

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 844 880**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **03 10694**

51) Int Cl<sup>7</sup> : G 01 N 27/416, F 01 N 3/20, F 02 D 41/30, 41/14

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 11.09.03.

30) Priorité : 23.09.02 DE 10244125.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.03.04 Bulletin 04/13.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
— DE.

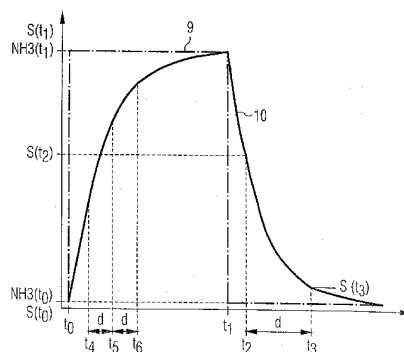
72) Inventeur(s) : ARLT TINO, ROSEL GERD et ZHANG HONG.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET JP COLAS.

54) PROCÉDE PERMETTANT D'ÉVALUER LA REPONSE TEMPORELLE D'UN CAPTEUR DE NOx.

57) Il est décrit un procédé permettant d'évaluer la réponse temporelle d'un capteur de NOx disposé dans le trajet de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne et qui délivre un signal de mesure, procédé lors duquel est utilisé un changement de concentration apparaissant dans les gaz d'échappement du moteur à combustion interne, lors duquel la vitesse de changement moyenne du changement de concentration est supérieure à une vitesse de changement maximale attendue du signal de mesure et, pendant le changement du signal de mesure provoqué par le changement de concentration, une première et une deuxième valeur du signal sont saisies respectivement à un premier et à un deuxième instant, et une constante de temps du changement du signal de mesure est déterminée à partir de la première et de la deuxième valeur ainsi que de l'intervalle de temps séparant le premier et le deuxième instant.



FR 2 844 880 - A1



L'invention concerne un procédé permettant d'évaluer la réponse temporelle d'un capteur de gaz disposé dans le trajet de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne et qui délivre un signal de mesure, procédé lors duquel est utilisé un changement de concentration dans les gaz d'échappement du moteur à combustion interne.

Les gaz d'échappement de moteurs à combustion interne contiennent différentes substances polluantes telles que des hydrocarbures, de l'oxyde de carbone et des oxydes d'azote (NOx). La concentration des substances polluantes contenues dans les gaz d'échappement dépend fortement des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne, notamment du rapport air/carburant du mélange avec lequel fonctionne le moteur à combustion interne. Afin d'améliorer la qualité des gaz d'échappement, on utilise habituellement des dispositifs de traitement présentant un ou plusieurs catalyseurs qui convertissent les substances polluantes. Le fonctionnement du moteur à combustion interne est ensuite contrôlé par des capteurs appropriés qui analysent les gaz d'échappement et est réglé en ayant recours à ces capteurs. Des capteurs typiques sont par exemple les sondes lambda qui servent à déterminer le rapport air/carburant.

Afin de réduire d'avantage la consommation de carburant de moteurs à combustion interne de type Otto, on utilise de plus en plus souvent des moteurs à combustion pauvre. Dans le cas de ces moteurs à combustion interne, il est nécessaire de prendre des mesures particulières afin de respecter les valeurs limites en vigueur relatives aux émissions de NOx. Dans le cas de tels moteurs à combustion interne, on utilise de plus en plus des capteurs de NOx, lesquels détectent la concentration des oxydes d'azote présents dans les gaz d'échappement.

Afin d'assurer le respect des valeurs limites d'émission de gaz en vigueur sur toute la durée de vie utile d'un moteur à combustion interne, on tend de plus en plus à demander que soit réalisé un autodiagnostic (dispositif de diagnostic embarqué) de l'ensemble des gaz d'échappement en aval du système de traitement. Un tel dispositif de diagnostic embarqué doit contrôler la capacité de fonctionnement des éléments ayant une influence sur les gaz d'échappement; la capacité de fonctionnement des capteurs de gaz utilisés doit, elle aussi, faire l'objet d'un contrôle. Ce contrôle consiste notamment à évaluer régulièrement le comportement dynamique des capteurs de mesure utilisés, de manière à pouvoir déterminer un ralentissement de la réponse du capteur de mesure et, en cas de comportement dynamique insuffisante, à pouvoir diagnostiquer un capteur de mesure défectueux.

