

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.09.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.03.21 Bulletin 21/12.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : RENAULT SAS SAS — FR.

72 Inventeur(s) : CHABARD Guillaume.

73 Titulaire(s) : RENAULT SAS SAS.

54 **PROCÉDÉ DE REGLAGE DE LA RICHESSE D'UN
MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A ALLUMAGE
COMMANDE.**

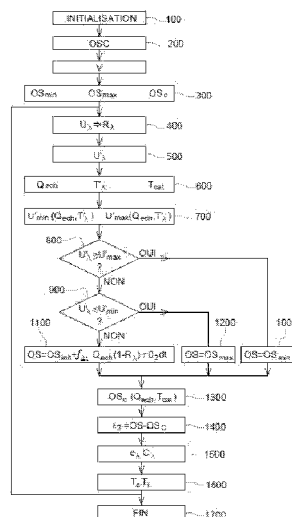
57 L'invention propose un procédé de réglage de la richesse dans un moteur à combustion interne équipé d'un catalyseur. La richesse est réglée par un premier régulateur en boucle fermée sur une consigne (C_λ) qui est corrigée en permanence par un deuxième régulateur en fonction des écarts entre une valeur de quantité d'oxygène (OS) calculée et une

valeur de consigne de stock d'oxygène (OS_c).

Selon l'invention, ladite consigne (OS_c) est définie, pour chaque valeur de débit de gaz (Q_{ech}) traversant le catalyseur et de température (T_{cat}) du catalyseur, à l'intérieur d'une plage comprise entre un seuil minimal et un seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{min}, OS_{max}), dont le dépassement correspond respectivement à un début de fuite de monoxyde de carbone ou d'oxydes d'azote.

Ces dépassements sont mis en évidence par le fait que la tension (U'_λ) d'une sonde à oxygène binaire aval du catalyseur bascule au-delà d'un seuil respectivement maximal et minimal de tension (U'_{max}, U'_{min}), fonction du débit et de la température de ladite sonde aval (T'_λ).

La régulation est assez rapide pour que la quantité d'oxygène stockée (OS) converge rapidement vers sa consigne (OS_c). En cas d'atteinte d'un des seuils de tension due à des erreurs de calcul de quantité d'oxygène stockée (OS), la valeur calculée de la quantité d'oxygène stockée (OS) est réinitialisée sur la valeur de seuil de quantité d'oxygène correspondante.



Description

Titre de l'invention : Procédé de reGLAGE DE LA RICHESSE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A ALLUMAGE COMMANDE

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un procédé de réglage de la richesse d'un moteur à combustion interne. Elle concerne plus précisément un procédé de réglage de la richesse du mélange air-carburant dans un moteur du type à allumage commandé, dans lequel on règle en boucle fermée, sur une valeur de consigne, la quantité d'oxygène stockée dans un catalyseur trois voies du moteur.

Etat de la technique

[0002] Dans un moteur à combustion interne, le réglage de la richesse, c'est-à-dire le réglage du rapport entre la quantité de carburant injectée et la quantité d'air admise dans le moteur, ramené aux proportions stœchiométriques, est destiné à asservir la richesse du mélange à une richesse de consigne qui peut être variable en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, notamment le régime et la charge.

[0003] Dans le cas d'un moteur du type à allumage commandé, fonctionnant notamment à l'essence, l'allumage et l'injection de carburant sont souvent contrôlés électriquement par un calculateur du moteur pour fonctionner de manière classique à richesse 1 sur la plupart des points de fonctionnement, c'est-à-dire dans les proportions stœchiométriques, selon lesquelles la quantité d'oxygène contenue dans le mélange air-carburant est exactement égale à la quantité théoriquement nécessaire pour que le carburant soit entièrement brûlé.

[0004] Un catalyseur trois voies est généralement monté à l'échappement du moteur pour assurer le traitement des gaz de combustion du moteur avant qu'ils ne soient évacués dans l'atmosphère extérieure. Un tel catalyseur permet d'oxyder au moins une partie des hydrocarbures imbrûlés (HC) et du monoxyde de carbone (CO), et de réduire au moins une partie des oxydes d'azote (NOx) qui sont émis dans les gaz de combustion du moteur. On peut définir l'efficacité du catalyseur comme le rendement de la réaction de traitement des polluants des gaz (HC, CO, NOx).

[0005] Un exemple bien connu de procédé de réglage de la richesse consiste à prévoir une boucle d'asservissement comprenant une sonde à oxygène montée en amont du catalyseur (dans le sens de circulation des gaz). Un signal de sortie de la sonde, généralement une tension, qui est représentatif de la richesse, est soustrait à une valeur de consigne, qui correspond à une valeur de richesse égale à 1. Le signal d'erreur, égal à la différence entre la tension de consigne et la tension mesurée, est ensuite comparé

dans un comparateur binaire. Lorsque la tension de consigne est supérieure à la tension de sortie de la sonde, on enrichit le mélange air-carburant grâce à un régulateur, généralement de type proportionnel-intégral (PI), qui reçoit en entrée le signal d'erreur et qui délivre en sortie une correction de durée d'injection de carburant à ajouter à une durée d'injection de base, pour déterminer la durée d'injection de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur, compte tenu de la quantité d'air. La durée d'injection de base est augmentée d'un terme proportionnel et d'un terme intégral.

- [0006] On connaît ensuite, historiquement, plusieurs procédés de réglage de la richesse, qui visent à perfectionner le réglage de richesse obtenu par une telle simple boucle d'asservissement, afin d'augmenter notamment l'efficacité de traitement des NO_x, qui peut être dégradée lors de certaines conditions de fonctionnement du moteur. Ces procédés visent à ajuster la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur.
- [0007] On connaît notamment de la publication FR-A1-3033364 un procédé de réglage de la richesse du mélange air-carburant dans un moteur à combustion interne, à allumage et injection de carburant contrôlés par un calculateur, et associé à un catalyseur à l'échappement, le procédé comprenant :
- [0008] -Une étape au cours de laquelle on détermine la richesse du mélange admis dans le moteur à partir d'une sonde à oxygène proportionnelle amont du catalyseur,
- [0009] -Une étape au cours de laquelle on calcule la quantité d'oxygène stockée (ou : OS, de l'acronyme anglais pour : Oxygen Storage) dans le catalyseur,
- [0010] -Une étape au cours de laquelle on détermine une consigne de stock d'oxygène à partir de la capacité de stockage en oxygène (ou : OSC, de l'acronyme anglais pour : Oxygen Storage Capacity) du catalyseur,
- [0011] -Une étape de régulation de la quantité d'oxygène stockée selon la consigne de stock d'oxygène, qui délivre, en fonction de l'écart entre la quantité d'oxygène stockée et la consigne de stock d'oxygène, une valeur de correction de consigne de richesse à ajouter à une consigne de richesse de base stœchiométrique pour déterminer une valeur de consigne de richesse, et,
- [0012] -Une étape de régulation de la richesse, déterminée à partir de la sonde, selon la valeur de consigne de richesse, qui délivre, en fonction de l'écart entre la richesse déterminée à partir de la sonde et la valeur de consigne de richesse, une correction de durée d'injection de carburant à ajouter à une durée d'injection de base, pour déterminer la durée d'injection de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur.
- [0013] Selon cette publication, la consigne de stock d'oxygène est égale à un pourcentage de la capacité de stockage en oxygène, par exemple 70%.
- [0014] On connaît aussi de la publication US005293740A un procédé de réglage de la

richesse dans lequel la quantité d'oxygène stockée dans un catalyseur du moteur fait aussi l'objet d'une régulation autour d'une consigne de stock d'oxygène. Selon cette publication, la consigne de stock d'oxygène est égale à un pourcentage de la capacité de stockage en oxygène, par exemple 50%.

