

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :

3 122 699

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

②① N° d'enregistrement national :

21 04754

⑤① Int Cl⁸ : **F 01 N 3/22** (2020.12), **F 01 N 9/00**, **F 01 N 11/00**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Moteur à combustion interne.

②② Date de dépôt : 05.05.21.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 11.11.22 Bulletin 22/45.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 16.02.24 Bulletin 24/07.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Renault s.a.s société par actions
simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : FASOLO Bertrand.

⑦③ Titulaire(s) : *Renault s.a.s société par actions
simplifiée*.

⑦④ Mandataire(s) : JACOBACCI CORALIS HARLE.

FR 3 122 699 - B1



Description

Titre de l'invention : Moteur à combustion interne

Domaine technique de l'invention

- [0001] La présente invention concerne de manière générale la réduction des émissions polluantes des moteurs à combustion interne.
- [0002] Elle concerne plus particulièrement un moteur à combustion interne comprenant :
- une chambre de combustion,
 - une ligne d'admission d'air frais débouchant dans la chambre de combustion,
 - une ligne d'échappement de gaz brûlés hors de la chambre de combustion qui comprend au moins un convertisseur catalytique pour la dépollution des gaz brûlés,
 - un turbocompresseur qui comporte une turbine située dans la ligne d'échappement et un compresseur qui est situé dans la ligne d'admission et qui est entraîné en rotation par la turbine, et
 - une pompe à vide qui comporte une entrée par laquelle elle est adaptée à aspirer de l'air et une sortie par laquelle l'air aspiré est expulsé.
- [0003] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans les moteurs à allumage commandé (Essence).
- [0004] Elle concerne également un véhicule automobile équipé d'un tel moteur et un procédé de pilotage d'un tel moteur.

Etat de la technique

- [0005] On recherche actuellement, dans un cadre législatif toujours plus contraignant et dans un souci de préservation de l'environnement, des solutions techniques permettant d'améliorer le fonctionnement des moteurs à combustion interne, notamment pour réduire le taux d'éléments polluants contenus dans les gaz brûlés émis par les moteurs dans l'atmosphère.
- [0006] Pour réduire ces émissions polluantes, un moteur à combustion interne comporte généralement, dans sa ligne d'échappement, un convertisseur catalytique au sein duquel des réactions chimiques se produisent afin de transformer des composés polluants en composés sans effet sur la santé.
- [0007] Ce convertisseur catalytique fonctionne de manière optimale sur une plage de températures comprise entre 150 et 350 degrés Celsius. Il présente en revanche des performances fortement réduites à température ambiante, juste après le démarrage à froid du moteur. En conséquence, la majeure partie des polluants rejetés dans l'atmosphère est émise dans les minutes qui suivent la phase de démarrage à froid du moteur.
- [0008] Avec l'arrivée de nouvelles normes (notamment Euro7), il a été décidé que cette situation ne pouvait pas perdurer.

- [0009] Une solution pour améliorer l'efficacité du convertisseur catalytique consisterait alors à le dimensionner en fonction de son rendement à basses températures, en augmentant sa taille. Néanmoins, étant donné le prix élevé des matériaux précieux utilisés pour fabriquer un tel convertisseur catalytique, il apparaît difficile de limiter le phénomène de rejets polluants par ce biais.
- [0010] Une autre solution consiste à favoriser le réchauffement rapide du convertisseur catalytique juste après le démarrage du moteur, en y injectant de l'air frais et du carburant pour qu'une réaction très exothermique s'y produise. Une telle solution est exposée dans le document FR2818310. Elle consiste, d'une part, à prévoir un compresseur électrique qui permet de prélever de l'air frais dans la ligne d'admission pour l'injecter sous pression dans la ligne d'échappement, et, d'autre part, à piloter l'injection de carburant et d'air frais dans les cylindres avec une richesse élevée de façon que tout le carburant ne puisse pas y être brûlé et qu'une partie de ce carburant imbrûlé se retrouve alors injectée dans le catalyseur d'oxydation (convertisseur catalytique) du moteur.
- [0011] Cette solution, bien qu'efficace, s'avère néanmoins coûteuse à mettre en œuvre.

Présentation de l'invention

- [0012] Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose d'utiliser des moyens qui existent déjà dans les moteurs à combustion interne afin de favoriser la montée en température du convertisseur catalytique.
- [0013] Plus particulièrement, on propose selon l'invention un moteur à combustion interne tel que défini dans l'introduction, dans lequel :
- la turbine est située en aval du convertisseur catalytique,
 - il est prévu une ligne de soufflage qui comprend une réserve d'air et qui communique, d'un côté, avec la sortie de la pompe à vide et, de l'autre, avec la ligne d'échappement en amont du convertisseur catalytique, et
 - il est prévu au moins une vanne de régulation adaptée à réguler le débit d'air circulant dans la ligne de soufflage, depuis la réserve d'air vers la ligne d'échappement.
- [0014] Avant de détailler les avantages procurés par l'invention, on peut rappeler que dans un système d'assistance pneumatique au freinage d'un véhicule automobile, un servofrein est classiquement interposé entre la pédale de frein du véhicule et les freins eux-mêmes. Un tel servofrein comporte un maître-cylindre et un amplificateur qui permet d'amplifier l'effort exercé par le conducteur sur la pédale au niveau du maître-cylindre.
- [0015] Le servofrein est relié pour cela à une pompe à vide délivrant une pression inférieure

à la pression atmosphérique et l'amplificateur comprend une membrane interne qui est soumise à un écart de pression entre la pression atmosphérique et la basse pression pour assurer l'assistance pneumatique.