Selon la position du capteur, ceci peut s'avérer parfois problématique. Ainsi, les gaz d'échappement ne présentent-ils pas habituellement de fortes variations de

concentration de substances en aval d'un catalyseur, de sorte qu'il est difficile de détecter une réponse ralentie d'un capteur de mesure situé en aval d'un catalyseur disposé dans le trajet de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne. Grâce au document DE 198 28 929 A1, il est connu à ce propos de mettre à profit  
5 une phase de régénération d'un catalyseur accumulateur de NOx, pendant laquelle le moteur à combustion interne fonctionne avec un mélange sous-stœchiométrique, pour détecter un taux de variation du signal de mesure d'un capteur de mesure. Si le taux de variation reste au-dessous d'une valeur minimum, on diagnostique un capteur défectueux.

10 Le désavantage de ce procédé réside dans le fait que l'excitation du signal de NOx au moyen d'un changement de concentration de NOx doit être connue au niveau du capteur de mesure ou doit satisfaire à des conditions données. Lorsqu'un moteur à combustion interne est en train de fonctionner, il n'est cependant pas toujours possible de respecter ces conditions de base de sorte que, soit le diagnostic effectué  
15 est de moindre qualité, soit la fréquence à laquelle un diagnostic est effectué est fortement réduite.

Le problème qui est donc à la base de l'invention est d'améliorer un procédé permettant d'évaluer la réponse temporelle de manière à permettre un diagnostic plus précis.

20 Ce problème est résolu selon l'invention par un procédé permettant d'évaluer la réponse temporelle d'un capteur de gaz disposé dans le trajet de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne et qui délivre un signal de mesure, procédé lors duquel est utilisé un changement de concentration dans les gaz d'échappement du moteur à combustion interne, le procédé étant caractérisé en ce  
25 que,

- une vitesse de changement moyenne du changement de concentration est supérieure à une vitesse de changement maximale attendue du signal de mesure,

- pendant le changement du signal de mesure provoqué par le changement de concentration, une première valeur et une deuxième valeur du signal de mesure sont  
30 saisies respectivement à un premier et à un deuxième instant, et

- une constante de temps pour le changement du signal de mesure est déterminée à partir de la première et de la deuxième valeur ainsi que de l'intervalle de temps séparant le premier et le deuxième instant.

Le procédé selon l'invention peut en outre comporter une ou plusieurs des  
35 caractéristiques suivantes :

- une diminution de la concentration est utilisée en tant que changement et l'intervalle de temps est divisé par la différence des logarithmes de la première et de la deuxième valeur du signal de mesure;

5 - le procédé est utilisé dans le cas d'un moteur à combustion interne dont le trajet de gaz d'échappement comprend un catalyseur accumulateur de NOx disposé en amont du capteur de gaz, et une diminution d'une concentration de NH3 est utilisée en faisant passer le moteur à combustion interne d'un fonctionnement de régénération avec un mélange sous-stœchiométrique à un fonctionnement avec un mélange stœchiométrique;

10 - une diminution de la concentration est utilisée en activant une coupure d'alimentation en poussée;

- une troisième valeur du signal de mesure est saisie à un troisième instant, le premier et le deuxième instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, une augmentation de la  
15 concentration est utilisée comme changement, et la constante de temps est calculée selon la formule suivante :

$$T = \frac{(y_3 - y_2)}{2 \cdot y_2 - y_3 - y_1}$$

T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps, y1 la première valeur, y2  
20 la deuxième valeur et y3 la troisième valeur, et l'intervalle de temps d étant inférieur à une valeur attendue pour la constante de temps T;

- une troisième valeur du signal de mesure est saisie à un troisième instant, le premier et le deuxième instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, une augmentation de la  
25 concentration est utilisée comme changement, et la constante de temps est calculée selon la formule suivante :

$$T = \frac{-d}{\ln(Z)}$$

T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps et Z étant donné par  
30 l'équation suivante, dans laquelle y1 désigne la première valeur, y2 la deuxième valeur et y3 la troisième valeur :

$$Z = -0,5 \cdot \frac{y_3 - y_1}{y_1 - y_2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left( \frac{y_3 - y_1}{y_1 - y_2} \right)^2 - \frac{y_2 - y_3}{y_1 - y_2}}$$

seules étant utilisées pour Z les valeurs qui sont supérieures à 0 et inférieures à 1;