- [0015] Ces procédés dans lesquels la richesse est réglée de manière à obtenir une régulation de la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur autour d'une valeur de consigne manquent toutefois de précision et ne permettent pas de maximiser l'efficacité de traitement des polluants.
- [0016] Par exemple, en ce qui concerne FR-A1-3033364, il est prévu de déterminer la capacité de stockage en oxygène du moteur (ou OSC, de l'acronyme anglais pour : Oxygen Storage Capacity) après chaque démarrage du moteur, en provoquant une transition d'un mode de fonctionnement pauvre avec une richesse nulle correspondant à une coupure d'injection qui fait saturer le catalyseur en oxygène, vers un mode de fonctionnement à richesse strictement supérieure à 1 qui permet de vider le catalyseur de son oxygène.
- [0017] La capacité de stockage en oxygène OSC est calculée comme une intégrale temporelle du produit du débit des gaz d'échappement ; du taux d'oxygène dans l'air ; et, d'un facteur qui est égal à 1 moins la valeur de la richesse mesurée par la sonde amont.
- [0018] Le calcul intégral commence lors du basculement du signal d'une sonde à oxygène aval du catalyseur vers une valeur basse, indiquant un début de saturation du catalyseur en oxygène, et il se termine lors du basculement du signal de la sonde à oxygène aval vers une valeur haute, indiquant l'approche de la vidange en oxygène du catalyseur.
- [0019] Ce calcul de la capacité de stockage en oxygène permet de mettre à jour la valeur de l'OSC en tenant compte du vieillissement du catalyseur et d'éventuelles défaillances, mais il n'est pas réactualisé entre deux démarrages du moteur, et ne tient donc pas compte du fait que l'OSC d'un catalyseur évolue constamment entre deux démarrages, en fonction des conditions de fonctionnement du moteur, notamment du débit des gaz traversant le catalyseur et de la température régnant dans le catalyseur. La consigne de stock d'oxygène, qui est égale à 70% de cette valeur d'OSC prédéterminée lors du démarrage précédent du moteur, reste donc fixe entre deux démarrages et ne permet pas un traitement optimal des polluants lorsque le point de fonctionnement du moteur évolue au cours d'un trajet du véhicule.
- [0020] Le procédé de réglage selon cette publication présente en outre un autre défaut de précision, plus précisément de dérive du réglage, lié à la détermination et à la réinitialisation de l'OS. En effet, La valeur courante de la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur OS est calculée comme la somme d'une valeur initiale et d'une intégrale temporelle du débit des gaz d'échappement, du taux d'oxygène dans l'air, et d'un

facteur qui est égal à 1 moins la valeur de la richesse mesurée par la sonde amont. La valeur initiale est par exemple égale à la valeur de l'OSC calculée après le démarrage du moteur comme indiqué plus haut, ou la précédente valeur d'OSC qui a été déterminée. Le calcul intégral de chaque valeur courante de l'OS débute alors à ce moment d'initialisation et se termine à chaque instant courant.

[0021] D'une manière concrète, le calcul intégral est réalisé de manière itérative par pas de temps. Pour obtenir la valeur de l'intégrale à un instant donné, séparé de l'instant précédent d'une durée égale au pas de temps considéré, on ajoute à la valeur de l'intégrale au pas de temps précédent, une valeur qui est égal au produit du débit des gaz d'échappement à l'instant précédent, du taux massique d'oxygène dans l'air, d'un facteur qui est égal à 1 moins la valeur de richesse mesurée par la sonde amont à l'instant précédent, et du pas de temps. On obtient ainsi une valeur approchée, un calcul intégral stricto sensu ne pouvant pas être réalisé.

[0022] On comprend de ce qui précède que le calcul ainsi réalisé présente un risque de s'écarter plus ou moins rapidement de la valeur réelle de la quantité d'oxygène stockée : en effet, d'une part les erreurs et arrondis de calcul se cumulent, et d'autre part, la sonde à oxygène amont peut donner des mesures légèrement erronées (mesure d'une richesse trop riche ou trop pauvre par rapport à la réalité). Le réglage de la richesse se faisant sur la base d'un signal d'erreur égal à la différence entre la consigne de stock d'oxygène et la valeur calculée de la quantité d'oxygène stockée, un calcul erroné de cette quantité a pour effet de fausser le réglage de la richesse. Cela peut conduire, soit à un réglage trop riche qui vide le catalyseur de son oxygène, ce qui est néfaste au traitement du monoxyde de carbone essentiellement, soit à un réglage trop pauvre qui remplit le catalyseur d'oxygène, ce qui est néfaste au traitement des oxydes d'azote.

[0023] Le procédé objet de la publication US005293740A présente les mêmes défauts : Notamment, il est précisé que dans un mode de réalisation simplifié, la capacité de stockage en oxygène OSC est considérée comme constante, et il est aussi indiqué que le calcul de la capacité de stockage en oxygène OSC peut avantageusement être actualisé de manière continue par une méthode d'adaptation, qui se déroule de préférence à l'aide d'une sonde à oxygène aval qui indique que le catalyseur est plein ou vide d'oxygène. On comprend qu'il s'agit d'une méthode très similaire à celle qui est divulguée dans la publication FR-A1-3033364. Il n'est pas davantage prévu de mettre à jour la valeur de l'OSC de manière continue en fonction des conditions de fonctionnement courantes du moteur.

Présentation de l'invention

[0024] La présente invention vise à remédier à ces défauts des procédés connus de réglage

de la richesse du mélange air-carburant dans les moteurs à allumage commandé, dans lesquels la quantité d'oxygène stockée est régulée autour d'une consigne de stock d'oxygène.

- [0025] Elle propose pour cela un dispositif de réglage de la richesse du mélange air-carburant dans un moteur à combustion interne, à allumage et à injection contrôlés par un calculateur, comprenant une première boucle d'asservissement comportant :
- [0026] -une première sonde à oxygène proportionnelle de mesure de la concentration en oxygène des gaz d'échappement du moteur en amont du catalyseur, à partir de laquelle le calculateur détermine la richesse du mélange admis dans le moteur ;
- [0027] -un premier régulateur de la richesse calculée à partir de ladite sonde amont selon une consigne de richesse, qui délivre une correction à ajouter à une durée d'injection de carburant de base pour obtenir la durée d'injection de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur ;
- [0028] ,le dispositif comprenant en outre une deuxième boucle d'asservissement qui asservit la consigne de richesse de la première boucle d'asservissement à la régulation de la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur, ladite deuxième boucle comportant :
- [0029] -des moyens de calcul de ladite quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur ;
- [0030] -un deuxième régulateur pour la régulation de ladite quantité d'oxygène stockée selon une consigne de stock d'oxygène, qui délivre une correction de consigne de richesse à ajouter à une consigne de richesse de base stœchiométrique pour obtenir ladite consigne de richesse.
- [0031] La principale caractéristique du dispositif selon l'invention est qu'il comprend en outre :
- [0032] -des moyens de détermination du débit des gaz d'échappement traversant le catalyseur ;
- [0033] -des moyens de détermination de la température des gaz d'échappement ;
- [0034] -des moyens de détermination d'un seuil minimal de quantité d'oxygène et d'un seuil maximal de quantité d'oxygène en fonction dudit débit et de ladite température, correspondant respectivement à un début de fuites de monoxyde de carbone et à un début de fuites d'oxydes d'azote à l'aval du catalyseur ; et,
- [0035] -des moyens de détermination de ladite consigne de stock d'oxygène à l'intérieur d'une plage comprise entre ledit seuil minimal et ledit seuil maximal de quantité d'oxygène.
- [0036] L'invention propose aussi un procédé de réglage de la richesse du mélange air-carburant dans un moteur à combustion interne, à allumage et à injection contrôlés par un calculateur, et associé à un catalyseur à l'échappement, comprenant :
- [0037] -une étape au cours de laquelle on détermine la richesse du mélange admis dans le moteur à partir d'une sonde à oxygène proportionnelle amont du catalyseur ;

- [0038] -une étape au cours de laquelle on régule la richesse calculée à partir de ladite sonde amont selon une consigne de richesse, et on délivre une correction de temps d'injection de carburant à ajouter à une durée d'injection de carburant de base pour déterminer la durée d'injection de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur ;
- [0039] -une étape de calcul d'une quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur ;
- [0040] -une étape de détermination d'une consigne de stock d'oxygène ; et,
- [0041] -une étape de régulation de ladite quantité d'oxygène stockée selon ladite consigne de stock d'oxygène, qui délivre une correction de consigne de richesse à ajouter à une consigne de richesse de base stœchiométrique pour obtenir ladite consigne de richesse.
- [0042] La principale caractéristique du procédé selon l'invention est qu'il comprend en outre :
- [0043] -une étape au cours de laquelle on détermine le débit des gaz d'échappement traversant le catalyseur ;
- [0044] -une étape au cours de laquelle on détermine la température des gaz d'échappement ;
- [0045] -une étape au cours de laquelle on détermine un seuil minimal de quantité d'oxygène et un seuil maximal de quantité d'oxygène en fonction dudit débit et de ladite température, correspondant respectivement à un début de fuites de monoxyde de carbone et à un début de fuites d'oxydes d'azote à l'aval du catalyseur ; et,
- [0046] -une étape au cours de laquelle on détermine ladite consigne de stock d'oxygène à l'intérieur d'une plage comprise entre ledit seuil minimal et ledit seuil maximal de quantité d'oxygène.

Brève description des figures

- [0047] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation non limitatif de l'invention, à l'appui des figures annexées, dans lesquelles :
- [0048] [fig.1] est une vue schématique d'un dispositif de motorisation apte à la mise en œuvre du procédé selon l'invention.
- [0049] [fig.2] est une vue schématique du catalyseur trois voies de la figure 1 associé à des sondes à oxygène amont et aval.
- [0050] [fig.3] est une vue qui représente schématiquement un dispositif de réglage de la richesse selon l'invention.
- [0051] [fig.4] est un logigramme des étapes d'un mode de réalisation du procédé selon l'invention.

