partir d'un instant t_0 qui correspond au début de ladite phase de chargement dudit filtre et jusqu'à un instant t_1 , qui correspond à la fin de ladite phase de chargement et auquel $m(t_1) \geq m_{crit}$, où
- 10 m_{crit} est une valeur critique de la quantité de particules déposées dans ledit filtre à partir de laquelle ledit filtre doit être régénéré ;
- des moyens d'élévation de la température (4) dudit filtre jusqu'à au moins une température de régénération T_{reg} et pendant une durée D qui correspond à une phase de régénération; et
- 15 - une unité de commande électronique (3), reliée auxdits moyens de détermination de la quantité de particules $m(t)$ déposées et qui commande lesdits moyens d'élévation de la température dudit filtre ; ladite unité de commande électronique comportant :
- une mémoire contenant ladite valeur critique m_{crit} ;
- 20 - un comparateur qui compare la valeur de la quantité de particule $m(t)$ déposée à un instant t avec ladite valeur critique m_{crit} , et qui, à t_1 , avertit ladite unité de commande électronique qui déclenche lesdits moyens d'élévation de la température dudit filtre pour initier ladite phase de régénération ;
- 25 caractérisé en ce que
- ladite mémoire de ladite unité de commande (3) conserve la valeur $m(t_0)$ de la quantité de particules déposées audit instant t_0 , en ce que ladite unité de commande électronique (3) comporte un calculateur apte à déterminer la vitesse moyenne $v_{m\dot{p}\hat{o}t}(t_1)$ de dépôt des particules dans ledit filtre à
- 30 l'instant t_1 où est initiée ladite phase de régénération, selon la formule :
- $$v_{m\dot{p}\hat{o}t}(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0) ;$$

en ce que ladite unité de commande électronique (3) comprend des moyens de détermination de ladite durée D de ladite phase de régénération pour au moins une efficacité déterminée EFF de ladite phase de régénération, en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ des particules pendant
 5 ladite phase de chargement de t_0 à t_1 , selon la formule :

$$D = -\ln(1 - \text{EFF}) / (k(v_{\text{mdépôt}}(t_1)) [\text{O}_2] \exp(-E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1)) / (R T_{\text{rég}})) ;$$

dans laquelle $k(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ et $-E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ sont des valeurs calculées à partir de valeurs expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$, qui sont stockées dans ladite mémoire, $v(t)$ étant la vitesse instantanée de
 10 combustion desdites particules déposées sur ledit filtre, mesurée expérimentalement à t , pendant une phase de régénération donnée, à ladite température de régénération $T_{\text{rég}}$, et $v_{\text{mdépôt}}$ étant la vitesse moyenne de dépôt des particules pendant une phase de chargement donnée qui a précédé ladite phase de régénération donnée à $T_{\text{rég}}$, moyennant quoi ledit système
 15 de régénération peut adapter la durée D de ladite régénération en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ de ladite phase de chargement.

2. Système de régénération selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de détermination de la quantité de particules déposées dans ledit filtre comportent un capteur de particules.

20 3. Système de régénération selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens de détermination de la durée D de ladite phase de régénération utilisent une cartographie de la durée D de ladite phase de régénération, pour au moins une efficacité ciblée, en fonction de la vitesse moyenne de dépôt des particules $v_{\text{mdépôt}}$ pendant
 25 la phase de chargement qui a précédé ladite phase de régénération, pour au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$ donnée.

4. Système de régénération selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdites mesures expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$ sont effectuées sur des cycles chargement
 30 régénération de référence, à au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$ donnée et qui, en fonction des paramètres d'utilisation du moteur pendant la phase de chargement, présentent des vitesses moyennes de dépôt $v_{\text{mdépôt}}$

différentes pendant la phase de chargement et des vitesses de combustion instantanées $v(t)$ différentes, lesdites vitesses de combustion instantanées $v(t)$ dépendant de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}$ de la phase de chargement qui a précédé ladite phase de régénération.

