

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDÉ DE DIAGNOSTIC DE LA PLAUSIBILITÉ DE DÉRIVE D'UN CAPTEUR DÉBIT-MÈTRE D'AIR DANS UN MOTEUR THERMIQUE.

②② Date de dépôt : 14.10.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.04.23 Bulletin 23/16.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 01.09.23 Bulletin 23/35.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : DAMANCE Hugo, LEFEVRE Cédric et
PEREIRA Luc.

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

⑦④ Mandataire(s) : CASALONGA.



Description

Titre de l'invention : PROCÉDÉ DE DIAGNOSTIC DE LA PLAUSIBILITÉ DE DÉRIVE D'UN CAPTEUR DÉBITMÈTRE D'AIR DANS UN MOTEUR THERMIQUE

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne les procédés de diagnostic d'un débitmètre de moteur thermique permettant de déterminer s'il est défectueux ou s'il dérive, notamment en cas de fuite d'air admission.
- [0002] La présente invention vise à constituer un procédé de diagnostic qui permet de diagnostiquer pratiquement en continu la dérive du débitmètre d'air ou diagnostiquer une fuite admission, sans nécessairement couper la recirculation des gaz d'échappement.

Techniques antérieures

- [0003] Sur des moteurs à essence ou diesel équipés d'un débitmètre, la norme impose le diagnostic embarqué d'une dérive de ce capteur pour vérifier l'absence de fuite d'air à l'admission.
- [0004] Les diagnostics actuels comparent un modèle de remplissage du moteur, qui utilise des capteurs de pression et de température, avec le débitmètre d'air.
- [0005] Cela nécessite de couper la recirculation des gaz d'échappement, et ce pendant cinq à dix secondes, ce qui impacte l'efficacité de la dépollution et augmente la consommation, puisque la recirculation permet, lorsqu'elle n'est pas coupée, de diminuer les rejets d'oxydes d'azote d'un moteur diesel et la consommation de carburant et des émissions de dioxyde de carbone d'un moteur essence.
- [0006] Il est donc nécessaire de pouvoir limiter ces coupures autant que possible sans restreindre les capacités de diagnostic embarqué.
- [0007] La demande de brevet FR2010965 divulgue un procédé de diagnostic d'un débitmètre d'air dans un moteur à combustion interne suralimenté, comportant au moins un circuit de recirculation partielle à basse pression des gaz d'échappement à l'admission du moteur, et pouvant comporter en outre un circuit de recirculation partielle à haute pression des gaz d'échappement à l'admission du moteur, ledit procédé comprenant au moins une étape de coupure du recyclage des gaz d'échappement puis une étape de diagnostic principal dans laquelle : on mesure une première valeur du débit d'air admis dans le moteur par le débitmètre ; on calcule une deuxième valeur du débit d'air grâce à un modèle de remplissage des cylindres du moteur ; et, on conclut que le débitmètre est en bon état ou défaillant respectivement quand la valeur absolue de l'écart entre ladite première et ladite deuxième valeur est inférieure ou supérieure à un seuil.

- [0008] Ce procédé vise à résoudre le problème de coupure de circuit de recirculation, mais manque de précision car le pré diagnostic ne permet pas toujours de conclure.
- [0009] Au contraire, l'invention permet d'obtenir un diagnostic qui minimise l'incertitude sur le diagnostic et qui ne nécessite pas la coupure systématique du circuit de recirculation.
- [0010] La demande de brevet US2008/0270011 utilise une comparaison d'un modèle avec le débitmètre d'air, avec de nombreuses variations de réglages de mode de combustion et de température, et ne permet pas d'avoir un modèle de débit d'air frais précis.
- [0011] La demande de brevet JP2006329138 décrit une estimation du débit compresseur basée sur la vitesse de rotation du turbocompresseur et du ratio de compression pour ensuite le comparer au débitmètre d'air. Le problème est l'obtention de la vitesse du turbocompresseur qui provient soit d'un capteur du régime turbocompresseur qui n'est pas disponible sur tous les moteurs, soit d'un modèle turbine peu fiable pour les turbo-compresseurs.
- [0012] Les demandes de brevet DE102014105838 et FR3053117 décrivent l'utilisation d'un capteur de pression dans les cylindres, qui n'est pas présent sur tous les véhicules thermiques, pour déterminer la masse d'air enfermée dans le cylindre, ce qui n'est pas fonctionnel en pratique.

Exposé de l'invention

- [0013] L'invention a pour but de pallier au moins certains des inconvénients précités et de proposer un procédé de diagnostic capable de cumuler des avantages de précision, stabilité et fiabilité pour sa mise en œuvre.
- [0014] Au vu de ce qui précède, l'invention a pour objet un procédé de diagnostic de la plausibilité de dérive d'un capteur débitmètre d'air adapté pour la mesure directe du débit d'air frais entrant dans un moteur thermique associé à un circuit d'admission d'air et à un circuit d'échappement des gaz brûlés ayant une recirculation des gaz d'échappement vers l'admission, l'admission étant commandée par un volet d'admission et la recirculation des gaz d'échappement par une vanne de recirculation, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- [0015] - une étape de mesure d'une première valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission par ledit débitmètre,
- [0016] - une étape d'estimation d'une deuxième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission à partir d'un modèle de remplissage appliqué au débit d'air gazeux total entrant dans le moteur et d'un premier ensemble de débits d'airs annexes à la ligne d'admission,
- [0017] - une étape de calcul d'une troisième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission à partir d'une équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant aux

bornes du volet d'admission et d'un deuxième ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission,

[0018] - une étape de calcul d'une quatrième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission donné par un débit de carburant et un signal d'une sonde de richesse montée dans le circuit d'échappement du moteur.