5 - une augmentation d'une concentration de NH<sub>3</sub> est utilisée comme changement en faisant passer le moteur à combustion interne en fonctionnement avec un mélange sous-stœchiométrique;

- un enrichissement de pleine charge est déclenché pour faire passer le moteur à combustion interne en fonctionnement avec un mélange sous-stœchiométrique;

10 - une augmentation d'une concentration de NO<sub>x</sub> est utilisée comme changement en faisant passer le moteur à combustion interne d'un fonctionnement avec un mélange stœchiométrique à un fonctionnement avec un mélange sur-stœchiométrique;

- on utilise, pour l'évaluation, un changement de la concentration apparaissant de toute façon lors du fonctionnement normal du moteur à combustion interne;

15 - la détermination de la constante de temps et de sa moyenne est répétée plusieurs fois;

- la détermination répétée de la constante de temps et de sa moyenne est réalisée au cours d'un même changement de concentration.

20 Le procédé selon l'invention ne détermine donc plus le taux de montée ou le changement moyen lorsque le capteur est soumis à un changement de concentration de substances prédéterminé avec exactitude mais évalue le signal de capteur de telle sorte que désormais seule la constante de temps est déterminée. L'exigence liée au changement de la concentration de substances est assouplie en ce que, désormais, il suffit simplement que le changement présente une pente ou vitesse de variation  
25 minimale donnée. Cette vitesse de variation doit être supérieure à la vitesse de variation maximale attendue du signal de mesure. Le capteur, lui, perçoit ensuite ce changement de concentration comme une fonction échelon.

30 Les valeurs absolues, c'est-à-dire le niveau auquel s'effectue le changement, ne sont pas pertinentes pour déterminer la constante de temps. La détermination de la constante de temps présuppose uniquement qu'au moins deux valeurs du signal de capteur soient échantillonnées dans un intervalle de temps connu.

35 Pour calculer la constante de temps à partir de ces deux valeurs en tenant compte de l'intervalle de temps séparant lesdites valeurs, on a recours de manière utile à des hypothèses de modèle relatives à la réponse temporelle du capteur. Dans la plupart des cas, il s'agira de prendre, pour ce faire, une caractéristique dite PT1, c'est-à-dire correspondant à un élément de temporisation du premier ordre. Dans ce cas de figure, l'équation ci-après permet de décrire l'allure temporelle du signal S lors

de l'excitation provoquée par le changement d'une amplitude A de la grandeur qui doit être mesurée :

$$S(t) = A \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + S_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (1)$$

5 Dans cette équation, T désigne la constante de temps du capteur et S0 la valeur initiale du signal de capteur lors du changement. Une telle réponse temporelle d'un élément PT1 permet de calculer aisément, selon des rapports simples, la constante de temps T en cas de flanc ascendant ou descendant, c'est-à-dire en cas de diminution ou d'augmentation de la concentration à mesurer, laquelle satisfait à la condition selon l'invention.

10 Dans le cas d'une diminution de la concentration, on obtient, pour une allure de signal selon l'équation (1), la constante de temps T en divisant l'intervalle de temps des valeurs de mesure par la différence des logarithmes des valeurs de mesure. Il est ainsi possible, au moyen d'un calcul simple, de calculer la constante de temps T à partir des valeurs de mesure et de l'intervalle connu. Bien entendu, il est également  
15 possible d'utiliser, à la place de la différence des logarithmes, le logarithme du quotient obtenu à partir des deux valeurs de mesure, le logarithme d'un quotient de deux valeurs étant équivalent, de manière connue, à la différence des logarithmes des valeurs.

