(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
28 décembre 2006 (28.12.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/136754 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/050615

(22) Date de dépôt international : 21 juin 2006 (21.06.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0506291 21 juin 2005 (21.06.2005) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **RENAULT S.A.S** [FR/FR]; 13-15 Quai Le Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **RADENAC, Erwan** [FR/FR]; 8, Clos de la Rabette, F-78730 Rochefort en Yvelines (FR). **GUYON, Marc** [FR/FR]; 15, rue des Sorbiers, F-91290 La Norville (FR).

(74) Mandataire : **RELIGIEUX, Vincent**; RENAULT TECHNOCENTRE, Sce 00267 TCR GRA 2 36, 1, avenue du Golf, F-78288 Guyancourt (FR).

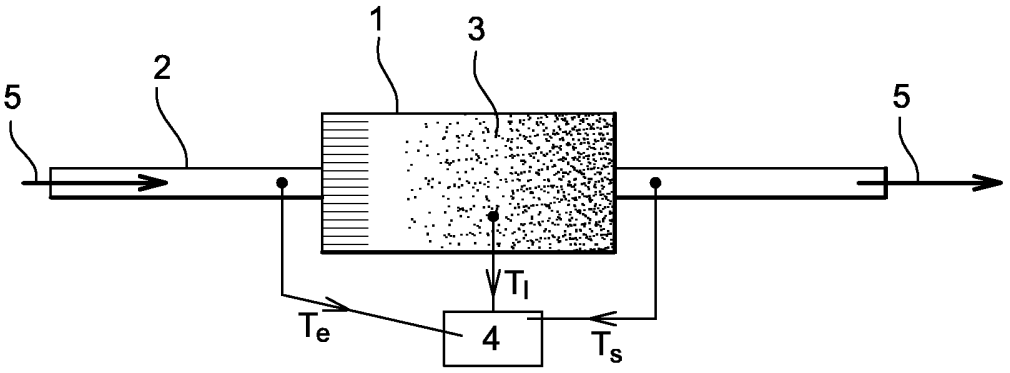
(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** REGENERATION CONTROL METHOD FOR A PARTICLE FILTER

(54) **Titre :** PROCEDE DE CONTROLE DE REGENERATION D'UN FILTRE A PARTICULES



(57) **Abstract:** A regeneration control method for a particle filter of an internal combustion engine exhaust line consists in determining operating data items of the particle filter, wherein said data items are at least one representative inside temperature T(t) of the filter at a time t, in regenerating the filter by increasing the temperature thereof above a first combustion temperature threshold of a soot contained in the filter, in computing a time-varying parameter $d_{inst}(t)$ representative for the amount of energy produced at the time t by the regeneration process. The inventive regeneration control method also consists in calculating a weighted parameter D_{inst} *weight(t)*, which is at least partially defined by the function of $d_{inst}(t)$ *Gtemp (t) or Gtemp (t) and varying in time (t)- according to said representative temperature T(t).

(57) **Abrégé :** Procédé de contrôle de régénération d'un filtre à particules appartenant à une ligne d'échappement d'un moteur à combustion, comprenant : la détermination de données de fonctionnement du filtre à particules, ces données étant au moins une température représentative T(t) de la température à l'intérieur du filtre à un instant t ; une étape de régénération du filtre consistant à élever la température dudit filtre au-delà d'un premier seuil de température de combustion de suies contenues dans ledit filtre ; un calcul d'un paramètre *dinst (t)* variable dans le temps et représentatif de la quantité d'énergie produite à un instant t par le processus de la régénération ; Ce procédé de contrôle de régénération comporte une étape de calcul d'un paramètre pondéré *Dinst pond(t)* ce paramètre pondéré étant au moins partiellement défini par la fonction de *dinst (t)* * Gtemp (t) où Gtemp (t) est variable dans le temps (t) en fonction de ladite température représentative T(t).

WO 2006/136754 A2

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

TITRE : PROCEDE DE CONTROLE DE REGENERATION D'UN FILTRE A PARTICULES

La présente invention concerne, de façon générale, un procédé de contrôle de régénération de filtre à particules.

Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé de contrôle de régénération d'un filtre à particules appartenant à une ligne d'échappement d'un moteur à combustion, comprenant :

- la détermination de données de fonctionnement du filtre à particules, ces données étant au moins une température représentative T(t) de la température à l'intérieur du filtre à un instant t ;

- une étape de régénération du filtre consistant à élever la température dudit filtre au-delà d'un premier seuil de température de combustion de suies contenues dans ledit filtre ;

- un calcul d'un paramètre $d_{instt}(t)$ variable dans le temps et représentatif de la quantité d'énergie produite à un instant t par le processus de la régénération.

Afin de diminuer la quantité de particules émises dans l'atmosphère par les moteurs à combustion, il est connu de disposer un filtre à particules sur la ligne d'échappement des gaz brûlés du moteur. Ce filtre à particules doit être régénéré pour conserver ses caractéristiques de filtration, une telle régénération consiste à augmenter la température à l'intérieur du filtre pour entraîner la combustion des suies contenues dans le filtre.

Il a été remarqué que la régénération d'un filtre peut endommager le filtre à particules et être néfaste pour sa longévité.

C'est la raison pour laquelle de nombreux fabricants de moteurs à explosions équipés d'une ligne d'échappement équipée d'un filtre à particules ont développé diverses solutions visant à contrôler le processus de régénération du filtre.

Un procédé de contrôle de régénération du type précédemment défini, permettant un tel contrôle de régénération, est par exemple décrit dans le document brevet FR 2855213.

Ce document présente un procédé de contrôle la régénération du filtre durant lequel on calcule un paramètre $d_{inst}(t)$ variable dans le temps et représentatif de la quantité d'énergie produite par la régénération. Ce paramètre $d_{inst}(t)$ consiste en un rapport entre la vitesse calculée de combustion des suies $V_r(t)$ en masse de suie brûlée par seconde, divisée par le débit des gaz d'échappement $Q_m(t)$ en masse de gaz d'échappement. En effet plus la vitesse de combustion $V_r(t)$ est rapide et plus la quantité d'énergie produite, à un instant donné t, par la combustion de la suie sera importante. Egalement plus le débit $Q_m(t)$ de gaz à l'échappement est important et plus l'énergie de combustion des suies est évacuée rapidement.

Ainsi l'évolution de ce paramètre calculé $d_{inst}(t)$ est observée pour déterminer s'il est nécessaire ou non d'interrompre le déroulement de la régénération pour éviter un risque de dégradation du filtre.

Dans ce contexte, la présente invention a pour but de proposer un procédé de contrôle de régénération permettant de réduire le risque d'endommagement du filtre à particules lors de sa régénération.

A cette fin, le procédé de contrôle de régénération de l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule défini précédemment, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul d'un paramètre pondéré $D_{inst}pond(t)$, ce paramètre pondéré étant au moins partiellement défini par la fonction de $d_{inst}(t)$ * Gtemp (t) où Gtemp (t) est variable dans le temps (t) en fonction de ladite température représentative T(t).

Le fait de calculer un paramètre pondéré $D_{inst}pond(t)$ en multipliant le paramètre $d_{inst}(t)$ par une fonction de Gtemp(t) qui est une fonction variable avec la température représentative T(t) permet de mieux évaluer l'évolution de la régénération pour par exemple prévenir des risques d'endommagement du filtre. En effet la pondération de $d_{inst}(t)$ en fonction de la température T(t) permet de mieux tenir compte de la quantité de calories réellement évacuable du filtre par le débit de gaz.

On peut par exemple faire en sorte que le paramètre $d_{inst}(t)$ soit obtenu par la formule :

$$d_{inst}(t) = \frac{V_r(t)}{Q_m(t)}$$

où $V_r(t)$ est la vitesse de combustion de suies contenues dans le filtre à particules à l'instant t et $Q_m(t)$ est un débit massique des gaz d'échappement estimé ou mesuré à l'instant t. Ce paramètre $d_{inst}(t)$ est particulièrement indiqué en combinaison avec la fonction Gtemp (t) pour observer l'évolution de la régénération et en anticiper le comportement.