[0019] Le procédé n'impose donc pas de coupure de la vanne de recirculation des gaz d'échappement, mais comporte en outre une étape de calcul de la médiane des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débit d'air frais, et une étape de comparaison de la valeur renvoyée par le débitmètre d'air avec la médiane précédemment calculée.

[0020] De préférence, le premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission comprend un débit de gaz d'échappement recyclés à l'admission du moteur. Il peut s'agir par exemple d'un débit de gaz d'échappement recyclés à haute pression, ou d'un débit de gaz d'échappement recyclés à basse pression, ou des deux en combinaison.

[0021] En outre, le premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission peut comprendre un débit gazeux provenant de la purge d'un réservoir de vapeurs de carburant.

[0022] Avantageusement, le réservoir de vapeurs de carburant fait partie d'un circuit de purge ayant un premier point de débouché juste après le débitmètre et un deuxième point de débouché après le volet d'admission. En variante, un seul point de débouché parmi les deux peut être présent.

[0023] La deuxième valeur de débit d'air, notée $Q_{air_mdl_remplissage}$, est donnée par le calcul

correspondant à l'équation 1 suivante :

$$[0024] \quad Q_{air_mdl_remplissage} = Q_{tot_mdl_remplissage} - Q_{egr_hp_bsv} - Q_{egr_bp_bsv} - Q_{canister_amont_compresseur} - Q_{canister_collecteur}$$

[0025] Avec :

[0026] • $Q_{tot_mdl_remplissage}$ est le débit total donné par le modèle de remplissage en

fonction au moins de la pression et de la température dans le collecteur d'admission du moteur et du régime moteur,

• $Q_{egr_hp_bsv}$ est un débit de gaz d'échappement recyclés à haute pression, calculé en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à haute pression :

[0027]

$$Q_{egr_{hp} bsv} = \frac{Se_{egr_{hp}} \cdot P_{amont_{egr_{hp}}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{egr_{hp}}}}{P_{aval_{egr_{hp}}}} \right)}{\sqrt{r \cdot T_{amont_{egr_{hp}}}}}$$

[0028] où :

- [0029] • $Se_{egr_{hp}}$ est la section aéraulique de la vanne de recirculation à haute pression, calibrée en fonction de la recopie de position angulaire de ladite vanne,
- r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air,
 - $P_{amont_{egr_{hp}}}$ est la pression en amont de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à haute pression, issue d'un capteur ou d'un modèle,
 - $P_{aval_{egr_{hp}}}$ est la pression en aval de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à haute pression, issue d'un capteur ou d'un modèle,
 - $T_{amont_{egr_{hp}}}$ est la température en amont de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à haute pression, issue d'un capteur ou d'un modèle
 - $bsv \left(\frac{P_{amont}}{P_{aval}} \right)$ est la fonction de Barré de Saint-Venant,
 - $Q_{egr_{bp} bsv}$ est le débit des gaz d'échappement recyclés à basse pression calculé en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à basse pression :

[0030]

$$Q_{egr_{bp} bsv} = \frac{Se_{egr_{bp}} \cdot P_{amont_{egr_{bp}}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{egr_{bp}}}}{P_{aval_{egr_{bp}}}} \right)}{\sqrt{r \cdot T_{amont_{egr_{bp}}}}}$$

[0031] Avec :

- [0032] • $S_{e_{egr_{bp}}}$ est la section aéraulique de la vanne de recirculation à basse pression calibrée en fonction de la recopie de position angulaire de ladite vanne,
- $P_{amont_{egr_{bp}}}$ est la pression en amont de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à basse pression, issue d'un capteur ou d'un modèle,
- $P_{aval_{egr_{bp}}}$ est la pression en aval de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à basse pression, issue d'un capteur de pression ou d'un modèle,
- $T_{amont_{egr_{bp}}}$ est la température en amont de la vanne de recirculation des gaz d'échappement à basse pression, issue d'un capteur ou d'un modèle,
- $Q_{canister_{amont_{compresseur}}}$ et $Q_{canister_{collecteur}}$ sont les débits estimés de vapeurs de carburant réintroduits à l'admission du moteur respectivement en aval du débitmètre et en aval du volet d'admission, l'estimation étant réalisée par exemple en utilisant également le principe de Barré de Saint-Venant sur des vannes de commande des circuits de purge reliant le réservoir de vapeurs de carburant à l'admission du moteur.