20 Aussi est-il possible, tout en ménageant notamment les ressources de calcul, de calculer la constante de temps en ayant recours à un diagramme caractéristique approprié dans lequel est enregistrée la constante de temps déterminée pour un couple de valeurs correspondant, à partir d'un intervalle de temps prédéfini servant à obtenir les deux valeurs du signal de mesure. De manière utile, un tel diagramme caractéristique fera la différence entre des changements avec une concentration de  
25 substances croissante ou décroissante.

De manière inattendue, il s'est cependant avéré qu'il était possible, même avec des processus relativement simples, de calculer la constante de temps de manière mathématique.

30 Que ce calcul puisse être réalisé dans une approche de ce type était a priori surprenant, l'amplitude A, la valeur initiale S0 et la constante de temps T constituant trois inconnues dans l'équation en question de sorte que l'on ne pouvait pas en fait s'attendre, à l'aide de deux mesures, à résoudre avec succès l'équation pour obtenir la constante de temps T recherchée.

35 L'invention met cependant à profit le fait que l'équation (1) se simplifie dans certains cas spéciaux. Lors du "déclenchement" d'une concentration de substances, c.-à-d. d'un flanc ascendant, la valeur initiale S0 peut être zéro. Il en va de manière

analogue pour l'opération inverse; l'amplitude A est alors égale à zéro. L'équation (1) se trouve ainsi simplifiée en conséquence.

Le signal du capteur de gaz est connu à chaque instant donné t. En revanche, on ne connaît ni l'amplitude A, ni la valeur initiale S<sub>0</sub>, ni la constante de temps T. On connaît, en outre, l'intervalle de temps séparant les deux instants où la mesure a été réalisée. La constante de temps T ainsi calculable fournit à présent une information directe sur les propriétés dynamiques du signal et donc du capteur de gaz. Grâce à une liaison habilement réalisée, il n'est pas nécessaire, pour effectuer le calcul, de connaître l'amplitude A de l'excitation, autrement dit le changement de concentration de substances, ce qui permet d'obtenir une plus grande indépendance lors de la détermination de la constante de temps T.

Le procédé selon l'invention, lequel permet d'évaluer la dynamique d'un capteur de gaz, ne dépend donc pas de l'amplitude A du changement de concentration, le procédé pouvant ainsi être utilisé de manière universelle. Cette propriété est particulièrement précieuse pour établir le diagnostic de capteurs de gaz situés dans un système d'échappement en aval d'un catalyseur, les changements de concentration de substances n'étant généralement pas connus à cet endroit de manière quantitative ou réglables de manière fixe.

Le procédé convient tout aussi bien pour des sondes lambda linéaires que pour établir le diagnostic de capteurs de NO<sub>x</sub>. Pour le procédé selon l'invention, il suffit de connaître le changement de concentration de manière qualitative. A ce propos, plusieurs changements de concentration entrent en ligne de compte.

Dans le cas d'un moteur à combustion interne dont le trajet de gaz d'échappement comprend un catalyseur accumulateur de NO<sub>x</sub> disposé en amont du capteur de NO<sub>x</sub>, ces catalyseurs accumulateurs de NO<sub>x</sub> fonctionnent en règle générale de manière discontinue. Dans une phase d'emmagasinement, ils adsorbent les composés de NO<sub>x</sub> présents dans les gaz d'échappement, lesquels apparaissent lorsque le moteur à combustion interne fonctionne avec un mélange air/carburant sur-stœchiométrique. Le catalyseur accumulateur de NO<sub>x</sub> dont la capacité d'absorption n'est que limitée est vidé lors de ce que l'on appelle des phases de régénération, pendant lesquelles le moteur à combustion interne fonctionne momentanément avec un mélange air/carburant sous-stœchiométrique. Les oxydes de carbone et les hydrocarbures non brûlés apparaissant ainsi dans les gaz d'échappement servent d'agent réducteur au catalyseur accumulateur de NO<sub>x</sub>. Pendant de telles phases de régénération apparaît alors aussi du NH<sub>3</sub> à l'intérieur du catalyseur, un simple produit intermédiaire qui ne sort pas dudit catalyseur. Celui-ci n'apparaît que lorsque la phase

de régénération est terminée et qu'il n'y a plus de NOx dans le catalyseur accumulateur.

Puis, le NH3 ainsi que les composants des gaz d'échappement générés avec le mélange air/carburant sous-stœchiométrique parviennent à la sortie du catalyseur.