On peut également faire en sorte que $d_{inst}(t)$ soit obtenu par la formule :

$$d_{inst}(t) = \frac{m_{suie}(t)_{\beta} * k_0 * \exp\left(-\frac{E_a}{RT(t)}\right) * P_{O2}^{\alpha}(t)}{Q_m(t)}$$

où :

- $m_{suie}(t)$ est une estimation de la masse de suie contenue dans le filtre à un instant t ;
- β est un ordre partiel de réaction de combustion de la suie ;
- k_0 est un facteur de fréquence constant ;
- E_a est une énergie d'activation fonction de l'activité catalytique du système, cette énergie d'activation représentant la sensibilité à la température de la réaction de combustion de suies dans le filtre ;
- R est la constante des gaz parfait ;
- P_{O2} (t) est une pression partielle d'oxygène à l'instant t exprimée en unité de pression d'oxygène dans le gaz contenu dans le filtre, c'est-à-dire que $P_{02}(t) = P_T \times X_{02}$ où P_T est la pression totale et X_{02} est la fraction molaire d'oxygène ;
- et α est un ordre partiel de réaction pour l'oxygène.

On peut également faire en sorte que que Gtemp (t) soit obtenu par l'une quelconque des formules appartenant au groupe constitué de :

- Gtemp = $\frac{T_s}{Te}$ où Ts et Te sont respectivement des températures de sortie et d'entrée de gaz dans le filtre à particules à un instant t ;
* Gtemp = $\frac{1}{Te}$;

* Gtemp= $\frac{1}{Ts-Te}$;

* Gtemp= (1 / Te^2) ;

* Gtemp= 1/Ti où Ti est une température interne du filtre à un instant t ;

* Gtemp= $1/Ti^2$.

L'ensemble de ces expressions de Gtemp permet d'évaluer Gtemp en fonction d'une température représentative de l'évolution de la température à l'intérieur du filtre à un instant donné t.

Ainsi, la température représentative peut être Te qui est la température des gaz en amont du filtre à particules, c'est-à-dire à son entrée ou Ti qui est la température des gaz à l'intérieur du filtre ou encore Ts qui est la température des gaz à la sortie du filtre.

Dans le cas où Gtemp = $\frac{Ts}{Te}$, on prend alors en compte un ratio de températures qui met en valeur la quantité d'énergie apportée à un instant t par la réaction de régénération. Ce ratio peut également permettre de quantifier la différence de température Ts -Te aux bornes du filtre pour évaluer le risque de détérioration du filtre due à la différence de température entre entrée et sortie.

Dans le cas de Gtemp =$\frac{1}{Te}$, on prend en compte la température des gaz à l'entrée du filtre et l'on peut ainsi déterminer la différence entre cette température Te et une température maximale admissible par le filtre. Plus la température Te est importante et moins on pourra évacuer de chaleur produite par la régénération.

Dans le cas où l'on utilise Ti comme dénominateur dans la fonction représentative Gtemp alors on prend en compte d'une part la chaleur produite par le moteur et d'autre part la chaleur produite par la combustion des suies lors de la régénération.

On peut également faire en sorte que $D_{inst}pond(t) = d_{inst}(t) * Gtemp\ (t)$. Dans ce cas, seuls $d_{inst}(t)$ et Gtemp (t) sont pris en compte pour observer l'évolution de la régénération.

On peut également faire en sorte que $D_{inst}pond(t) = \sum_{t1}^{t2} d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp\ (t)\ dt}$ avec t1 et t2 sont les bornes d'un intervalle de temps de durée fixe et glissant dans le temps.

Grâce à cette fonction on prend en compte l'évolution dans le temps de $d_{inst}(t)$ et de Gtemp(t) en calculant la somme de leurs produits instantanés à des instants t sur un intervalle de temps compris entre t1 et t2 où t1 et t2 sont des valeurs glissantes.

On peut également faire en sorte que $D_{inst}pond(t)$ soit égal à la dérivée dans le temps t de $d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp\ (t)}$.

Dans ce cas on calcul la pente dans le temps de la courbe définie par $d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp\ (t)}$. Plus cette pente est importante et plus le risque d'endommager le filtre est important car cela veut dire qu'il est soumis à des variations de chaleur et de température importantes sur des intervalles de temps très courts.

On peut également faire en sorte que si le paramètre pondéré calculé $D_{inst}pond(t)$ est :

- inférieur à une première valeur seuil, on émet un signal de régénération contrôlée et/ou ;

- supérieur à ladite première valeur seuil et inférieur à une seconde valeur seuil, on émet un premier signal de risque de dégradation du filtre et/ou ;

- supérieur à ladite seconde valeur seuil, on émet un signal régénération non contrôlée.

En fixant des valeurs seuils prédéfinies et en comparant à ces valeurs avec le critère $Dinst\,pond(t)$ calculé tel que décrit précédemment, on peut alors émettre un signal indiquant de façon schématique s'il y a un risque plus ou moins important d'endommagement du filtre.