[0033] Selon une forme de réalisation, la médiane calculée est comparée à la première valeur de débit d'air frais :

[0034] - en calculant un ratio de diagnostic donné par le quotient de ladite première valeur sur la médiane, auquel quotient est soustrait un, puis

[0035] - en calculant l'erreur de diagnostic donnée par la différence entre ledit ratio de diagnostic et zéro, puis

[0036] - en intégrant dans le temps ladite erreur de diagnostic, puis

[0037] - en comparant l'intégrale de diagnostic obtenue à une première valeur seuil prédéfinie permettant le diagnostic de dérive du débitmètre d'air.

[0038] Dans un mode de réalisation, on définit un intervalle de non-diagnostic défini par une deuxième valeur seuil et une troisième valeur seuil inférieure à ladite deuxième valeur seuil, et

- [0039] – si le ratio de diagnostic est inférieur à la deuxième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite deuxième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil,
- si le ratio de diagnostic est dans l'intervalle de non-diagnostic, l'intégrale de

diagnostic est maintenue égale à elle-même pour sa comparaison à la première valeur seuil,

- si le ratio de diagnostic est supérieur à la troisième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite troisième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil.

[0040] Par exemple, de manière non limitative, la première valeur seuil est comprise entre quinze et vingt-cinq centièmes.

[0041] Par exemple, le procédé peut prévoir que la troisième valeur de débit d'air, notée $Q_{air_{thr}}$, soit donnée par le calcul correspondant à l'équation 2 suivante :

$$Q_{air_{thr}} = Q_{tot_{thr}} - Q_{canister_{amont_{compresseur}}} - Q_{egr_{bp_{bsv}}}$$

[0042] où :

$$Q_{tot_{thr}} = \frac{Se_{thr} \cdot P_{amont_{thr}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{thr}}}{P_{aval_{thr}}} \right)}{\sqrt{r} \cdot T_{amont_{thr}}}$$

le volet d'admission

- [0043] • Se_{thr} est la section aéraulique calibrée en fonction de la recopie de position angulaire du volet d'admission,
- $P_{amont_{thr}}$ est la pression en amont du volet d'admission donnée par un capteur de pression,
- $P_{aval_{thr}}$: Pression en aval du volet d'admission (capteur de pression collecteur ou modèle de pression aval volet d'admission),
- $T_{amont_{thr}}$: température en amont du volet d'admission (issue d'un capteur ou d'un modèle),

[0044] r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air.

[0045] On notera que dans cette équation 2, contrairement au débit gazeux total estimé grâce au modèle de remplissage, le débit gazeux traversant le volet d'admission ne comprend ni le débit de gaz d'échappement recyclés à haute pression, ni le débit de vapeurs de carburant introduit à l'entrée du collecteur d'admission, ces deux débits étant introduits en aval dudit volet.

[0046] De préférence, on conditionne la prise en compte ou non de chacune des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane à une stabilité desdites valeurs de débits, de manière à prendre en compte que les débits ne sont pas temporellement synchronisés et à écarter des effets transitoires sur les débits susceptibles de les éloigner de leurs points de fonctionnement stabilités.

[0047] L'invention concerne également un procédé dans lequel on ajoute au moins l'une des

conditions de précision suivantes qui permettent de prendre en compte ou non les première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane :

- [0048] - pour chaque équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant, exiger que le rapport entre la pression amont et la pression aval dépasse une quatrième valeur seuil,
- [0049] - pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que le débit carburant ne passe sous une cinquième valeur seuil au-dessous de laquelle la dispersion de réalisation de la quantité injectée réelle de carburant par rapport à sa consigne est trop élevée,
- [0050] - pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que la richesse ne passe sous une sixième valeur seuil au-dessous de laquelle l'imprécision de mesure de la sonde de richesse est grande, notamment supérieure à un pourcent.

Description détaillée

- [0051] Le procédé vise le diagnostic de la plausibilité de dérive d'un capteur débitmètre d'air frais d'un moteur thermique de véhicule, c'est-à-dire le débit d'air prélevé à l'extérieur du véhicule.
- [0052] Le procédé s'applique sur un circuit d'admission de véhicule pouvant comprendre par exemple, d'amont en aval dans le sens de la circulation de l'air :
 - [0053] - un filtre à air,
 - [0054] - un débitmètre adapté pour la mesure directe du débit d'air entrant dans le moteur,
 - [0055] - un compresseur de turbocompresseur adapté pour comprimer l'air combiné le cas échéant à des gaz d'échappement recyclés à basse pression à l'admission du moteur,
 - [0056] - un échangeur thermique adapté pour refroidir les gaz d'admission après leur compression dans le compresseur,
 - [0057] - un volet d'admission, dit aussi « boîtier papillon » dans le cas d'un moteur à essence, pour le réglage du débit d'air et de gaz d'échappement recyclés à basse pression entrant dans le moteur,
 - [0058] - un répartiteur ou collecteur d'admission du moteur,
- [0059] le circuit d'échappement comprenant, d'amont en aval dans le sens de circulation des gaz brûlés :
 - [0060] - un collecteur d'échappement,
 - [0061] - une turbine du turbocompresseur, montée sur un arbre commun avec le compresseur, qui sert à prélever de l'énergie sur les gaz d'échappement qui la traversent, cette énergie de détente étant transmise au compresseur, via l'arbre commun, pour la compression des gaz d'admission,
 - [0062] - une pluralité de dispositifs de dépollution des gaz de combustion du moteur,
 - [0063] - un ou deux circuits de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, dont par exemple un premier circuit de recirculation à haute pression prenant naissance en un point du circuit d'échappement situé en amont de la turbine et renvoyant les gaz

en un point du circuit d'admission situé en aval du compresseur, et plus précisément en aval du volet d'admission, et par exemple un deuxième circuit de recirculation à basse pression adapté pour prélever des gaz d'échappement situés en aval de la turbine, généralement en aval d'au moins un des dispositifs de dépollution, et pour les renvoyer en un point du circuit d'admission situé en amont du compresseur, mais en tout cas en aval du débitmètre qui ne mesure donc qu'un débit d'air seul,