Description détaillée des figures

- [0052] Dans la description qui va suivre, des chiffres de référence identiques désignent des pièces identiques ou ayant des fonctions similaires.

- [0053] Sur la figure 1, on a représenté un dispositif de motorisation 1 apte à la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Le dispositif comprend un moteur à combustion interne 2 du type à allumage commandé (fonctionnant notamment à l'essence), par exemple à injection directe, grâce à des injecteurs de carburant (non représentés) aptes à injecter le carburant dans les différents cylindres du moteur. Il peut s'agir d'un moteur à aspiration naturelle ou suralimenté. Il peut encore présenter d'autres particularités non représentées, comme par exemple être associé à au moins un circuit de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, sans nuire à la généralité de l'invention. Sur cet exemple illustré par la figure 1, le moteur se présente sous la forme d'un moteur à quatre cylindres en ligne.
- [0054] Pour la combustion du carburant dans Le moteur aspire de l'air dans l'atmosphère extérieure, qui pénètre dans un circuit d'admission d'air du moteur dans le sens de la flèche A. S'agissant d'un moteur à allumage commandé, la quantité (débit massique) d'air Q_{air} pénétrant dans le moteur est dosée grâce à une vanne 4, ou boîtier-papillon 4, du moteur. Le circuit d'admission d'air comprend des moyens de détermination 5 de la quantité d'air admise dans le moteur, qui se présentent ici sous la forme d'un débitmètre 5. En variante classique, il est aussi possible de déterminer la quantité d'air à partir d'une mesure de la pression P_{coll} et de température T_{coll} dans un répartiteur 6, ou collecteur d'admission 6 du moteur, du régime N du moteur et d'une valeur de rendement de remplissage η_{rempl} du moteur. Par rendement de remplissage, on entend de manière connue le rapport de la quantité d'air qui pénètre réellement dans les cylindres du moteur, divisée par la quantité d'air qui peut théoriquement y pénétrer.
- [0055] Les gaz de combustion du moteur sont évacués dans l'atmosphère extérieure par l'intermédiaire d'un circuit d'échappement 7 du moteur, dans le sens de la flèche G. Le circuit d'échappement comprend un catalyseur trois voies (ou TWC pour : Three Way Catalyst) qui est apte à traiter dans une certaine proportion les molécules polluantes d'e monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures imbrûlés (HC) et d'oxydes d'azote (NOx) contenues dans les gaz de combustion du moteur, avant que ces derniers ne soient rejetés dans l'atmosphère extérieure. Le circuit d'échappement peut comporter des dispositifs de dépollution supplémentaires non représentés, par exemple un filtre à particules, qui ne rentrent pas dans le cadre de l'invention.
- [0056] Le catalyseur 8 est associé, pour le réglage de la richesse du mélange air-carburant admis dans le moteur selon l'invention, à une sonde à oxygène amont 9, c'est-à-dire une sonde à oxygène montée à l'entrée du catalyseur, dans le sens de circulation des gaz de combustion, et à une sonde à oxygène aval 10, c'est-à-dire à une sonde à oxygène montée à la sortie du catalyseur, dans le sens de circulation des gaz de combustion. La sonde à oxygène amont 9 est du type proportionnel et la sonde à oxygène aval 10 est du type binaire (sans exclure toutefois la possibilité d'une sonde

proportionnelle, une telle sonde n'étant pas indispensable néanmoins à la mise en œuvre de l'invention).

- [0057] En outre, pour la mise en œuvre du procédé de réglage de la richesse selon l'invention, le dispositif de motorisation comprend des moyens de détermination d'une valeur de la température T_{cat} du catalyseur, et des moyens de détermination d'une valeur de la température T'_{λ} de la sonde à oxygène aval 10.
- [0058] Les moyens de détermination de la température du catalyseur T_{cat} peuvent se présenter dans un mode simplifié sous la forme d'un capteur de température amont 11 du catalyseur, ou d'un capteur de température aval 12 du catalyseur, ou de l'ensemble des deux capteurs amont 11 et aval 12 et de moyens de calcul à partir desquels on détermine la température du catalyseur T_{cat} comme la moyenne de la température amont et de la température aval. Il peut s'agir aussi d'un modèle plus sophistiqué d'estimation de la température du catalyseur à partir de la température amont du catalyseur et d'un historique du point de fonctionnement du moteur (régime et charge notamment). D'autres variantes sont possibles sans nuire à la généralité de l'invention.
- [0059] Les moyens de détermination de la température T'_{λ} de la sonde à oxygène aval 10 peuvent être, comme il est représenté sur la figure 1, un capteur de température aval 12 du catalyseur situé à proximité immédiate de la sonde. En variante non représentée, il peut s'agir d'un capteur de température spécifique.
- [0060] Un système électronique de commande 13 du moteur, ou calculateur 13, permet de déterminer une quantité (débit) de carburant Q_{carb} à injecter dans le moteur pour que la richesse du mélange soit la plus proche d'une valeur de consigne de richesse donnée. Il est aussi possible au calculateur 13 de déterminer un temps d'injection T_i du carburant qui correspond à la quantité Q_{carb} à injecter.
- [0061] Pour cela, il convient de fournir au calculateur 13 des informations et des paramètres tels que la quantité d'air Q_{air} admise dans le moteur et une information représentative de la richesse du mélange air-carburant visée. Ainsi, le calculateur 13 est relié, sur l'exemple de la figure 1, au moins au débitmètre 5 et à la sonde à oxygène amont 9. Le débitmètre indique la quantité de carburant et la sonde à oxygène amont 9, qui est une sonde de type proportionnel, fournit une mesure de la richesse R_{λ} en amont du catalyseur par l'intermédiaire d'un signal de sortie qui est généralement une valeur de tension U_{λ} .
- [0062] De plus, pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, le calculateur est aussi relié à la sonde à oxygène aval 10, qui se peut se présenter sous la forme d'une sonde binaire (sans exclure la possibilité d'une sonde proportionnelle), aux moyens de détermination de la température du catalyseur T_{cat} (i.e. par exemple au capteur de température amont 11 et/ou aval 12 sur l'exemple de la figure), et aux moyens de détermination de la température de la sonde à oxygène aval T'_{λ} (i.e. au capteur de tem-

pérature aval 12 sur l'exemple de la figure). L'intérêt de ces capteurs est détaillé par la suite.

[0063] La figure 2 représente de manière agrandie le catalyseur 8 de la figure 1 associé à la sonde à oxygène amont 9 et à la sonde à oxygène aval 10, sur laquelle on a fait apparaître de manière schématique la capacité de stockage d'oxygène, ou OSC (de l'acronyme anglais pour : Oxygen Storage Capacity) du catalyseur, qui est la masse d'oxygène maximale que le catalyseur est capable de stocker, et la quantité d'oxygène stockée.

[0064] Cette figure schématise le fait que la quantité d'oxygène stockée OS est en permanence égale à une fraction de la capacité de stockage en oxygène OSC, cette dernière étant elle-même une fonction du débit des gaz d'échappement Qech traversant le catalyseur et de la température du catalyseur Tcat.

[0065] La capacité de stockage en oxygène OSC peut être avantageusement déterminée et mise à jour régulièrement après chaque démarrage du moteur 2, sur un point de débit des gaz d'échappement Qech et de température de catalyseur Tcat correspondant à un cycle de fonctionnement particulier du moteur réalisé après le démarrage du moteur, qui est décrit plus bas, afin de déterminer un facteur de vieillissement V ou de dégradation du catalyseur. Par facteur de vieillissement, on entend ici le pourcentage résiduel de la capacité de stockage en oxygène du catalyseur à l'état neuf et en parfait état OSCneuf, que le catalyseur conserve à un moment donné, pour le même point de débit des gaz d'échappement Qech et de température du catalyseur Tcat. Selon un calcul simplifié, on peut appliquer la formule suivante :

[0066] $OSC = V \times OSC_{neuf}$

[0067] Notamment, pour un catalyseur neuf et en parfait état, on prend $V = 1$, et pour un catalyseur totalement dégradé on prend $V = 0$.

[0068] Dans un mode perfectionné, on peut tenir compte du fait qu'un catalyseur très usé, tel qu'un catalyseur qui sert aux caractérisations de seuils de diagnostic embarqué dit diagnostic OBD (de l'acronyme anglais pour : On Board Diagnostic) présente une capacité de stockage en oxygène résiduelle OSCobd non nulle, par exemple de l'ordre du dixième de la valeur d'un catalyseur neuf dans les mêmes conditions. Le calcul du facteur de vieillissement peut se faire en appliquant la formule suivante :

[0069] $OSC - OSC_{obd} = V \times (OSC_{neuf} - OSC_{obd})$

[0070] Pour déterminer l'OSC, le calculateur du moteur peut notamment profiter de la première occurrence d'un lever de pied assez long de la pédale de l'accélérateur de la part du conducteur, après le démarrage du moteur, pour provoquer un cycle de fonctionnement forcé du moteur, consistant à provoquer une transition d'un mode de fonctionnement à richesse nulle vers un mode de fonctionnement à richesse strictement supérieure à 1. Plus précisément, dans un premier temps, le fonctionnement du moteur

avec une richesse nulle, correspondant à une coupure d'injection de carburant, fait saturer le catalyseur 8 en oxygène, pour peu que le lever de pied soit suffisamment long.