On peut également faire en sorte que le procédé comporte une étape d'arrêt de la régénération consistant à interrompre la régénération si le paramètre pondéré calculé $Dinst\,pond(t)$ est supérieur à une valeur seuil d'arrêt prédéterminée.

Cette valeur seuil d'arrêt prédéterminée est préférentiellement comprise entre les première et seconde valeurs seuils et peut être égale à la première valeur seuil.

Cette caractéristique permet de réduire le risque de dégradation du filtre à particules par une perte de contrôle de la régénération qui se traduit par une surchauffe et/ou une augmentation brutale et non contrôlable de pression/température à l'intérieur du filtre.

On peut également faire en sorte que l'on mémorise dans une mémoire des valeurs prises dans le temps t par le paramètre pondéré calculé $Dinst\,pond(t)$.

Cette mémorisation permet d'avoir un historique représentatif du fonctionnement du filtre à particules. Un tel historique permet d'avoir une indication sur le niveau

d'usure du filtre à particules et éventuellement sur le temps moyen d'utilisation du filtre avant dysfonctionnement.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

la figure 1 représente un dispositif adapté pour la mise en œuvre du procédé de l'invention ;

les figures 2 à 4 représentent des graphiques d'évolution de paramètres de la ligne d'échappement en fonction du temps, la figure 2 correspondant à une régénération normale, la figure 3 représentant une régénération de transition et la figure 4 représentant une régénération incontrôlée avec risque d'endommagement du filtre à particules.

En référence à la figure 1, la ligne d'échappement 2 est reliée à un moteur (non représenté) qui alimente la ligne en gaz brûlés 5.

Le filtre 1 est chargé progressivement en particules 3 portées avec les gaz brûlés.

Un calculateur 4 est relié à des capteurs permettant de collecter des données sur le filtre à particules 1. Ici, les données mesurées sont la température d'entrée des gaz en aval du filtre, la température interne Ti des gaz dans le filtre et la température de sortie des gaz du filtre Ts. Ces paramètres de températures sont collectés par trois capteurs distincts reliés au calculateur 4.

D'autres paramètres sont également mesurés ou estimés et sont transmis au calculateur 4. De tels paramètres mesurés ou estimés sont le débit massique de gaz

d'échappement provenant du moteur, la pression partielle en oxygène, la masse de suie dans le filtre à particules.

A l'aide de ces paramètres, le calculateur génère un paramètre $d_{inst}(t)$ qui est représentatif de l'évolution de la régénération.

Ce paramètre $d_{inst}(t)$ est un rapport à chaque instant t de Vr(t) vitesse de combustion de la suie qui est la masse de suie brûlée à un instant t (par exemple des grammes par seconde ou des moles par seconde) divisé par le débit massique $Q_m(t)$ de gaz brûlés provenant du moteur et transitant par le filtre.

Plus la quantité de gaz brûlés circulant est importante et plus la quantité de chaleur pouvant être évacuée du filtre sera importante, le paramètre $d_{inst}(t)$ est donc minimisé par le débit massique $Q_m(t)$.

$Q_m(t)$ est généralement estimé à partir d'une mesure de la quantité d'air admise à un instant t dans le moteur et à partir de la quantité de carburant injectée dans le moteur. L'unité de $Q_m(t)$ est la masse de suie brûlée par unité de temps soit le Kg/s.

Ce ratio $d_{inst}(t)$ permet donc d'indiquer quelle est la capacité d'évacuation de chaleur hors du filtre à un instant t.

Grâce à l'invention, ce ratio est pondéré en calculant un paramètre pondéré $D_{inst}pond(t)$, défini par la fonction de $d_{inst}(t)$ * Gtemp (t) où Gtemp (t) est variable dans le temps (t) en fonction de la température représentative T(t), cette température représentative étant par exemple la température d'entrée des gaz du filtre Te

et/ou la température Ti des gaz dans le filtre et/ou la température de sortie des gaz du filtre Ts.

En effet la pondération de $d_{inst}(t)$ à un instant t en fonction d'un paramètre de température permet de mieux visualiser l'évolution de la régénération du filtre.