- [0016] Lorsque le système de freinage n'est pas sollicité, la pompe à vide aspire un débit d'air très faible voire nul, correspondant principalement aux éventuelles fuites d'air. En d'autres termes, la pompe à vide d'un tel système doit aspirer de l'air de façon irrégulière, principalement lorsque le système de freinage est sollicité. La pompe à vide est ainsi continûment en service, y compris lorsque le système de freinage n'est pas sollicité, ce qui provoque des pertes inutiles d'énergie.
- [0017] L'invention propose alors de tirer profit de cette énergie en utilisant la sortie de la pompe à vide afin de mettre la réserve d'air de la ligne de soufflage sous pression d'air.
- [0018] Plus précisément, l'invention propose tout d'abord de placer le convertisseur catalytique en amont de la turbine, au plus près du collecteur d'échappement. De ce fait, la vitesse de montée en température du convertisseur catalytique après le démarrage à froid du moteur est beaucoup plus rapide. En effet, les gaz brûlés qui sortent de la chambre de combustion ne sont ainsi plus refroidis par la turbine avant d'entrer dans le convertisseur catalytique (la turbine présente en effet une inertie thermique et provoque des pertes de charge qui provoquent une baisse de la température des gaz brûlés).
- [0019] Cette solution présente un inconvénient majeur, qui est que le temps de réponse du turbocompresseur notamment pendant les phases d'accélération augmente significativement. Ce problème de temps de réponse provient de l'inertie thermique du convertisseur catalytique et des pertes de charge générées par ce convertisseur sur les gaz brûlés. En effet, les gaz brûlés qui sortent du convertisseur catalytique ont une énergie restreinte qui ne leur permet pas d'actionner la turbine aussi vite que souhaité.
- [0020] Alors, pour réduire ce temps de réponse, la présente invention propose de profiter de la réserve d'air sous pression pour, pendant les phases d'accélération, insuffler de l'air sous pression dans la ligne d'échappement, en amont du convertisseur catalytique, et pour augmenter la richesse du mélange d'admission en conséquence. Ainsi, des hydrocarbures imbrulés et de l'air frais traverseront le convertisseur catalytique, ce qui permettra à ce dernier de monter rapidement en température et ce qui permettra d'augmenter le débit de gaz traversant la turbine. En d'autres termes, cette double injection d'air et de carburant va permettre d'augmenter très rapidement l'enthalpie des gaz brûlés dans cette turbine, ce qui réduira sensiblement son temps de réponse.
- [0021] Préférentiellement, il est prévu une ligne de prise d'air qui communique, d'un côté, avec l'extérieur, et, de l'autre, avec l'entrée de la pompe à vide, et au moins une vanne de mise à l'air libre adaptée à réguler le débit d'air circulant dans la ligne de prise

d'air.

- [0022] Préférentiellement encore, il est prévu une sonde de richesse située dans la ligne d'échappement, en aval du convertisseur catalytique.
- [0023] L'invention porte aussi sur un véhicule automobile comportant des roues, un groupe motopropulseur et un système de freinage des roues qui comporte un servofrein à dépression, dans lequel le groupe motopropulseur comporte un moteur à combustion interne tel que précité, dont l'entrée de la pompe à vide est connectée au servofrein à dépression par une conduite d'air, une vanne anti-reflux étant prévue pour empêcher les gaz de refluer depuis la conduite d'air jusqu'au servofrein à dépression.
- [0024] L'invention porte également sur un procédé de pilotage d'un moteur à combustion interne tel que précité, dans lequel lorsque la vanne de régulation est fermée, il est prévu de :
- acquérir des paramètres caractérisant le point de fonctionnement du moteur à combustion interne, notamment la charge souhaitée par un conducteur ou par une unité de pilotage, et
 - lorsque les paramètres sont initialement caractéristiques d'un point de fonctionnement à faible enthalpie dans la ligne d'échappement puis que la charge augmente au-delà d'un seuil déterminé dans un intervalle de temps donné, ouvrir la vanne de régulation et augmenter la richesse d'un mélange d'air et de carburant admis dans la chambre de combustion.
- [0025] Préférentiellement, lorsque la vanne de régulation est en position ouverte, il est prévu d'acquérir la richesse des gaz brûlés en aval du convertisseur catalytique, et de piloter l'augmentation de la richesse dudit mélange de telle sorte que la richesse acquise en aval du convertisseur catalytique soit sensiblement égale à 1.
- [0026] Préférentiellement aussi, lorsque la vanne de régulation est en position ouverte, il est prévu d'acquérir une valeur relative à la température du convertisseur catalytique, et, dès que ladite valeur dépasse un seuil prédéterminé, refermer la vanne de régulation.
- [0027] Avantageusement, il est prévu de maintenir la vanne de régulation et la vanne de mise à l'air libre en position fermée tant que la pression dans une chambre du servofrein à dépression est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [0028] Avantageusement aussi, il est prévu d'ouvrir la vanne de mise à l'air libre lorsque la pression dans la chambre du servofrein à dépression est inférieure audit seuil prédéterminé.
- [0029] Encore avantageusement, il est prévu de fermer la vanne de mise à l'air libre lorsque la pression dans la réserve d'air est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [0030] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

Description détaillée de l'invention

- [0031] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.
- [0032] Sur les dessins annexés :
- [0033] [Fig.1] est une vue schématique d'un moteur à combustion interne selon l'invention, dans une phase d'aspiration d'air dans le servofrein à dépression ;
- [0034] [Fig.2] est une vue homologue de celle de la [Fig.1], sur laquelle le moteur à combustion interne est représenté dans une phase de mise sous pression d'un réservoir d'air ;
- [0035] [Fig.3] est une vue homologue de celle de la [Fig.1], sur laquelle le moteur à combustion interne est représenté dans une phase de soufflage d'air dans la ligne d'échappement ; et
- [0036] [Fig.4] est une représentation du procédé de pilotage du moteur à combustion interne de la [Fig.1].
- Dispositif
- [0037] Dans la description, les termes « amont » et « aval » seront utilisés suivant le sens de l'écoulement des gaz, depuis le point de prélèvement de l'air frais dans l'atmosphère jusqu'à la sortie des gaz brûlés dans l'atmosphère.
- [0038] Sur les figures 1 et 2, on a représenté schématiquement un moteur à combustion interne 1 équipant un véhicule automobile.
- [0039] Il pourrait s'agir d'un véhicule automobile à propulsion hybride, mais on considérera ici qu'il s'agit d'un véhicule à propulsion thermique.
- Général
- [0040] Le moteur à combustion interne 1 comprend un bloc-moteur 10 pourvu d'un vilebrequin et de pistons (non représentés) respectivement logés dans des cylindres 11. Ces cylindres, par exemple au nombre de quatre, délimitent avec leurs pistons une chambre de combustion.
- [0041] Le moteur à combustion interne est de préférence du type à allumage commandé (à Essence). Par conséquent, il comporte un circuit d'allumage qui comprend notamment des bougies débouchant chacune dans un cylindre 11 de façon à pouvoir y générer une étincelle d'allumage d'un mélange de combustion.
- [0042] En amont des cylindres 11, le moteur à combustion interne 1 comporte une ligne d'admission 20 qui prélève l'air frais dans l'atmosphère et qui débouche dans un répartiteur d'air 25 agencé pour répartir l'air frais vers chacun des cylindres 11 du bloc-moteur 10. Cette ligne d'admission 20 comporte, dans le sens d'écoulement de l'air frais, un filtre à air 21 qui filtre l'air frais prélevé dans l'atmosphère, un compresseur

22 qui comprime l'air frais filtré par le filtre à air 21, un refroidisseur d'air principal 23 qui refroidit cet air frais comprimé, et une vanne d'admission 24 qui permet de réguler le débit d'air frais débouchant dans le répartiteur d'air 25.

- [0043] En sortie des cylindres 11, le moteur à combustion interne 1 comporte une ligne d'échappement 80 qui s'étend depuis un collecteur d'échappement 81 dans lequel débouchent les gaz qui ont été préalablement brûlés dans les cylindres 11, jusqu'à un silencieux d'échappement 87 permettant de détendre les gaz brûlés avant qu'ils ne soient évacués dans l'atmosphère. Elle comporte par ailleurs, dans le sens d'écoulement des gaz brûlés, un convertisseur catalytique 83 pour le traitement des gaz brûlés, une turbine 82 et un filtre à particules 84.
- [0044] La turbine 82 est entraînée en rotation par le flux de gaz brûlés sortant du collecteur d'échappement 81, et elle permet d'entraîner le compresseur 22 en rotation, grâce à des moyens de couplage mécanique tels qu'un arbre de transmission. La turbine 82, le compresseur 22 et l'arbre de transmission forment alors ici un turbocompresseur 30.
- [0045] Puisque le moteur est ici du genre à allumage commandé, le convertisseur catalytique 83 est qualifié de catalyseur « trois voies » en ce sens qu'il est prévu pour oxyder principalement les hydrocarbures imbrûlés (HC) et le monoxyde de carbone (CO) contenus dans les gaz brûlés, ainsi que pour réduire les oxydes d'azote (NO_x).
- [0046] Le moteur à combustion interne 1 peut comporter aussi une ou des ligne(s) de recirculation partielle des gaz brûlés à l'admission (communément appelées lignes EGR, de l'acronyme anglais pour : Exhaust Gas Recycling), prenant naissance dans la ligne d'échappement 80 et débouchant dans la ligne d'admission 20. Ces lignes ne sont pas ici représentées.
- [0047] Le moteur à combustion interne 1 comporte par ailleurs une ligne d'injection 60 de carburant dans les cylindres 11. Cette ligne d'injection 60 comporte une pompe d'injection 62 agencée pour prélever le carburant dans un réservoir 61 afin de l'amener sous pression dans un rail de distribution 63 qui débouche dans les cylindres 11 via des injecteurs de carburant 64.
- Système de freinage
- [0048] Le moteur à combustion interne 1 comporte par ailleurs une pompe à vide 40 qui est adaptée à établir une pression d'air inférieure à la pression atmosphérique.
- [0049] Cette pompe à vide 40 est de préférence mécanique et actionnée par le vilebrequin du moteur à combustion interne, soit directement, soit indirectement via un arbre à cames, un mécanisme de pignonnerie, de courroie, de chaîne ou autre.
- [0050] Il s'agit ici d'une pompe à palettes mais tout autre type de pompe ad hoc pourrait être employée.
- [0051] Cette pompe à vide 40 comporte une entrée 41 par laquelle elle aspire l'air pour créer une dépression, et une sortie 42 par laquelle elle expulse l'air aspiré.

- [0052] Le véhicule automobile équipé de ce moteur à combustion interne 1 comporte un système de freinage permettant de ralentir le véhicule. Ce système de freinage comporte classiquement une pédale de frein, un servofrein actionné par la pédale de frein, et un circuit de freinage permettant au liquide de frein repoussé par le servofrein d'actionner des étriers de freins.
- [0053] Ici, le servofrein 70 est du type à dépression. Il comporte ainsi un maître-cylindre actionné par la pédale de frein, et un système pneumatique d'assistance au freinage qui permet d'amplifier l'effort exercé par le conducteur sur la pédale de frein.
- [0054] Pour amplifier cet effort, le servofrein 70 est relié à l'entrée 41 de la pompe à vide 40 par une conduite d'air 71. La pompe à vide 40 permet alors d'établir, dans une chambre située d'un côté d'une membrane du servofrein 70, une pression inférieure à la pression atmosphérique qui s'applique de l'autre côté de la membrane, ce qui aide le conducteur à freiner.
- [0055] Ici, ce servofrein 70 comporte un clapet anti-retour 72 adapté à empêcher tout reflux d'air depuis le servofrein 70 vers la pompe à vide 40.
- Invention
- [0056] Grâce à la position du convertisseur catalytique 83 en amont de la turbine 82, au démarrage à froid du moteur, la température du convertisseur catalytique augmente rapidement, ce qui permet d'amorcer ce dernier rapidement et donc d'assurer aussi vite que possible un traitement efficace des gaz brûlés.
- [0057] A cause de cette position, en phase d'accélération, lorsque le moteur passe d'un point de fonctionnement à faible charge vers un point de fonctionnement à forte charge, il existe un risque que le temps de latence pendant lequel le turbocompresseur n'est pas efficace se prolonge. En effet, lorsque le convertisseur catalytique est froid ou tiède (c'est-à-dire amorcé mais à une température par exemple inférieure à 250°C), les gaz brûlés qui le traversent sont refroidis et perdent de l'énergie, si bien qu'ils ne peuvent pas faire accélérer la turbine 82 aussi rapidement que souhaité.
- [0058] L'invention propose alors une solution permettant d'amener rapidement le convertisseur catalytique 83 à haute température et d'insuffler davantage de gaz dans la turbine, afin de réduire le temps de latence précité.
- [0059] Cette solution consiste tout d'abord à prévoir une ligne de soufflage 50 qui prend naissance à la sortie 42 de la pompe à vide 40 et qui débouche dans la ligne d'échappement 80, en amont du convertisseur catalytique 83.
- [0060] Cette ligne de soufflage 50 permet d'insuffler dans le convertisseur catalytique 83 de l'air frais qui, combiné avec des hydrocarbures imbrûlés, permettra d'accélérer la montée en température du convertisseur catalytique 83.
- [0061] La pompe à vide 40 n'est ici pas dimensionnée pour pouvoir insuffler le débit d'air frais suffisant dans la ligne d'échappement 80 afin d'assurer une montée en tem-

pérature rapide du convertisseur catalytique 83.

- [0062] Il est alors prévu dans la ligne de soufflage 50 des moyens de stockage d'un volume d'air à pression élevée (supérieure à la pression atmosphérique).
- [0063] Cette réserve d'air pourrait être formée par des conduites de sections importantes de la ligne de soufflage 50. Toutefois, de manière préférentielle, elle comporte un réservoir 52 qui présente un volume au moins égal à un litre, par exemple égal à deux litres environ. Son volume devra être ajusté en fonction des caractéristiques du moteur, de façon à pouvoir créer un soufflage d'air à un débit suffisant pendant l'ensemble de la durée nécessaire pour réchauffer le convertisseur catalytique 83.
- [0064] Ce réservoir 52 présente des propriétés mécaniques telle que la pression d'air en son sein peut être très élevée (par exemple de l'ordre de 2 bars) sans qu'il ne fuie ou n'explose.
- [0065] Pour isoler ce réservoir 52 de la ligne d'échappement 80 lorsqu'il n'est pas nécessaire de réchauffer le convertisseur catalytique 83, la ligne de soufflage 50 comporte ici une vanne de régulation 51 du débit d'air la traversant. Cette vanne est située entre le réservoir 52 et la ligne d'échappement 80, à distance de cette dernière pour éviter qu'elle ne s'encrasse.
- [0066] Cette vanne de régulation 51 est ici bistable. Elle est donc adaptée à être pilotée dans l'une ou l'autre de deux positions stables, à savoir :
- une position de fermeture dans laquelle elle obture totalement la ligne de soufflage 50, de sorte que le débit d'air y est nul (à des fuites d'air près liées à l'étanchéité entre la vanne 51 et la paroi intérieure de la ligne de soufflage 50 dans laquelle elle est montée), et
 - une position d'ouverture dans laquelle elle libère totalement la ligne de soufflage 50, de sorte que le débit d'air y est maximum.
- [0067] La vanne de régulation 51 est par exemple formée par un volet papillon, mais il pourrait bien entendu en être autrement.
- [0068] On notera que la section de la vanne de régulation 51 (et/ou celle des conduites de la ligne de soufflage 50) est prévue de façon que le débit de soufflage d'air (lors de l'ouverture de la vanne de régulation 51) reste sensiblement constant pendant une durée permettant au minimum de réchauffer le convertisseur catalytique 83 en cas de forte accélération.
- [0069] La chambre du servofrein à dépression 70 dans laquelle l'air est aspiré par la pompe à vide 40 présente ici un volume réduit. Par conséquent, cette seule source d'air ne permet pas de remplir le réservoir 52 autant que souhaité.
- [0070] Il est alors préférentiellement prévu une ligne de prise d'air 73 qui prend naissance à l'extérieur du moteur, dans l'atmosphère, et qui débouche dans la conduite d'air 71, dont on rappelle qu'elle connecte l'entrée 41 de la pompe à vide 40 au servofrein à dé-

pression 70. Cette ligne de prise d'air va permettre à la pompe à vide 40 d'aspirer un grand volume d'air pour remplir le réservoir 52 lorsque les conditions le permettent.

- [0071] Pour éviter que cette ligne de prise d'air 73 reste toujours ouverte et qu'elle n'empêche de vider l'air contenu dans la chambre du servofrein à dépression 70, cette ligne est équipée d'une vanne de mise à l'air libre 74. Il s'agit ici encore d'une vanne commandée bistable.
- [0072] Quand cette vanne sera ouverte, la pompe à vide 40 pourra aspirer sans effort excessif un grand volume d'air afin de le restituer dans le réservoir 52 et de l'y comprimer (avec une pression inférieure à 5 bars, de préférence de l'ordre de 2 bars). Lorsqu'elle sera fermée, la pompe à vide 40 pourra aspirer sans effort l'air contenu dans la chambre du servofrein à dépression 70.
- Calculateur
- [0073] Comme le montre la [Fig.1], pour piloter les différents organes du moteur à combustion interne 1, il est prévu un calculateur 100 comportant un processeur (CPU), une mémoire vive (RAM), une mémoire morte (ROM), une interface d'entrée et de sortie de données.
- [0074] Grâce à cette interface, le calculateur 100 est adapté à recevoir de différents capteurs des signaux d'entrée.
- [0075] Parmi ces capteurs, il est notamment prévu un capteur de pression dans la chambre du servofrein à dépression 70 et un autre capteur de pression dans le réservoir 52.
- [0076] Il est également prévu un ou plusieurs capteurs permettant de mesurer ou d'évaluer la richesse des gaz brûlés en aval du convertisseur catalytique 83.
- [0077] A ce sujet, on rappellera que la notion de richesse est définie par le rapport entre la « proportion effective de carburant dans les gaz » par rapport à la « proportion stœchiométrique de carburant dans les gaz ».
- [0078] La notion de « proportion de carburant dans les gaz » correspond plus précisément au rapport entre la masse de carburant par rapport à la masse d'air.
- [0079] On pourrait prévoir que la richesse en aval du convertisseur catalytique 83 soit calculée à l'aide d'un modèle mathématique, en fonction de divers paramètres exogènes, tels que le régime du moteur, sa charge, sa température...
- [0080] Ici, comme le montrent les figures, on préférera utiliser une sonde de richesse 85 placée à la sortie de la turbine 82. Il s'agit d'une sonde à oxygène de type proportionnel.
- [0081] Il est par ailleurs prévu un ou plusieurs capteurs permettant de mesurer ou d'évaluer la température dans le convertisseur catalytique 83.
- [0082] Il pourrait par exemple s'agir d'un capteur de température situé dans la ligne d'échappement ou à proximité de la chambre de combustion du moteur.
- [0083] En variante, il pourrait s'agir d'un ensemble de capteurs dont les mesures per-

mettraient d'évaluer la température du convertisseur catalytique 83 à l'aide d'un modèle mathématique.

[0084] En pratique, on considérera ici qu'il est prévu un capteur de température 86 situé à la sortie du convertisseur catalytique 83.

[0085] Également grâce à son interface, le calculateur 100 est adapté à transmettre des signaux de sortie aux différents organes du moteur, notamment à la vanne de régulation 51 et à la vanne de mise à l'air libre 74.

[0086] Grâce à sa mémoire, le calculateur 100 mémorise une application informatique, constituée de programmes d'ordinateur comprenant des instructions dont l'exécution par le processeur permet la mise en œuvre par le calculateur du procédé décrit ci-après.

Procédé

[0087] Classiquement, lorsque le moteur est démarré, l'air frais prélevé dans l'atmosphère par la ligne d'admission 20 est filtré par le filtre à air 21, comprimé par le compresseur 22, refroidi par le refroidisseur d'air principal 23, puis brûlé dans les cylindres 11.

[0088] A leur sortie des cylindres 11, les gaz brûlés sont traités dans le convertisseur catalytique 83, détendus dans la turbine 82, filtrés par le filtre à particules 84 puis détendus à nouveau dans le silencieux d'échappement 87 avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

[0089] Dès que le moteur est démarré et jusqu'à son extinction, la pompe à vide 40 fonctionne en continu de façon à établir une pression à son entrée 41 qui est inférieure à la pression atmosphérique et à rejeter l'air aspiré par sa sortie 42.

- Invention

[0090] Selon le point de fonctionnement du moteur, les vannes de régulation et de mise à l'air libre 51, 74 sont pilotées de façon différente.

[0091] On notera ici que ce point de fonctionnement pourra être caractérisé par des paramètres bien identifiés. On considérera ici que ce point de fonctionnement est caractérisé par le régime du moteur à combustion interne 1, par sa charge et éventuellement aussi par la température de son convertisseur catalytique 83.

[0092] La charge du moteur pourra être calculée de diverses manières. Elle exprime une volonté d'accélérer ou de décélérer de la part du conducteur du véhicule sur lequel le moteur est monté. On considérera ici qu'elle est égale au rapport entre la position de la pédale d'accélération et la course totale de cette pédale, exprimé en pourcentage.

[0093] Au démarrage du moteur à combustion interne 1, la pression dans la chambre du servofrein à dépression 70 est sensiblement égale à la pression atmosphérique et elle nécessite d'être rapidement réduite. Il en va de même après chaque appui par le conducteur sur la pédale de frein.