5 5. Procédé de régénération d'un filtre à particules d'un véhicule à moteur à combustion interne qui comporte des moyens d'élévation de la température dudit filtre, selon lequel :

10 - on détermine la quantité de particules $m(t_0)$ déposées dans ledit filtre à un instant t_0 qui correspond au début d'une phase de chargement dudit filtre ;

- à un instant t_1 , qui correspond à la fin de ladite phase de chargement, où la quantité de particules déposées $m(t_1)$ est supérieure ou égale à une valeur critique de la quantité de particules déposées m_{crit} dans ledit filtre, on initie une phase de régénération dudit filtre en augmentant la
15 température dudit filtre jusqu'à une température de régénération $T_{\text{rég}}$, à laquelle se produit la combustion desdites particules déposées dans ledit filtre, la vitesse de combustion instantanée desdites particules à un instant t , $v(t)$ étant égale à

$v(t) = k[\text{O}_2]m(t)\exp(-E_a/(RT_{\text{rég}}))$ avec

20 $R =$ constante des gaz parfaits ;

E_a étant l'énergie d'activation de ladite réaction de combustion des particules pendant la phase de régénération ;

k étant le coefficient cinétique de ladite réaction de combustion ;

25 $[\text{O}_2]$ étant la fraction volumique d'oxygène dans le mélange gazeux entrant dans le filtre à t ; et

T étant la température de régénération $T_{\text{rég}}$ dudit filtre ;

caractérisé en ce que :

-à l'instant t_1 , on calcule la vitesse moyenne $v_{\text{mdépôt}}$ de dépôt desdites particules pendant la phase de chargement de durée $t_1 - t_0$, selon la
30 formule :

$v_{\text{mdépôt}}(t_1) = (m(t_1) - m(t_0)) / (t_1 - t_0) ;$

- on détermine les valeurs de $E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ et $k(v_{\text{mdépôt}}(t_1))$ à ladite température de régénération $T_{\text{rég}}$ et pour $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ en fonction des valeurs expérimentales de $\ln(v(t)/m(t)) = \ln(k(v_{\text{mdépôt}}(t))[O_2]) - E_a(v_{\text{mdépôt}}(t))/(RT_{\text{rég}})$ en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$, mesurées lors de cycles
5 chargement régénération où ladite phase de régénération a lieu à $T_{\text{rég}}$;

-on détermine la durée D de la phase de régénération pour une efficacité EFF donnée, à la température de régénération $T_{\text{rég}}$ et pour la vitesse moyenne de dépôt des particules à t_1 , $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$, selon la formule :

$$10 \quad D = -\ln(1 - EFF) / (k(v_{\text{mdépôt}}(t_1))[O_2] \exp(-E_a(v_{\text{mdépôt}}(t_1))/(RT_{\text{rég}})) ;$$

moyennant quoi, la durée D de ladite phase de régénération peut être ajustée en fonction de la vitesse moyenne de dépôt $v_{\text{mdépôt}}(t_1)$ pendant ladite phase de chargement qui l'a précédée.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on utilise un
15 abaque donnant D pour une efficacité EFF ciblée, en fonction de $v_{\text{mdépôt}}$, pour au moins une température de régénération $T_{\text{rég}}$, pour ajuster ladite durée de régénération D .

7. Procédé selon l'une quelconque des revendication 5 à 6, caractérisé en ce qu'on mesure le débit de dioxyde de carbone généré par la combustion
20 des particules déposées dans ledit filtre, pendant la phase de régénération à $T_{\text{rég}}$ pour déterminer la vitesse de combustion instantanée $v(t)$ à $T_{\text{rég}}$.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que lesdites valeurs expérimentales de $\ln(v(t)/m(t))$ sont mesurées sur des cycles chargement/régénération de référence, à au moins une
25 température de régénération $T_{\text{rég}}$, qui en fonction des conditions de fonctionnement du moteur présentent des vitesses moyennes de dépôt $v_{\text{mdépôt}}$ différentes et engendrent donc des vitesses de combustion instantanées $v(t)$ différentes.