5 Aussi le moteur à combustion interne passe-t-il de nouveau en fonctionnement sur-stœchiométrique, ce qui fait que des NOx sont de nouveau présents dans les gaz d'échappement et que les conditions nécessaires à l'émission de NH3 ne sont plus réalisées à la sortie du catalyseur.

10 Les capteurs de NOx présentant en règle générale une sensibilité transversale vis-à-vis de NH3, ils enregistrent la diminution de la concentration de NH3 qui apparaît de sorte que le changement souhaité du signal a lieu, lequel est évalué pour déterminer la constante de temps.

15 Le procédé selon l'invention permet de mettre à profit une diminution d'une concentration de NH3, laquelle apparaît lorsque le moteur à combustion interne passe d'un fonctionnement de régénération avec un mélange sous-stœchiométrique à un fonctionnement avec un mélange stœchiométrique.

20 Une autre possibilité d'utiliser le changement de concentration souhaité comme diminution de la concentration, consiste à activer une coupure d'alimentation en poussée du moteur à combustion interne. Lors d'une coupure d'alimentation en poussée, les chambres de combustion du moteur à combustion interne ne sont plus alimentées en carburant mais uniquement en air. L'air est refoulé dans le système d'échappement par le moteur à combustion interne. L'air ne contenant pas de NOx ou de NH3 - ou alors seulement dans des concentrations négligeables - on assiste à une forte diminution de NOx ou de NH3 dans les gaz d'échappement. Cette diminution de  
25 la concentration de substances sert ensuite à diagnostiquer la dynamique du capteur.

Bien entendu, le diagnostic peut également être établi en évaluant un changement de concentration allant dans le sens d'une augmentation de la concentration. Si, dans ce cas, on souhaite réaliser un calcul de la constante de temps sur une base analytique, il est ici aussi judicieux de partir d'une réponse temporelle PT1 du capteur de NOx. Dans ce cas de figure, il est préférable de saisir  
30 une troisième valeur du signal de mesure à un troisième instant, le premier et le deuxième instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, d'utiliser en tant que changement une augmentation de la concentration et de calculer la constante de temps selon la  
35 formule suivante :  $T = \frac{-d}{\ln(Z)}$ , T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps et



Z étant donné au moyen de l'équation suivante, dans laquelle y1 désigne la première valeur, y2 la deuxième valeur et y3 la troisième valeur :

$$Z = -0,5 \cdot \frac{y3 - y1}{y1 - y2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{y3 - y1}{y1 - y2} \right)^2 - \frac{y2 - y3}{y1 - y2}}$$

seules étant utilisées pour Z les valeurs supérieures à 0 et inférieures à 1.

- 5 Dans une approche basée sur des calculs simples, il est possible de déterminer la constante de temps au moyen de la simulation approximative de la fonction exponentielle e dans l'équation (1) par équations aux différences réalisées également lors d'une augmentation de la concentration, et ce, en ce qu'une troisième valeur du signal de mesure est saisie à un troisième instant, le premier et le deuxième
- 10 instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, en ce qu'une augmentation de la concentration est utilisée comme changement, et en ce que la constante de temps est calculée selon la formule suivante :

$$T = \frac{(y3 - y2)}{2 \cdot y2 - y3 - y1}$$

- 15 T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps, y1 la première valeur, y2 la deuxième valeur et y3 la troisième valeur, l'intervalle de temps d étant inférieur à une valeur attendue pour la constante de temps T.

- Les capteurs de NOx possédant en règle générale une forte sensibilité transversale aux NH3, il est également possible d'utiliser de manière avantageuse un
- 20 changement de concentration de NH3. Une concentration croissante de NH3 peut par exemple être générée en ce que le moteur à combustion interne fonctionne momentanément avec un mélange air/carburant sous-stœchiométrique. En règle générale, on est en présence d'un tel fonctionnement chaque fois qu'un enrichissement en pleine charge est initialisé, de sorte qu'il est préférable d'utiliser
- 25 une telle phase d'enrichissement en pleine charge pour établir le diagnostic. Il en va de manière analogue lorsqu'un moteur à combustion interne passe à un fonctionnement protégeant le catalyseur ou lorsqu'un catalyseur est nettoyé après une coupure d'alimentation en poussée.