[0064] - un filtre dans le circuit de recirculation des gaz d'échappement basse pression, ayant un refroidisseur et une vanne, dite vanne de recirculation à basse pression, qui permet d'obtenir un débit plus ou moins important de gaz recyclés à basse pression,

[0065] - une vanne, dite vanne de recirculation à haute pression, qui permet d'obtenir un débit plus ou moins important de gaz recyclés à haute pression.

[0066] En outre, le moteur peut comprendre un circuit de purge des vapeurs de carburant, ayant un premier point de débouché après le débitmètre et un deuxième point de débouché après le volet d'admission. En variante, un seul point de débouché parmi les deux peut être présent.

[0067] Le procédé permet en particulier le diagnostic de la plausibilité de dérive du capteur débitmètre d'air adapté pour la mesure directe du débit d'air frais entrant dans le moteur thermique associé au circuit d'admission d'air et au circuit d'échappement des gaz brûlés ayant un circuit de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, l'admission étant commandée par un volet d'admission et la recirculation des gaz d'échappement par une vanne de recirculation.

[0068] Le procédé comprend les étapes suivantes :

[0069] - une étape de mesure d'une première valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission par ledit débitmètre,

[0070] - une étape d'estimation d'une deuxième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission à partir d'un modèle de remplissage appliqué au débit gazeux total entrant dans le moteur et d'un premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission,

[0071] - une étape de calcul d'une troisième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission par l'application d'une équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant aux bornes du volet d'admission et d'un deuxième ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission,

[0072] - une étape de calcul d'une quatrième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission donné par un débit de carburant et un signal d'une sonde de richesse montée dans le circuit d'échappement du moteur.

[0073] L'étape d'estimation de la deuxième valeur de débit d'air est réalisée en utilisant l'équation 1 mentionnée plus haut et rappelée plus bas, dans laquelle le débit gazeux total est obtenu à partir d'un modèle de remplissage et le ou les débits gazeux annexes

du premier ensemble par des équations de Barré de Saint Venant (mentionnées plus haut également).

[0074] D'une manière générale, le premier ensemble est constitué de la totalité des débits gazeux, à l'exception du débit d'air, qui pénètrent dans les cylindres du moteur. Dans l'exemple de l'équation 1, il s'agit des débits de gaz d'échappement recyclés à basse et à haute pression et des débits de purge de vapeurs de carburant renvoyés en aval du débitmètre et en aval du volet d'admission. Cependant la liste est non limitative.

[0075] La correspondance entre la pression dans ledit collecteur et le débit gazeux total dans le moteur Q_{mot} est assurée par l'équation suivante correspondant au modèle dit de remplissage du moteur, le remplissage étant la masse d'air effectivement aspirée par rapport à la masse d'air qui aurait pu rentrer en considérant le volume total des cylindres :

$$[0076] \quad \eta_{rdvl} = \frac{Q_{mot} \cdot 120}{N \cdot \text{Cylindrée} \cdot \frac{P_{coll}}{T_{coll} \cdot r}}$$

[0077] formule dans laquelle :

- [0078] • η_{rdvl} désigne le rendement volumétrique
- Q_{mot} désigne le débit total entrant réellement, en kilogrammes par seconde
 - Cylindrée désigne la cylindrée du moteur, en mètres cubes,
 - P_{coll} désigne la pression dans le collecteur d'admission, en Pascals
 - T_{coll} désigne la température dans le collecteur d'admission, en Kelvins
 - r désigne la constante massique des gaz parfaits pour l'air
 - N désigne le régime, en tours par minute

[0079] La valeur du rendement volumétrique dépend au moins du régime et de la pression dans le collecteur.

[0080] Si le moteur est équipé de décaleurs d'arbres à cames permettant une distribution à programme variable, et/ou d'un système de levée variable des soupapes, le rendement dépend de leur position puisque la loi d'ouverture des soupapes et le phasage dans le cycle de combustion jouent sur la perméabilité des chambres de combustion.

[0081] L'étape d'estimation de la troisième valeur de débit d'air est réalisée en utilisant l'équation 2 mentionnée plus haut et rappelée plus bas, dans laquelle le débit gazeux traversant le volet d'admission est estimé par application d'une équation de Barré de Saint Venant, et les débits gazeux annexes du deuxième ensemble également.

