



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
15.11.2023 Bulletin 2023/46

(21) Numéro de dépôt: **23172354.5**

(22) Date de dépôt: **09.05.2023**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F02D 41/14 ^(2006.01) **F01N 3/20** ^(2006.01)
F02M 26/05 ^(2016.01) **F02M 26/06** ^(2016.01)
F02D 41/00 ^(2006.01) **F02D 9/04** ^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F02D 41/1461; F01N 3/2066; F02D 41/0065;
F02D 41/1406; F02D 41/1445; F02D 41/1465;
F02M 26/05; F02M 26/06; F02D 9/04;
F02D 2041/1412; F02D 2041/1433;
F02D 2200/0802; F02D 2200/0806

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Renault s.a.s**
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:
• **Lefevre, Cédric**
91510 Lardy (FR)
• **Pereira, Luc**
91510 Lardy (FR)

(30) Priorité: **12.05.2022 FR 2204515**

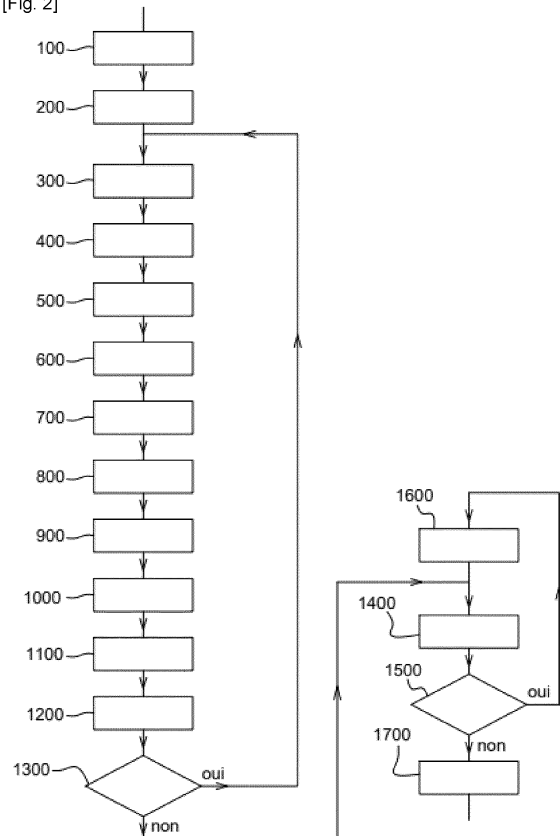
(54) **PROCÉDÉ DE RÉGLAGE DE LA RECIRCULATION PARTIELLE DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT À L'ADMISSION D'UN MOTEUR DIESEL**

(57) L'invention concerne un procédé de réglage de la recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur diesel suralimenté comprenant un circuit EGR à haute pression et un circuit EGR à basse pression.

Le taux d'EGR et la répartition entre débit de gaz EGR à haute pression et débit de gaz EGR à basse pression est définie à priori pour respecter un niveau d'émissions de NOx à la sortie du moteur.

Selon l'invention, on modifie pas à pas la répartition entre les débits de gaz EGR à haute et à basse pression de manière à diminuer le débit d'oxydes d'azote à la sortie du circuit d'échappement du moteur.

[Fig. 2]



Description**Domaine Technique de l'invention**

- 5 **[0001]** L'invention concerne un procédé de réglage de la recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne à allumage par compression (de type diesel).
- [0002]** Elle concerne plus précisément un procédé de réglage de la répartition du taux de recirculation des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur diesel entre, d'une part, un taux de recirculation partielle à basse pression et, d'autre part, un taux de recirculation partielle à haute pression desdits gaz d'échappement.
- 10 **[0003]** Elle trouve une application avantageuse sous la forme d'un procédé de réglage embarqué dans un véhicule automobile équipé d'un moteur diesel suralimenté associé à deux circuits de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission du moteur, respectivement à basse et à haute pression.

Etat de la technique

- 15 **[0004]** De nombreux moteurs à combustion interne diesel modernes, en particulier ceux des véhicules automobiles, sont du type suralimenté par un turbocompresseur et sont équipés à la fois d'un circuit de recirculation partielle à basse pression des gaz d'échappement à l'admission du moteur et d'un circuit de recirculation partielle à haute pression des gaz d'échappement à l'admission, comme il est illustré par la figure 1.
- 20 **[0005]** Sur la figure 1, on a représenté un moteur de type diesel suralimenté par un turbocompresseur, qui sur cet exemple comporte quatre cylindres en ligne.
- [0006]** Le moteur est associé à un circuit d'admission d'air 2 et à un circuit d'échappement 3 des gaz de combustion du moteur. Il est aussi associé à un circuit d'alimentation de carburant dont on a représenté des injecteurs de carburant 4, qui permettent d'injecter du carburant (gazole) directement dans les chambres de combustion du moteur, par exemple à partir d'une rampe commune 5 qui est elle-même alimentée en carburant à partir notamment d'un réservoir, d'une pompe à basse pression et d'une pompe à haute pression non représentés.
- 25 **[0007]** Sauf précision contraire, les débits mentionnés dans la suite sont des débits massiques.
- [0008]** Le circuit d'admission d'air 2 comprend, d'amont en aval dans le sens de circulation de l'air : un filtre à air 6, un débitmètre 7 apte à mesurer le débit d'air Q_{air} entrant dans le moteur ; un compresseur 8 d'un turbocompresseur 9 ; une vanne d'admission 10 des gaz d'admission dans le moteur ; un refroidisseur 11 desdits gaz d'admission quand ils sont comprimés par le compresseur 8 ; et, un collecteur d'admission 12, ou répartiteur 12 du moteur.
- 30 **[0009]** Le circuit d'échappement 3 comprend, d'amont en aval dans le sens de circulation des gaz d'échappement du moteur : un collecteur d'échappement 13 ; une turbine 14 du turbocompresseur 9, qui est montée sur un arbre commun au compresseur 8 ; et, une pluralité de dispositifs de dépollution 15, 16, 17 des gaz de combustion du moteur. Il peut comprendre en outre un volet de vannage à l'échappement 18.
- 35 **[0010]** Par exemple, un premier dispositif de dépollution 15 peut comprendre un piège à oxydes d'azote 15, qui peut être associé à un premier catalyseur d'oxydation.
- [0011]** Par exemple, un deuxième dispositif de dépollution 16 peut comprendre un catalyseur de réduction sélective des oxydes d'azote (dit aussi catalyseur SCR, de l'acronyme en anglais pour : Sélective Catalytic Réduction) associé à un filtre à particules.
- 40 **[0012]** Par exemple, un troisième dispositif de dépollution 17 peut comprendre un deuxième catalyseur d'oxydation, notamment monté sous la caisse du véhicule.
- [0013]** Ces exemples (types de dispositif de dépollution, nombre, et disposition les uns par rapport aux autres) sont non limitatifs.
- 45 **[0014]** D'autre part, dans le cadre de l'invention, le circuit d'échappement 3 comprend deux circuits de recirculation partielle 19, 20 des gaz d'échappement à l'admission du moteur :