- Bien entendu, il est également possible d'utiliser un changement allant vers
- 30 une augmentation de la concentration de NOx en faisant passer le moteur à combustion interne d'un fonctionnement stœchiométrique à un fonctionnement sur-stœchiométrique. En règle générale, une telle mesure n'aboutit cependant à une concentration croissante de NOx au niveau d'un capteur de NOx que si aucun catalyseur accumulateur de NOx n'est monté en amont de celui-ci, étant donné qu'un

catalyseur de ce type absorberait sinon les NOx et ne laisserait donc percevoir aucun changement de concentration au niveau du capteur de NOx.

En principe, les changements de concentration nécessaires peuvent être obtenus en intervenant de manière précise dans le fonctionnement d'un moteur à combustion interne après initialisation d'une fonction de diagnostic. Une alternative serait d'attendre qu'apparaisse, lors du fonctionnement normal du moteur à combustion interne, un événement impliquant un changement de concentration, par exemple lors d'une sollicitation brusque de puissance entraînant une sollicitation de pleine charge avec passage en fonctionnement sous-stœchiométrique, comme c'est le cas lors d'une descente plus longue en montagne avec coupure d'alimentation en poussée, etc.

Un autre avantage du procédé selon l'invention réside dans la possibilité de contrôler le résultat calculé - à savoir la constante de temps T - et d'en calculer la moyenne sur plusieurs processus de calcul. Un tel contrôle ou nouveau calcul avec calcul de la moyenne peuvent être effectués juste après l'obtention du premier résultat, c.-à-d. au cours du même changement de concentration.

La deuxième valeur d'une première détermination de la constante de temps T peut par exemple servir, du même coup, de première valeur pour une deuxième détermination. La répétition de la détermination de la constante de temps et le calcul de la moyenne des valeurs calculées des constantes de temps améliorent la précision du résultat et permettent de parer efficacement aux erreurs de diagnostic. Le procédé selon l'invention est alors particulièrement robuste.

L'invention sera commentée ci-après plus en détail, sous forme d'exemples, à l'aide des dessins. Dans les dessins,

la figure 1 est une représentation schématique d'un moteur à combustion interne 1 et

la figure 2 représente des allures en fonction du temps de la concentration de substances présentes dans les gaz d'échappement ainsi que d'un signal émis par un capteur de NOx.

Le moteur à combustion interne représenté à la figure 1 dispose d'un trajet de gaz d'échappement 2, dans lequel est disposé un système de retraitement des gaz d'échappement faisant également office de dispositif de diagnostic embarqué. La fonction de diagnostic embarqué est prise en charge par un appareil de commande 3, lequel est également responsable de la commande normale du fonctionnement du moteur à combustion interne 1. Ainsi l'appareil de commande 3 contrôle-t-il, entre autres, un système d'injection 6 qui alimente en carburant le moteur à combustion

interne 1, lit les valeurs provenant de la sonde 7 et du capteur 8, et effectue le diagnostic « embarqué ».

Dans le trajet de gaz d'échappement 2 du moteur à combustion interne sont disposés un précatayseur à trois voies 4 et un catalyseur accumulateur de NOx 5. Il est également possible d'avoir un seul catalyseur réunissant les deux propriétés. En amont de ces deux catalyseurs se trouve une sonde lambda précataytique 7 et, en amont de ceux-ci, un capteur de NOx 8.

L'appareil de commande vérifie la réponse dynamique du capteur de NOx 8 de la manière suivante :

Lors de cette vérification, on part du principe que, lorsque le capteur de NOx est excité par un changement de la concentration de gaz d'échappement mesurée, le signal de capteur satisfait approximativement à une caractéristique PT1, telle que donnée par l'équation (1) précédente.

La figure 2 montre une courbe 9 représentant l'allure de l'excitation, l'exemple reporté ici montrant le changement d'une concentration de NH3. La courbe 10 représente le signal de mesure S du capteur de NOx 8 présentant la caractéristique PT1.