[0082] D'une manière générale, le deuxième ensemble est constitué de la totalité des débits gazeux, à l'exception du débit d'air, qui traversent le volet d'admission. Dans l'exemple de l'équation 2, il s'agit du débit de gaz d'échappement recyclés à basse pression (mais pas du débit de gaz recyclés à haute pression) et du débit de purge de vapeurs de carburant renvoyé en aval du débitmètre (mais pas du débit renvoyé en aval

du volet d'admission). Cependant d'autres types de débits gazeux sont possibles selon la configuration du moteur. D'autre part il est possible que le deuxième ensemble soit identique au premier ensemble (par exemple : cas d'un moteur ayant seulement un circuit de recirculation des gaz d'échappement à basse pression et sans circuit de purge des vapeurs de carburant).

[0083] L'étape d'estimation de la quatrième valeur de débit d'air frais $Q_{air_inj_rich}$ est faite par

le calcul suivant à partir du débit de carburant et du signal d'une sonde de richesse montée dans le circuit d'échappement du moteur, par exemple en amont du premier dispositif de dépollution du moteur, tel qu'un catalyseur trois voies pour le moteur essence par exemple :

$$[0084] \quad Q_{air_inj_rich} = Q_{inj} \cdot \frac{PCO}{\Phi_{sonde}}$$

- [0085] • Q_{inj} désigne le débit carburant basé sur un modèle prenant en compte la pression, le temps d'injection, la pression dans le collecteur, le régime moteur...
- Φ_{sonde} désigne la richesse échappement basée sur un capteur tel qu'une sonde à oxygène proportionnelle
- PCO désigne le rapport stœchiométrique de remplissage.

[0086] Ainsi, le procédé ne comporte pas d'étape de coupure prolongée de la vanne de recirculation des gaz d'échappement.

[0087] Il comporte en outre une étape de calcul de la médiane des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débit d'air frais, et une étape de comparaison de la valeur renvoyée par le débitmètre d'air avec la médiane précédemment calculée.

[0088] Le réservoir de vapeurs de carburant fait par exemple partie d'un circuit de purge ayant deux points de débouchés, l'un après le débitmètre et l'autre après le volet d'admission, et la deuxième valeur de débit, notée $Q_{air_mdl_remplissage}$, est donnée par le

$$Q_{air_mdl_remplissage} = Q_{tot_mdl_remplissage} - Q_{egr_bp_bsv} - Q_{egr_bp_bsv} - Q_{canister_amont_compresseur} - Q_{canister_collecteur}$$

calcul selon l'équation 1 suivante :

[0089] avec :

- [0090] • $Q_{tot_mdl_remplissage}$ est le débit total donné par le modèle de remplissage en fonction de la pression et de la température dans le collecteur, et du régime

moteur en tours par minute,,

- $Q_{egr_{hp_{bsv}}}$ est le débit des gaz d'échappement recyclés à haute pression calculé

en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à haute pression :

[0091]

$$Q_{egr_{hp_{bsv}}} = \frac{Se_{egr_{hp}} \cdot P_{amont_{egr_{hp}}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{egr_{hp}}}}{P_{aval_{egr_{hp}}}} \right)}{\sqrt{r \cdot T_{amont_{egr_{hp}}}}}$$

[0092] où :

- $Se_{egr_{hp}}$ est la section aéraulique de la vanne de recirculation à haute pression, calibrée en fonction de la recopie de position angulaire de ladite vanne,
- r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air,
- $P_{amont_{egr_{hp}}}$ est la pression en amont de ladite vanne,
- $P_{aval_{egr_{hp}}}$ est la pression en aval de ladite vanne,
- $T_{amont_{egr_{hp}}}$ est la température en amont de ladite vanne
- $bsv \left(\frac{P_{amont}}{P_{aval}} \right)$ est la fonction de Barré de Saint-Venant,
- $Q_{egr_{bp_{bsv}}}$ est le débit des gaz d'échappement recyclés à basse pression, calculé en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à basse pression :

[0094]

$$Q_{egr_{bp} bsv} = \frac{Se_{egr_{bp}} \cdot P_{amont_{egr_{bp}}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{egr_{bp}}}}{P_{aval_{egr_{bp}}}} \right)}{r \cdot T_{amont_{egr_{bp}}}}$$

[0095] avec :

- [0096] • $Se_{egr_{bp}}$ est la section aéraulique de la vanne de recirculation à basse pression, calibrée en fonction de la recopie de position angulaire de ladite vanne,
- $P_{amont_{egr_{bp}}}$ est la pression en amont de ladite vanne,
- $P_{aval_{egr_{bp}}}$ est la pression en aval de ladite vanne,
- $T_{amont_{egr_{bp}}}$ est la température en amont de ladite vanne,

[0097] $Q_{canister_{amont_{compresseur}}}$ et $Q_{canister_{collecteur}}$ sont les débits estimés, en utilisant

également le principe du Barré Saint-Venant, des gaz chargés de vapeurs de carburant provenant du circuit de purge et renvoyés respectivement en aval du débitmètre et en aval du volet d'admission..

[0098] Pour diagnostiquer une dérive du débitmètre d'air, ou la fuite admission, on peut comparer la valeur renvoyé par le débitmètre d'air avec la médiane précédemment calculée.