- [0071] Après cette phase de saturation, le calculateur applique un niveau de richesse strictement supérieur à 1 lors de la reprise après coupure d'injection ; par exemple une richesse égale à 1,05 , de façon à laisser le catalyseur 8 se vider progressivement de son oxygène, jusqu'à ce que la sonde binaire aval 10 bascule au-dessus d'un seuil de tension $U'\lambda$ précalibré.
- [0072] La valeur de l'OSC, pour le débit des gaz d'échappement Q_{ech} et la température T_{cat} considérés, est obtenue selon l'équation intégrale suivante :
- [0073]
$$OSC = \diamond_{\Delta t} Q_{ech} \times (1-R\lambda) \times \tau_{O_2} \times dt$$
- [0074] L'intégrale temporelle est calculée jusqu'à l'instant de basculement de la tension de la sonde binaire. Dans cette équation, $R\lambda$ désigne la richesse en amont du catalyseur, correspondant à la mesure de la tension $U\lambda$ de la sonde amont, et τ_{O_2} désigne le taux d'oxygène dans l'air, par exemple 21%.
- [0075] La valeur courante de la quantité d'oxygène présente dans le catalyseur peut être calculée par une formule similaire :
- [0076]
$$OS = OS_{init} + \diamond_{\Delta t} Q_{ech} \times (1-R\lambda) \times \tau_{O_2} \times dt$$
- [0077] Dans cette équation, OS_{init} désigne une valeur initiale connue de la quantité d'oxygène, et Δt désigne l'intervalle de temps séparant l'instant de l'initialisation de l'instant courant. En ce qui concerne ladite valeur initiale, il peut s'agir, par exemple selon l'état de la technique, soit de l'OSC calculé comme indiqué précédemment après un lever de pied suffisamment long pour saturer le catalyseur en oxygène, soit d'une valeur nulle après un réglage du moteur en mélange riche suffisamment long pour vider le catalyseur de son oxygène. Ce dernier cas de figure peut se présenter notamment dans des conditions de pleine charge du moteur, pour lesquelles il est connu de limiter la température à l'échappement en réglant la richesse en boucle ouverte sur une consigne de richesse strictement supérieure à 1. L'invention propose des modes de réinitialisation supplémentaires avantageux, qui seront exposés dans la suite.
- [0078] Sur la figure 3, on a représenté schématiquement un dispositif de réglage de la richesse selon l'invention, apte à la mise en œuvre du procédé selon l'invention conforme à la figure 4.
- [0079] L'invention est basée sur la constatation du fait que, lorsqu'on caractérise un catalyseur avec une sonde binaire en aval dudit catalyseur, l'efficacité maximale dudit catalyseur est conservée tant qu'une richesse des gaz d'échappement strictement égale à 1 à l'aval du catalyseur $R'\lambda$ est respectée. Quand cette condition n'est pas remplie, l'efficacité chute, jusqu'à atteindre une valeur nulle. Il convient donc de faire

fonctionner le moteur de façon à rester en dehors de ces zones de fonctionnement dites « de fuite ».

- [0080] En d'autres termes, il existe, pour chaque valeur de débit d'échappement Q_{ech} et de température du catalyseur T_{cat} , une plage de valeurs de quantité d'oxygène OS comprise entre un premier seuil, ou seuil minimal, de quantité d'oxygène OS_{min} et un deuxième seuil, ou seuil maximal de quantité d'oxygène OS_{max} à l'intérieur de laquelle la conversion des polluants est complète ou quasi-complète. Ces seuils peuvent être déterminés, pour chaque valeur de débit Q_{ech} et de température T_{cat} , en observant le basculement du signal de richesse R'_{λ} , c'est-à-dire de tension U'_{λ} , au-delà d'un seuil qui dépend de la résistance interne de la sonde, qui est une fonction de sa température T'_{λ} , pour le débit de gaz d'échappement Q_{ech} considéré.
- [0081] Plus précisément, lorsque le moteur fonctionne en mélange riche, plus le débit des gaz est élevé, plus les gaz de combustion émis par le moteur contiennent du monoxyde de carbone CO. Alors, lorsque l' OS du catalyseur est inférieur au seuil minimal OS_{min} (correspondant à ce débit et à la température du catalyseur), il y a un risque de fuites de CO à l'aval du catalyseur, ces fuites étant détectées par un basculement de la tension U'_{λ} de la sonde aval au-dessus d'un seuil maximal de tension U'_{max} qui dépend de la résistance interne de la sonde et qui est calibré en fonction de la température T'_{λ} de cette dernière et du débit d'échappement Q_{ech} .
- [0082] De la même manière, lorsque le moteur fonctionne en mélange pauvre, plus le débit des gaz est élevé, plus les gaz de combustion émis par le moteur contiennent des oxydes d'azote NO_x . Alors, lorsque l' OS du catalyseur est supérieur au seuil maximal OS_{max} (correspondant à ce débit et à la température du catalyseur), il y a un risque de fuites de NO_x à l'aval du catalyseur, ces fuites étant détectées par un basculement de la tension U'_{λ} de la sonde aval en dessous d'un seuil minimal de tension U'_{min} qui dépend également de la résistance interne de la sonde et qui est calibré en fonction de la température T'_{λ} de cette dernière et du débit d'échappement Q_{ech} .
- [0083] L'invention vise à faire en sorte que la richesse du moteur soit réglée de telle manière que l' OS du catalyseur reste à l'intérieur de la plage comprise entre les seuils inférieur OS_{min} et supérieur OS_{max} de quantité d'oxygène. Pour cela, on régule l' OS en boucle fermée autour d'une consigne de quantité d'oxygène stockée OS_c qui est définie à l'intérieur de ladite plage par une formule du type :
- [0084]
$$OS_c = OS_{min} + K \times (OS_{max} - OS_{min})$$
- [0085] K est un coefficient compris strictement entre 0 et 1 et de préférence entre 0,25 et 0,75. Dans un mode simplifié on peut prendre $K = 0,5$ ce qui correspond à une prise de risque identique quant aux fuites de CO ou de NO_x . En variante, compte tenu de la sévérité des normes de dépollution concernant les NO_x , on prendra une valeur K sensiblement égale à 0,3. La régulation de richesse du moteur aura alors tendance à

favoriser légèrement le réglage du moteur en mélange riche et à faire diminuer les quantités d'oxygène stockées OS, ce qui correspond à un risque de fuites de NOx moindre que le risque de fuites de CO.

[0086] Préalablement à la mise en œuvre du procédé selon l'invention par un calculateur embarqué à bord du véhicule, on établit une première cartographie dont les entrées sont le débit des gaz Qech et la température du catalyseur Tcat et dont la sortie est le seuil minimal de quantité d'oxygène d'un catalyseur neuf OSmin,neuf, et on établit une deuxième cartographie dont les entrées sont identiques et dont la sortie est le seuil maximal OSmax,neuf de quantité d'oxygène d'un catalyseur neuf. Ces cartographies sont établies sur la base d'un catalyseur neuf et en parfait état, dont la capacité de stockage en oxygène OSCneuf est connue. Les deux cartographies sont stockées dans une mémoire du calculateur.

[0087] Par ailleurs, chaque valeur dudit seuil minimal OSmin,neuf (Qech,Tcat) est associée à une table de valeurs de seuils maximaux de tension U'max dépendant de la température de la sonde T'λ et du débit Qech. De même, chaque valeur dudit seuil maximal OSmax,neuf(Qech,Tcat) est associée à une table de valeurs de seuils minimaux de tension U'max dépendant de la température de la sonde T'λ et du débit Qech. Ces tables sont également stockées dans le calculateur.

[0088] A l'appui de la figure 3, le dispositif de réglage comprend une simple boucle d'asservissement, comprenant la sonde à oxygène amont 9 de type proportionnel, destinée à la mesure de la concentration en oxygène des gaz d'échappement du moteur en amont du catalyseur 8. Cette sonde amont 9 délivre un signal de tension Uλ correspondant à une valeur de richesse Rλ. Cette richesse Rλ est comparée avec une consigne de richesse Cλ dans un comparateur 14 qui délivre l'écart ε1 entre la richesse Rλ estimée à partir de la tension mesurée Uλ et la consigne de richesse Cλ à suivre. Cette simple boucle comprend également un régulateur 15 de la richesse, par exemple de type proportionnel – intégral (« PI ») qui reçoit en entrée la valeur de l'écart ε1 et qui fournit en sortie la correction Tc à ajouter à une durée d'injection de carburant ti de base (qui correspond à la richesse stœchiométrique) par l'intermédiaire d'un additionneur 16, pour déterminer la durée d'injection Ti de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange air-carburant à injecter dans le moteur 2. Bien entendu, chaque quantité de carburant est déterminée à partir d'une valeur de quantité d'air Qair, par exemple mesurée par le débitmètre 5.

