

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : 3 132 546

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 22 01178

⑤1 Int Cl⁸ : F 02 M 26/02 (2022.01), F 02 D 21/04

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 10.02.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.08.23 Bulletin 23/32.

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 s.a.s Société par actions
simplifiée (SAS) — FR et NISSAN MOTOR Co. Ltd
Société régie selon les lois japonaises — JP.*

⑦2 Inventeur(s) : AVONS Vincent-Pierre et DAMANCE
Hugo.

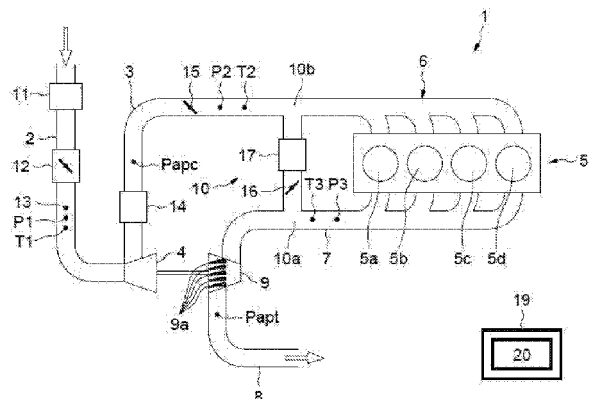
⑦3 Titulaire(s) : *RENAULT s.a.s Société par actions
simplifiée (SAS), NISSAN MOTOR Co. Ltd Société régie
selon les lois japonaises.*

⑦4 Mandataire(s) : CASALONGA.

⑤4 Procédé de contrôle du débit dans un conduit de recirculation partielle de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur et dispositif associé.

⑤7 Ce procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle (10) de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne (1), le conduit (10) comprenant une entrée (10a), une sortie (10b) et une vanne de réglage des gaz recyclés (16) disposée entre l'entrée (10a) et la sortie (10b), le gaz en amont de la vanne (16) étant à une pression amont et le gaz en aval de la vanne étant à une pression aval, comprend une étape d'augmentation de la pression amont et de maintien de la pression aval pour augmenter le différentiel de pression entre l'entrée (10a) et la sortie (10b) du conduit (10)

Figure pour l'abrégié : Fig 1



FR 3 132 546 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de contrôle du débit dans un conduit de recirculation partielle de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur et dispositif associé

Domaine technique

[0001] L'invention concerne, de manière générale, un dispositif et un procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans un circuit de recirculation partielle de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne, notamment destiné à être incorporé dans un véhicule automobile.

Techniques antérieures

[0002] L'intérêt du recyclage des gaz d'échappement d'un moteur à combustion est bien connu que ce soit sur les moteurs diesel pour réduire les émissions d'oxyde d'azote (NOx) dans les gaz de combustion ou sur les moteurs à essence pour ralentir la combustion et réduire la sensibilité au cliquetis, ce qui permet d'augmenter l'avance à l'allumage. Le recyclage des gaz d'échappement permet en outre de diminuer les pertes par pompage du moteur en augmentant la pression dans le collecteur d'admission relié aux cylindres du moteur grâce à une augmentation du débit de gaz dans le moteur pour un débit d'air entrant identique.

[0003] De nouvelles normes telles que Euro 6D-Full, Euro7, etc imposent une maîtrise plus précise de la recirculation des gaz d'échappement.

[0004] Le débit d'un gaz circulant dans un conduit de recirculation équipée d'une vanne est déterminé à partir d'une application de l'équation de Barré Saint Venant aux bornes de la vanne, à partir de la relation :

$$[0005] \quad Q = S_e \times \frac{P_{ent}}{\sqrt{r \times T_{ent}}} \times BSV \left(\frac{P_{sort}}{P_{ent}} \right) \quad (1)$$

[0006] dans laquelle : Q est le débit massique du gaz, r est la constante des gaz parfaits, S_e est la section efficace du conduit dépendante de l'ouverture de la vanne, P_{ent} est la pression en amont de la vanne, P_{sort} est la pression en aval de la vanne, et BSV est un coefficient dit coefficient de Barré Saint Venant dépendant du ratio de pression de la vanne entre la pression amont P_{ent} et la pression aval P_{sort} .

[0007] Il est connu de l'état de la technique des procédés de contrôle du débit des gaz circulant dans le conduit de recirculation partielle dans lesquels on contrôle le débit en jouant sur l'ouverture de la vanne de réglage des gaz recyclés disposée dans le conduit de recirculation partielle, de manière plus ou moins efficace, à l'aide de méthodes d'estimation du débit telles que la formule de Barré Saint Venant.

[0008] Néanmoins, lorsque le rapport de pression de la vanne de réglage des gaz recyclés

s'approche de 1, c'est-à-dire lorsque la pression amont P_{ent} et la pression aval P_{sort} deviennent sensiblement égales, le coefficient de Barré Saint Venant BSV devient extrêmement sensible à la valeur du ratio de pression, ce qui introduit une forte marge d'erreur dans le calcul du débit de recirculation partielle et/ou de section efficace, ce qui peut avoir des conséquences dans le calcul de consignes de débit par exemple et engendrer un dysfonctionnement du moteur.

- [0009] D'autre part, un rapport de pression de la vanne de réglage des gaz recyclés proche de 1 traduit généralement une saturation de la vanne de réglage des gaz recyclés qui arrive en butée de son fonctionnement, c'est-à-dire qu'elle est en position d'ouverture sensiblement maximale, sans permettre d'obtenir un débit de recirculation désiré. Le conduit de recirculation n'est alors plus capacitair, c'est-à-dire qu'il ne peut atteindre le débit désiré.
- [0010] Au vu de ce qui précède, la présente invention a pour but de proposer un procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur permettant une augmentation du débit de recirculation partielle lorsque l'ouverture de la vanne de réglage des gaz recyclés n'est plus suffisante, et permettant d'obtenir ce débit augmenté avec une incertitude sur le calcul de la valeur du débit de recirculation partielle réduite.
- [0011] L'invention a donc pour objet un procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne, le conduit comprenant une entrée, une sortie et une vanne de réglage des gaz recyclés disposée entre l'entrée et la sortie, le gaz en amont de la vanne étant à une pression amont et le gaz en aval de la vanne étant à une pression aval.
- [0012] Le procédé comprend une étape d'augmentation de la pression amont et de maintien de la pression aval pour augmenter le différentiel de pression entre l'entrée et la sortie du conduit.
- [0013] Ainsi, le différentiel de pression entre l'entrée et la sortie du conduit de recirculation est augmenté, ce qui permet d'atteindre des débits plus importants dans le conduit de recirculation et une précision améliorée dans la détermination de ces débits.
- [0014] Avantageusement, l'étape d'augmentation de la pression amont et de maintien de la pression aval est mise-en-œuvre lorsque la vanne de réglage des gaz recyclés est en position d'ouverture sensiblement maximale.
- [0015] Ainsi, il est possible d'atteindre des débits plus élevés dans le conduit de recirculation même quand la vanne de réglage des gaz recyclés est en butée de son fonctionnement, c'est-à-dire totalement ouverte sans permettre l'atteinte d'une consigne de débit.
- [0016] De manière préférentielle, la pression amont correspond à la pression en entrée d'une turbine d'un turbocompresseur du moteur, et la pression en aval correspond à la

pression dans un collecteur d'admission du moteur.

[0017] Avantageusement, l'étape d'augmentation de la pression amont et de maintien de la pression aval comprend les sous étapes suivantes :

- [0018] – Détermination d'un terme d'augmentation minimale de la pression amont.
- Application du terme d'augmentation minimal à la pression amont.
- Maintien de la pression aval à une consigne de pression de collecteur d'admission constante.

[0019] De manière préférentielle, l'application du terme d'augmentation minimale à la pression amont est réalisée par l'intermédiaire de la turbine, et le maintien de la pression aval est réalisé par l'intermédiaire d'une vanne de réglage de débit des gaz d'admission d'air du moteur.

[0020] Avantageusement, le terme d'augmentation minimale de la pression amont est déterminé en fonction d'un terme d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs de données d'état du moteur utilisés et d'un terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit de recirculation partielle.

[0021] Préférentiellement, le terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit de recirculation partielle dépend du type et de l'encrassement de la vanne de réglage des gaz recyclés.

[0022] Avantageusement, le terme d'augmentation minimale de la pression amont est appliqué par l'imposition d'un ratio de détente à la turbine tel que :

[0023]
$$\pi_{t_{\text{mini}}} = \frac{P_{\text{avt}_{\text{mini}}}}{P_{\text{apt}}}, \text{ où :}$$

[0024] $\pi_{t_{\text{mini}}}$ est le ratio de détente de la turbine, $P_{\text{avt}_{\text{mini}}}$ est la pression à l'entrée de la turbine augmentée par le terme d'augmentation minimale et P_{apt} est la pression à la sortie de la turbine.

[0025] Avantageusement, le maintien de la pression aval réalisé comprend l'application d'un ratio de pression par la vanne de réglage de débit des gaz d'admission d'air tel que

$$\pi_{it_{\text{egr}_{\text{mini}}}} = \frac{P_{\text{apc}_{\text{mini}}}}{P_{\text{coll}_{\text{sp}}}} = \pi_{c_{\text{mini}}} \cdot \frac{P_{\text{avc}}}{P_{\text{coll}_{\text{sp}}}}, \text{ où :}$$

[0026] $\pi_{it_{\text{egr}_{\text{hp}}}}$ est le ratio de pression de la vanne de réglage de débit des gaz d'admission d'air, $P_{\text{coll}_{\text{sp}}}$ est la consigne de pression dans le collecteur d'admission du moteur, en sortie de la vanne de réglage de débit des gaz d'admission d'air, $P_{\text{apc}_{\text{mini}}}$ est la pression en entrée de la vanne de réglage de débit des gaz d'admission d'air, ou pression de suralimentation, qui est obtenue après application du ratio de détente de la

turbine $\pi_{t_{mini}}$, $\pi_{c_{mini}}$ est un ratio de compression du compresseur du turbocompresseur dépendant du ratio de détente de la turbine $\pi_{t_{mini}}$ et P_{avc} est la pression en entrée du compresseur.

[0027] L'invention a également pour objet un dispositif de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne apte à mettre en œuvre un procédé tel que défini ci-dessus.

Brève description des dessins

[0028] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0029] [Fig.1] illustre schématiquement un moteur à combustion interne selon un aspect de l'invention ;

[0030] [Fig.2] illustre schématiquement un dispositif de régulation du débit de recirculation partielle selon l'invention ;

[0031] [Fig.3] illustre schématiquement un module d'élaboration d'un dispositif de régulation selon l'invention ;

[0032] [Fig.4] illustre schématiquement un bloc de détermination d'un terme d'augmentation minimale de la pression amont ; et

[0033] [Fig.5] illustre schématiquement un procédé selon l'invention ;

Exposé détaillé d'au moins un mode de réalisation

[0034] En référence à la [Fig.1], on a schématiquement représenté une partie d'un moteur à combustion interne 1 selon un aspect de la présente invention. Le moteur à combustion interne 1 est un moteur suralimenté destiné à être incorporé dans un véhicule automobile. Toutefois, on peut sans sortir du cadre de l'invention envisager d'incorporer le moteur à combustion interne 1 dans un autre type de dispositif, en particulier un dispositif de transport avec motorisation suralimentée, par exemple dans le domaine naval ou dans le domaine ferroviaire.

[0035] Le moteur 1 comprend un conduit d'admission à basse pression 2 et un conduit d'admission à haute pression 3. Le moteur 1 est suralimenté par un turbocompresseur qui comprend un compresseur 4 situé entre les conduits d'admission à basse pression 2 et à haute pression 3.

[0036] Le moteur 1 comporte un bloc-cylindres 5, ici à quatre cylindres 5a, 5b, 5c et 5d. Les cylindres sont alimentés en carburant par des injecteurs de carburant reliés à un collecteur d'admission 6.

[0037] Le moteur 1 comporte un conduit d'échappement à haute pression 7 et un conduit d'échappement à basse pression 8 situé en aval du conduit d'échappement à haute

pression 7. Le turbocompresseur comprend une turbine 9 disposée entre les conduits à haute pression 7 et à basse pression 8.

- [0038] Le moteur 2 comporte un conduit de recirculation 10 des gaz d'échappement, également connu sous la dénomination anglo-saxonne « Exhaust Gas Recirculation », ou sous l'acronyme correspondant « EGR ». Le conduit 10 raccorde le conduit d'échappement à haute pression 7 et le conduit d'admission à haute pression 3. Plus précisément, le conduit de recirculation 10 comprend une entrée située en un point 10a du conduit d'échappement à haute pression 7 en amont de la turbine 9, et une sortie située en un point 10b du conduit d'admission à haute pression 3 en aval du compresseur 4. En d'autres termes, le conduit 10 est un conduit EGR à haute pression. En outre, le moteur 1 peut comprendre de plus un conduit EGR à basse pression (non représenté sur la [Fig.1]).
- [0039] Le moteur 1 comporte un filtre à air 11 et une vanne d'admission 12 disposés sur le conduit 2. La vanne d'admission 12 permet de réguler le débit d'air admis dans le moteur 1. Le conduit 2 comporte un débitmètre 13 permettant de mesurer le débit massique d'air Q_{air} admis à travers la vanne 12, un capteur de pression P1 et un capteur de température T1 disposés en aval de la vanne 12.
- [0040] La pression P1 correspond dans l'exemple illustré à la pression en entrée du compresseur notée P_{avc} et communément dénommée « pression avant compresseur ».
- [0041] Le moteur 2 comporte sur cet exemple un refroidisseur des gaz d'admission suralimentés 14. Il comporte des moyens de détermination de la valeur de la pression de suralimentation P_{apc} , c'est-à-dire de la pression en aval du compresseur. Par exemple, on utilise les valeurs de pression mesurées par un capteur de pression qui est monté en aval du refroidisseur des gaz d'admission suralimentés 14, et on assimile la pression de suralimentation à la valeur mesurée par le capteur, ou en variante, on déduit la valeur de la pression de suralimentation en ajoutant à ladite valeur mesurée la valeur de la perte de charge dans le refroidisseur, qui peut être modélisée à partir du débit gazeux traversant ledit refroidisseur.
- [0042] Le moteur comprend une vanne de réglage de débit des gaz d'admission 15, nommée généralement boîtier papillon 15 dans le cas d'un moteur à essence. La vanne de réglage de débit des gaz d'admission 15 et le refroidisseur 14 sont disposés sur le conduit 3. La vanne 15 est disposée en aval du refroidisseur 14. Le point 10b de sortie du conduit EGR à haute pression 10 est situé en aval de la vanne 15. Le conduit 3 comporte un capteur d'une pression P2 de collecteur d'admission en sortie de la vanne 15 et un capteur de température T2. La pression P2, respectivement la température T2, en sortie de la vanne 15 correspondent à la pression P_{coll} , respectivement la température T_{coll} , dans le collecteur d'admission 6 du moteur. La vanne 15 définit une

section efficace $S_{e_{adm}}$ par son ouverture et un ratio en pression $\Pi_{it_{egr}}$ tel que :

$$[0043] \quad \Pi_{it_{egr}} = \frac{P_2}{P_{apc}} = \frac{P_{coll}}{P_{apc}} \quad (2)$$

[0044] Où P_{apc} correspond à la pression du flux de fluide en entrée de la vanne 15 et correspond à la pression après le compresseur 4, ou pression de suralimentation, mesurée par un capteur de pression monté à la sortie du refroidisseur (voir supra).

[0045] Le moteur 2 comprend une vanne de réglage des gaz recyclés 16, également connue sous la dénomination anglo-saxonne vanne EGR, ou vanne de recirculation partielle, qui définit une section efficace $S_{e_{egr}}$ par son ouverture. Le moteur 2 comprend également un refroidisseur de gaz recyclés 17. Le refroidisseur de gaz recyclés 17 et la vanne de réglage des gaz recyclés 16 sont montés sur le conduit de recirculation 10, la vanne 16 étant disposée en amont du refroidisseur 17.

[0046] La turbine 9 représentée sur la [Fig.1] est dotée d'une pluralité d'ailettes 9a et est donc une turbine à géométrie variable. Les ailettes 9a forment un angle variable avec une direction axiale (non référencée) du turbocompresseur. Le turbocompresseur comprend un actionneur 18 capable de modifier cet angle.

[0047] Alternativement, la turbine 9 est une turbine à géométrie fixe et l'actionneur 18 est capable modifier une soupape de décharge associée, aussi appelée sous le terme anglosaxon « waste gate ».

[0048] Le moteur 2 comprend des moyens de détermination de la pression en sortie de la turbine 9, par exemple un capteur d'une pression en sortie P_{apt} de la turbine 9 ou un modèle de calcul. Une pression en entrée de la turbine 9 est notée P_{avt} .

[0049] Le moteur 2 comprend une unité de contrôle électronique 19 comportant un dispositif de régulation 20 ayant pour fonction de contrôler le débit dans le conduit EGR à haute pression 10. Plus précisément, le dispositif de régulation 20 a pour fonction d'augmenter le différentiel de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b du conduit 10 lorsque la vanne EGR 16 est en butée de son fonctionnement, c'est-à-dire que la vanne EGR 16 est sensiblement à son ouverture maximale et que le différentiel de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b du conduit 10 n'est plus suffisant pour que les gaz d'échappement puissent remonter le conduit EGR 10 jusqu'au conduit d'admission à haute pression 3.

[0050] Sauf indication contraire, on entend par l'expression « pression amont » la pression du fluide situé en amont de la vanne EGR 16. De même, sauf mention contraire, on entend par l'expression « pression aval » la pression du fluide situé en aval de la vanne EGR 16. Dans l'exemple illustré, la pression aval est notée P_{dwn} et la pression amont est notée P_{up} . Dans l'exemple illustré la pression aval P_{dwn} correspond à la pression

- dans le collecteur d'admission 6 mesurée par le capteur de pression P2, notée P_{coll} .
- [0051] En outre, la pression amont P_{up} est mesurée par un capteur de pression P3 disposé dans le conduit d'échappement à haute pression 7. La pression P3 mesurée correspond aussi à la pression en entrée de la turbine P_{avt} dans l'exemple illustré.
- [0052] Plus précisément, le dispositif de régulation 20 augmente le différentiel de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b en augmentant la pression amont P_{up} et en maintenant la pression aval P_{dwn} sensiblement constante. En effet, il est nécessaire de maintenir la pression P_{coll} dans le collecteur 6 sensiblement constante afin d'assurer un débit d'air nécessaire à une production de couple par le moteur 1 désirée et/ou d'éviter une création de fumées dans le cas d'un moteur diesel. La pression aval P_{dwn} correspondant à la pression P_{coll} du fluide dans le collecteur d'admission 6, elle doit de même être sensiblement constante.
- [0053] Sur l'exemple illustré, la pression en entrée P_{avt} de la turbine 9 est identique à la pression amont P_{up} .
- [0054] En référence à la figure 2, le dispositif 20 comporte un module d'élaboration 21. Le module d'élaboration 21 a pour fonction d'élaborer un ratio de détente de la turbine $\pi_{t_{mini}}$ et un ratio de pression $\pi_{it_{egr_{mini}}}$ de la vanne 15 de réglage de débit des gaz d'admission d'air.
- [0055] Le dispositif 20 comporte un premier moyen d'actionnement 22 et un deuxième moyen d'actionnement 23. Le premier moyen d'actionnement 22 est capable d'appliquer le ratio de détente de la turbine $\pi_{t_{mini}}$ déterminé par le module 21 et le deuxième moyen d'actionnement 23 est capable d'appliquer le ratio $\pi_{it_{egr_{mini}}}$ de pression de la vanne 15 de réglage de débit des gaz d'admission d'air.
- [0056] En particulier, le premier moyen d'actionnement 22 peut comprendre l'actionneur 18 et le deuxième moyen d'actionnement 23 peut comprendre un actionneur 24 capable de modifier l'ouverture et donc la section efficace $S_{e_{adm}}$ de la vanne 15.
- [0057] Sur la [Fig.3], on a schématiquement représenté le module d'élaboration 21 du dispositif de régulation 20 de la [Fig.2].
- [0058] Le module d'élaboration 21 comprend un bloc de réception 25 capable de recevoir une pluralité de données d'entrée. En l'espèce, le bloc de réception 25 est en communication d'informations avec un module 26 de détermination d'une consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression de collecteur d'admission en sortie de la vanne 15 et avec un module 26' de détermination d'une section maximale corrigée $S_{e_{max_{cor}}}$. Le bloc de réception 25 reçoit aussi la pression en sortie de la turbine P_{apt} .
- [0059] Le module 26 est en communication avec l'unité de contrôle électronique 19, de

manière à pouvoir recevoir une consigne de débit d'air $Q_{air\ sp}$ et une consigne de taux de recirculation partielle $\tau_{egr\ sp}$, dit aussi taux EGR, la consigne de débit d'air $Q_{air\ sp}$ et la consigne de taux de recirculation partielle $\tau_{egr\ sp}$ dépendant d'une consigne de couple demandée au moteur 1.

[0060] Le module 26 reçoit aussi les valeurs de la pression P_{coll} et de la température T_{coll} dans le collecteur d'admission 6 mesurées par les capteurs P2 et T2.

[0061] Plus précisément, le module 26 détermine la consigne de pression dans le collecteur d'admission $P_{coll\ sp}$ selon l'équation :

$$[0062] \quad P_{coll\ sp} = \frac{Q_{air\ sp}}{1 - \tau_{egr\ sp}} \cdot f(\text{remplissage}) \quad (3)$$

[0063] Où la fonction f(remplissage) est une fonction décrivant un modèle de remplissage connue dépendant du régime du moteur 1, de la pression P_{coll} et de la température T_{coll} au niveau du collecteur d'admission.

[0064] En outre, le module 26' est en communication avec l'unité de contrôle électronique 19, de manière à recevoir des mesures réalisées par des capteurs de données d'état. Plus précisément, le module 26' reçoit les captations de la section efficace S_{egr} de la vanne EGR 16 et détermine la section maximale corrigée $S_{e\ max\ cor}$ telle que :

$$[0065] \quad S_{e\ max\ cor} = S_{e\ max} - S_{e\ of\ s\ static} - S_{e\ of\ s\ trn} \quad (4)$$

[0066] Où $S_{e\ max}$ est une section maximale nominale de la vanne EGR 16 déterminée sur banc d'essai avec un moteur référence, $S_{e\ of\ s\ static}$ est une première calibration de la section maximale nominale dépendant du fournisseur de la vanne utilisée comme vanne EGR 16 et permettant de diminuer l'impact des dispersions moteur à moteur, et $S_{e\ of\ s\ trn}$ est une deuxième calibration de la section maximale nominale dépendant de l'encrassement de la vanne EGR 16 et du refroidisseur 17.

[0067] Plus précisément, cette deuxième calibration $S_{e\ of\ s\ trn}$ est adaptative, et évolue au cours de la vie de la vanne 16 et du refroidisseur 17. Par exemple, cette deuxième calibration s'apprend lorsque la vanne EGR 16 est en butée de son fonctionnement pendant une durée prédéterminée, et que simultanément une consigne de section efficace n'est pas atteinte. La consigne de section efficace est comparée avec une mesure de la section efficace S_{egr} et la différence constitue la deuxième calibration

$S_{e\ of\ strn}$ pour le roulage en cours.

[0068] Les modules 26 et 26' peuvent faire partie du dispositif 20 de régulation.

[0069] Le module d'élaboration 21 comprend un bloc 27 de détermination d'un terme d'augmentation minimale de la pression amont $\pi_{egr\ mini}$ défini comme :

$$[0070] \quad \Pi_{egr\ mini} = \frac{P_{up\ mini}}{P_{dwn}} \quad (5)$$

[0071] Où $P_{up\ mini}$ est la pression amont augmentée par l'application du terme minimal d'augmentation $\pi_{egr\ mini}$.

[0072] Le terme d'augmentation minimale de la pression amont $\pi_{egr\ mini}$ est donc un ratio de pression entre l'amont et l'aval du conduit EGR 10.

[0073] Le bloc 27 est illustré plus précisément en référence à la [Fig.4].

[0074] Le bloc 27 comprend un sous-bloc 28 de détermination d'un terme d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs et un sous-bloc 29 de détermination d'un terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit de recirculation partielle 10.

[0075] Le sous-bloc 28 détermine un terme d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs de données d'état $\pi_{capteurs\ mini}$. Plus précisément, le terme $\pi_{capteurs\ mini}$ permet de diminuer l'impact de la précision de la mesure des pressions amont P_{up} et aval P_{dwn} due à la qualité des capteurs P3 et P2 de ces pressions utilisés. Le sous-bloc 28 détermine le terme $\pi_{capteurs\ mini}$ d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs tel que :

$$[0076] \quad \Pi_{capteurs\ mini} = \frac{P_{dwn} + \delta_{capteurs\ mini}}{P_{dwn}} \quad (6)$$

[0077] Où $\delta_{capteurs\ mini}$ est une calibration basée sur la précision des capteurs de données d'état tels que les capteurs de pression P3 et P2 mesurant les pressions P_{up} et aval P_{dwn} , et/ou les capteurs mesurant des données d'état permettant de mesurer la section efficace S_{egr} de la vanne de recirculation partielle 16.

[0078] Le sous-bloc 29 détermine un terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit 10 de recirculation partielle $\pi_{perm\ mini}$. Plus précisément, le terme $\pi_{perm\ mini}$ permet de diminuer l'impact du type de vanne utilisé comme vanne EGR 16. Plus précisément, le sous-bloc 29 détermine le terme tel que :

[0079]

$$\pi_{perm_{mini}} = BSV^{-1} \left(\frac{Q_{egr_{sp}}}{Se_{max_{cor}}} \cdot \frac{\sqrt{r \cdot T_{up}}}{P_{up}} \right) \quad (7)$$

[0080] Où $Q_{egr_{sp}}$ est une consigne de débit d'air dans le conduit 10, r est la constante des gaz parfaits, T_{up} est la température en amont de la vanne EGR 16 mesurée par un capteur de température T3 disposé dans le conduit d'échappement haute pression 7, et $Se_{max_{cor}}$ est la section maximale corrigée et fournie en entrée du bloc 27 et du sous-bloc 29 par le bloc de réception 25.

[0081] Ainsi, la détermination du terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit 10 de recirculation partielle $\pi_{perm_{mini}}$ utilise la bijection réciproque de la fonction de calcul du coefficient de Barré Saint-Venant.

[0082] Le bloc 27 comprend de plus un bloc de sélection 30 configuré pour sélectionner la valeur maximale entre le terme d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs de données d'état $\pi_{capteurs_{mini}}$ déterminé par le sous-bloc 28 et le terme $\pi_{perm_{mini}}$ d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit 10 de recirculation partielle déterminé par le sous-bloc 29. En résultat, le bloc de sélection 30 délivre le terme d'augmentation minimale de la pression amont $\pi_{egr_{mini}}$.

[0083] Le module d'élaboration 21 comprend un bloc 31 de calcul d'une pression amont augmentée minimale $P_{up_{mini}}$ en fonction du terme d'augmentation minimale $\pi_{egr_{mini}}$ déterminé. La pression P2 en sortie de la vanne 15 correspondant sur l'exemple illustré à la pression aval P_{down} , et cette pression P2 devant rester constante car identique à la pression P_{coll} dans le collecteur 6 devant elle aussi rester constante, la consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression dans le collecteur d'admission 6 en sortie de la vanne 15 est une consigne de pression aval $P_{down_{sp}}$. Il est ainsi possible de déterminer la pression amont augmentée minimale $P_{up_{mini}}$, la pression aval P_{down} étant fixée à la valeur de la consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression de collecteur d'admission 6. Le bloc 31 de calcul détermine donc la pression amont augmentée minimale $P_{up_{mini}}$ telle que :

$$P_{up_{mini}} = P_{down_{sp}} \cdot \pi_{egr_{mini}} = P_{coll_{sp}} \cdot \pi_{egr_{mini}} \quad (8)$$

[0085] Le module d'élaboration 21 comprend en outre un bloc 32 de détermination du ratio $\pi_{t_{mini}}$ de détente minimale de la turbine 9 en fonction d'une pression en entrée minimale $P_{avt_{mini}}$ de la turbine. La pression amont P_{up} mesurée par le capteur P3 étant

identique sur l'exemple illustré à la pression P_{avt} en entrée de la turbine 9, la pression en entrée minimale de la turbine $P_{avt_{mini}}$ est identique à la pression amont augmentée minimale $P_{up_{mini}}$. Le bloc 32 détermine donc le ratio tel que :

$$[0086] \quad \pi_{t_{mini}} = \frac{P_{avt_{mini}}}{P_{apt}} = \frac{P_{up_{mini}}}{P_{apt}} \quad (9)$$

[0087] OÙ la pression en sortie de la turbine P_{apt} est fournie en entrée du bloc 32 par le bloc 25 de réception. Cette pression en sortie de la turbine P_{apt} est constante, les débits ne devant pas changer.

[0088] Le bloc 32 envoie le ratio de détente minimal $\pi_{t_{mini}}$ déterminé d'une part en sortie du module d'élaboration 21 et d'autre part dans un bloc 33 de détermination d'un ratio de compression minimal $\pi_{c_{mini}}$.

[0089] Le bloc 33 détermine le ratio de compression minimale $\pi_{c_{mini}}$, défini comme le rapport entre une pression de sortie minimale du compresseur $P_{apc_{mini}}$, c'est-à-dire la pression de suralimentation minimale, et la pression d'entrée du compresseur P_{avc} , qui correspond dans l'exemple illustré à la pression P1. En utilisant le principe de la conservation de la puissance selon lequel la puissance développée par la turbine 9 est égale à la puissance développée par le compresseur 4, la turbine 9 étant entraînée par un arbre commun avec le compresseur 4, le bloc 33 détermine le ratio de compression minimale $\pi_{c_{mini}}$ par exemple par la formule suivante :

$$[0090] \quad \pi_{c_{mini}} = \frac{P_{apc_{mini}}}{P_{avc}} = \left(1 + \frac{\dot{m}_{turb} \cdot T_{avt} \cdot Cp_{exh} \cdot \eta_t \cdot \eta_c}{\dot{m}_{comp} \cdot T_{avc} \cdot Cp_{adm}} \cdot \left(1 - \pi_{t_{mini}}^{1 - \gamma_{exh}/\gamma_{exh}} \right) \right)^{\gamma_{adm}/\gamma_{adm} - 1} \quad (10)$$

[0091] OÙ T_{avt} est la température en entrée de la turbine 9, η_t est le rendement de la turbine 9, η_c est le rendement du compresseur 4, T_{avc} est la température en entrée du compresseur 4 correspondant à la température T1, \dot{m}_{turb} est le débit gazeux traversant la turbine 9, \dot{m}_{comp} est le débit gazeux traversant le compresseur 4, γ_{exh} est le coefficient adiabatique (coefficient de Laplace) des gaz dans la turbine 9, γ_{adm} est le coefficient adiabatique (coefficient de Laplace) des gaz dans le compresseur 4, Cp_{exh} est la capacité thermique massique des gaz dans la turbine 9 et Cp_{adm} est la capacité thermique massique des gaz dans le compresseur 4.

[0092] Le module d'élaboration 21 comprend enfin un bloc 34 de détermination du ratio de pression $\pi_{if_{egr_{mini}}}$ de la vanne 15 de réglage de débit des gaz d'admission d'air, défini comme le rapport entre une pression d'entrée minimale de la vanne 15 qui correspond à la pression de sortie minimale $P_{apc_{mini}}$ du compresseur 4 (pression de surali-

mentation minimale) et la pression de sortie P2 de la vanne 15 désirée, qui correspond à la consigne de pression dans le collecteur d'admission P_{coll_sp} . Le bloc 34 détermine

donc le ratio de pression $\pi_{it_egr_mini}$ de la vanne 15 tel que :

$$[0093] \quad \pi_{it_egr_mini} = \frac{P_{apc_mini}}{P_{coll_sp}} = \frac{P_{apc_mini}}{P_{avc}} \cdot \frac{P_{avc}}{P_{coll_sp}} = \pi_{c_mini} \cdot \frac{P_{avc}}{P_{coll_sp}} \quad (11)$$

[0094] Le module d'élaboration 21 envoie en sortie les ratios de pression $\pi_{it_egr_mini}$ de la vanne 15 de réglage de débit des gaz d'admission et de détente minimale π_{t_mini} de la turbine 9, qui sont appliqués par le dispositif 20 par l'intermédiaire des moyens d'actionnement 22 et 23.

[0095] Ainsi, la pression amont P_{up} est augmentée d'un terme minimal et la pression aval est maintenue constante à la consigne P_{coll_sp} de pression de collecteur d'admission par l'intermédiaire d'une part d'une action sur la turbine 9 et d'autre part sur la vanne 15 en plus de la vanne EGR 16. Le différentiel de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b du conduit 10 de recirculation des gaz est ainsi augmenté, dans le cas où la vanne EGR 16 est en butée de son fonctionnement.

[0096] Le dispositif 20 est ainsi apte à mettre en œuvre un procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans le conduit de recirculation 10 défini ci-dessous et illustré sur la [Fig.5].

[0097] Dans un première étape E1, le moteur est en fonctionnement classique à partir d'une demande de couple.

[0098] Dans une deuxième étape E2, le terme de section maximale corrigée Se_{max_cor} est déterminé. Ce terme est déterminé comme décrit précédemment par le module 26' du dispositif 20.

[0099] Dans une troisième étape E3, une comparaison est effectuée entre le terme de section maximale corrigée Se_{max_cor} et une mesure de la section efficace S_{e_egr} de la vanne EGR

16. Plus précisément, si la section efficace S_{e_egr} de la vanne EGR 16 est supérieure ou égale au terme de section maximale corrigée Se_{max_cor} , alors le procédé passe à une

étape E4 car la vanne EGR 16 est considérée comme en butée de son fonctionnement, c'est-à-dire dans une situation d'ouverture sensiblement maximale. Il est alors nécessaire d'augmenter le différentiel de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b du conduit 10 de recirculation partielle des gaz. Sinon, le procédé n'est pas mis en œuvre et le moteur continue son fonctionnement classique dans lequel le différentiel de

pression dans le conduit 10 est géré uniquement à l'aide de la section efficace S_{egr} de la vanne EGR 16 et/ou de la turbine 9.

- [0100] Dans l'étape E4, la pression amont P_{up} est augmentée et la pression aval P_{down} est maintenue. Plus précisément, la différence de pression entre l'entrée 10a et la sortie 10b du conduit 10 de recirculation est augmentée sans gêner la production de couple du moteur 1, la pression P_{coll} dans le collecteur d'admission 6 correspondant à la pression aval P_{down} restant constante.
- [0101] Plus précisément, l'étape E4 comprend les sous-étapes suivantes.
- [0102] Dans une première sous-étape E5, un terme d'augmentation minimale $\pi_{egr_{mini}}$ de la pression amont P_{up} est déterminé comme décrit précédemment.
- [0103] Dans une deuxième sous-étape E6, le terme d'augmentation minimale $\pi_{egr_{mini}}$ est appliqué à la pression amont P_{up} . Plus précisément, le premier moyen d'actionnement 22 modifie l'ouverture des ailettes 9a de la turbine 9 par l'intermédiaire de l'actionneur 18 afin d'appliquer le terme d'augmentation minimale $\pi_{egr_{mini}}$, c'est-à-dire d'obtenir une valeur de pression amont P_{up} égale à la pression amont augmentée minimale $P_{up_{mini}}$. Plus précisément, le premier moyen d'actionnement 22 impose le ratio de détente minimale $\pi_{t_{mini}}$ à la turbine 9.
- [0104] Ainsi, la pression amont P_{up} en entrée de la vanne 16 est bien augmentée. Or, le ratio de détente de la turbine 9 étant modifié, la puissance développée par la turbine 9 est également modifiée, ce qui modifie également la puissance développée par le compresseur 4, la turbine 9 et le compresseur 4 formant un turbocompresseur lié par un même arbre. De ce fait, la pression en sortie du compresseur P_{apc} , ou pression de suralimentation, qui correspond à la pression en entrée de la vanne 15 est modifiée, ce qui risque d'engendrer des problèmes de fonctionnement du moteur 1.
- [0105] Il est alors nécessaire de déterminer un terme de maintien de la pression de suralimentation dans une troisième sous-étape E7 afin de maintenir la pression aval P_{down} constante à la valeur de la consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression de collecteur d'admission en sortie de la vanne 15 déterminée par le bloc 26.
- [0106] Plus précisément, le terme de maintien de la pression de collecteur d'admission est le ratio de pression $\pi_{it_{egr_{mini}}}$ de la vanne 15 de réglage de débit des gaz d'admission d'air, et il est déterminé comme décrit précédemment.
- [0107] Dans une quatrième étape E8, la pression aval P_{down} est maintenue constante à la valeur de la consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression de collecteur d'admission en sortie de la

vanne 15 par l'application du terme de maintien $\pi_{it_{egr_{mini}}}$.