[0099] En effet, une fois qu'au moins trois débits présentent des conditions de stabilités, et qu'ils sont dans leur intervalle de stabilité et validité, l'utilisation du calcul de la médiane sur les débits sélectionnés a l'avantage, plutôt que d'une moyenne, de ne pas être influencé par le débit en défaut, puisque dans un cas sans défaut, la médiane et la moyenne sont pratiquement superposées, alors que dans le cas où l'un des débit est en écart, par exemple à cause d'une dérive, la médiane restera centrée tandis que la moyenne sera impactée par cet écart de débit.

[0100] Optionnellement, la médiane calculée est donc comparée à la première valeur de débit d'air frais :

[0101] - en calculant un ratio de diagnostic donné par le quotient de ladite première valeur

- sur la médiane, auquel quotient est soustrait un, puis
- [0102] - en calculant l'erreur de diagnostic donnée par la différence entre ledit ratio de diagnostic et zéro, puis
 - [0103] - en intégrant dans le temps ladite erreur de diagnostic, puis
 - [0104] - en comparant l'intégrale de diagnostic obtenue à une première valeur seuil prédéfinie permettant le diagnostic de dérive du débitmètre d'air.
 - [0105] En outre, on peut définir un intervalle de non-diagnostic défini par une deuxième valeur seuil et une troisième valeur seuil inférieure à ladite deuxième valeur seuil, et
 - [0106] – si le ratio de diagnostic est inférieur à la deuxième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite deuxième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil,
 - si le ratio de diagnostic est dans l'intervalle de non-diagnostic, l'intégrale de diagnostic est maintenue égale à elle-même pour sa comparaison à la première valeur seuil,
 - [0107] si le ratio de diagnostic est supérieur à la troisième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite troisième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil.
 - [0108] Quand il n'y a pas de défaut, ce ratio est proche de zéro, à l'inverse quand il y a une dérive du débitmètre entraînant une surestimation de vingt pourcents, il donnera sensiblement deux dixièmes.
 - [0109] La compensation du ratio permet de prendre en compte que les modèles de débits ne sont pas parfaits et peuvent fournir des dispersions de valeurs larges.
 - [0110] La norme impose de diagnostiquer un écart d'environ vingt pourcents du débitmètre d'air pour des raisons sécuritaires et réglementaires de dérives des émissions polluantes au-delà des seuils autorisés, ce ratio compensé renforce la prise en compte de la dispersion des différents capteurs utilisés.
 - [0111] On réalise ainsi un intervalle de non-diagnostic entre les une deuxième et troisième valeurs seuils, grâce auquel on ne retient pas les valeurs de diagnostic qui ne sont pas assez fiables car elles pourraient correspondre à des états de défaillance comme à des états de fonctionnement singuliers ou aberrants ne correspondant qu'à des écarts anecdotiques des valeurs de débits par rapport à leurs tendances habituelles.
 - [0112] Le procédé remonte ainsi moins de défauts pouvant correspondre à des faux-positifs, ce qui fiabilise le diagnostic de dérive du débitmètre.
 - [0113] La première valeur seuil est par exemple comprise entre quinze et vingt-cinq centièmes.
 - [0114] Le procédé peut prévoir en outre que la troisième valeur de débit, notée $Q_{air_{thr}}$, soit donnée par le calcul correspondant à l'équation 2 suivante :

$$Q_{air_{thr}} = Q_{tot_{thr}} - Q_{canister_{amont_{compresseur}}} - Q_{egr_{bp_{bsv}}}$$

[0115] où :

$$Q_{tot_{thr}} = \frac{Se_{thr} \cdot P_{amont_{thr}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{thr}}}{P_{aval_{thr}}} \right)}{\sqrt{r} \cdot T_{amont_{thr}}}$$

- [0116] • Se_{thr} est la section aéraulique du volet d'admission calibrée en fonction de la recopie de position angulaire dudit volet d'admission,
- $P_{amont_{thr}}$ est la pression en amont dudit volet,
- $P_{aval_{thr}}$: est la pression en aval dudit volet,
- $T_{amont_{thr}}$: est la température en amont dudit volet,

[0117] r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air.

[0118] De préférence, on conditionne la prise en compte ou non de chacune des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane à une stabilité desdites valeurs de débits, de manière à prendre en compte que les débits ne sont pas temporellement synchronisés et à écarter des effets transitoires sur les débits susceptibles de les éloigner de leurs points de fonctionnement stables.

[0119] L'invention concerne également un procédé dans lequel on ajoute au moins l'une des conditions de précision suivantes qui permettent de prendre en compte ou non les première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane :

[0120] - pour chaque équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant, exiger que le rapport entre la pression amont et la pression aval dépasse une quatrième valeur seuil,

[0121] - pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que le débit carburant ne passe sous une cinquième valeur seuil au-dessous de laquelle la dispersion de réalisation de la quantité injectée réelle de carburant par rapport à sa consigne est trop élevée,

[0122] - pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que la richesse ne passe sous une sixième valeur seuil au-dessous de laquelle l'imprécision de mesure de la sonde de richesse est grande, notamment supérieure à un pour cent.

[0123] On réalise ainsi grâce au procédé inventé un diagnostic qui permet de calculer le débit d'air frais et de repérer la dérive de son capteur ; de plusieurs façons différentes particulièrement fiables, lorsque les conditions particulières de stabilité et de précision sont respectées sur au moins trois valeurs de débits, grâce au calcul de la médiane de ces débits comparée à la mesure du débitmètre d'air via un ratio permettant d'intégrer l'erreur, avec une bande morte de non-diagnostic, pour ensuite comparer cette intégrale avec un seuil de défaut.