[0089] En outre, le dispositif comprend une deuxième boucle d'asservissement comprenant : la sonde à oxygène amont 9 ; des moyens de calcul 17 de la quantité d'oxygène OS stockée dans le catalyseur 8 ; des moyens de comparaison 18 entre ladite quantité d'oxygène stockée OS et une consigne de stock d'oxygène OSc ; un deuxième régulateur 19, qui est un régulateur de quantité d'oxygène stockée ; un deuxième addi-

tionneur 20.

- [0090] La consigne de richesse $C\lambda$ de la simple boucle est délivrée par le deuxième additionneur 20. Celui-ci additionne une consigne de richesse de base, égale à 1, à une correction de consigne de richesse $c\lambda$ qui est délivrée par le deuxième régulateur 19 à partir de l'écart ε_2 entre, d'une part, la valeur de la quantité d'oxygène stockée OS dans le catalyseur, délivrée par les moyens de calcul 17, et d'autre part, la consigne de stock d'oxygène OSc, qui est délivrée par des moyens spécifiques à l'invention qui sont détaillés plus bas. Ladite consigne OSc est soustraite de ladite quantité stockée OS dans le comparateur 18 qui délivre ledit écart ε_2 au deuxième régulateur 19. Le deuxième additionneur 20 fournit en sortie la valeur de consigne de richesse $C\lambda$ de la simple boucle.
- [0091] Le deuxième régulateur 19 est par exemple du type Proportionnel-Intégral. En variante, il peut présenter une fonction de transfert telle que celle qui est décrite dans la publication FR-A1-3033364. Plus précisément, en dehors d'une plage d'écart ε_2 comprenant la valeur 0, la correction de consigne de richesse $c\lambda$ est saturée à une valeur constante négative en dessous de la plage d'écart et à une valeur constante positive au-dessus de la plage d'écart ; à l'intérieur de la plage d'écart, la correction de consigne $c\lambda$ est une fonction continue, croissante et affine par parties de l'écart ε_2 .
- [0092] Selon l'invention, le dispositif comprend des moyens de détermination 21 du débit Qech des gaz d'échappement, par exemple des moyens qui calculent le débit d'échappement Qech comme la somme du débit d'air admis Qair et du débit de carburant Qcarb ; des moyens 11,12 de détermination de la température du catalyseur Tcat ; des moyens de détermination 22 d'un seuil minimal de quantité d'oxygène OSmin et d'un seuil maximal de quantité d'oxygène OSmax à partir dudit débit Qech et de ladite température Tact, et des moyens 23 de calcul de la consigne de quantité d'oxygène OSc à partir desdits seuils minimal et maximal OSmin,OSmax.
- [0093] Par exemple, le débit des gaz d'échappement est obtenu comme la somme du débit d'air Qair mesuré par le débitmètre d'air 5 et du débit de carburant correspondant au temps d'injection de carburant Ti.
- [0094] Par exemple, les valeurs de seuil minimal et maximal OSmin,OSmax, se déduisent, pour un débit Qech et une température Tcat donnés, des valeurs de seuil minimal et maximal de quantité d'oxygène du catalyseur neuf OSmin,neuf, OSmax,neuf stockées respectivement dans la première et dans la deuxième cartographies, en multipliant respectivement lesdites valeurs par le facteur de vieillissement V déterminé après démarrage du véhicule (ou lors du roulage précédent si l'on n'a pas encore recalculé et mis à jour la valeur de l'OSC).
- [0095] Par exemple, la consigne de stock d'oxygène OSc est déterminée par la formule décrite plus haut :

- [0096] $OSc = OSmin + K \times (OSmax - OSmin)$
- [0097] Le coefficient K est compris strictement entre 0 et 1, de préférence entre 0,25 et 0,75, par exemple sensiblement égal à 0,3.
- [0098] Avantageusement, le dispositif de réglage selon l'invention comprend en outre des moyens de réinitialisation de la valeur de la quantité d'oxygène stockée OS calculée par les moyens de calcul 17. Il comprend la sonde à oxygène aval 10, qui délivre un signal de tension $U'\lambda$, les moyens de détermination 12 de la température de la sonde $T'\lambda$ et les moyens de détermination du débit $Qech$ des gaz d'échappement 21. Il comprend des moyens de comparaison du signal de tension $U'\lambda$ avec le seuil minimal de tension $U'min$ et avec le seuil maximal de tension $U'max$, qui dépendent du débit d'échappement et de la température de la sonde $T'\lambda$.
- [0099] Tant que la tension reste à l'intérieur de la plage comprise entre le seuil minimal et le seuil maximal, le calcul de l'OS se poursuit par la méthode de calcul intégral classique qui a été exposée plus haut. Cependant, si la tension atteint le seuil minimal de tension $U'min$, le calcul de l'OS est immédiatement réinitialisé à une valeur égale au seuil maximal de quantité d'oxygène $OSmax$, quel que soit le résultat du calcul intégral. De la même manière, si la tension atteint le seuil maximal de tension $U'max$, le calcul de l'OS est immédiatement réinitialisé à une valeur égale au seuil minimal de quantité d'oxygène $OSmin$, quel que soit le résultat du calcul intégral.
- [0100] Cette réinitialisation permet de pallier les erreurs d'arrondis et d'écarts de mesures de richesse $R\lambda$ cumulées qui peuvent fausser le calcul intégral. Dans le cadre d'un fonctionnement normal de l'invention, on peut choisir des régulateurs suffisamment rapides pour que, dans l'hypothèse où le calcul intégral est exact, la quantité d'oxygène stockée OS converge sur sa consigne OSc sans sortir de la plage comprise entre le seuil minimal $OSmin$ et le seuil maximal.
- [0101] Par exemple, à la suite d'un lever de pied qui entraîne une coupe d'injection de carburant et sature complètement le catalyseur en oxygène, l'OS est égale à la capacité de stockage en oxygène OSC. Au réattelage, c'est-à-dire quand le conducteur recommence à appuyer sur la pédale d'accélérateur, la régulation de richesse en boucle fermée est immédiatement remise en œuvre sur la valeur de consigne provenant des moyens de calcul 23 de consigne, et l'OS diminue sans qu'il ne descende en dessous du seuil minimal de quantité d'oxygène $OSmin$, ni qu'il ne remonte ensuite au-dessus du seuil maximal de quantité d'oxygène $OSmax$, si la régulation fonctionne avec une rapidité normale.
- [0102] Par exemple aussi, à la suite d'un pied à fond qui correspond à une demande de pleine charge (couple maximal) pour le moteur, il est fréquent d'enrichir le mélange air-carburant en boucle ouverte à une valeur de richesse très supérieure à 1, notamment pour limiter la température à l'échappement comme mentionné plus haut, et également

pour obtenir un rendement maximal. Si le conducteur maintient la pédale d'accélérateur complètement enfoncée pendant un temps assez long, l'OS du catalyseur devient nul. Lorsque le conducteur relâche au moins partiellement la pédale d'accélérateur, la régulation de richesse est remise en œuvre en boucle fermée sur la valeur de consigne provenant des moyens de calcul 23, et l'OS augmente sans toutefois remonter au-dessus du seuil maximal de quantité d'oxygène OS_{max} , ni baisser ensuite à nouveau en dessous du seuil minimal de quantité minimal OS_{min} , si la régulation fonctionne à une rapidité normale.