9. Véhicule automobile comportant un système de régénération d'un
30 filtres à particules selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

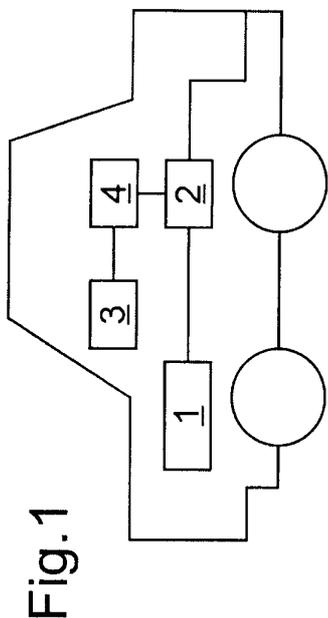


Fig.1

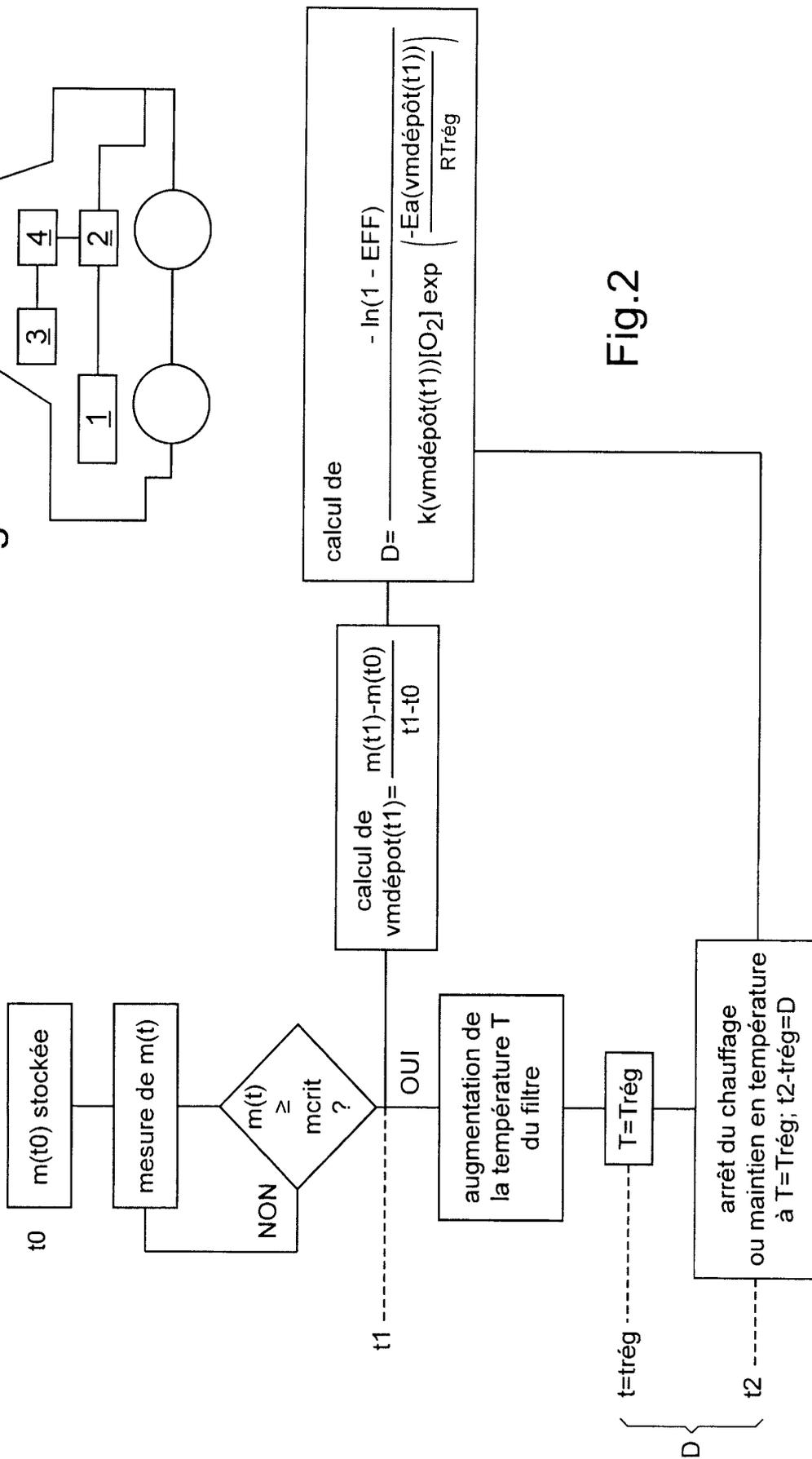


Fig.2

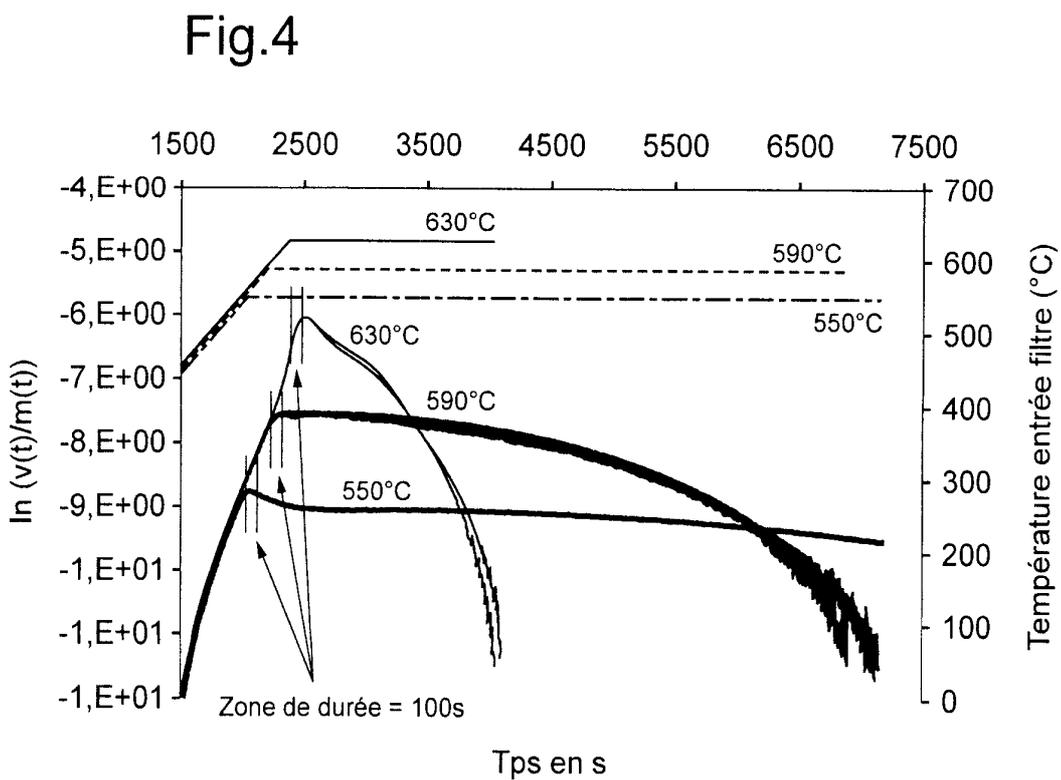
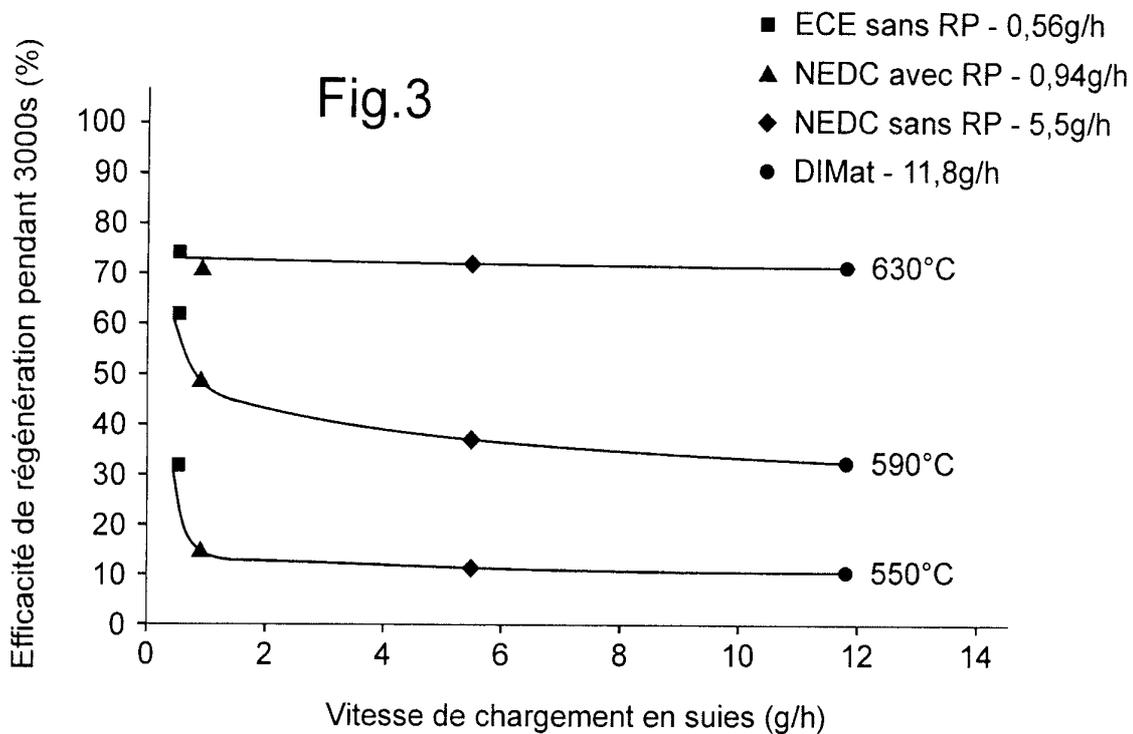


Fig.5

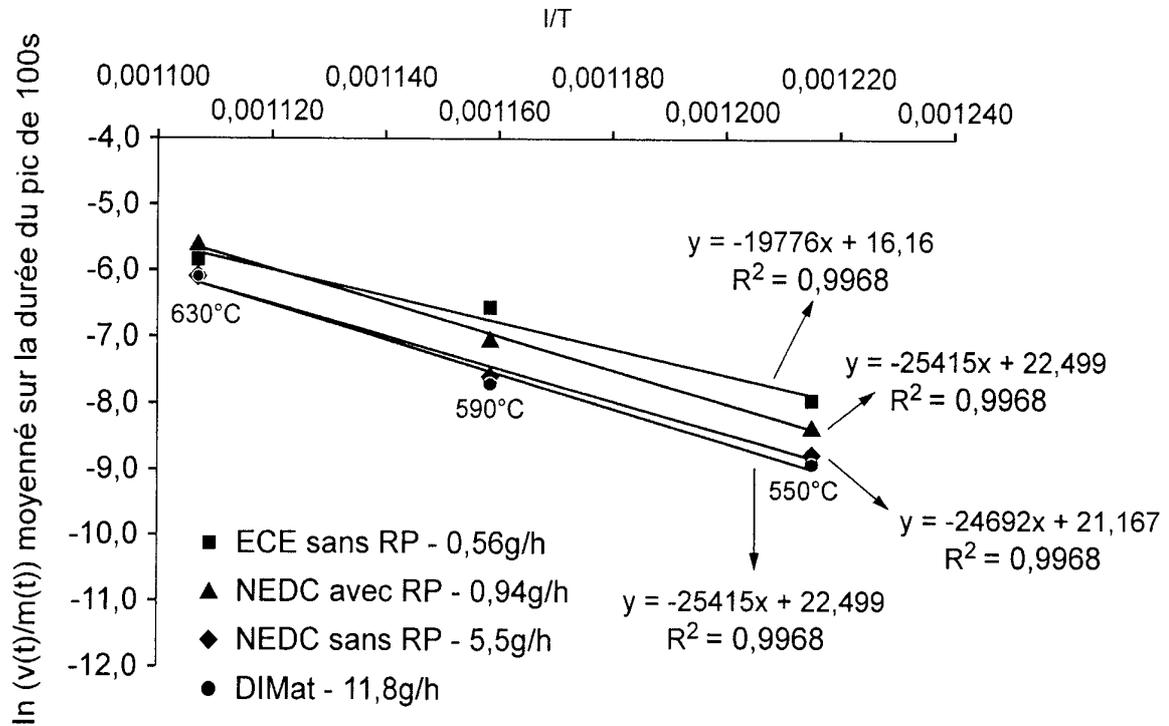
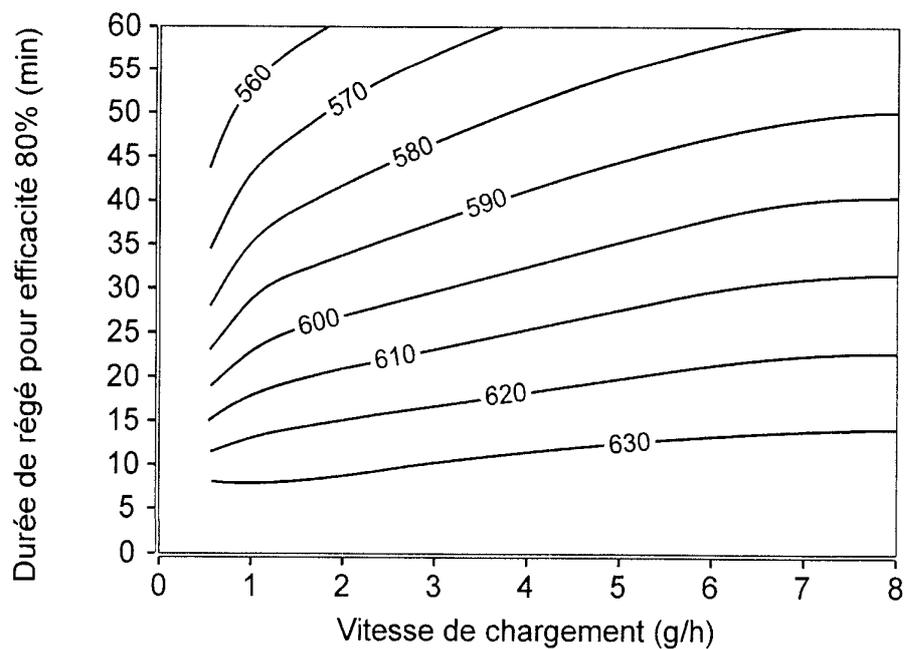


Fig.6



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 710586
FR 0803572

| 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 | WO 2005/116413 A (UMICORE AG & CO KG [DE]; LANDGRAF CHRISTIAN [DE]; HOHENBERG GUENTER [D]) 8 décembre 2005 (2005-12-08) * page 2, ligne 5-19 * * page 2, ligne 37 - page 3, ligne 19 * * page 4, ligne 10-14 * * page 6, ligne 26 - page 7, ligne 9 * * page 10, ligne 14 - page 11, ligne 14 * * page 12, ligne 12-17 * * page 14, ligne 14-22 * * page 16, ligne 16-33 * * page 17, ligne 11 - page 19, ligne 3 * * figures 1,2,9,13 * | 1-9 | F01N3/023 F01N9/00 |
| D,A | US 5 319 930 A (SHINZAWA MOTOHIRO [JP] ET AL) 14 juin 1994 (1994-06-14) * colonne 14, ligne 50 - colonne 17, ligne 19; figure 16 * | 1-9 | |
| A | LANDGRAF C ET AL: "DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A VIRTUAL SOOT LOADING SENSOR" INTERNATIONAL AUTOMOBILE TECHNICAL CONGRESS, XX, XX, no. F2004V207, 23 mai 2004 (2004-05-23), pages 1-22, XP008052482 * abrégé; figures 2,9 * | 1-9 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F02D F01N |
| A | EP 1 353 050 A (NISSAN MOTOR [JP]) 15 octobre 2003 (2003-10-15) * alinéas [0008] - [0014]; figure 3 * | 1,5,9 | |
| A | JP 2000 170521 A (TOYOTA MOTOR CORP) 20 juin 2000 (2000-06-20) * abrégé * | 1-9 | |
| A | EP 1 519 020 A (NISSAN MOTOR [JP]) 30 mars 2005 (2005-03-30) * alinéas [0008], [0009] * | 1,5,9 | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 19 mars 2009 | | Blasco, José Luis | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0803572 FA 710586**

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 19-03-2009

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 |
|---|------------------------|---|------------------------|
| WO 2005116413 A | 08-12-2005 | DE 102004025436 A1 | 29-12-2005 |
| US 5319930 A | 14-06-1994 | AUCUN | |
| EP 1353050 A | 15-10-2003 | DE 60301426 D1 | 06-10-2005 |
| | | DE 60301426 T2 | 09-03-2006 |
| | | JP 4092458 B2 | 28-05-2008 |
| | | JP 2003293733 A | 15-10-2003 |
| | | US 2003188518 A1 | 09-10-2003 |
| JP 2000170521 A | 20-06-2000 | AUCUN | |
| EP 1519020 A | 30-03-2005 | CN 1598258 A | 23-03-2005 |
| | | JP 4092499 B2 | 28-05-2008 |
| | | JP 2005090357 A | 07-04-2005 |
| | | US 2005056005 A1 | 17-03-2005 |