La concentration croissante de NH3 est obtenue dans une phase de régénération, en faisant passer momentanément le moteur à combustion interne en fonctionnement sous-stœchiométrique. Le NH3 apparaît pendant une telle phase de régénération dans le catalyseur accumulateur de NOx 5 en tant que produit intermédiaire, lequel ne quitte pas le catalyseur accumulateur de NOx 5 tant que celui-ci renferme des NOx. Une fois que le catalyseur accumulateur de NOx 5 ne contient plus de NOx, le NH3 se dirige vers la sortie et arrive au capteur de NOx 8 avec une concentration fortement croissante. Ceci constitue le flanc ascendant à l'instant  $t_0$  de la concentration de NH3, tel qu'il est montré par la courbe 9.

L'appareil de commande 3 reconnaît la fin de la phase de régénération de NOx de la manière connue par le professionnel et fait de nouveau fonctionner le moteur à combustion interne 1 avec un mélange air/carburant sous-stœchiométrique. Ainsi plus aucun NH3 n'est produit dans le catalyseur accumulateur de NOx 5, de sorte que le capteur de NOx 8 détecte, à l'instant  $t_1$ , une concentration fortement décroissante de NH3.

Le signal S du capteur de NOx 8 transmis à l'appareil de commande 3 reproduit cette excitation en suivant la courbe 10. A l'instant  $t_0$ , la concentration augmente en passant d'une valeur initiale  $S(t_0)$  à une valeur maximale  $S(t_1)$ , qui est atteinte à l'instant  $t_1$ . Puis la concentration de NH3 décroissant, laquelle repasse de

sa valeur maximale  $NH_3(t_1)$  à la valeur initiale  $NH_3(t_0)$ , la courbe 10 du signal de mesure émis par le capteur de  $NO_x$  8 décroît elle aussi.

L'appareil de commande 3 saisit alors le signal  $S$  en deux instants situés après l'initialisation du changement de la concentration. Ceci se passe aux instants  $t_2$  et  $t_3$  de sorte que l'on obtient des valeurs  $S(t_2)$  et  $S(t_3)$ . Les instants  $t_2$  et  $t_3$  sont séparés par un intervalle de temps  $d$ . La constante de temps est ensuite calculée à partir de ces valeurs au moyen de l'équation suivante :

$$T = d / \ln( S(t_2) / S(t_3) ) . \quad (2)$$

Il est ainsi possible de calculer la constante de temps  $T$  au moyen d'un calcul simple.

L'équation (2) se base sur une transformation et une résolution appropriées de l'équation (1). Bien entendu, il est également possible, au lieu de calculer la constante de temps  $T$  en se basant sur une résolution analytique de l'équation (2) pour les instants  $t_2$  et  $t_3$ , d'utiliser un procédé numérique approprié pour l'évaluation de l'équation (1).

Dans une approche alternative, lors d'un changement de concentration allant vers un accroissement, trois valeurs  $S(t_4)$ ,  $S(t_5)$ ,  $S(t_6)$  sont saisies à des instants  $t_4$ ,  $t_5$ ,  $t_6$  équidistants les uns des autres, et la constante de temps est ensuite obtenue au moyen de l'équation suivante :

$$T = \frac{d(S(t_6) - S(t_5))}{2 \cdot S(t_5) - S(t_6) - S(t_4)}$$

Pour ce faire, l'intervalle de temps  $d=t_6-t_5=t_5-t_4$  est choisi de manière à être petit par rapport à la constante de temps attendue, de sorte que  $d < T$ . Il est en particulier possible d'utiliser pour  $d$  une valeur satisfaisant à la condition  $10d < T$ .

Si l'intervalle de temps  $d$  ne peut satisfaire à cette condition, il est alors possible de calculer la constante de temps en ayant recours à l'équation suivante :

$$T = \frac{-d}{\ln(Z)}, \text{ dans laquelle}$$

$$Z = -0,5 \cdot \frac{S(t_6) - S(t_4)}{S(t_4) - S(t_5)} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left( \frac{S(t_6) - S(t_4)}{S(t_4) - S(t_5)} \right)^2 - \frac{S(t_5) - S(t_6)}{S(t_4) - S(t_5)}}$$

A cet égard, il va de soi que toute valeur où  $Z \leq 0$  ou  $Z \geq 1$  est rejetée.