- [0103] Dans ces conditions, l'observation d'un basculement du signal de tension de la sonde aval U'_{λ} , qui témoigne de l'atteinte du seuil minimal ou maximal de quantité d'oxygène OS_{min}, OS_{max} est révélatrice d'un mauvais calcul de l'OS. La réinitialisation qui vient d'être exposée permet d'y remédier.
- [0104] On notera que cette réinitialisation n'exclut pas la possibilité de réinitialiser aussi le calcul de l'OS à la valeur de la capacité de stockage en oxygène OSC après un lever de pied assez long, ou à la valeur nulle après un pied à fond assez long. On notera aussi que, dans le cas où l'atteinte du seuil minimal OS_{min} ou du seuil maximal OS_{max} vient à se répéter de manière périodique après chaque réinitialisation du calcul, alors même que le moteur fonctionne sur un point de fonctionnement stabilisé et que la consigne de stock d'oxygène OS_c est constante, un biais pourra être ajouté ou retranché de manière systématique au signal de richesse R_{λ} de la sonde amont.
- [0105] La figure 4 illustre les étapes du procédé selon l'invention. Le procédé comprend une étape d'initialisation 100, dans laquelle on démarre le moteur, les données relatives au catalyseur neuf étant stockées dans le calculateur : capacité de stockage en oxygène du catalyseur neuf OSC_{neuf} ; première et deuxième cartographies de seuils minimal et maximal de quantité d'oxygène du catalyseur neuf $OS_{min,neuf}, OS_{max,neuf}$; tables de seuils maximal et minimal de tension U'_{max}, U'_{min} associées.
- [0106] Le procédé proprement dit se poursuit par une étape 200 de détermination de la valeur courante de la capacité de stockage en oxygène OSC, qui intervient dès que possible après le démarrage du moteur, lors du premier lever de pied de la part du conducteur du véhicule, puis par une étape de calcul du facteur de vieillissement V. Il se poursuit ensuite par une étape de mise à jour de la première et de la deuxième cartographie, dans laquelle on applique le facteur de vieillissement V. A cette étape, on déduit aussi la valeur de consigne de stock d'oxygène OS_c .
- [0107] On notera que pendant la période comprise entre le démarrage du moteur et la détermination de la capacité de stockage en oxygène OSC, on conserve la valeur obtenue précédemment et la valeur de facteur de vieillissement V correspondante, qui est stockée en mémoire du calculateur.
- [0108] Le procédé comprend ensuite une série d'étapes itératives 400 à 1500. A l'étape 400,

on mesure la tension U_{λ} délivrée par la sonde amont 9 et on déduit une valeur de la richesse amont R_{λ} . A l'étape 500, on mesure la tension U'_{λ} délivrée par la sonde aval 10. A l'étape 600, on détermine la valeur du débit d'échappement Q_{ech} , de la température de la sonde aval T'_{λ} et de la température du catalyseur T_{cat} .

- [0109] A l'étape 700, on déduit les valeurs respectives du seuil minimal de tension U'_{min} et du seuil maximal de tension U'_{max} correspondant aux valeurs de débit Q_{ech} et de température de la sonde aval T'_{λ} .
- [0110] Le procédé se poursuit par une première étape de test 800 dans laquelle on compare ladite tension U'_{λ} avec le seuil maximal de tension U'_{max} . Tant que ladite tension est strictement inférieure audit seuil, le procédé oriente vers une deuxième étape de test 900. Sinon, c'est-à-dire dès que ladite tension devient supérieure ou égale audit seuil, la valeur calculée de l'OS est réinitialisée à la valeur de seuil minimal de quantité d'oxygène OS_{min} (étape 1000).
- [0111] A la deuxième étape de test 900, on compare ladite tension U'_{λ} avec le seuil minimal de tension U'_{min} . Tant que ladite tension est strictement supérieure audit seuil, le procédé oriente vers une étape de calcul 1100 intégral de la quantité d'oxygène stockée tel qu'il a été exposé plus haut. Sinon, c'est-à-dire dès que ladite tension devient inférieure ou égale audit seuil, la valeur calculée de l'OS est réinitialisée à la valeur de seuil maximal de quantité d'oxygène OS_{max} (étape 1200).
- [0112] Le procédé se poursuit par une étape de détermination 1300 de la consigne de stock d'oxygène OS_c correspondant à la valeur du débit des gaz d'échappement Q_{ech} et à la température du catalyseur T_{cat} . A l'étape 1400, on calcule la valeur de l'erreur ϵ_2 entre la valeur calculée de l'OS issue de l'étape de calcul intégral 1100, ou le cas échéant d'une des étapes de réinitialisation 1000, 1200, et la valeur de consigne OS_c .
- [0113] A l'étape 1500, on détermine la valeur de la correction de consigne richesse c_{λ} à ajouter la valeur stœchiométrique pour obtenir la valeur de consigne de richesse C_{λ} à régler en boucle fermée. A l'étape 1600, on détermine la valeur de correction de temps d'injection de carburant T_c à ajouter à une durée d'injection de carburant t_i de base (qui correspond à la richesse stœchiométrique) pour obtenir une durée totale d'injection de carburant T_i dans le moteur.
- [0114] Le procédé prend fin (étape 1700) lorsque le moteur est arrêté.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif de réglage de la richesse ($R\lambda$) du mélange air-carburant dans un moteur (2) à combustion interne, à allumage et à injection contrôlés par un calculateur (13), comprenant une première boucle d'asservissement comportant :

- Une première sonde à oxygène (9) proportionnelle de mesure de la concentration en oxygène des gaz d'échappement du moteur (2) en amont du catalyseur (8), à partir de laquelle le calculateur détermine la richesse du mélange admis dans le moteur ;

- Un premier régulateur (15) de la richesse calculée ($R\lambda$) à partir de ladite sonde amont (9) selon une consigne ($C\lambda$) de richesse, qui délivre une correction (de durée d'injection de carburant (T_c) à ajouter à une durée d'injection de base (t_i) pour obtenir la durée d'injection (T_i) de carburant à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur (2),

, ledit dispositif comprenant en outre une deuxième boucle d'asservissement qui asservit la consigne de richesse ($C\lambda$) de la première boucle d'asservissement à la régulation de la quantité d'oxygène stockée (OS) dans le catalyseur, ladite deuxième boucle comportant :

- Des moyens de calcul (17) de ladite quantité d'oxygène stockée (OS) dans le catalyseur (8) ;

- Un deuxième régulateur (19) pour la régulation de ladite quantité d'oxygène stockée (OS) selon une consigne de stock d'oxygène (OS_c), qui délivre une correction de consigne de richesse ($c\lambda$) à ajouter à une consigne de richesse de base stœchiométrique pour obtenir ladite consigne de richesse ($C\lambda$),

, ledit dispositif étant CARACTERISE EN CE QU'

il comprend en outre :

- Des moyens de détermination (21) du débit des gaz d'échappement (Q_{ech}) traversant le catalyseur (8) ;

- Des moyens de détermination (11,12) de la température (T_{cat}) du catalyseur (8) ;

- Des moyens de détermination (22) d'un seuil minimal de quantité d'oxygène (OS_{min}) et d'un seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{max}) en fonction dudit débit (Q_{ech}) et de ladite température (T_{cat}), correspondant respectivement à un début de fuites de monoxyde de

carbone et à un début de fuites d'oxydes d'azote à l'aval du catalyseur ;
et,

-Des moyens de détermination (23) de ladite consigne de stock d'oxygène (OS_c) à l'intérieur d'une plage comprise entre ledit seuil minimal (OS_{min}) et ledit seuil maximal (OS_{max}).

[Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le seuil minimal de quantité d'oxygène (OS_{min}) et le seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{max}) sont déterminés respectivement à partir des seuils minimal et maximal de quantité d'oxygène d'un catalyseur neuf ($OS_{min,neuf}$, $OS_{max,neuf}$) et d'un facteur de vieillissement (V).

[Revendication 3] Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le facteur de vieillissement (V) est déterminé à partir d'une valeur de la capacité de stockage en oxygène (OSC) du catalyseur qui est déterminée après le démarrage du moteur, et d'une valeur prédéterminée de la capacité de stockage en oxygène (OSC_{neuf}) d'un catalyseur neuf.

[Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une sonde à oxygène (10) montée en aval du catalyseur (8) délivrant un signal de tension ($U'\lambda$) et des moyens de détermination de la température ($T'\lambda$) de ladite sonde aval, le début de fuite de monoxyde de carbone en aval du catalyseur (8) correspondant à un dépassement d'un seuil maximal de tension (U'_{max}), et le début de fuite d'oxydes d'azote en aval du catalyseur correspondant à un dépassement d'un seuil minimal de tension (U'_{min}), lesdits seuils minimal et maximal (U'_{min}, U'_{max}) étant fonction du débit des gaz (Q_{ech}) et de la température de ladite sonde aval ($T'\lambda$).

[Revendication 5] Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les seuils minimal et maximal de tension (U'_{min}, U'_{max}) sont prédéterminés sur catalyseur neuf.

[Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur (OS) est calculée comme la somme d'une valeur initiale et d'une intégrale temporelle du produit du débit d'échappement (Q_{ech}), du taux d'oxygène dans l'air (τ_{O_2}) et d'un facteur égal à 1 moins la valeur de la richesse ($R\lambda$) déterminée par la sonde à oxygène amont.

[Revendication 7] Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le calcul de la quantité d'oxygène stockée (OS) est réinitialisé à la valeur du seuil minimal de quantité d'oxygène (OS_{min}) quand la tension ($U'\lambda$) de la sonde aval atteint et dépasse le seuil maximal de tension (U'_{max}), et

qu'elle est réinitialisée à la valeur du seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{max}) quand la tension ($U'\lambda$) atteint et dépasse le seuil minimal de tension (U'_{min}).