Pour ce calcul de paramètre pondéré $D_{inst}\,pond(t)$, on utilise la formule :

$$V_r(t)\Delta H = Q_m(t)Cp_{ex}\left(Te(t) - Ts\ (t)\right)$$

où Cp_{ex} est la capacité calorifique des gaz d'échappement exprimée en Kelvins par moles et ΔH est l'enthalpie massique de combustion des suies exprimée en joules par kelvin par mole de suie.

On utilise également la formule :

$\Delta T(t) = K\frac{V_r(t)}{Q_m(t)}$ avec $K = \frac{\Delta H(t)}{Cp_{ex}}$ où K est une constante.

et

$$d_{inst}(t) = \frac{V_r(t)}{Q_m(t)} = \frac{m_{suie}(t)_\beta * k_0 * \exp\left(-\frac{E_a}{RT(t)}\right) * P_{O2}^{\alpha}(t)}{Q_m(t)}$$

ici la masse de suie dans le filtre $m_{suie}(t)$ est exprimée en g et est une valeur estimée par le calculateur 4. Cette masse peut être estimée par :

- l'analyse de la quantité de carburant consommée par le moteur, et/ou

- par l'analyse de la contre pression aux bornes du filtre qui est une indication sur le colmatage du filtre par la suie et donc une estimation indirecte de la masse de suie dans le filtre.

β est l'ordre partiel de réaction de la suie et est obtenu par essais en laboratoire.

k_0 est le facteur de fréquence ou facteur pré exponentiel constant.

E_a est l'énergie d'activation qui est fonction de l'activité catalytique du système. Cette énergie représente la sensibilité à la température de la réaction carbone + oxygène → CO2.

E_a est exprimée en Joules par mole de suie.

R est la constante des gaz parfait qui est d'environ 8.314.

$T(t)$ est la température dans le filtre à l'instant t en Kelvins. Cette température T(t) est la température interne aussi appelée Ti.

P_{O2}(t) est la pression partielle de l'oxygène à l'instant t et représente la quantité d'oxygène dans les gaz brûlés 5 à l'entrée du filtre. Cette quantité est mesurée par un capteur ou estimé à partir des paramètres moteur.

α est un ordre partiel de réaction pour l'oxygène.

Pour calculer $D_{inst}pond(t)$, on utilise une fonction dans laquelle $D_{inst}pond(t)$ est exprimé à l'aide de $d_{inst}(t)$ et Gtemp (t).

Pour cela, Gtemp (t) est choisi parmi :

* Gtemp = $\frac{T_s}{Te}$ où Ts et Te sont respectivement des températures de sortie et d'entrée de gaz dans le filtre à particules à un instant t ou ;

* Gtemp = $\frac{1}{Te}$ ou ;

* Gtemp= $\frac{1}{Ts-Te}$ ou ;

* Gtemp= (1 / Te^2) ou ;

* Gtemp= 1/Ti où Ti est une température interne du filtre à un instant t, ou ;

* Gtemp= $1/Ti^2$.

$D_{inst}pond(t)$ peut être calculé :

- soit par $D_{inst}pond(t) = d_{inst}(t)$ * Gtemp (t) ;
- soit par $D_{inst}pond(t) = \sum_{t1}^{t2} d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp}\,(t)\,dt$;
- soit par la dérivée dans le temps t de $d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp}\,(t)$.

Préférentiellement on exprime $D_{inst}pond(t) = d_{inst}(t)$ * Ti (t) où Ti est la température interne du gaz dans le filtre.

En effet, ce dernier paramètre pondéré est extrêmement représentatif des conditions de fonctionnement du filtre.

La figure 2 illustre l'évolution de paramètres dans le cas d'une régénération contrôlée.

Ici, $d_{inst}(t)$ reste égal à 0 tant que la régénération n'est pas déclenchée. Une fois la régénération déclenchée, $d_{inst}(t)$ augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de 0.0016. Cette augmentation de $d_{inst}(t)$ se produit sur un intervalle de temps de près de 150 seconde et cette valeur maximale de $d_{inst}(t)$ indique que la régénération est contrôlée. Dans le même temps la température de sortie des gaz du filtre augmente de près de 100° Celsius jusqu'à atteindre 660°C. Sur ce même intervalle de temps la pression différentielle entre l'entrée et la sortie du filtre exprimée en millibars

chute, alors que le volume débit de gaz circulant dans le filtre augmente. Ce dernier point indique que le filtre se dé colmate progressivement.