- [0108] Plus précisément, le deuxième moyen d'actionnement 23 modifie l'ouverture de la vanne 15 et donc sa section efficace par l'intermédiaire de l'actionneur 24 afin d'appliquer le terme de maintien $\pi_{it_{egr_{mini}}}$, c'est-à-dire d'obtenir une valeur de pression aval P_{dwn} égale à la valeur de la consigne $P_{coll_{sp}}$ de pression de collecteur d'admission en sortie de la vanne 15. Ainsi, la modification de la puissance développée par le compresseur 4 due au ratio de détente $\pi_{t_{mini}}$ imposé à la turbine 9 est compensée, et la pression de collecteur d'admission n'est pas modifiée. La production de couple par le moteur n'est donc pas impactée, la pression P_{coll} dans le collecteur d'admission 6 restant constante tout au long du procédé, et le différentiel de pression augmenté par l'ouverture des ailettes 9a de la turbine à l'étape E6 est maintenu.
- [0109] Les étapes E6 et E8 peuvent être sensiblement simultanées afin de gagner en efficacité dans le contrôle du débit.
- [0110] Ainsi, par l'utilisation non plus seulement de la turbine 9 mais aussi de la vanne 15, le conduit 10 de recirculation est de nouveau capacitaire même en cas de saturation de la vanne 15, et des débits supérieurs de recirculation peuvent être atteints par rapport aux débits obtenus en utilisant les procédés connus de l'état de la technique.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle (10) de gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne (1), le conduit (10) comprenant une entrée (10a), une sortie (10b) et une vanne de réglage des gaz recyclés (16) disposée entre l'entrée (10a) et la sortie (10b), le gaz en amont de la vanne (16) étant à une pression amont (P_{up}) et le gaz en aval de la vanne étant à une pression aval (P_{down}), caractérisé en ce que le procédé comprend une étape (E4) d'augmentation de la pression amont (P_{up}) et de maintien de la pression aval (P_{down}) pour augmenter le différentiel de pression entre l'entrée (10a) et la sortie (10b) du conduit (10).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape (E4) d'augmentation de la pression amont (P_{up}) et de maintien de la pression aval (P_{down}) est mise-en-œuvre lorsque la vanne de réglage des gaz recyclés (16) est en position d'ouverture sensiblement maximale.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la pression amont (P_{up}) correspond à la pression en entrée (P_{avr}) d'une turbine (9) d'un turbocompresseur du moteur (1), et la pression en aval (P_{down}) correspond à la pression dans un collecteur d'admission (P_{coll}) du moteur (1).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape (E4) d'augmentation de la pression amont (P_{up}) et de maintien de la pression aval (P_{down}) comprend les sous étapes suivantes :
- Détermination (E5) d'un terme d'augmentation minimale ($\pi_{egr_{mini}}$) de la pression amont.
 - Application (E6) du terme d'augmentation minimal ($\pi_{egr_{mini}}$) à la pression amont (P_{up}).
 - Maintien (E8) de la pression aval (P_{down}) à une consigne de pression de collecteur d'admission constante ($P_{coll_{sp}}$).
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'application du terme d'augmentation minimale ($\pi_{egr_{mini}}$) à la pression amont (P_{up}) est réalisée par l'intermédiaire de la turbine (9), et le maintien de la pression aval (P_{down}) est réalisé par l'intermédiaire d'une vanne (15) de réglage

de débit des gaz d'admission d'air du moteur (1).

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel le terme d'augmentation minimale (π_{egr_mini}) de la pression amont est déterminé en fonction d'un terme d'augmentation minimale relatif à la précision de capteurs de données d'état du moteur utilisés ($\pi_{capteurs_mini}$) et d'un terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité du conduit de recirculation partielle (π_{perm_mini}).

[Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel le terme d'augmentation minimale relatif à la perméabilité (π_{perm_mini}) du conduit de recirculation partielle (10) dépend du type et de l'encrassement de la vanne de réglage des gaz recyclés (16).

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, dans lequel le terme d'augmentation minimale de la pression amont (π_{egr_mini}) est appliqué par l'imposition d'un ratio de détente à la turbine (9) tel que :

$$\pi_{t_mini} = \frac{P_{avt_mini}}{P_{apt}}, \text{ où :}$$

π_{t_mini} est le ratio de détente de la turbine, P_{avt_mini} est la pression à l'entrée de la turbine (9) augmentée par le terme d'augmentation minimale et P_{apt} est la pression à la sortie de la turbine.

[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel le maintien de la pression aval (P_{down}) réalisé comprend l'application d'un ratio de pression ($\pi_{it_egr_mini}$) par la vanne (15) de réglage de débit des gaz d'admission d'air tel que :

$$\pi_{it_egr_mini} = \frac{P_{apc_mini}}{P_{coll_sp}} = \pi_{c_mini} \cdot \frac{P_{avc}}{P_{coll_sp}}, \text{ où :}$$

$\pi_{it_egr_hp}$ est le ratio de pression de la vanne (15) de réglage de débit des

gaz d'admission d'air, P_{coll_sp} est la consigne de pression dans le

collecteur d'admission (6) en sortie de la vanne (15) de réglage de débit

des gaz d'admission d'air, P_{apc_mini} est la pression de suralimentation en

entrée de la vanne (15) de réglage de débit des gaz d'admission d'air,

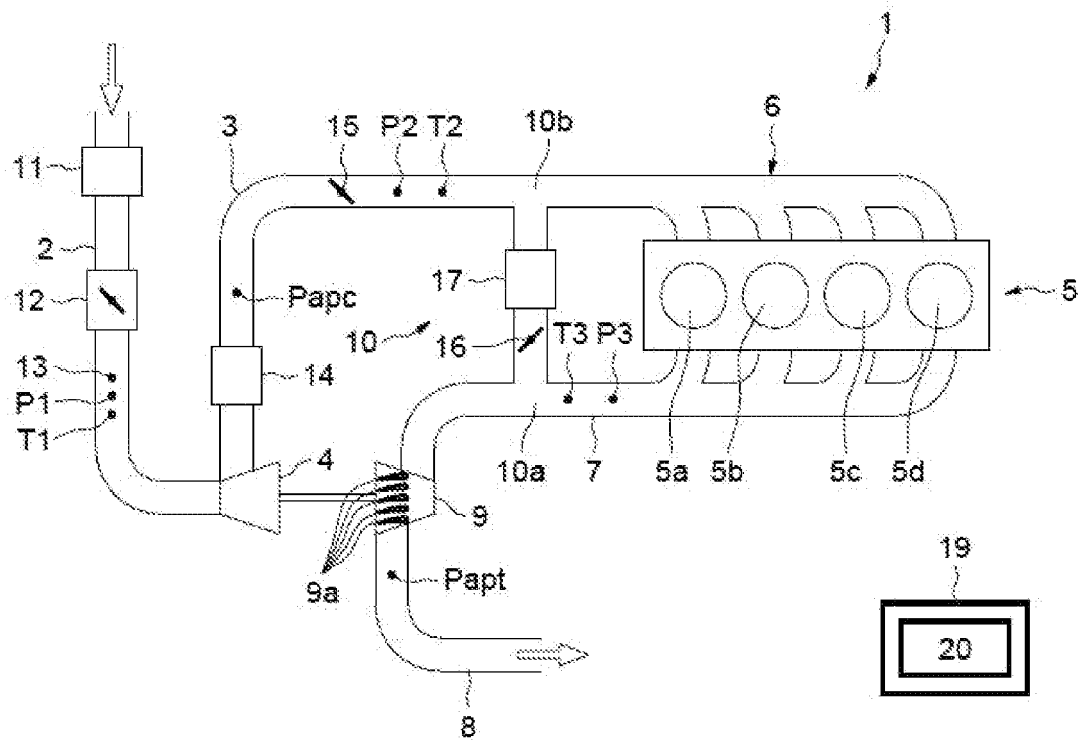
qui est obtenue après application du ratio de détente de la turbine

(π_{t_mini}), π_{c_mini} est un ratio de compression du compresseur (4) du tur-

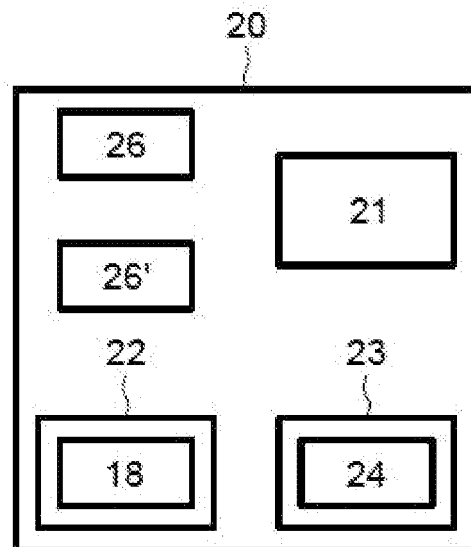
bocompresseur dépendant du ratio de détente de la turbine ($\pi_{t_{mini}}$) et P_{avc} est la pression en entrée du compresseur (4).

[Revendication 10] Dispositif de contrôle du débit de gaz circulant dans un conduit de recirculation partielle (10) des gaz d'échappement à l'admission d'un moteur à combustion interne (1) apte à mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.

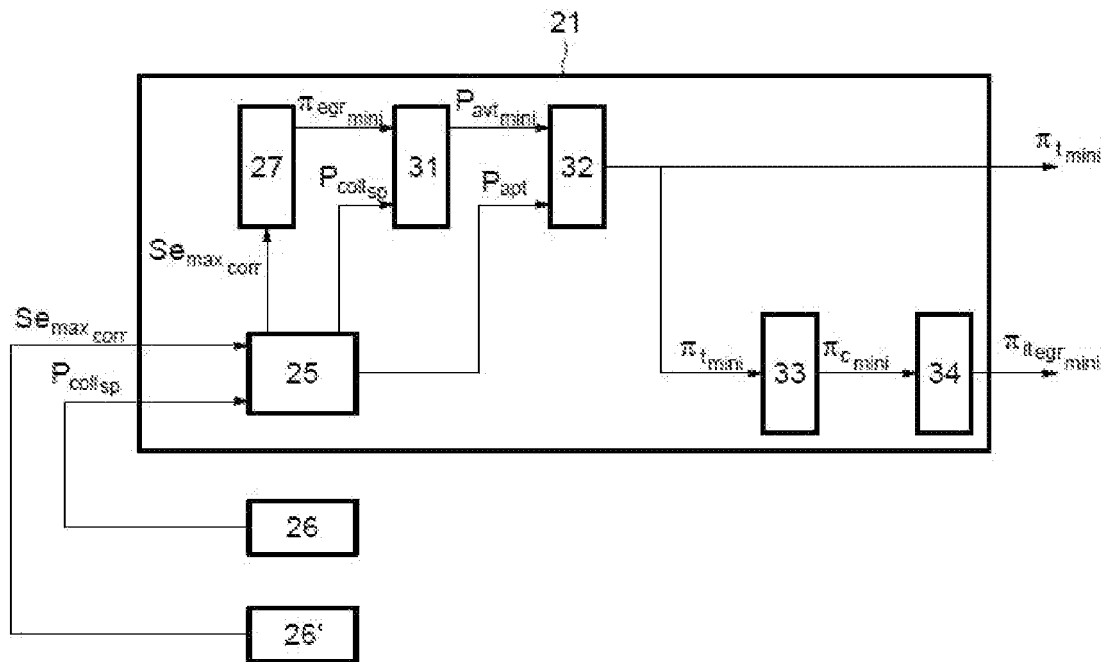
[Fig. 1]



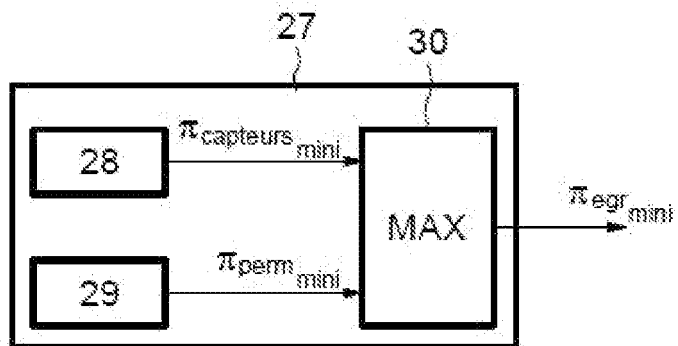
[Fig. 2]



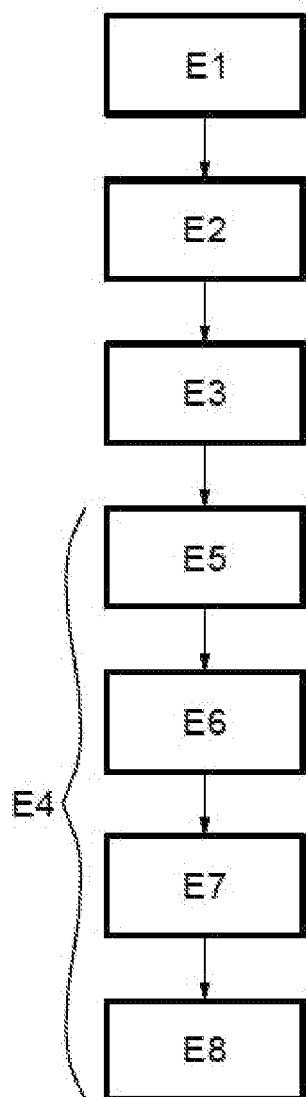
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 903099
FR 2201178

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	<p>JP H10 196463 A (TOYOTA MOTOR CORP) 28 juillet 1998 (1998-07-28) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0009] - [0014], [0036], [0045], [0050] *</p> <p>-----</p>	1-10	F02M26/02 F02D21/04
X	<p>DE 10 2010 038326 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 26 janvier 2012 (2012-01-26) * abrégé; revendications 1-7; figure 1 * * alinéas [0005] - [0009] *</p> <p>-----</p>	1-10	
X	<p>DE 199 36 595 C1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 3 août 2000 (2000-08-03) * abrégé; figure 1 *</p>	10	
A	<p>* colonne 4, ligne 8 - colonne 5, ligne 61 *</p> <p>-----</p>	1-9	
			<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>F02M F02D F02B</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 septembre 2022		Mineau, Christophe	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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</p>	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201178 FA 903099**

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 **16-09-2022**
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
JP H10196463 A	28-07-1998	AUCUN	

DE 102010038326 A1	26-01-2012	DE 102010038326 A1	26-01-2012
		WO 2012010462 A1	26-01-2012

DE 19936595 C1	03-08-2000	AUCUN	