[Revendication 8]

Procédé de réglage de la richesse ($R\lambda$) du mélange air-carburant dans un moteur (2) à combustion interne, à allumage et injection contrôlés par un calculateur (13), et associé à un catalyseur (8) à l'échappement, comprenant :

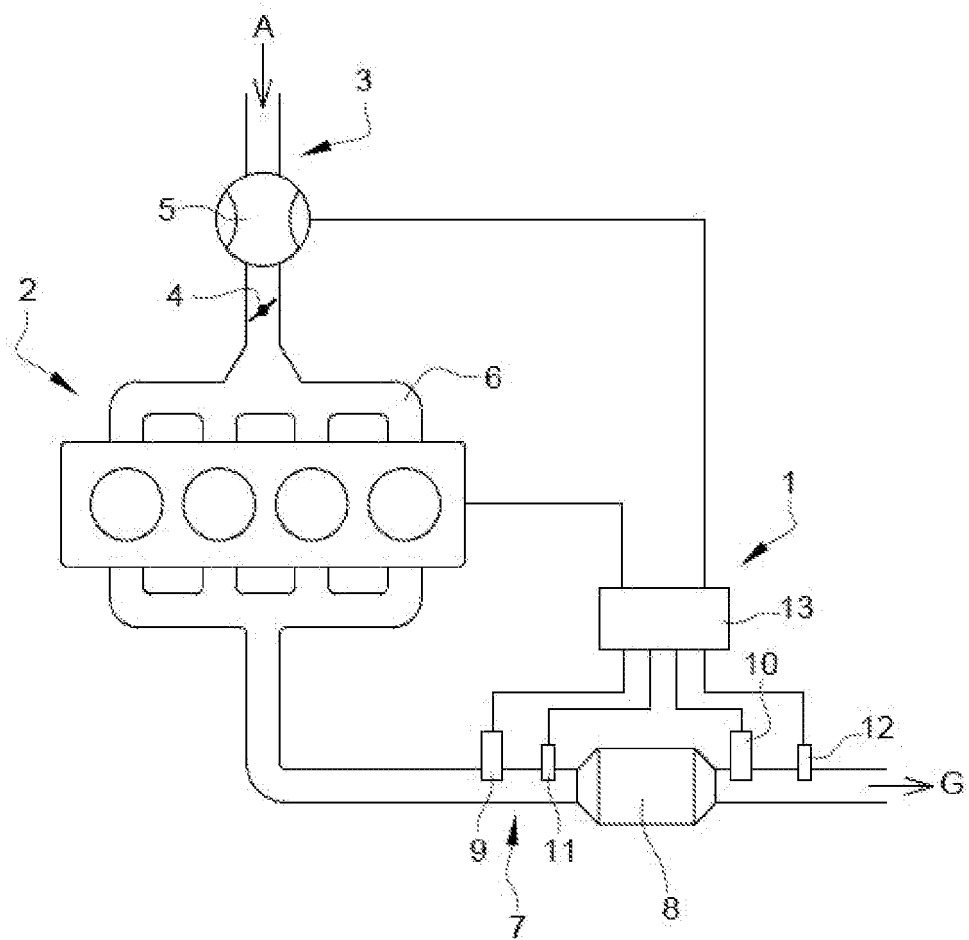
- Une étape au cours de laquelle on détermine la richesse ($R\lambda$) du mélange admis dans le moteur à partir d'une sonde à oxygène proportionnelle (9) amont du catalyseur (8),
 - Une étape au cours de laquelle on régule la richesse calculée ($R\lambda$) à partir de ladite sonde amont (9) selon une consigne de richesse ($C\lambda$), et on délivre une correction de temps d'injection de carburant (T_c) à ajouter à une durée d'injection de base, pour déterminer la durée d'injection de carburant (T_i) à appliquer afin d'obtenir la richesse du mélange à introduire dans le moteur,
 - Une étape de calcul d'une quantité d'oxygène stockée (OS) dans le catalyseur,
 - Une étape de détermination d'une consigne de stock d'oxygène (OSc), et,
 - Une étape de régulation de ladite quantité d'oxygène stockée (OS) selon ladite consigne (OSc), qui délivre une correction de consigne de richesse ($c\lambda$) à ajouter à une consigne de richesse de base stœchiométrique pour déterminer ladite consigne de richesse ($C\lambda$),
- ledit procédé étant CARACTERISE EN CE QU'il comprend en outre :
- Une étape au cours de laquelle on détermine le débit des gaz d'échappement (Q_{ech}) du moteur traversant le catalyseur,
 - Une étape au cours de laquelle on détermine la température (T_{cat}) du catalyseur,
 - Une étape au cours de laquelle on détermine un seuil minimal de quantité d'oxygène (OS_{min}) et un seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{max}) en fonction dudit débit (Q_{ech}) et de ladite température (T_{cat}), correspondant respectivement à un début de fuites de monoxyde de carbone et à un début de fuites d'oxydes d'azote à l'aval du catalyseur, et,
 - Une étape au cours de laquelle on détermine la valeur de ladite consigne de stocke d'oxygène à l'intérieur d'une plage comprise entre ledit seuil minimal (OS_{min}) et ledit seuil maximal (OS_{max}) de quantité

d'oxygène.

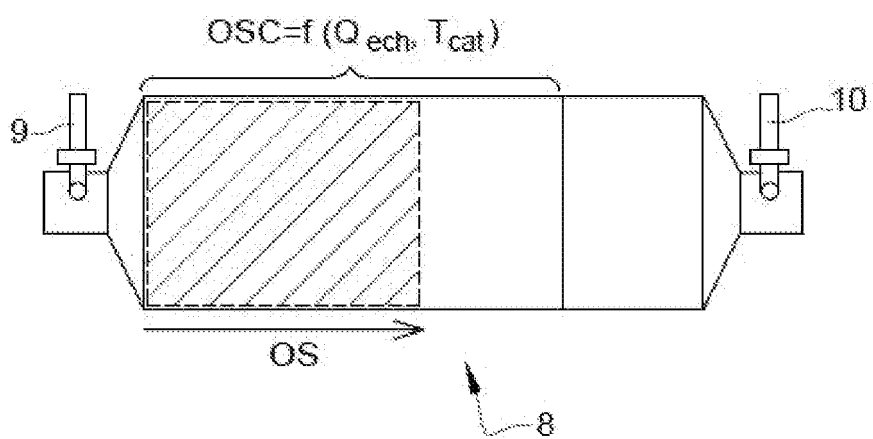
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel le seuil minimal de quantité d'oxygène (OS_{min}) et le seuil maximal de quantité d'oxygène (OS_{max}) sont déterminés respectivement à partir des seuils minimal et maximal de quantité d'oxygène ($OS_{min,neuf}$, $OS_{max,neuf}$) prédéterminés d'un catalyseur neuf et d'un facteur de vieillissement (V).
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de détermination de la capacité de stockage en oxygène (OSC) après le démarrage du moteur, et une étape de calcul du facteur de vieillissement (V) en fonction de ladite capacité de stockage en oxygène (OSC) et d'une valeur prédéterminée de la capacité de stockage en oxygène d'un catalyseur neuf (OSC_{neuf}).
- [Revendication 11] Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, sont en ce qu'il comprend une étape au cours de laquelle on détermine une valeur de tension ($U'\lambda$) délivrée par une sonde à oxygène aval (10) du catalyseur, une étape au cours de laquelle on détermine une valeur de la température ($T'\lambda$) de ladite sonde aval, et une étape au cours de laquelle on détermine, en fonction dudit débit des gaz d'échappement (Q_{ech}) et de ladite température de la sonde aval ($T'\lambda$), un seuil minimal de tension (U'_{min}) et un seuil maximal de tension (U'_{max}), dont le dépassement correspond respectivement auxdits débuts de fuites d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits seuils minimal et maximal (U'_{min} , U'_{max}) sont prédéterminés, pour chaque valeur de débit (Q_{ech}) et de température ($T'\lambda$), sur catalyseur neuf.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend une étape au cours de laquelle on calcule la quantité d'oxygène stockée dans le catalyseur (OS) comme la somme d'une valeur initiale et d'une intégrale temporelle du produit du débit des gaz d'échappement (Q_{ech}), du taux d'oxygène dans l'air et d'un facteur égal à 1 moins la valeur de la richesse ($R\lambda$) déterminée à partir de la sonde amont.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend
- des étapes au cours desquelles on compare la tension ($U'\lambda$) de la sonde aval respectivement au seuil minimal de tension (U'_{min}) et au seuil maximal de tension (U'_{max}),

- dans le cas où le seuil minimal ($U'_{\min}$) est atteint ou dépassé, une étape de réinitialisation du calcul de la quantité d'oxygène stockée à la valeur de seuil maximal de quantité d'oxygène ($OS_{\max}$),
- dans le cas où le seuil maximal de tension ($U'_{\max}$) est atteint ou dépassé, une étape de réinitialisation du calcul de la quantité d'oxygène stockée (OS) à la valeur de seuil minimal de quantité d'oxygène ($OS_{\min}$).