Tant que les valeurs de $d_{inst}(t)$ sont inférieures à 0.02, ce qui est ici le cas pour la figure 2, alors la régénération est contrôlée et il n'y a pas de danger d'endommagement du filtre a particules.

Lorsque les valeurs de $d_{inst}(t)$ sont supérieures à 0.02 et inférieures à 0.03, ce qui est le cas pour la figure 3, alors il y a un risque de perte de contrôle de la régénération du filtre et les niveaux thermique peuvent s'avérer trop élevés (proche de 700°C). Dans ce cas, il est souvent nécessaire d'intervenir par des réglages moteur pour interrompre ou réguler la régénération en cours.

Lorsque les valeurs de $d_{inst}(t)$ sont supérieures à 0.03, ce qui est le cas sur la figure 4, on sait que la régénération n'est plus contrôlable et il y a un risque important de détérioration du filtre à particules.

En effet plus le paramètre $d_{inst}(t)$ augmente et plus la réaction se déroulant dans le filtre est violente.
Ainsi, dans le cas de la figure 4 $d_{inst}(t)$ passe de 0) 0.034 en moins de 100 secondes. Dans le même temps la température des gaz à la sortie du filtre Ts augmente dangereusement et passe la barre de 700 degrés jusqu'à atteindre 780°C.

Grâce à l'invention, il est donc possible de pondérer $d_{inst}(t)$ pour faciliter la lecture de la réaction de régénération et ainsi éviter de se retrouver dans le cas de la figure 4.

REVENDICATIONS

1) Procédé de contrôle de régénération d'un filtre à particules appartenant à une ligne d'échappement d'un moteur à combustion, comprenant :

- la détermination de données de fonctionnement du filtre à particules, ces données étant au moins une température représentative T(t) de la température à l'intérieur du filtre à un instant t ;
- une étape de régénération du filtre consistant à élever la température dudit filtre au-delà d'un premier seuil de température de combustion de suies contenues dans ledit filtre ;
- un calcul d'un paramètre $d_{inst}(t)$ variable dans le temps et représentatif de la quantité d'énergie produite à un instant t par le processus de la régénération ;

caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul d'un paramètre pondéré $D_{inst}pond(t)$, ce paramètre pondéré étant au moins partiellement défini par la fonction de $d_{inst}(t)$ * Gtemp (t) où Gtemp (t) est variable dans le temps (t) en fonction de ladite température représentative T(t).

2 Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le paramètre $d_{inst}(t)$ est obtenu par la formule :

$$d_{inst}(t)=\frac{V_r(t)}{Q_m(t)}$$

où $V_r(t)$ est la vitesse de combustion de suies contenues dans le filtre à particules à l'instant t et $Q_m(t)$ est un débit massique des gaz d'échappement estimé ou mesuré à l'instant t.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que $d_{inst}(t)$ est obtenu par la formule :

$$d_{inst}(t) = \frac{m_{suie}(t)_{\beta} * k_0 * \exp\left(-\frac{E_a}{RT(t)}\right) * P_{O2}^{\alpha}(t)}{Q_m(t)}$$

où :

- $m_{suie}(t)$ est une estimation de la masse de suie contenue dans le filtre à un instant t ;
- β est un ordre partiel de réaction de combustion de la suie ;
- k_0 est un facteur de fréquence constant ;
- E_a est une énergie d'activation fonction de l'activité catalytique du système, cette énergie d'activation représentant la sensibilité à la température de la réaction de combustion de suies dans le filtre ;
- R est la constante des gaz parfait ;
- P_{O2} (t) est une pression partielle d'oxygène à l'instant t exprimée en pourcentage massique d'oxygène dans le gaz contenu dans le filtre à l'instant t ;
- et α est un ordre partiel de réaction pour l'oxygène.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que Gtemp (t) est obtenu par l'une quelconque des formules appartenant au groupe constitué de :

- Gtemp = $\frac{T_s}{Te}$ où Ts et Te sont respectivement des températures de sortie et d'entrée de gaz dans le filtre à particules à un instant t ;
- Gtemp = $\frac{1}{Te}$;

- Gtemp= $\frac{1}{Ts-Te}$;

- Gtemp= (1 / Te^2) ;

- Gtemp= 1/Ti où Ti est une température interne du filtre à un instant t ;