### REVENDEICATIONS

1. Procédé permettant d'évaluer la réponse temporelle d'un capteur de gaz (8) disposé dans le trajet de gaz d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne (1) et qui délivre un signal de mesure, procédé lors duquel est utilisé un changement de concentration dans les gaz d'échappement du moteur à combustion interne, caractérisé en ce que

- une vitesse de changement moyenne du changement de concentration est supérieure à une vitesse de changement maximale attendue du signal de mesure,
- pendant le changement du signal de mesure provoqué par le changement de concentration, une première valeur et une deuxième valeur du signal de mesure sont saisies respectivement à un premier et à un deuxième instant, et
- une constante de temps pour le changement du signal de mesure est déterminée à partir de la première et de la deuxième valeur ainsi que de l'intervalle de temps séparant le premier et le deuxième instant.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une diminution de la concentration est utilisée en tant que changement et en ce que l'intervalle de temps est divisé par la différence des logarithmes de la première et de la deuxième valeur du signal de mesure.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes utilisé dans le cas d'un moteur à combustion interne (1) dont le trajet de gaz d'échappement (2) comprend un catalyseur accumulateur de NOx (5) disposé en amont du capteur de gaz (8), caractérisé en ce qu'une diminution d'une concentration de NH3 est utilisée en faisant passer le moteur à combustion interne (1) d'un fonctionnement de régénération avec un mélange sous-stœchiométrique à un fonctionnement avec un mélange stœchiométrique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une diminution de la concentration est utilisée en activant une coupure d'alimentation en poussée.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une troisième valeur du signal de mesure est saisie à un troisième instant, le premier et le deuxième instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, en ce qu'une augmentation de la concentration est utilisée comme changement, et en ce que la constante de temps est calculée selon la formule suivante :

$$T = \frac{(y_3 - y_2)}{2 \cdot y_2 - y_3 - y_1}$$

T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps, y1 la première valeur, y2 la deuxième valeur et y3 la troisième valeur, et l'intervalle de temps d étant inférieur à une valeur attendue pour la constante de temps T.

- 5           6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une troisième valeur du signal de mesure est saisie à un troisième instant, le premier et le deuxième instant ainsi que le deuxième et le troisième instant étant respectivement séparés par un intervalle de temps identique, en ce qu'une augmentation de la concentration est utilisée comme changement, et en ce que la constante de temps est calculée selon la  
10 formule suivante :

$$T = \frac{-d}{\ln(Z)},$$

- T étant la constante de temps, d l'intervalle de temps et Z étant donné par l'équation suivante, dans laquelle y1 désigne la première valeur, y2 la deuxième  
15 valeur et y3 la troisième valeur :

$$Z = -0,5 \cdot \frac{y3 - y1}{y1 - y2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left( \frac{y3 - y1}{y1 - y2} \right)^2 - \frac{y2 - y3}{y1 - y2}},$$

- seules étant utilisées pour Z les valeurs qui sont supérieures à 0 et inférieures  
20 à 1.

7. Procédé selon la revendication 1, 5 ou 6, caractérisé en ce qu'une augmentation d'une concentration de NH3 est utilisée comme changement en faisant passer le moteur à combustion interne (1) en fonctionnement avec un mélange sous-stœchiométrique.

- 25           8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'un enrichissement de pleine charge est déclenché pour faire passer le moteur à combustion interne (1) en fonctionnement avec un mélange sous-stœchiométrique.

9. Procédé selon la revendication 1, 5 ou 6, caractérisé en ce qu'une augmentation d'une concentration de NOx est utilisée comme changement en faisant  
30 passer le moteur à combustion interne (1) d'un fonctionnement avec un mélange stœchiométrique à un fonctionnement avec un mélange sur-stœchiométrique.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on utilise, pour l'évaluation, un changement de la concentration apparaissant de toute façon lors du fonctionnement normal du moteur à combustion interne (1).

11. Procédé selon d'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la détermination de la constante de temps (T) et de sa moyenne est répétée plusieurs fois.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la détermination  
5 répétée est réalisée au cours d'un même changement de concentration.

1/1