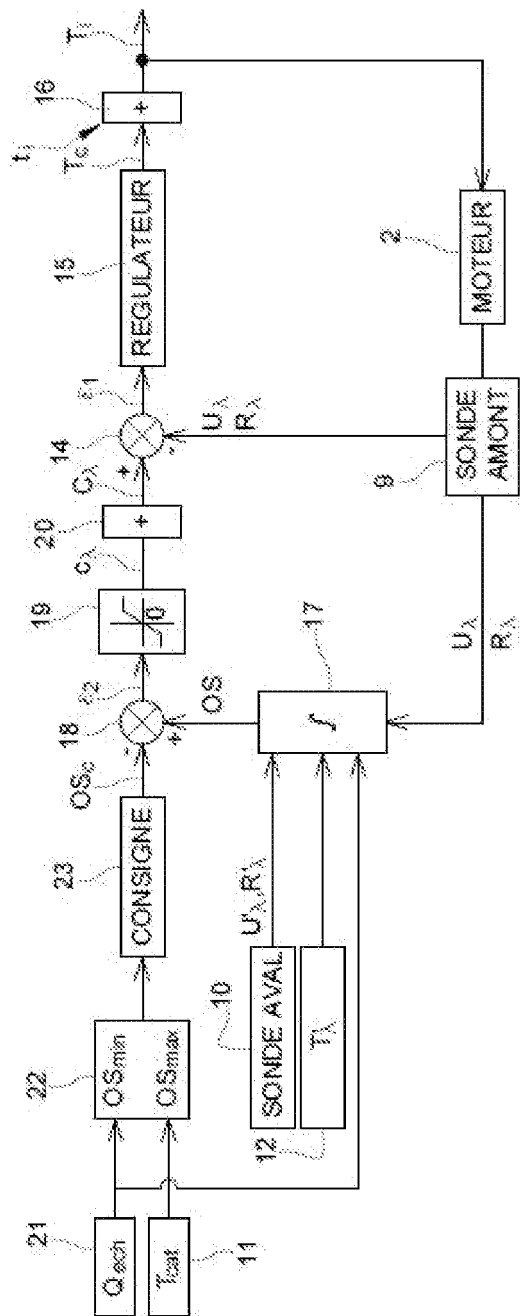
[Fig. 1]



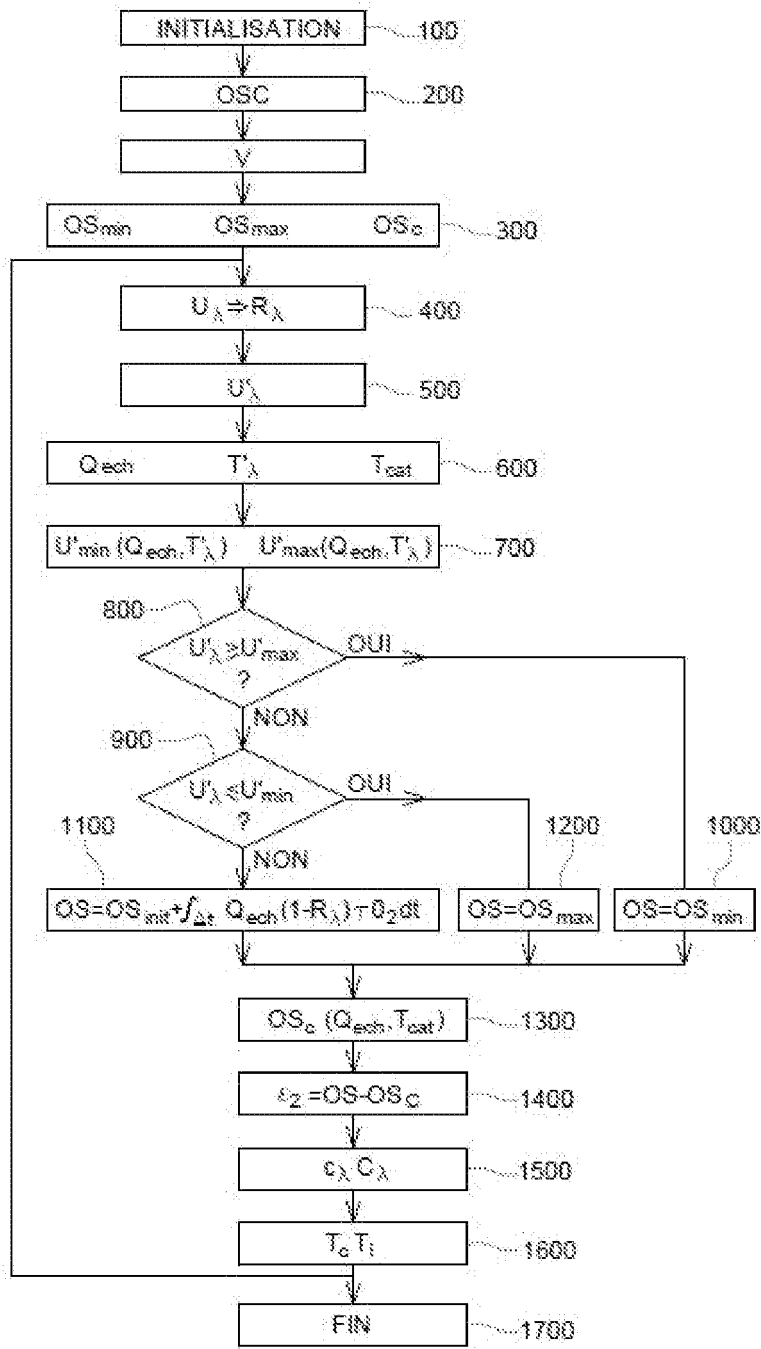
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 871361
FR 1910314

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		
X	WO 2010/139874 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]; TARDY GERARD [FR] ET AL.) 9 décembre 2010 (2010-12-09) * alinéa [0017] - alinéa [0027]; figures *	1-14	F01N3/10 F02D41/14 F02D41/26 F02D41/30
A	DE 10 2006 025050 A1 (FEV MOTORENTECH GMBH [DE]) 29 novembre 2007 (2007-11-29) * alinéas [0025] - [0029], [0033] - [0035]; figures *	1-14	
A	DE 10 2004 038481 B3 (AUDI AG [DE]) 7 juillet 2005 (2005-07-07) * alinéa [0011] - alinéa [0040]; figures 1,2,4,5 *	1-14	
A	EP 2 873 824 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 20 mai 2015 (2015-05-20) * alinéa [0022] - alinéa [0098]; figures *	1-14	
A	US 2003/005685 A1 (LEWIS DONALD JAMES [US] ET AL) 9 janvier 2003 (2003-01-09) * alinéa [0030] - alinéa [0079]; figures 1-8 *	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 2016/290269 A1 (OKAZAKI SHUNTARO [JP] ET AL) 6 octobre 2016 (2016-10-06) * alinéas [0052] - [0078], [0098] - [0120]; figures 1,5,8 *	1-14	F02D
A,D	FR 3 033 364 A1 (RENAULT SA [FR]) 9 septembre 2016 (2016-09-09) * page 6 - page 13; figures 1,2,5 *	1-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 juin 2020		Aign, Torsten	
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 1910314 FA 871361**

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 **02-06-2020**
 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 2010139874 A1	09-12-2010	EP 2438285 A1 FR 2946394 A1 WO 2010139874 A1	11-04-2012 10-12-2010 09-12-2010
DE 102006025050 A1	29-11-2007	CN 101454547 A DE 102006025050 A1 EP 2024615 A1 US 2009151323 A1 WO 2007137783 A1	10-06-2009 29-11-2007 18-02-2009 18-06-2009 06-12-2007
DE 102004038481 B3	07-07-2005	DE 102004038481 B3 US 2006032216 A1	07-07-2005 16-02-2006
EP 2873824 A1	20-05-2015	CN 104302883 A EP 2873824 A1 JP 5930031 B2 JP W02014002604 A1 US 2015204260 A1 WO 2014002604 A1	21-01-2015 20-05-2015 08-06-2016 30-05-2016 23-07-2015 03-01-2014
US 2003005685 A1	09-01-2003	DE 10225937 A1 DE 10262181 B4 GB 2380692 A US 2003005685 A1 US 2003051467 A1	06-03-2003 05-04-2012 16-04-2003 09-01-2003 20-03-2003
US 2016290269 A1	06-10-2016	AU 2016201876 A1 BR 102016007087 A2 CN 106014664 A DE 102016105277 A1 FR 3034456 A1 KR 20160117177 A US 2016290269 A1	20-10-2016 01-11-2016 12-10-2016 06-10-2016 07-10-2016 10-10-2016 06-10-2016
FR 3033364 A1	09-09-2016	AUCUN	