[0094] Dans ces conditions où la pression dans la chambre du servofrein à dépression 70 est trop élevée, il est prévu de fermer les deux vannes de régulation 51 et de mise à l'air

libre 74. Ainsi, comme le montrent les flèches F1 sur la [Fig.1], l'air situé dans le servofrein est aspiré par la pompe à vide 40 et évacué dans le réservoir d'air 52.

- [0095] En revanche, lorsque la pression dans la chambre du servofrein à dépression est suffisamment basse mais que la pression dans le réservoir 52 n'est pas assez élevée, le calculateur commande l'ouverture de la vanne de mise à l'air libre 74 (voir [Fig.2]).
- [0096] Dans ces conditions, la pression à l'entrée 41 de la pompe à vide 40 étant proche de la pression atmosphérique, cette pompe pourra insuffler une grande quantité d'air dans le réservoir 52, en mettant ce dernier sous pression.
- [0097] Comme le montre la flèche F2 sur la [Fig.2], l'air est en effet aspiré dans l'atmosphère par la pompe à vide 40 puis insufflé dans le réservoir 52.
- [0098] Dès que la pression atteinte dans le réservoir 52 est suffisante (ici égale à 2 bars), la vanne de mise à l'air libre 74 est refermée (voir [Fig.1]). L'objectif est que la pression dans le réservoir 52 soit suffisamment élevée pour souffler de l'air dans la ligne d'échappement 80 lorsque cela sera nécessaire, pendant la durée souhaitée. La pression n'est toutefois pas augmentée davantage pour permettre à la pompe à vide 40 d'être toujours en mesure de fonctionner sans effort excessif et de faire le vide d'air dans le servofrein à dépression 70 lorsque cela s'avère nécessaire.
- [0099] Si le moteur à combustion interne fonctionne à faible charge et/ou à faible régime, la température du convertisseur catalytique 83 baisse rapidement.
- [0100] Par conséquent, lorsque le conducteur accélère fortement depuis un tel point de fonctionnement, l'inertie thermique du convertisseur catalytique 83 ne va pas permettre aux gaz brûlés de faire accélérer la turbine 82 aussi vite que souhaité.
- [0101] Pour remédier à cela, le calculateur 100 est programmé pour ouvrir la vanne de régulation 51 de la ligne de soufflage 50, ce qui provoque une arrivée d'air frais sous pression dans le convertisseur catalytique 83. La flèche F3 sur la [Fig.3] permet d'illustrer le sens de circulation des gaz depuis la ligne de soufflage 50.
- [0102] En parallèle, le calculateur 100 commande simultanément les injecteurs de carburant 64 de façon qu'ils injectent dans une partie au moins des cylindres 11 un volume de carburant permettant d'obtenir dans ces cylindres un mélange de richesse non plus égale à 1 mais supérieure à 1.
- [0103] Le carburant imbrûlé dans les cylindres 11 va donc aboutir dans le pot catalytique 83 où il pourra brûler grâce à la présence de l'air frais provenant de la ligne de soufflage 50.
- [0104] Cette réaction très exothermique permettra d'augmenter très rapidement la température du convertisseur catalytique 83 et donc celle des gaz brûlés traversant la turbine 82.
- [0105] Cette augmentation rapide de débit et de température des gaz brûlés permettra alors à la turbine 82 de monter rapidement en régime, ce qui réduira son temps de réaction.

- [0106] Idéalement, pendant cette période où la vanne de régulation 51 est maintenue ouverte, la sonde de richesse 85 placée en aval de turbine 82 va permettre au calculateur 100 d'ajuster la richesse du mélange admis dans les cylindres 11. L'objectif est que la richesse mesurée en aval de la turbine 82 soit environ égale à 1.
- [0107] Une fois que la température du convertisseur catalytique 83 a atteint un seuil prédéterminé, par exemple égal à 90% de sa température maximum, la vanne de régulation 51 est refermée.
- [0108] Pendant le temps de la montée en température du convertisseur catalytique 83, on peut prévoir d'ouvrir la vanne de mise à l'air libre 74, de façon que la pompe à vide 40 puisse continuer à insuffler de l'air dans le réservoir 52 pendant que ce dernier se vide dans la ligne d'échappement 80.
- Résumé
- [0109] A ce stade, on peut résumer la procédé mis en œuvre par le calculateur 100 de la façon suivante, en s'appuyant sur la [Fig.4].
- [0110] On notera à titre liminaire qu'au démarrage du moteur, le calculateur 100 commande la fermeture des vannes de régulation 51 et de mise à l'air libre 74.
- [0111] Le procédé selon l'invention est mis en œuvre de façon récursive, en boucles, à pas de temps successifs.
- [0112] Il comporte une première étape S0 d'acquisition de données telles que la pression dans la chambre du servofrein à dépression 70 et la pression dans le réservoir 52.
- [0113] Au cours de cette étape, le calculateur 100 acquiert aussi les valeurs des paramètres caractérisant le point de fonctionnement instantané du moteur à combustion interne 1 (charge, régime...). Il acquiert également les valeurs que ces mêmes paramètres présentaient à un pas de temps précédent (par exemple une demi-seconde avant le pas de temps courant).
- [0114] Le procédé comporte ensuite une seconde étape S2 de contrôle de la pression dans la chambre du servofrein à dépression 70. Au cours de cette étape, le calculateur détermine si la pression mesurée est supérieure à un seuil prédéterminé (de l'ordre de 0,2 bars).
- [0115] Si c'est le cas, au cours d'une étape S4, le calculateur commande le maintien en position fermée des vannes de régulation 51 et de mise à l'air libre 74, de façon que le vide d'air se fasse dans la chambre du servofrein à dépression 70. Puis le procédé se réinitie depuis l'étape S0.
- [0116] Dans le cas contraire (si la pression dans cette chambre est suffisamment basse), au cours d'une étape S6, le calculateur 100 vérifie si la pression dans le réservoir 52 est supérieure à un premier seuil de pression (par exemple égal à 2 bars).
- [0117] Si ce n'est pas le cas, au cours d'une étape S7, le calculateur 100 commande l'ouverture de la vanne de mise à l'air libre 74 jusqu'à ce que la pression dans le

réservoir 52 dépasse ce premier seuil de pression, puis le procédé se réinitie depuis l'étape S0.

- [0118] En revanche, si la pression est suffisante dans le réservoir 52, au cours d'une étape S8, le calculateur vérifie si deux conditions cumulatives sont remplies.
- [0119] La première condition est que l'enthalpie des gaz brûlés traversant la turbine 82 au pas de temps précédent était faible.
- [0120] Pour vérifier cette première condition, le calculateur détermine si les valeurs des paramètres caractérisant le point de fonctionnement du moteur au pas de temps précédent sont telles que cette enthalpie était réduite. En d'autres termes, il vérifie si le régime et/ou la charge et/ou la température du convertisseur catalytique étaient faibles au pas de temps précédent. Le calculateur 100 utilise pour cela une cartographie stockée dans sa mémoire.
- [0121] La seconde condition est que le point de fonctionnement instantané indique que la charge a fortement augmenté.
- [0122] Pour vérifier cette seconde condition, le calculateur détermine l'écart entre la charge au pas de temps courant et la charge au pas de temps précédent. Si cet écart dépasse un seuil prédéterminé, par exemple de l'ordre de 40%, cette seconde condition est remplie.
- [0123] En d'autres termes, à l'étape S8, le calculateur 100 vérifie si le moteur était peu sollicité jusqu'alors et s'il l'est subitement, si bien qu'il y a un risque que le temps de réaction de la turbine 82 soit élevé.
- [0124] Si ce n'est pas le cas, c'est-à-dire si au moins une de ces conditions n'est pas remplie, au cours d'une étape S10, le calculateur 100 maintient la vanne de régulation 51 et la vanne de mise à l'air libre 74 en positions fermée, puis le procédé se réinitie depuis l'étape S0.
- [0125] Au contraire, si ces deux conditions sont remplies, le calculateur 100 commande au cours d'une étape S12 l'augmentation de la richesse du mélange admis dans les cylindres 11 et l'ouverture de la vanne de régulation 51.
- [0126] Cette étape prend fin dès que la température du convertisseur catalytique 83 dépasse un seuil prédéterminé. Dès lors, la vanne de régulation 51 est ramenée en position fermée et le procédé se réinitie depuis l'étape S0.

Variantes

- [0127] La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à l'invention.
- [0128] Dans une variante de l'invention, on pourrait prévoir que la pompe à vide soit actionnée, non pas via le vilebrequin du moteur à combustion interne mais plutôt par un moteur électrique alimenté en courant par la batterie d'accumulateurs du véhicule.

- [0129] Dans une autre variante de l'invention, le moteur à combustion interne pourrait être du type à allumage par compression (Diesel). Dans cette variante, il ne sera pas possible d'augmenter la richesse du mélange admis dans les cylindres afin que du carburant imbrûlé parvienne dans le convertisseur catalytique, qui sera dans le cas d'un moteur Diesel un catalyseur d'oxydation. Il sera alors nécessaire de prévoir un injecteur de carburant dans la ligne d'échappement, en amont du convertisseur catalytique.
- [0130] Dans une autre variante de l'invention, on pourrait prévoir une vanne à l'entrée du réservoir, permettant de garder le réservoir 52 sous pression lorsque le moteur est à l'arrêt. Ainsi, au démarrage du moteur, il sera possible d'ouvrir la vanne de régulation 51 et d'injecter un mélange riche dans les cylindres du moteur, de façon à accélérer la montée en température du convertisseur catalytique 83.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de pilotage d'un moteur à combustion interne (1) qui comprend :

- une chambre de combustion,
- une ligne d'admission (20) d'air frais débouchant dans la chambre de combustion,
- une ligne d'échappement (80) de gaz brûlés hors de la chambre de combustion qui comprend au moins un convertisseur catalytique (83),
- un turbocompresseur (30) qui comporte une turbine (82) située dans la ligne d'échappement (80) en aval du convertisseur catalytique (83) et un compresseur (22) qui est situé dans la ligne d'admission (20) et qui est entraîné en rotation par la turbine (82),
- une pompe à vide (40) qui comporte une entrée (41) par laquelle elle est adaptée à aspirer de l'air et une sortie (42) par laquelle l'air aspiré est expulsé,
- une ligne de soufflage (50) qui comprend une réserve d'air (52), et qui communique, d'un côté, avec la sortie (42) de la pompe à vide (40) et, de l'autre, avec la ligne d'échappement (80) en amont du convertisseur catalytique (83), et
- au moins une vanne de régulation (51) adaptée à réguler le débit d'air circulant dans la ligne de soufflage (50), depuis la réserve d'air (52) vers la ligne d'échappement (80),

le procédé étant caractérisé en ce que, la vanne de régulation (51) étant fermée, il est prévu de :

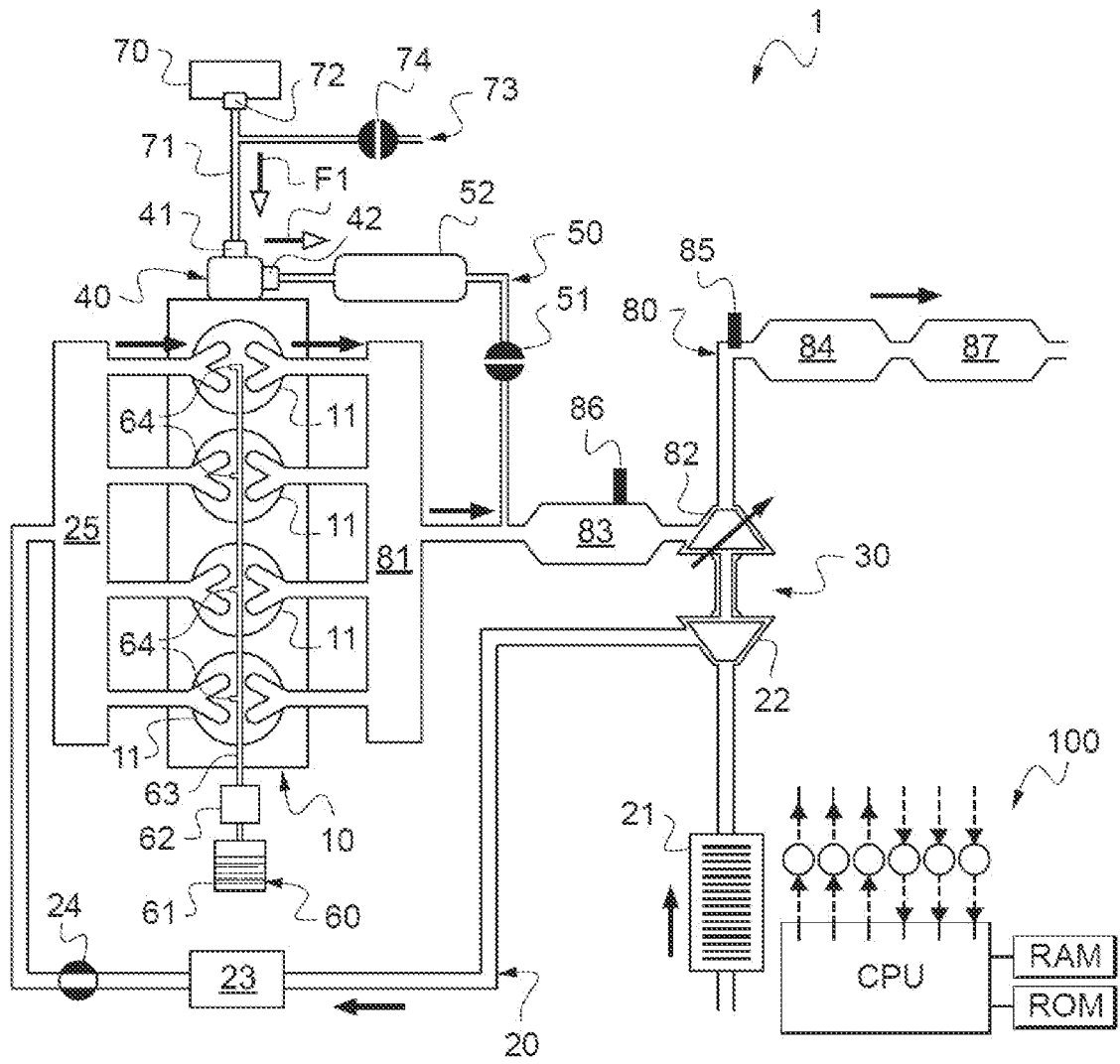
- acquérir des paramètres caractérisant le point de fonctionnement du moteur à combustion interne (1), notamment la charge souhaitée par un conducteur ou par une unité de pilotage,
- lorsque les paramètres sont initialement caractéristiques d'un point de fonctionnement à faible enthalpie dans la ligne d'échappement (80) puis que la charge augmente au-delà d'un seuil déterminé dans un intervalle de temps donné, ouvrir la vanne de régulation (51) et augmenter la richesse d'un mélange d'air et de carburant admis dans la chambre de combustion, puis, lorsque la vanne de régulation (51) est en position ouverte, il est prévu de :
- acquérir la richesse des gaz brûlés en aval du convertisseur catalytique (83), et
- piloter l'augmentation de la richesse dudit mélange de telle sorte que la

richesse acquise en aval du convertisseur catalytique (83) soit sensiblement égale à 1.

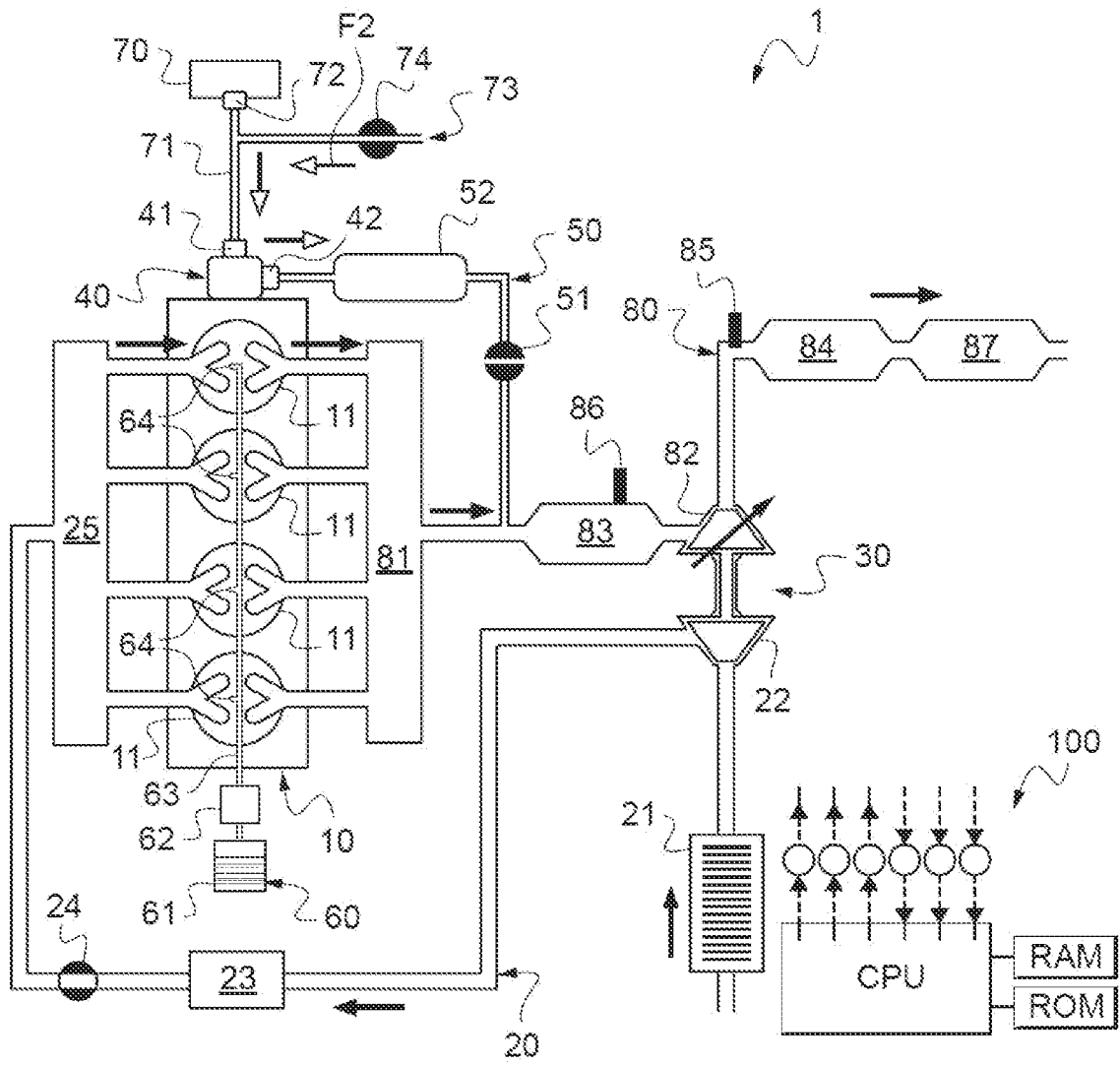
- [Revendication 2] Procédé de pilotage selon la revendication 1, dans lequel le moteur à combustion interne (1) comporte :
- une ligne de prise d'air (73) qui communique, d'un côté, avec l'extérieur, et, de l'autre, avec l'entrée (41) de la pompe à vide (40), et
 - au moins une vanne de mise à l'air libre (74) adaptée à réguler le débit d'air circulant dans la ligne de prise d'air (73).
- [Revendication 3] Procédé de pilotage selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le moteur à combustion interne (1) comporte une sonde de richesse (85) située dans la ligne d'échappement (80), en aval du convertisseur catalytique (83).
- [Revendication 4] Procédé de pilotage conforme à l'une des revendications 1 à 3, s'appliquant à un véhicule automobile comportant des roues, un groupe motopropulseur comportant ledit moteur à combustion interne (1) et un système de freinage des roues qui comporte un servofrein à dépression (70), l'entrée (41) de la pompe à vide (40) étant connectée au servofrein à dépression (70) par une conduite d'air (71), une vanne anti-reflux (72) étant prévue pour empêcher les gaz de refluer depuis la conduite d'air (71) jusqu'au servofrein à dépression (70).
- [Revendication 5] Procédé de pilotage selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel lorsque la vanne de régulation (51) est en position ouverte, il est prévu de :
- acquérir une valeur relative à la température du convertisseur catalytique (83), et
 - dès que ladite valeur dépasse un seuil prédéterminé, refermer la vanne de régulation (51).
- [Revendication 6] Procédé de pilotage selon l'une des revendications 1 à 5 combinée aux revendications 2 et 4, dans lequel il est prévu de maintenir la vanne de régulation (51) et la vanne de mise à l'air libre (74) en position fermée tant que la pression dans une chambre du servofrein à dépression (70) est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [Revendication 7] Procédé de pilotage selon la revendication 6, dans lequel il est prévu d'ouvrir la vanne de mise à l'air libre (74) lorsque la pression dans la chambre du servofrein à dépression (70) est inférieure audit seuil prédéterminé.
- [Revendication 8] Procédé de pilotage selon l'une des revendications 1 à 7 combinée à la revendication 2, dans lequel il est prévu de fermer la vanne de mise à

l'air libre (74) lorsque la pression dans la réserve d'air (52) est supérieure à un seuil prédéterminé.

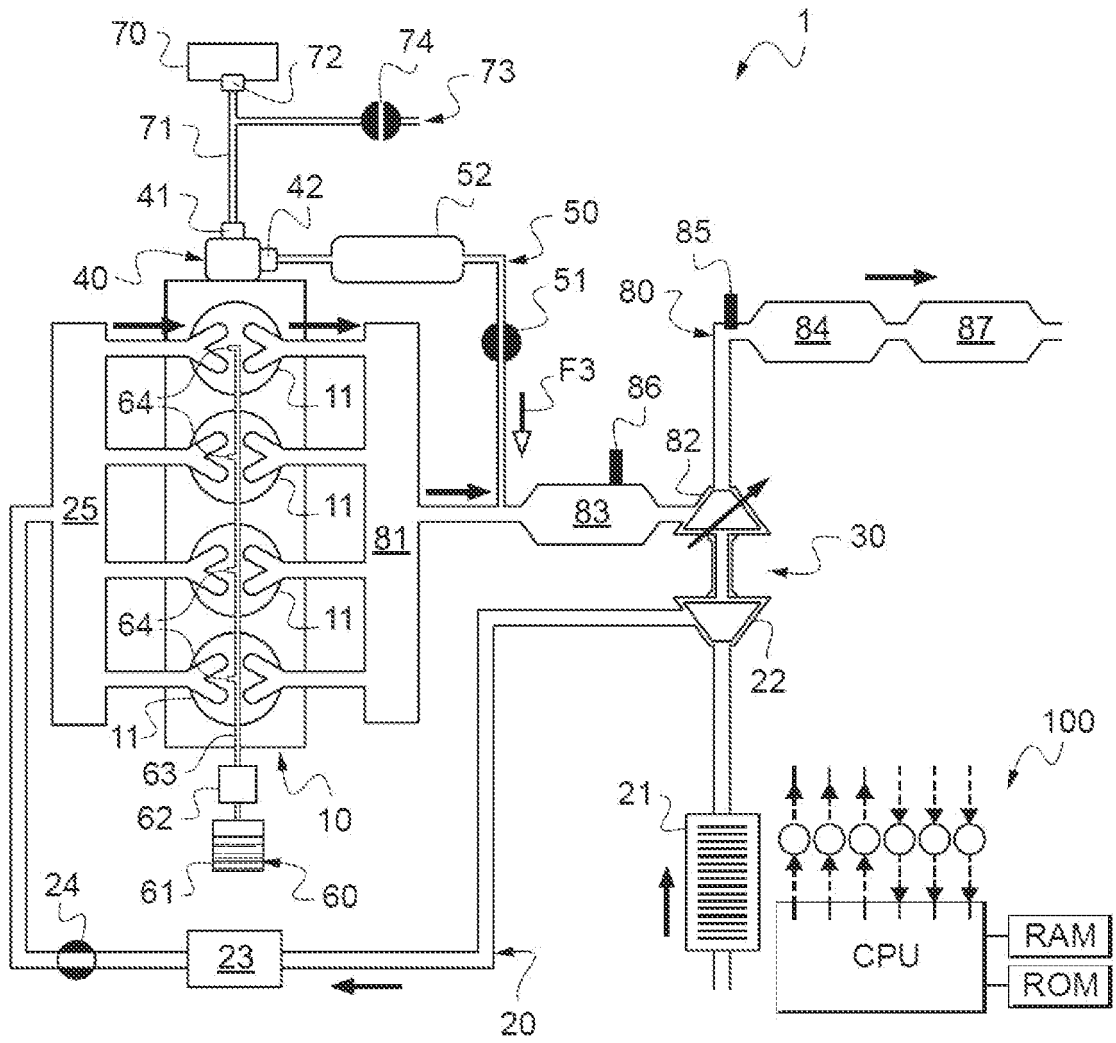
[Fig. 1]



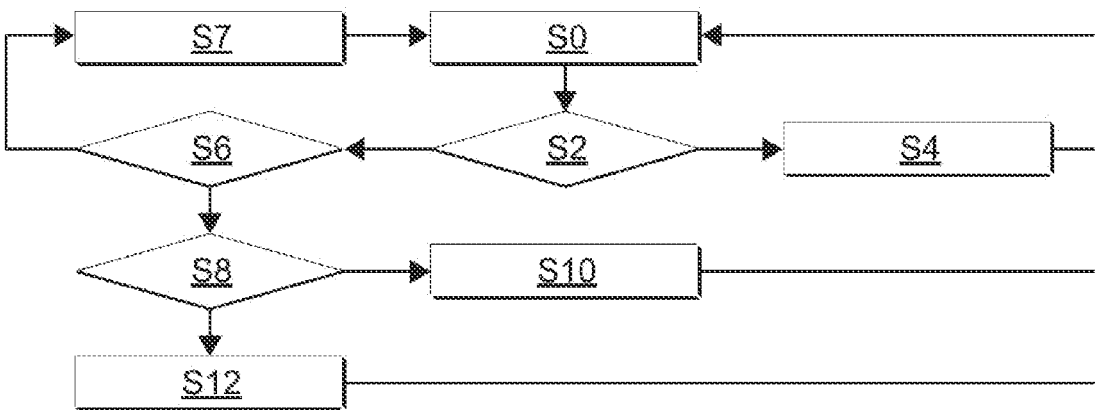
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



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**

EP 3 358 160 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])
8 août 2018 (2018-08-08)

DE 10 2017 111027 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC
[US]) 23 novembre 2017 (2017-11-23)

DE 10 2016 204691 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE])
28 septembre 2017 (2017-09-28)

US 5 517 848 A (HOSOYA YASUHIKO [JP] ET
AL) 21 mai 1996 (1996-05-21)

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

NEANT

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

NEANT