- Gtemp= $1/Ti^2$.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que $D_{inst}pond(t)$ = $d_{inst}(t)$ * Gtemp (t).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que $D_{inst}pond(t) = \sum_{t1}^{t2} d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp}(t)\,dt$ où t1 et t2 sont les bornes d'un intervalle de temps de durée fixe et glissant dans le temps.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que $D_{inst}pond(t)$ est égal à la dérivée dans le temps t de $d_{inst}(t) * \mathrm{Gtemp}(t)$.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que si le paramètre pondéré calculé $D_{inst}pond(t)$ est :

- inférieur à une première valeur seuil, on émet un signal de régénération contrôlée et/ou ;

- supérieur à ladite première valeur seuil et inférieur à une seconde valeur seuil, on émet un premier signal de risque de dégradation du filtre et/ou ;

- supérieur à ladite seconde valeur seuil, on émet un signal régénération non contrôlée.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'arrêt de la régénération consistant à interrompre la régénération si le paramètre pondéré calculé $D_{inst}pond(t)$ est supérieur à une valeur seuil d'arrêt prédéterminée.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'on mémorise dans une mémoire des valeurs prises dans le temps t par le paramètre pondéré calculé $D_{inst}\,pond(t)$.

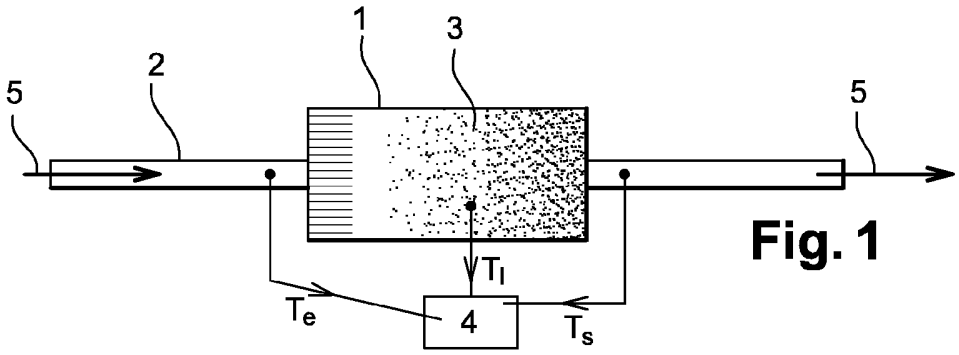


Fig. 1

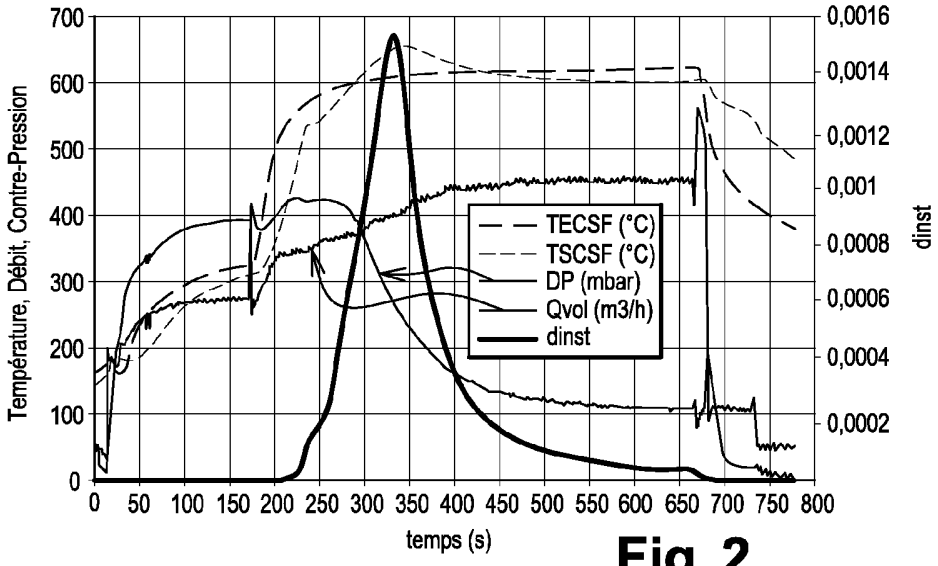


Fig. 2

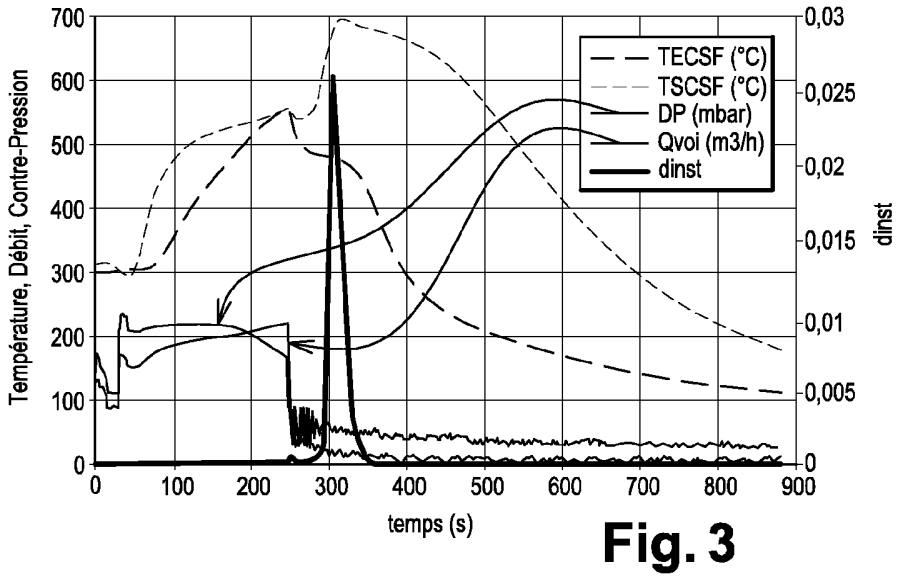


Fig. 3

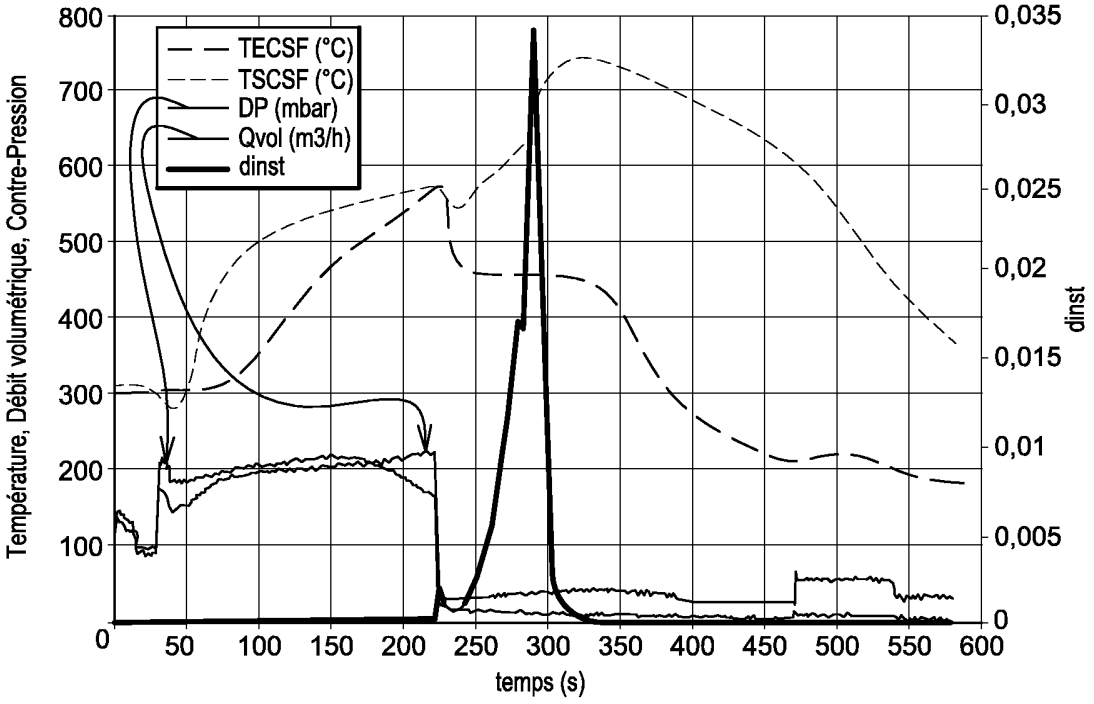

TECSF (°C)
TSCSF (°C)
DP (mbar)
Qvol (m3/h)
dinst
Température, Débit volumétrique, Contre-Pression
dinst
temps (s)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0,035
0,03
0,025
0,02
0,015
0,01
0,005
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600

Fig. 4