[0124] Les avantages sont de pouvoir diagnostiquer le débitmètre d'air dans sa dérive ou une fuite admission, avec aucune ou peu d'intrusion sur le circuit de recirculation, de

manière très fiable, et en utilisant des informations déjà présentes par ailleurs puisque déjà nécessaires à la régulation de la recirculation, à la gestion de la purge d'un réservoir de vapeurs de carburant et à la gestion des débits d'air, ce qui rend possible et facilite l'intégration du procédé sur des variantes de moteurs très diverses.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de diagnostic de la plausibilité de dérive d'un capteur débitmètre d'air adapté pour la mesure directe du débit d'air frais entrant dans un moteur thermique associé à un circuit d'admission d'air et à un circuit d'échappement des gaz brûlés ayant un circuit de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission, l'admission étant commandée par un volet d'admission et la recirculation des gaz d'échappement par une vanne de recirculation, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- une étape de mesure d'une première valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission par ledit débitmètre,
 - une étape d'estimation d'une deuxième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission à partir d'un modèle de remplissage appliqué au débit gazeux total entrant dans le moteur et d'un premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission,
 - une étape de calcul d'une troisième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission à partir d'une équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant aux bornes du volet d'admission et d'un deuxième ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission,
 - une étape de calcul d'une quatrième valeur de débit d'air frais dans la ligne d'admission donné par un débit carburant et un signal d'une sonde de richesse montée dans le circuit d'échappement du moteur,
- le procédé étant caractérisé en ce qu'il n'impose pas de coupure de la vanne de recirculation des gaz d'échappement, et en ce qu'il comporte en outre une étape de calcul de la médiane des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débit d'air frais, et une étape de comparaison de la valeur renvoyée par le débitmètre d'air avec la médiane précédemment calculée.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission comprend un débit de gaz d'échappement recyclés à l'admission du moteur.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier ensemble de débits gazeux annexes à la ligne d'admission comprend un débit gazeux provenant de la purge d'un réservoir de vapeurs de carburant.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel le réservoir de vapeurs de carburant fait partie d'un circuit de purge ayant au moins un premier

point de débouché après le débitmètre ou au moins un deuxième point de débouché après le volet d'admission, et dans lequel la deuxième valeur de débit, notée $Q_{air\ mdl_remplissage}^{tot}$, est donnée par le calcul

$$Q_{air\ mdl_remplissage}^{tot} = Q_{tot\ mdl_remplissage} - Q_{egr_hp_bsv} - Q_{egr_hp_bsv} - Q_{canister\ amont\ compresseur} - Q_{canister\ collecteur}$$

suivant :

Avec :

- $Q_{tot\ mdl_remplissage}$ est le débit gazeux total dans le moteur

$$Q_{tot\ mdl_remplissage}$$

donné par le modèle de remplissage en fonction au moins de la pression et de la température dans le collecteur d'admission du moteur, et du régime moteur,

- $Q_{egr_hp_bsv}$ est un débit de gaz d'échappement recyclés à haute

$$Q_{egr_hp_bsv}$$

pression, calculé en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à haute pression :

$$Q_{egr_hp_bsv} = \frac{Se_{egr_hp} \cdot P_{amont\ egr_hp} \cdot b_{sv} \left(\frac{P_{amont\ egr_hp}}{P_{aval\ egr_hp}} \right)}{\sqrt{r \cdot T_{amont\ egr_hp}}}$$

où :

- Se_{egr_hp} est la section aéraulique de la vanne de recirculation du circuit de recirculation à haute pression, calibrée en fonction de la recopie de position angulaire de ladite vannez d'échappement haute pression,
- r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air,
- $P_{amont\ egr_hp}$ est la pression en amont de ladite vanne, issue

- d'un capteur ou d'un modèle,
- $P_{\text{aval_egr_hp}}$ est la pression en aval de ladite vanne, issue d'un capteur ou d'un modèle,
- $T_{\text{amont_egr_hp}}$ est la température en amont de ladite vanne, issue d'un capteur ou d'un modèle
- $b_{sv}\left(\frac{P_{\text{amont}}}{P_{\text{aval}}}\right)$ est la fonction de Barré de Saint-Venant,
- $Q_{\text{egr_bp_b_{sv}}}$ est un débit de gaz d'échappement recyclés à basse pression, calculé en utilisant la relation de Barré de Saint-Venant aux bornes du circuit de recirculation des gaz d'échappement à basse pression :

$$Q_{\text{egr_bp_b_{sv}}} = \frac{S_{e_{\text{egr_bp}}} \cdot P_{\text{amont_egr_bp}} \cdot b_{sv}\left(\frac{P_{\text{amont_egr_bp}}}{P_{\text{aval_egr_bp}}}\right)}{\sqrt{r \cdot T_{\text{amont_egr_bp}}}}$$

Avec :