Un premier circuit de recirculation partielle à basse pression 19, en abrégé circuit EGR-LP (des acronymes en anglais EGR pour « Exhaust Gas Recycling » et LP pour « Low Pressure »), prélève une partie des gaz d'échappement du moteur en un point du circuit d'échappement 3 situé en aval de la turbine 14, ici de manière non limitative entre la sortie du deuxième dispositif 16 et l'entrée du troisième dispositif 17 de dépollution. Il les réintroduit en un point du circuit d'admission d'air 2 situé en amont du compresseur 8, plus précisément entre la sortie du débitmètre 7 et l'entrée du compresseur 9. Le circuit EGR-LP 19 comprend un filtre 21, un refroidisseur 22 et une vanne de réglage 23, dite aussi vanne EGR-LP 23, dont la position angulaire permet de contrôler le débit des gaz recyclés à basse pression Q_{egrp} circulant dans ledit circuit EGR-LP 19, seule ou en combinaison avec la position du volet de vannage à l'échappement 18, dont un plus grand degré de fermeture permet d'augmenter la pression en amont de la vanne EGR-LP 23.

50

55

Un deuxième circuit de recirculation partielle à haute pression 20, en abrégé circuit EGR-HP (des acronymes en

anglais EGR pour « Exhaust Gas Recycling » et HP « pour High Pressure ») prélève une partie des gaz d'échappement en un point situé en amont de la turbine 14, c'est-à-dire à la sortie du collecteur d'échappement 13, et il les réintroduit en un point du circuit d'admission 2 situé en aval du compresseur 8, plus précisément entre la sortie du refroidisseur 11 des gaz d'admission et l'entrée du collecteur d'admission 12. Le circuit EGR-HP 20 comprend une vanne de réglage 24, dite aussi vanne EGR-HP 24, dont la position angulaire permet de contrôler le débit des gaz recyclés à haute pression Q_{egrhp} circulant dans ledit circuit EGR-HP 20, seule ou en combinaison avec la vanne d'admission 10, dont un plus grand degré de fermeture permet d'abaisser la pression en aval de la vanne EHR-HP 24. Bien entendu, dans le cas où on est amené à refermer partiellement la vanne d'admission 10, cela a aussi tendance à diminuer le débit volumique d'air admis dans le moteur, mais on maintient alors le débit massique en augmentant la pression de suralimentation et donc la masse volumique admise.

[0015] Il est connu que l'utilisation d'une proportion de gaz d'échappement recyclés à l'admission sur un moteur diesel permet principalement de diluer le mélange air-carburant avec de tels gaz issus de la combustion, déjà brûlés et inertes, diminuant ainsi la pression partielle d'oxygène dans les cylindres du moteur et augmentant la capacité calorifique du mélange gazeux d'air et de gaz recyclés, ce qui permet ainsi d'abaisser la température de la combustion dans le moteur et par conséquent de diminuer les émissions d'oxydes d'azote (NOx) à la sortie du moteur. Par ailleurs, l'utilisation de la recirculation à haute pression peut aussi permettre d'augmenter la température des gaz d'échappement, ce qui est favorable à la montée en température rapide des dispositifs de dépollution et donc à leur efficacité de traitement. Cependant, elle présente des inconvénients :

- Notamment, ladite augmentation de la température des gaz d'échappement est défavorable au compromis NOx / particules. En d'autres termes, la diminution des émissions d'oxydes d'azote est obtenue en contrepartie d'une augmentation des émissions de particules fines ou de suie (PM) qu'il faut compenser par des régénérations plus fréquentes du filtre à particules.
- D'autre part, comme le circuit EGR-HP prélève des gaz brûlés dès la sortie du collecteur d'échappement 13, le débit Q_{egrhp} de ces gaz recyclés à haute pression (dits de manière abrégée gaz EGR-HP) ne passe pas à travers la turbine 14. C'est autant d'énergie en moins pour la suralimentation.
- D'autre part encore, le débit des gaz EGR-HP ne traversant pas les dispositifs de dépollution 15, 16, 17 entraîne une diminution du flux thermique (i.e. du produit du débit massique et de la température) qui est reçu par lesdits dispositifs, ce qui est défavorable à leur montée en température et à leur efficacité de traitement.

[0016] L'utilisation de la recirculation à basse pression permet de pallier ces inconvénients, mais elle présente aussi des désavantages :

- Notamment, la recirculation à basse pression ne peut pas être utilisée dans toutes les conditions, en particulier pas par grand froid, car les gaz d'échappement recyclés à basse pression (dits de manière abrégée gaz EGR-LP) sont susceptibles de faire condenser la vapeur d'eau qu'ils contiennent dans le refroidisseur 22 du circuit EGR-LP. Les gaz EGR-LP peuvent aussi faire condenser la vapeur d'eau que l'air frais d'admission contient, lors de la rencontre entre l'air et les gaz EGR-LP, cette condensation pouvant endommager les aubes du compresseur 8.
- D'autre part, pour atteindre des taux de recyclage élevés, c'est-à-dire pour obtenir des débits Q_{egrp} de gaz EGR-LP importants relativement à la somme du débit d'air Q_{air} et du débit de gaz recyclés, il est parfois nécessaire de procéder à la fermeture partielle du volet de vannage à l'échappement 18 afin d'augmenter l'écart de pression entre l'échappement et l'admission du moteur dans les conditions de fonctionnement du moteur où cet écart est trop faible pour que le débit Q_{egrp} de gaz recyclés à basse pression puisse être obtenu uniquement en ouvrant la vanne EGR-LP 21. Cela entraîne une augmentation des pertes par pompage du moteur et par conséquent de la consommation de carburant du moteur.

[0017] Les conditions de fonctionnement du moteur étant très variées et les prestations attendues (consommation de carburant, émissions de différents types de polluants, etc...) multiples et souvent sujettes à des compromis, on a donc équipé beaucoup de moteurs diesel modernes des deux types de circuit EGR, de manière à pouvoir disposer du plus grand nombre de possibilités techniques pour régler le moteur de façon à obtenir ces prestations.

[0018] Il est d'autre part avantageux de pouvoir utiliser simultanément la recirculation à basse pression et la recirculation à haute pression pour pouvoir tirer parti des avantages de chacun des circuits de recirculation 19, 20.

[0019] On définit ainsi sur un tel moteur d'une part un taux de recirculation τ_{egr} dit aussi « taux d'EGR » comme le rapport du débit total des gaz EGR divisé par le débit gazeux total (air et gaz EGR) admis dans le moteur, selon l'équation 1 suivante :

$$\tau_{egr} = (Q_{egrp} + Q_{egrhp}) / (Q_{air} + Q_{egrp} + Q_{egrhp})$$

[0020] On définit en outre un taux de répartition S dit aussi « taux de split » comme la proportion de gaz EGR-HP dans le débit total des gaz EGR, selon l'équation 2 suivante :

$$S = Q_{egrhp} / (Q_{egrp} + Q_{egrhp})$$

[0021] Notamment, quand le taux de répartition est égal à 1, il n'y a que des gaz EGR-HP, et quand il est égal à 0, il n'y a que des gaz EGR-LP.

[0022] Il peut par exemple être avantageux d'utiliser un taux de répartition S différent de 1 ou de 0 dans différentes situations.

- Pour obtenir un taux d'EGR τ_{egr} donné, on peut notamment maximiser le débit Q_{egrp} de gaz EGR-LP uniquement en ouvrant la vanne EGR-LP 23 mais sans avoir recours au volet de vannage à l'échappement 18, et fournir le complément de gaz recyclés sous forme d'un débit Q_{egrhp} de gaz EGR-HP.
- A faible régime et/ou à faible charge du moteur, il est avantageux d'utiliser plutôt des gaz EGR-HP afin de maximiser la température des gaz d'échappement pour favoriser la montée en température des dispositifs de dépollution. A plus forte charge, la température est suffisante, et il devient au contraire avantageux d'utiliser plutôt des gaz EGR-LP afin de diminuer les émissions d'oxydes d'azote, qui sont plus élevées qu'à faible charge. En cas de transition brutale d'un point de fonctionnement du moteur peu chargé vers un autre qui est plus chargé, par exemple lors d'une accélération franche qui augmente la consigne de couple du moteur, il est avantageux de basculer progressivement de la recirculation à haute pression vers la recirculation à basse pression en fonction de la valeur courante du couple du moteur pendant la phase transitoire, en faisant varier le taux de répartition, plutôt que de transiter brutalement d'un type de recirculation vers l'autre, ce qui entraînerait des difficultés de contrôle du moteur (plus précisément : mauvaise adéquation momentanée entre le débit réel d'air et le débit de gaz EGR, en raison de la dynamique d'établissement plus lente du débit de gaz EGR-LP par rapport au débit de gaz EGR-HP).

[0023] C'est un objectif général de l'invention que de définir dans toutes les conditions d'utilisation, non seulement un taux d'EGR τ_{egr} qui, en association avec un débit d'air Q_{air} et un ou des débits de carburant Q_{carb} (et du ou des phasages correspondants), soit adapté en fonction d'un objectif de niveau d'émissions d'oxydes d'azote, mais aussi de définir le meilleur taux de répartition S possible entre le débit provenant du circuit EGR-HP et celui qui provient du circuit EGR-LP.

[0024] Dans les moteurs connus de l'état de la technique, ce taux de répartition S est défini notamment :

- selon le point de fonctionnement du moteur, c'est-à-dire en fonction d'un ensemble de paramètres comprenant au moins le régime N, couple C, et généralement en outre la température du liquide de refroidissement ;
- selon les conditions ambiantes dans lesquelles fonctionne le moteur, par exemple : température ambiante, pression atmosphérique ;
- en fonction du taux d'EGR τ_{egr} requis et de la capacité du circuit EGR-LP à réaliser ce taux à lui seul en augmentant le degré d'ouverture de la vanne EGR-LP 23 sans avoir recours au vannage à l'échappement, comme mentionné plus haut.

[0025] Cependant, dans ces moteurs, la valeur du taux de répartition S est définie pour répondre aux différentes contraintes évoquées plus haut sans tenir compte de l'efficacité de traitement des oxydes d'azote des différents dispositifs de dépollution, ce qui peut conduire dans de nombreuses situations à ne pas minimiser les émissions d'oxydes d'azote rejetées dans l'atmosphère extérieure.

[0026] En effet, si un taux d'EGR τ_{egr} donné conduit à une réduction donnée des émissions d'oxydes d'azote à la sortie du moteur de manière quasiment indépendante du taux de répartition S, les gaz EGR-LP et les gaz EGR-HP ayant pratiquement le même effet sur la combustion, à leur niveau de température près, il n'en va pas de même des émissions d'oxydes d'azote par le véhicule, c'est-à-dire à la sortie du circuit d'échappement 3, puisque les débits gazeux parcourant les dispositifs de dépollution, et par voie de conséquence, les efficacités respectives de traitement de ceux-ci, sont affectées par ce taux de répartition S.

[0027] Un point notable dans les différences entre les gaz EGR-LP et les gaz EGR-HP est le fait que les gaz EGR-LP passent à travers tout ou partie des dispositifs de dépollution du moteur (selon l'endroit du circuit d'échappement où on prélève les gaz EGR-LP), tandis que les gaz EGR-HP sont prélevés sans en traverser aucun. Dans l'exemple de la figure 1, les gaz EGR-LP sont prélevés entre le deuxième 16 et le troisième dispositif 17 de dépollution, c'est-à-dire,

après avoir traversé d'une part le piège à oxydes d'azote du premier dispositif de dépollution 15 et le catalyseur SCR du deuxième dispositif de dépollution 16 qui ont tous deux un effet de traitement des oxydes d'azote compris dans les gaz de combustion issus du moteur.

[0028] Ainsi, si la recirculation à basse pression permet d'abaisser le niveau d'émission des NOx directement à la sortie du moteur au même titre que la recirculation à haute pression, on observe les deux phénomènes suivants :

Premièrement, le débit de NOx qui est vu par le ou les dispositifs de post-traitement traversés est plus important quand on utilise un débit de gaz recyclés à basse pression EGR-LP Qegr_{lp} que si on utilise un débit équivalent de gaz recyclés à haute pression Qegr_{hp}, parce-que le débit de gaz brûlés total à traiter est égal à la somme du débit d'air Q_{air}, du débit de carburant Q_{carb} et du débit de gaz recyclés à basse pression Qegr_{lp}, tandis que dans le cas de la recirculation à haute pression, le débit de gaz brûlés total à traiter est égal seulement à la somme du débit d'air Q_{air} et du débit de carburant.

[0029] Alors, à efficacité égale de traitement des NOx du ou des dispositifs concernés, c'est-à-dire en supposant que le pourcentage traité des oxydes d'azote est identique, les émissions à la sortie du circuit d'échappement sont susceptibles d'augmenter.

[0030] Par exemple, si on considère un taux d'EGR τ_{egr} qui est égal à 50% et une efficacité de traitement des NOx des dispositifs de dépollution traversés 15,16 qui est égale à 20% dans tous les cas :

- dans le cas où la recirculation se fait entièrement à haute pression (taux de répartition S égal à 1), les émissions de NOx à la sortie du circuit d'échappement sont égales à 80% des émissions du moteur, car le débit des NOx en sortie du moteur est multiplié par un facteur égal à $1 - 0,2$; tandis que,
- dans le cas où la recirculation se fait entièrement à basse pression (taux de répartition S égal à 0), le débit vu par les dispositifs de dépollution est sensiblement égal au double du débit d'air (en négligeant le débit de carburant), si bien que les émissions de NOx à la sortie du circuit d'échappement sont augmentées de 60% par rapport aux émissions à la sortie du moteur, car le débit des NOx à la sortie du moteur est multiplié par un facteur égal à $2 \times (1 - 0,2)$.

[0031] Bien entendu, une telle différence de comportement des émissions de NOx à la sortie du circuit d'échappement, selon qu'on utilise la recirculation à haute ou à basse pression, dépend à chaque fois du taux de recirculation et de l'efficacité de traitement des NOx considérés.

[0032] Deuxièmement, l'efficacité de traitement des NOx du ou des dispositifs de post-traitement est variable, et elle dépend notamment du débit volumique de gaz brûlés Q_{ech,vol} traversant un tel dispositif. Pour un même débit (massique) d'air frais Q_{air} et de carburant Q_{carb} admis dans le moteur, ce débit volumique Q_{ech,vol} augmente avec l'utilisation de la recirculation à basse pression. Or il est connu que d'une manière générale, l'efficacité de traitement d'un dispositif de dépollution diminue quand la vitesse volumique horaire VVH augmente. La vitesse volumique horaire VVH d'un dispositif de dépollution est définie comme le rapport entre le débit volumique Q_{ech,vol} entrant, exprimé en l/h, et le volume du pain catalytique du dispositif, exprimé en litres. Elle représente l'inverse du temps de séjour des gaz dans le dispositif, c'est-à-dire, la durée que les gaz mettent à traverser le dispositif. Plus le temps de séjour est court, plus l'efficacité de traitement est faible, et ce d'autant plus dans les phases de fonctionnement où l'efficacité maximale n'est pas atteinte.

[0033] On ne peut donc pas faire l'hypothèse que l'efficacité du ou des dispositifs de dépollution traversés par les gaz brûlés est la même selon qu'on utilise la recirculation à haute ou à basse pression.

[0034] Pour augmenter l'efficacité de traitement des NOx des dispositifs de dépollution, il conviendrait de diminuer la vitesse volumétrique horaire VVH.

[0035] Ainsi, s'il semble judicieux de diminuer les émissions de NOx à la sortie du moteur, en termes de concentration dans les gaz, en choisissant un taux d'EGR τ_{egr} approprié, il convient aussi de considérer cette baisse au regard de l'augmentation du débit et de la baisse de vitesse volumique horaire VVH qui peut être engendré par un choix de taux de répartition S donné. Or, l'optimum de taux de répartition n'est pas constant selon la sensibilité de l'efficacité du ou des différents dispositifs de post-traitement à une pluralité de paramètres, dont la vitesse volumétrique horaire, la température, la masse de NOx déjà stockée dans un piège à oxydes d'azote, le débit de réducteurs (Adblue®) injecté dans un catalyseur SCR ainsi que la quantité d'ammoniac AS qui y est stockée, etc.

[0036] La modélisation de l'efficacité des différents dispositifs de dépollution étant très complexe et obéissant à des phénomènes peu linéaires, les procédés selon l'état de la technique ne tiennent pas compte des états particuliers des dispositifs de dépollution lors de la définition du taux de répartition S. Les émissions de NOx à la sortie du circuit d'échappement sont une conséquence indirecte des émissions à la sortie du moteur, qu'on tente de minimiser, et du débit à l'échappement en amont des dispositifs de dépollution ainsi que de l'efficacité de ceux-ci. On ne peut donc parvenir à une optimisation des rejets de NOx dans l'atmosphère extérieure.

Présentation de l'invention

[0037] L'invention vise à remédier aux défauts des procédés de réglage connus de la recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur diesel. Elle vise plus précisément à améliorer le réglage du taux de répartition S , de manière à diminuer les émissions de NO_x à la sortie du circuit d'échappement du moteur.

Résumé de l'invention

[0038] Pour atteindre cet objectif, l'invention porte sur un procédé de réglage de la recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur diesel suralimenté et associé à un circuit de recirculation partielle à haute pression et à un circuit de recirculation partielle à basse pression des gaz d'échappement à l'admission du moteur, ledit procédé comprenant :

- déterminer (100) un ensemble de paramètres (N, C) représentatifs du point de fonctionnement du moteur
- déterminer (200) une valeur de débit d'air (Q_{air}), un débit de carburant (Q_{carb}), un taux de recirculation (τ_{egr}) des gaz d'échappement à l'admission et un taux de répartition initial (S_0) entre un débit de gaz recirculés à haute pression (Q_{egrhp}) et un débit de gaz recirculés à basse pression (Q_{egrhp}), permettant de produire le couple moteur (C) en respectant une concentration d'oxydes d'azote $[\text{NO}_x]_{\text{eo}}$ donnée à la sortie du moteur,

[0039] La principale caractéristique de l'invention est qu'il comprend des étapes suivantes :

- faire varier de manière itérative (1200) le taux de répartition (S) par rapport à la valeur de taux de répartition précédente (S, S_0) dans un premier sens de variation tant qu'une valeur de débit d'oxydes d'azote ($Q_{\text{NO}_x, \text{tp}}$) à la sortie du circuit d'échappement du moteur diminue ;
- dès que ledit débit d'oxydes d'azote à l'échappement ($Q_{\text{NO}_x, \text{tp}}$) augmente, faire varier de manière itérative (1400) le taux de répartition (S) dans un deuxième sens de variation contraire au premier sens de variation tant que la valeur de débit d'oxydes d'azote ($Q_{\text{NO}_x, \text{tp}}$) à la sortie du circuit d'échappement du moteur diminue.

Présentation des figures

[0040] L'invention sera mieux comprise à la lecture d'un mode de réalisation non limitatif de celle-ci, à l'appui des figures annexées parmi lesquelles :

[Fig. 1] La figure 1 est une représentation schématique d'un premier exemple de dispositif de motorisation apte à la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

[Fig. 2] La figure 2 est un logigramme qui représente les différentes étapes du procédé selon l'invention, selon un mode de réalisation.

Description détaillée

[0041] La figure 1 a déjà été décrite plus haut et n'appelle pas de commentaires supplémentaires.

[0042] La figure 2 illustre les différentes étapes du procédé selon l'invention, dans un mode de réalisation préféré de celle-ci.

[0043] Le procédé est itératif et il est mis en oeuvre par un calculateur du moteur, par pas de temps successifs, tant que le point de fonctionnement du moteur reste suffisamment stable, c'est-à-dire, tant que les variations du régime N et du couple moteur sont sensiblement nulles.

[0044] Le procédé débute par une étape 100 de détermination du point de fonctionnement du moteur par le calculateur. On détermine un ensemble de paramètres représentatifs du point de fonctionnement comprenant au moins le régime N et le couple, et éventuellement des paramètres supplémentaires comme la température du liquide de refroidissement (température d'eau) T_{eau} .

[0045] Le procédé se poursuit par une étape 200 de détermination d'un débit d'air Q_{air} , d'un débit de carburant Q_{carb} , d'un taux d'EGR τ_{egr} et d'un taux de répartition initial S_0 entre débit de gaz EGR-LP et débit de gaz EGR-BP, qui sont aptes, selon l'état de la technique, à permettre la production du couple moteur C tout en assurant une pluralité de prestations déjà mentionnées plus haut, notamment l'obtention d'une concentration d'oxydes d'azotes à la sortie du moteur $[\text{NO}_x]_{\text{eo}}$. A l'étape 200, cette concentration d'oxydes d'azotes à la sortie du moteur $[\text{NO}_x]_{\text{eo}}$, qui correspond aussi à la concentration d'oxydes d'azote en amont des dispositifs de dépollution, est déterminée, par exemple grâce à un capteur de concentration ou par un modèle.

[0046] Le procédé comprend ensuite un ensemble d'étapes itératives qui sont mises en oeuvre dès que le calculateur

détecte que le point de fonctionnement (étape 100) est suffisamment stabilisé, et dont le déroulement est interrompu s'il détecte qu'il ne l'est plus. Par exemple, pour conclure à la stabilité, le calculateur peut par exemple calculer la dérivée temporelle du régime dN/dt et du couple dC/dt et constater que ces deux dérivées sont inférieures à des seuils respectifs.

[0047] Le procédé comprend une étape 300 dans laquelle, selon l'invention, la valeur du taux de répartition S est remplacée par une valeur modifiée. La première valeur retenue correspond au taux de répartition initial S_0 .

[0048] Le procédé comprend une étape 400 dans laquelle on calcule le débit total de gaz recyclés Q_{egr} , le débit de gaz EGR-HP Q_{egrhp} et le débit de gaz EGR-LP Q_{egrlp} , à partir du débit d'air Q_{air} , du taux d'EGR τ_{egr} et du taux de répartition S , en se servant des équations 1 et 2.

[0049] Le procédé comprend ensuite une étape 500 de calcul du débit de gaz d'échappement Q_{ech} à l'entrée du premier dispositif de dépollution 15, avant que des gaz EGR-LP soient prélevés le cas échéant. Il s'agit de la somme du débit d'air Q_{air} , du débit de carburant Q_{carb} (qui peut être éventuellement négligé dans le cas d'un moteur diesel fonctionnant en mélange pauvre) et du débit de gaz EGR-LP Q_{egrlp} .

[0050] Dans le cadre de l'invention, au moins un dispositif de dépollution apte à avoir une action de traitement des oxydes d'azote est traversé par les gaz d'échappement avant que des gaz EGR-LP soient prélevés. Dans l'exemple particulier de la figure 1, il s'agit du premier dispositif de dépollution 15, qui comprend un piège à oxydes d'azote, et du deuxième dispositif de dépollution 16, qui comprend un catalyseur SCR.

[0051] On supposera dans la suite pour simplifier la présentation du procédé que, contrairement au cas présenté à la figure 1, les gaz EGR-LP sont prélevés dès la sortie du premier dispositif de dépollution. Cependant le procédé est facilement adaptable mutatis mutandis dans le cas où plusieurs dispositifs de dépollution successifs sont traversés avant le point de prélèvement des gaz EGR-LP (par exemple deux dans le cas de la figure 1).

[0052] A l'étape 600 du procédé, on calcule le débit d'oxydes d'azote $Q_{NOx,ech}$ entrant dans le premier dispositif de dépollution 15. Il s'agit du produit du débit Q_{ech} calculé à l'étape 400 et de la concentration d'oxydes d'azote $[NOx]_{eo}$ déterminée à l'étape 200.

[0053] A l'étape 700, on calcule le débit volumique de gaz d'échappement $Q_{ech,vol}$ à l'entrée du premier dispositif de dépollution, à partir du débit (massique) Q_{ech} calculé à l'étape 500, en se servant de l'équation des gaz parfaits et à partir de la pression et de la température à l'entrée ou dans ledit dispositif.

[0054] A l'étape 800, on en déduit la vitesse volumétrique horaire dans le premier dispositif de dépollution, en divisant le débit volumique $Q_{ech,vol}$ de l'étape 700 par le volume du pain catalytique dudit dispositif.

[0055] Le procédé se poursuit par une étape 900 dans laquelle on détermine une pluralité de paramètres supplémentaires qui exercent une influence sur l'efficacité de traitement des NOx (réduction des NOx en diazote N_2 et en eau H_2O) du premier dispositif de dépollution. Ces paramètres dépendent de la nature du dispositif. Dans l'exemple de la figure 1, s'agissant d'un piège à oxydes d'azote, on déterminera au moins la température T et la masse d'oxydes d'azote déjà stockée dans le piège. Par exemple, dans le cas d'un catalyseur SCR, on détermine au moins la température, le débit de réducteurs injectés et la quantité d'ammoniac AS stockée dans le catalyseur SCR.

[0056] Le procédé se poursuit encore par une étape 1000 dans laquelle on détermine la valeur de l'efficacité ϵ_{red} de traitement du premier dispositif. On peut notamment utiliser une cartographie établie par des essais préalables en fonction des valeurs de la vitesse volumétrique horaire V_{VH} de l'étape 700 et des différents paramètres déterminés à l'étape 900.

[0057] A l'étape 1100, on détermine le débit d'oxydes d'azote à la sortie du circuit d'échappement $Q_{NOx,tp}$, dit aussi débit de NOx « tail pipe », selon l'équation 3 suivante :

$$Q_{NOx,tp} = (1 - \epsilon_{red}) \times Q_{NOx,ech}$$

[0058] Selon l'invention, le procédé comprend ensuite une étape 1200 dans laquelle on fait varier le taux de répartition S par rapport à la valeur précédemment déterminée et stockée dans le calculateur à l'étape 300. Dans une première variante du procédé, on diminue le taux de répartition S . Par exemple, on fait varier ledit taux d'une valeur constante négative. Dans une deuxième variante du procédé, on augmente le taux de répartition S . Par exemple, on fait varier ledit taux d'une valeur constante positive.

[0059] Cette action a, d'une part, un effet sur la vitesse volumétrique horaire et sur l'efficacité des dispositifs de dépollution. D'autre part, elle a aussi une action sur la concentration d'oxydes d'azote à la sortie du moteur $[NOx]_{eo}$, et donc sur le débit d'oxydes d'azote $Q_{NOx,ech}$ entrant dans le premier dispositif de dépollution 15. Ces deux effets cumulés peuvent conduire, selon les cas de figure, à savoir selon la sensibilité des émissions d'oxydes d'azote par le moteur à la température des gaz EGR (selon qu'on utilise plutôt de l'EGR-HP ou de l'EGR-LP) et selon la sensibilité de l'efficacité du dispositif de dépollution 15 à la vitesse volumique horaire WH , à augmenter ou à diminuer le débit d'oxydes d'azote à la sortie du circuit d'échappement $Q_{NOx,tp}$.

[0060] Le procédé se poursuit par une étape 1300 dans laquelle on détermine la nouvelle valeur de débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx,tp}$ résultant de cette modification du taux de répartition S , et on réalise un test qui consiste

à vérifier si ledit débit $Q_{NOx, tp}$ est inférieur à la valeur précédente.

[0061] Si tel est le cas, le procédé reprend à l'étape 300, dans laquelle la valeur du taux de répartition est remplacée par la nouvelle valeur ayant conduit à une diminution des émissions de NOx. On peut alors poursuivre au pas suivant par une nouvelle modification du taux de répartition S, qui va dans le même sens de la diminution ou de l'augmentation qu'au pas précédent, et d'une valeur identique, par exemple -0,005 ou +0,0005.

[0062] Dans le cas contraire, le procédé oriente vers une étape 1400 dans laquelle on fait varier le taux de répartition dans le sens contraire de celui qui avait été retenu de manière itérative à l'étape 1200. En d'autres termes, dans la première variante du procédé, où on a diminué le taux de répartition S à l'étape 1200, on l'augmente à l'étape 1400. De même, dans la deuxième variante du procédé, où on a augmenté le taux de répartition S à l'étape 1200, on le diminue à l'étape 1400.

[0063] Le procédé se poursuit alors par une étape 1500 dans laquelle on détermine la nouvelle valeur de débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$ résultant de cette modification du taux de répartition S, et on réalise un test qui consiste à vérifier si ledit débit est inférieur à la valeur précédente.

[0064] Si tel est le cas, le procédé se poursuit par une étape 1600, dans laquelle la valeur du taux de répartition S est remplacée par la nouvelle valeur ayant conduit à une diminution des émissions de NOx. On peut alors poursuivre au pas suivant par une nouvelle modification du taux de répartition S, qui va dans le même sens de l'augmentation ou de la diminution qu'au pas précédent, et qui peut être d'une valeur identique, par exemple +0,005 ou -0,0005.

[0065] Dans le cas contraire, c'est-à-dire si on observe une augmentation du débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$ par rapport à la valeur immédiatement précédente, le procédé oriente vers une étape 1700 dans laquelle on fige la valeur du taux de répartition S sur la valeur immédiatement précédente.

[0066] Dans un mode de réalisation de l'invention, on peut limiter la variation totale cumulée du taux de répartition S à une valeur constante prédéterminée, par exemple +0,10 ou -0,10 de variation de taux de répartition par rapport à la valeur initiale S_0 dans les deux sens, c'est-à-dire tant à l'étape 1200 qu'à l'étape 1400, après quoi on fige la valeur, jusqu'à ce que le point de fonctionnement du moteur soit modifié, ce qui conduira à ce moment à définir une nouvelle valeur de taux de répartition initial S_0 à l'étape 300 et à reprendre les étapes itératives du procédé sur cette base.

[0067] En d'autres termes, si après une succession d'étapes 1200 de variation du taux de répartition atteignant -0,1 (cas de la première variante du procédé) ou +0,1 (deuxième variante du procédé) par rapport à la valeur initiale du taux de répartition S_0 , on continue d'observer une diminution du débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$, on arrête de faire varier ledit taux de répartition S et on le fige sur la dernière valeur obtenue. Autrement dit le procédé ne reprend pas à l'étape 1200.

[0068] De la même manière, si après une première itération de l'étape 1200 de variation du taux de répartition conduisant à une augmentation du débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$ qui conduit le procédé à se poursuivre par des étapes 1400 de variation du taux de répartition en sens contraire, c'est-à-dire dans le sens de l'augmentation selon la première variante du procédé ou dans le sens de la diminution selon la deuxième variante du procédé, on observe qu'après une succession d'étapes 1400 de variation du taux de répartition dans ledit sens contraire atteignant +0,1 (cas de la première variante du procédé) ou -0,1 (deuxième variante du procédé) par rapport à la valeur initiale du taux de répartition S_0 , on continue d'observer une diminution du débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$, on arrête de faire varier ledit taux de répartition S et on le fige sur la dernière valeur obtenue. Autrement dit le procédé ne reprend pas à l'étape 1400.

[0069] Bien entendu, la variation totale cumulée du taux de variation S est toujours limitée à une valeur maximale dans le sens de la diminution et dans le sens de l'augmentation par le fait que le taux de répartition S est toujours compris entre 0 et 1, indépendamment du fait que l'on prévoie ou non une valeur constante prédéterminée pour la variation maximale cumulée du taux.

[0070] Ce procédé permet pas à pas et de manière empirique de diminuer efficacement les rejets d'oxydes d'azote dans l'atmosphère sans qu'il soit besoin d'avoir recours à une modélisation très complexe de la totalité du dispositif de motorisation.

[0071] On comprend de l'exposé des étapes qui précède, que l'invention permet de trouver empiriquement un minimum local de débit d'oxydes d'azote à l'échappement $Q_{NOx, tp}$.

Revendications

1. Procédé de réglage de la recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur diesel suralimenté et associé à un circuit de recirculation partielle à haute pression et à un circuit de recirculation partielle à basse pression des gaz d'échappement à l'admission du moteur, ledit procédé comprenant :

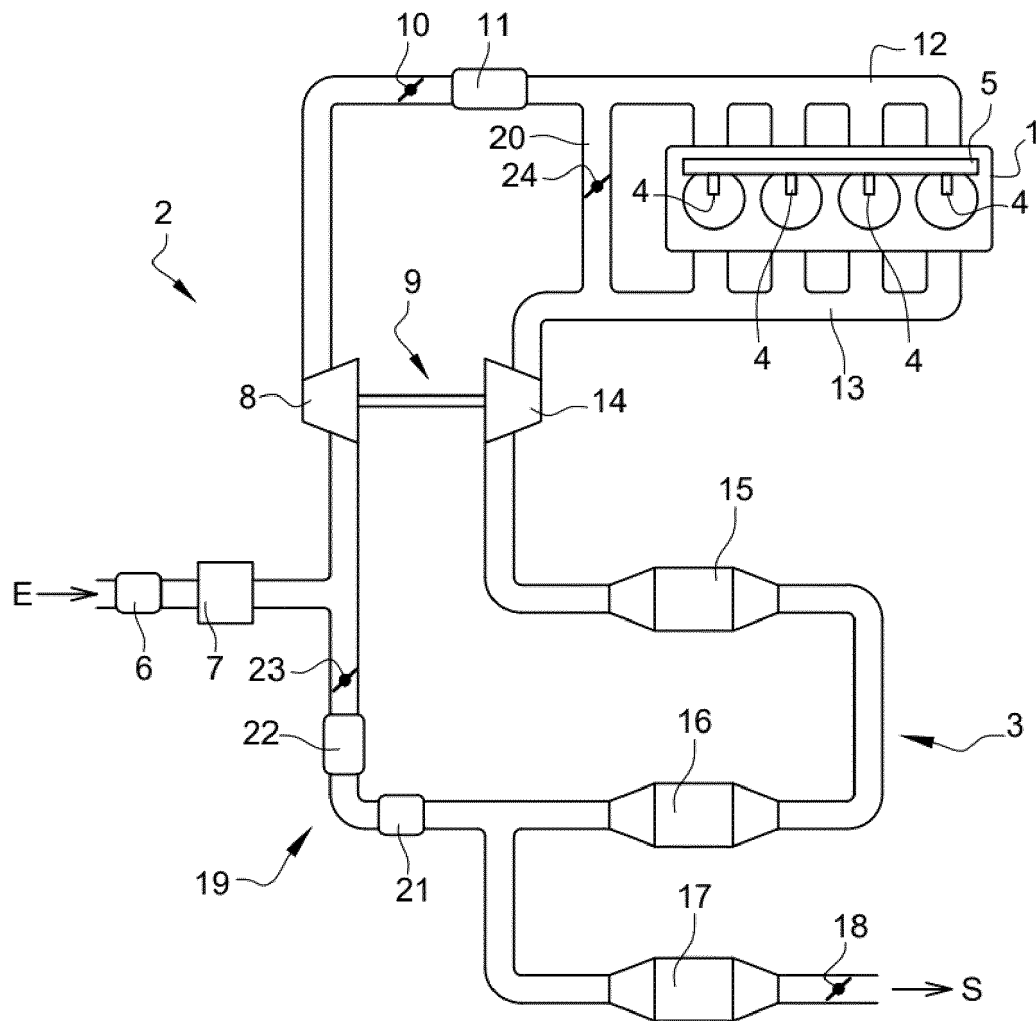
- déterminer (100) un ensemble de paramètres (N,C) représentatifs du point de fonctionnement du moteur,
- déterminer (200) une valeur de débit d'air (Q_{air}), un débit de carburant (Q_{carb}), un taux de recirculation (τ_{egr})

des gaz d'échappement à l'admission et un taux de répartition initial (S_0) entre un débit de gaz recirculés à haute pression (Q_{egrhp}) et un débit de gaz recirculés à basse pression (Q_{egrhp}), permettant de produire le couple moteur (C) en respectant une concentration d'oxydes d'azote $[NO_x]_{eo}$ donnée à la sortie du moteur, **CARACTERISE EN CE QU'**il comprend des étapes suivantes :

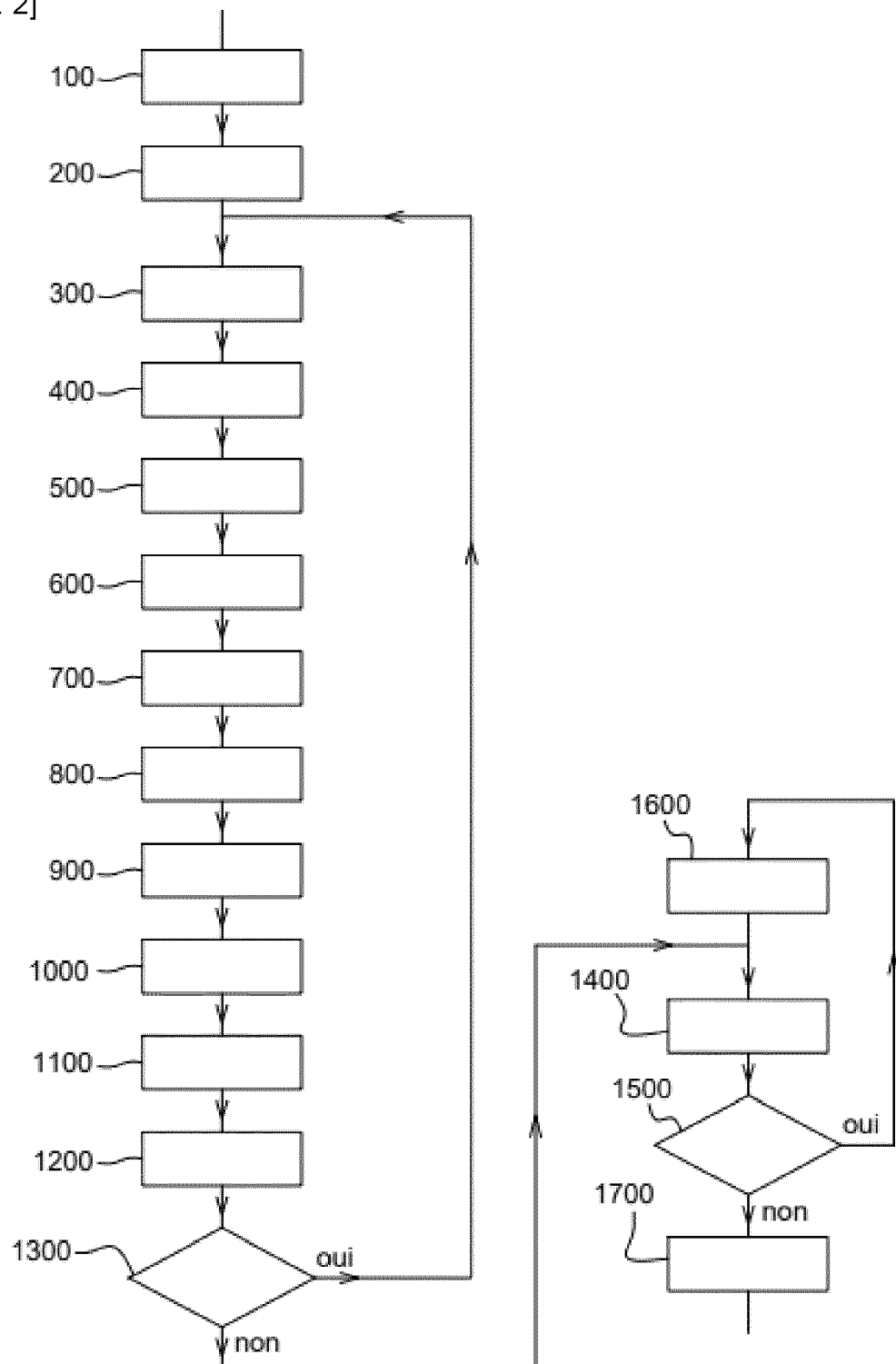
- faire varier de manière itérative (1200) le taux de répartition (S) par rapport à la valeur de taux de répartition précédente (S, S_0) dans un premier sens de variation tant qu'une valeur de débit d'oxydes d'azote ($Q_{NO_x, tp}$) à la sortie du circuit d'échappement du moteur diminue ;
- dès que ledit débit d'oxydes d'azote à l'échappement ($Q_{NO_x, tp}$) augmente, faire varier de manière itérative (1400) le taux de répartition (S) dans un deuxième sens de variation contraire au premier sens de variation tant que la valeur de débit d'oxydes d'azote ($Q_{NO_x, tp}$) à la sortie du circuit d'échappement du moteur diminue.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les variations successives du taux de répartition (S) dans le premier sens de variation ont des valeurs identiques entre elles.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les variations successives du taux de répartition (S) dans le deuxième sens de variation ont des valeurs identiques entre elles.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la modification du taux de répartition (S) dans le premier sens de variation est arrêtée si la variation totale cumulée atteint une valeur constante maximale prédéterminée.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les modifications du taux de répartition (S) dans le deuxième sens de variation est arrêtée si la variation totale cumulée atteint une valeur constante maximale prédéterminée.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les variations du taux de répartition (S) commencent si le point de fonctionnement du moteur est stable, et qu'elles sont interrompues dès qu'il ne l'est plus.

[Fig. 1]



[Fig. 2]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 17 2354

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	JP 4 924229 B2 (TOYOTA MOTOR CORP) 25 avril 2012 (2012-04-25) * alinéas [0013] - [0017], [0041] - [0055], [0136] - [0147]; figures 1,2,15 *	1-6	INV. F02D41/14 F01N3/20 F02M26/05 F02M26/06 F02D41/00
A	US 2017/335780 A1 (DIXON JON [GB] ET AL) 23 novembre 2017 (2017-11-23) * alinéas [0076] - [0088]; figures 1,4 *	1-6	ADD. F02D9/04
A	DE 10 2010 056514 A1 (FEV GMBH [DE]) 5 juillet 2012 (2012-07-05) * alinéa [0045]; figure 8 *	1-6	
A	EP 2 844 858 B1 (RENAULT SAS [FR]) 11 mars 2020 (2020-03-11) * alinéas [0038] - [0048] *	1-6	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F02D F02M
Lieu de la recherche			Examineur
La Haye			Deseau, Richard
Date d'achèvement de la recherche			
25 septembre 2023			
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul			T : théorie ou principe à la base de l'invention
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
A : arrière-plan technologique			D : cité dans la demande
O : divulgation non-écrite			L : cité pour d'autres raisons
P : document intercalaire			& : membre de la même famille, document correspondant

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 23 17 2354

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

25-09-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 4924229 B2	25-04-2012	JP 4924229 B2	25-04-2012
		JP 2009002184 A	08-01-2009

US 2017335780 A1	23-11-2017	CN 107401462 A	28-11-2017
		EP 3246549 A1	22-11-2017
		RU 2017112942 A	15-10-2018
		US 2017335780 A1	23-11-2017
		US 2020232402 A1	23-07-2020

DE 102010056514 A1	05-07-2012	CN 102562329 A	11-07-2012
		DE 102010056514 A1	05-07-2012
		JP 5946269 B2	06-07-2016
		JP 2012140953 A	26-07-2012
		US 2013000600 A1	03-01-2013

EP 2844858 B1	11-03-2020	EP 2844858 A2	11-03-2015
		FR 2990244 A1	08-11-2013
		WO 2013164548 A2	07-11-2013

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82