- $S_{e_{\text{egr_bp}}}$ est la section aéraulique de la vanne de recirculation du circuit de recirculation à basse pression, calibrée en fonction de la copie de position angulaire de ladite vanne,
- $P_{\text{amont_egr_bp}}$ est la pression en amont de ladite vanne, issue d'un capteur ou d'un modèle,
- $P_{\text{aval_egr_bp}}$ est la pression en aval de ladite vanne, issue d'un capteur de pression ou d'un modèle,
- $T_{\text{amont_egr_bp}}$ est la température en amont de ladite vanne, issue

- d'un capteur ou d'un modèle,
 $Q_{\text{canister}_{\text{amont}}\text{compresseur}}$ et $Q_{\text{canister}_{\text{collecteur}}}$ sont les débits
 estimés, en utilisant également la relation de Barré de Saint-Venant, de gaz provenant de la purge du réservoir de vapeurs de carburant renvoyés respectivement en aval du débitmètre et en aval du volet d'admission.

- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, dans lequel la médiane calculée est comparée à la première valeur de débit d'air frais :
- en calculant un ratio de diagnostic donné par le quotient de ladite première valeur sur la médiane, auquel quotient est soustrait un, puis
 - en calculant l'erreur de diagnostic donnée par la différence entre ledit ratio de diagnostic et zéro, puis
 - en intégrant dans le temps ladite erreur de diagnostic, puis
 - en comparant l'intégrale de diagnostic obtenue à une première valeur seuil prédéfinie permettant le diagnostic de dérive du débitmètre d'air.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on définit un intervalle de non-diagnostic défini par une deuxième valeur seuil et une troisième valeur seuil inférieure à ladite deuxième valeur seuil, et
- si le ratio de diagnostic est inférieur à la deuxième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite deuxième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil,
 - si le ratio de diagnostic est dans l'intervalle de non-diagnostic, l'intégrale de diagnostic est maintenue égale à elle-même pour sa comparaison à la première valeur seuil,
 - si le ratio de diagnostic est supérieur à la troisième valeur seuil, l'intégrale de diagnostic est diminuée de ladite troisième valeur seuil moins la valeur absolue du ratio, avant sa comparaison à la première valeur seuil.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième ensemble de débits gazeux annexes comprend au moins un débit de gaz d'échappement recyclés à basse pression.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans

lequel le deuxième ensemble de débits gazeux annexes comprend au moins un débit de gaz provenant de la purge du réservoir de vapeurs de carburant renvoyé en aval du débitmètre.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 8, dans lequel la troisième valeur de débit, notée $Q_{air_{thr}}$, est donnée par le calcul suivant :

$$Q_{air_{thr}} = Q_{tot_{thr}} - Q_{canister_{amont_{compresseur}}} - Q_{egr_{bp_{bsv}}}$$

où :

$$Q_{tot_{thr}} = \frac{Se_{thr} \cdot P_{amont_{thr}} \cdot bsv \left(\frac{P_{amont_{thr}}}{P_{aval_{thr}}} \right)}{\sqrt{r \cdot T_{amont_{thr}}}}$$

désigne le débit

gazeux traversant le volet d'admission,

- Se_{thr} est la section aéraulique du volet d'admission calibrée en fonction de la recopie de position angulaire dudit volet
- $P_{amont_{thr}}$ est la pression en amont du volet d'admission donnée par un capteur de pression sur le moteur,
- $P_{aval_{thr}}$: est la pression en aval du volet d'admission
- $T_{amont_{thr}}$: est la température en amont du volet d'admission
- r est la constante massique des gaz parfaits pour l'air.

[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on conditionne la prise en compte ou non de chacune des première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane à une stabilité desdites valeurs de débits, de manière à prendre en compte que les débits ne sont pas temporellement synchronisés et à écarter des effets transitoires sur les débits susceptibles de les éloigner de leurs points de fonctionnement stabilisés.

[Revendication 11]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on ajoute au moins l'une des conditions de précision suivantes qui permettent de prendre en compte ou non les première, deuxième, troisième et quatrième valeurs de débits pour calculer la médiane :

- pour chaque équation d'hydrodynamique de Barré de Saint-Venant, exiger que le rapport entre la pression amont et la pression aval dépasse une quatrième valeur seuil,
- pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que le débit carburant ne passe sous une cinquième valeur seuil au-dessous de

laquelle la dispersion de réalisation de la quantité injectée réelle de carburant par rapport à sa consigne est trop élevée,

- pour le calcul de la quatrième valeur de débit, exiger que la richesse ne passe sous une sixième valeur seuil au-dessous de laquelle l'imprécision de mesure de la sonde de richesse est grande, notamment supérieure à un pourcent.

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 2 543 857 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK
[JP]) 9 janvier 2013 (2013-01-09)

DE 10 2016 220029 A1 (BOSCH GMBH ROBERT
[DE]) 19 avril 2018 (2018-04-19)

US 5 384 707 A (KERNS JAMES M [US] ET AL)
24 janvier 1995 (1995-01-24)

DE 103 41 010 A1 (MITSUBISHI FUSO TRUCK &
BUS [JP]) 27 mai 2004 (2004-05-27)

WO 2011/067097 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE];
KIRSTAETTER THOMAS [DE] ET AL.)
9 juin 2011 (2011-06-09)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT