

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 938 301

21 N° d'enregistrement national : 08 57671

51 Int Cl⁸ : F 02 D 21/08 (2006.01), F 02 D 23/00, 23/02, F 01 N 3/02

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.11.08.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 14.05.10 Bulletin 10/19.

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 :

71 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : DUMOULIN PIERRE et HAYAT OLIVIER.

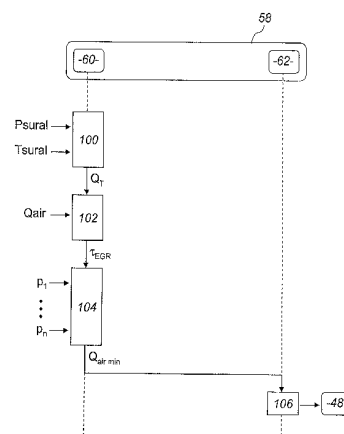
73 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : PSA PEUGEOT CITROEN.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE REGLAGE D'UNE RECIRCULATION DE GAZ D'ÉCHAPPEMENT POUR UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.

57 L'invention concerne notamment un procédé de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour un moteur à combustion interne doté d'un circuit de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission du moteur pour y être mélangée avec de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne (Q_{air}) donné.

Ce procédé comporte une étape de détermination (104), sur la base de paramètres mesurés ou estimés ($p_1, \dots, p_n, \tau_{EGR}$) et d'un modèle prédéterminé de condensation, d'un débit d'air frais minimal ($Q_{air\ min}$) en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission, et une étape (106) de réglage de la recirculation des gaz d'échappement de sorte que ce débit d'air frais minimal soit inférieur au débit d'air frais de consigne.



FR 2 938 301 - A1



Procédé et dispositif de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour un moteur à combustion interne

5 [0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour un moteur à combustion interne. Elle concerne en outre un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes d'un tel procédé de réglage et un ensemble moteur à combustion interne comportant un tel dispositif de réglage.

10 [0002] L'invention s'applique en particulier aux moteurs à combustion interne dotés d'au moins un circuit de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission du moteur. Cette partie des gaz d'échappement est dite recyclée.

[0003] Dans certains moteurs munis de turbocompresseurs, notamment les moteurs Diesel,
15 les gaz recyclés sont dérivés de la ligne d'échappement en amont de la turbine du turbocompresseur et reconduits dans le collecteur d'admission en aval du compresseur du turbocompresseur après refroidissement. Le circuit de recirculation des gaz d'échappement est alors qualifié de circuit à haute pression et haute température (HPHT). Cette recirculation des gaz d'échappement a pour objectif de diminuer la quantité d'oxydes d'azote (NOx) rejetée dans
20 l'atmosphère par le moteur. En effet, ces oxydes d'azote sont produits par la combinaison de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air d'admission sous l'effet d'une très haute température. Le système de recirculation diminue, lors de certaines phases de fonctionnement, la quantité d'oxygène disponible dans le cylindre en introduisant dans la tubulure d'admission une certaine
25 quantité de gaz d'échappement pauvre en oxygène remplaçant ainsi l'air frais comburant. De cette façon, ce système permet de réduire très fortement les émissions de NOx. Cependant, une trop grande quantité de gaz d'échappement recyclés entraîne une forte augmentation des taux de suie, de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures (HC), en raison du manque d'air.

[0004] Un contrôle précis de la recirculation des gaz d'échappement introduits dans le
30 collecteur d'admission du moteur est nécessaire pour gérer au mieux les compromis entre les émissions de NOx d'une part et de suie, de CO et d'HC d'autre part.

[0005] Pour améliorer l'efficacité du moteur en termes d'émission de polluants, un circuit de recirculation, qualifié de circuit à basse pression et basse température (BPBT), peut avantageusement compléter ou remplacer le circuit de recirculation HPHT. Ce circuit de

recirculation BPBT est raccordé, d'une part, à la ligne d'échappement en aval de la turbine du turbocompresseur et d'un filtre à particules disposé en sortie de cette turbine et, d'autre part, à la ligne d'admission en amont du compresseur du turbocompresseur.

[0006] Les avantages du circuit de recirculation BPBT par rapport à un circuit de recirculation HPHT conventionnel portent sur une forte diminution de la température du mélange air frais / gaz recyclés dans le collecteur d'admission ; en effet, la température des gaz d'échappement en aval du filtre à particules est inférieure à la température des gaz d'échappement dans le collecteur d'échappement car ces derniers ont subi une détente dans la turbine du turbocompresseur ; de plus, ces mêmes gaz d'échappement peuvent être refroidis dans le circuit de recirculation BPBT puis compressés et de nouveau refroidis dans un refroidisseur d'air suralimenté disposé en sortie du compresseur. Par ailleurs un tel circuit permet une meilleure homogénéisation du mélange air / gaz recyclés dans le collecteur d'admission.

[0007] Ces deux facteurs permettent une forte diminution des émissions de NOx. De plus, les gaz recyclés utilisés sont propres car les gaz d'échappement sont ponctionnés par le circuit de recirculation BPBT en aval du filtre à particules et donc débarrassés des particules de combustion. En revanche, le mélange des gaz d'échappement avec l'air frais s'effectue en amont du refroidisseur d'air suralimenté qui présente une efficacité de refroidissement élevée, la température de sa paroi pouvant être très basse. Ainsi, au contact de cette paroi, le mélange d'air frais et de gaz d'échappement issus du circuit de recirculation BPBT, riche en eau du fait des conditions ambiantes et de la réaction de combustion, peut générer une condensation d'eau à un débit non négligeable, celle-ci pouvant atteindre jusqu'à quelques litres d'eau par heure.

[0008] Or, dans certaines applications, le refroidisseur d'air suralimenté présente un point bas où s'accumule cette eau condensée, ce qui peut aller jusqu'à boucher la section de passage de l'air, faisant courir un risque de casse du moteur. De plus l'eau condensée est généralement acide et peut potentiellement endommager les composants de la ligne d'admission en amont du moteur, voire le moteur lui-même.

[0009] On notera cependant que sur un cycle d'homologation en consommation et pollution, les performances du refroidisseur d'air suralimenté sont moins bonnes qu'en roulage réel, ce qui fait que les risques de génération d'une condensation sont limités et que le cycle d'homologation constitue un pire cas, mais dont il convient tout de même de tenir compte.

[0010] On notera aussi que le problème de condensation précité est lié au fait que le circuit de recirculation BPBT, contrairement au circuit de recirculation HPHT, injecte les gaz recyclés

dans le refroidisseur d'air suralimenté. Mais plus généralement, ce problème apparaît chaque fois que les gaz recyclés sont injectés dans un échangeur de chaleur présentant un niveau de température sujet à un risque de condensation d'eau.

5 [0011] La demande de brevet Américain publiée sous le numéro US 2005/0021218 prévoit d'estimer une température critique dans le collecteur d'admission, cette température étant considérée comme directement liée à un état de condensation, de mesurer la température réelle dans le collecteur d'admission et de contourner le refroidisseur d'air suralimenté ou de régler le taux de recirculation des gaz d'échappement en fonction de la comparaison de la température critique et de la température mesurée. Ce calcul n'est pas simple et nécessite des
10 moyens logiciels importants pour être réalisé en temps réel. En outre, le paramètre estimé, en l'occurrence la température considérée comme critique dans le collecteur d'admission, est un paramètre intermédiaire qui nécessite des moyens logiciels supplémentaires pour engager une action n'agissant pas directement sur la température et visant à réduire ou supprimer le risque de condensation en réaction à une situation détectée jugée critique.

15 [0012] La demande de brevet Français publiée sous le numéro FR 2 887 592 présente un ensemble moteur à recirculation de gaz d'échappement muni d'un module de contrôle de condensation apte à détecter un état de condensation à partir d'une estimation de la température de rosée de l'un au moins des gaz d'échappement recirculés et d'une estimation de la température de paroi d'un échangeur de chaleur traversé par les gaz d'échappement
20 recirculés. En fonction du résultat de la comparaison de ces deux températures, les gaz d'échappement recirculés sont envoyés vers l'échangeur de chaleur ou directement vers le collecteur d'admission via un circuit de contournement.

[0013] Ce contrôle de la condensation n'est pas complètement satisfaisant. En effet, il évite la condensation en ne refroidissant pas, au moins partiellement les gaz recirculés. En outre, de
25 même que dans l'exemple précédent, le paramètre estimé, en l'occurrence la température mesurée dans l'échangeur de chaleur et comparée à une température de rosée, est un paramètre intermédiaire qui nécessite des moyens algorithmiques supplémentaires complexes avant d'engager une action visant à contourner au moins partiellement l'échangeur.

[0014] Ainsi, pour éviter tout phénomène de condensation de façon simple et notamment
30 mieux profiter des avantages que procure un circuit de recirculation à basse pression et basse température, il peut être souhaité de prévoir un procédé de réglage de la recirculation des gaz d'échappement qui permette de s'affranchir des problèmes et contraintes précités.

[0015] L'invention a donc pour objet un procédé de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour un moteur à combustion interne doté d'un circuit de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission du moteur pour y être
 5 mélangée avec de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne donné, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de détermination, sur la base de paramètres mesurés ou estimés et d'un modèle prédéterminé de condensation, d'un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission, et de réglage de la recirculation des gaz d'échappement de sorte que ce débit d'air frais minimal soit
 10 inférieur au débit d'air frais de consigne.

[0016] En effet, un procédé de réglage selon l'invention tire profit du fait que le contrôle de la boucle d'air s'effectue classiquement sur une régulation du débit d'air frais de consigne et de la pression de suralimentation, de sorte qu'une estimation du débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission
 15 est directement exploitable pour le réglage de la recirculation des gaz d'échappement. En outre, la solution proposée est simplement basée sur un modèle prédéterminé de condensation. Par conséquent, elle ne nécessite pas d'élément actif spécifique de sorte qu'elle est simple et peu coûteuse à mettre en œuvre.

[0017] De façon optionnelle, la partie des gaz d'échappement dérivée de la ligne d'échappement est mélangée à l'air frais via une vanne de régulation disposée dans le circuit de recirculation et le réglage de la recirculation des gaz d'échappement se fait par réglage de la vanne de régulation.

[0018] De façon optionnelle également, selon le modèle prédéterminé de condensation utilisé, le débit d'air frais minimal est donné par l'équation suivante :

25
$$Q_{air\ min} = \frac{\tau_{EGR} \cdot D_{comb}}{[H_2O]_{max} - [H_2O]_{ext}},$$
 sur la base des paramètres mesurés ou estimés suivants :

- τ_{EGR} : valeur du taux de gaz d'échappement dérivés présents dans l'air suralimenté fourni en entrée du moteur à combustion interne,
- D_{comb} : débit massique d'eau issu de la combustion de carburant dans le moteur à combustion interne,
- 30 - $[H_2O]_{max}$: taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur à combustion interne en fonction d'une température et d'une pression mesurées en entrée du moteur à combustion interne, et
- $[H_2O]_{ext}$: taux d'humidité de l'air frais venu de l'extérieur.

[0019] De façon optionnelle également, selon le modèle prédéterminé de condensation utilisé, le débit d'air frais minimal est donné par l'équation suivante la partie des gaz d'échappement dérivée de la ligne d'échappement est mélangée à l'air frais via une vanne de régulation disposée dans le circuit de recirculation et le réglage de la recirculation des gaz d'échappement se fait par réglage de la vanne de régulation.

$$Q_{air\ min} = Q_T \cdot (1 - \tau_{EGR\ MAX}) = Q_T \cdot \left(1 - \frac{[H_2O]_{max} - [H_2O]_{ext}}{[H_2O]_{EGR} - [H_2O]_{ext}}\right), \text{ sur la base des paramètres}$$

mesurés ou estimés suivants :

- Q_T : débit total d'air suralimenté fourni en entrée du moteur à combustion interne,
- $\tau_{EGR\ MAX}$: taux de gaz d'échappement dérivés présents dans l'air suralimenté maximal au delà duquel le phénomène de condensation est susceptible d'apparaître,
- $[H_2O]_{EGR}$: taux d'humidité de la partie des gaz d'échappement dérivée de la ligne d'échappement,
- $[H_2O]_{max}$: taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur à combustion interne en fonction d'une température et d'une pression mesurées en entrée du moteur à combustion interne,
- $[H_2O]_{ext}$: taux d'humidité de l'air frais venu de l'extérieur.

[0020] L'invention a également pour objet un programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes d'un procédé de régulation tel que défini précédemment lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

[0021] L'invention a également pour objet un dispositif de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour moteur à combustion interne doté d'un circuit de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission du moteur pour y être mélangée avec de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne donné, comportant une unité de contrôle électronique configurée pour déterminer, sur la base de paramètres mesurés ou estimés et d'un modèle prédéterminé de condensation, un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission, et commander le réglage de la recirculation des gaz d'échappement de sorte que ce débit d'air frais minimal soit inférieur au débit d'air frais de consigne.

[0022] L'invention a également pour objet un ensemble moteur à combustion interne comportant un moteur, une ligne d'échappement, une ligne d'admission du moteur, un circuit de recirculation de gaz d'échappement à basse pression et basse température et un dispositif de réglage d'une recirculation des gaz d'échappement tel que défini précédemment. Dans une
5 variante préférée, le moteur est du type à allumage par compression, communément appelé Diesel.

[0023] De façon optionnelle, un ensemble moteur selon l'invention peut comporter un turbocompresseur dont la turbine est disposée en sortie du moteur et en amont de la dérivation, dans le circuit de recirculation à basse pression et basse température, d'une partie
10 des gaz d'échappement, et dont le compresseur, alimenté au moins partiellement par le circuit de recirculation à basse pression et basse température, est disposé en entrée du collecteur d'admission du moteur, notamment du moteur de type Diesel.

[0024] De façon optionnelle également, un refroidisseur d'air suralimenté est disposé entre le compresseur et l'entrée du collecteur d'admission et le modèle prédéterminé de condensation
15 est un modèle de condensation dans le refroidisseur d'air suralimenté pour la détermination d'un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans le refroidisseur d'air suralimenté.

[0025] De façon optionnelle également, le circuit de recirculation à basse pression et basse température comporte une vanne régulatrice de débit commandée par l'unité de contrôle
20 électronique du dispositif de réglage.

[0026] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, représente schématiquement un ensemble moteur à recirculation de gaz d'échappement selon un mode de réalisation de l'invention, et
- 25 - la figure 2 illustre les étapes successives d'un procédé de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement mis en œuvre par l'ensemble moteur de la figure 1.

[0027] L'ensemble moteur à combustion interne représenté sur la figure 1 comporte un moteur 10 à quatre cylindres 121, 122, 123, 124. Ce moteur 10, par exemple un moteur Diesel, comprend en outre un collecteur d'admission d'air sous pression 14 et un collecteur
30 d'échappement 16 fournissant des gaz d'échappement à une ligne 18 d'échappement du moteur. L'ensemble moteur comporte en outre un dispositif de suralimentation comprenant un turbocompresseur 20 muni d'une turbine 22 et d'un compresseur 24.

[0028] La turbine 22 est disposée en sortie du collecteur d'échappement 16 dans la ligne d'échappement 18. Elle est suivie, dans la ligne d'échappement 18 et dans le sens d'évacuation des gaz d'échappement, d'un catalyseur 26, puis d'un filtre à particules 28 et enfin d'un pot d'échappement 30. Le filtre à particules 28 est conçu pour filtrer les gaz d'échappement de particules issues de la combustion interne.

[0029] Le compresseur 24 est disposé en amont du collecteur d'air 14, dans une ligne 32 d'admission en air sous pression. Cette ligne d'admission 32 comporte, dans le sens d'écoulement de l'air, un filtre à air 34 pour la fourniture d'air frais filtré à un débit de consigne donné, un débitmètre 36, le compresseur 24, un refroidisseur d'air suralimenté 38 et une vanne 40 de dosage de l'air suralimenté arrivant dans le collecteur d'admission 14. En outre, une vanne de contournement 42 est disposée entre le compresseur 24 et le refroidisseur d'air suralimenté 38 pour diriger l'air suralimenté en sortie du compresseur 24 vers un circuit de contournement du refroidisseur d'air suralimenté 38 dans certaines situations de fonctionnement (notamment lors d'un démarrage à froid).

[0030] Le circuit de recirculation à basse pression et basse température BPBT de cet ensemble moteur est représenté par la référence 46. Il est raccordé, d'une part, à la ligne d'échappement 18 en aval du filtre à particules 28 (plus précisément entre le filtre à particules 28 et le pot d'échappement 30) et, d'autre part, à la ligne d'admission 32 en amont du compresseur 24 (plus précisément entre le débitmètre 36 et le compresseur 24).

[0031] Le débit des gaz s'écoulant dans ce circuit de recirculation BPBT 46 est régulé par une vanne 48 et leur température est réduite par l'utilisation d'un échangeur de chaleur 50.

[0032] Le circuit optionnel de recirculation à haute pression et haute température HPHT de cet ensemble moteur est représenté par la référence 52. Il est raccordé, d'une part, à la ligne d'échappement 18 en amont de la turbine 22 du turbocompresseur 20 et, d'autre part, à la ligne d'admission 32 en aval du compresseur 24 du turbocompresseur 20 et de la vanne 40 de dosage d'air.

[0033] Le débit des gaz s'écoulant dans ce circuit 52 de recirculation HPHT est régulé par une vanne 54 et leur température est réduite par l'utilisation d'un échangeur de chaleur 56.

[0034] Enfin, l'ensemble moteur comporte une unité de contrôle électronique 58 conçue et/ou programmée pour régler la recirculation des gaz d'échappement dans le circuit de recirculation BPBT 46. Plus précisément, cette unité de contrôle 58 comporte par exemple un calculateur 60

conçu électroniquement et/ou programmé pour déterminer, sur la base de paramètres mesurés ou estimés et d'un modèle prédéterminé de condensation, un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission 32, notamment dans le refroidisseur d'air suralimenté 38. L'unité de contrôle 58 comporte en outre un actionneur 62 recevant ce débit d'air frais minimal déterminé par le calculateur 60 comme paramètre d'entrée pour commander le positionnement de la vanne de régulation 48. Conformément à un mode de réalisation de l'invention, il commande ce positionnement pour que le débit d'air frais minimal déterminé soit inférieur au débit d'air frais de consigne mesuré par le débitmètre 36.

10 [0035] Le fonctionnement de l'unité de contrôle électronique 58 va maintenant être détaillé en référence à la figure 2.

[0036] Lors d'une première étape 100, le calculateur 60 reçoit une valeur P_{sural} de pression de suralimentation à l'entrée du moteur 10 et une valeur T_{sural} de température de suralimentation à l'entrée du moteur 10, ces valeurs étant fournies par des capteurs de pression et de température disposés à l'entrée du moteur 10 (non représentés sur la figure 1).

[0037] A l'aide d'une fonction de remplissage prédéfinie, le calculateur 60 en déduit le débit massique total Q_T d'air suralimenté admis par le moteur 10. Cette fonction de remplissage se présente par exemple sous la forme suivante :

$$Q_T = \frac{Cyl.30.N}{287} \cdot \frac{\eta_{vol}.P_{sural}}{T_{sural}}, \text{ où} \quad (1)$$

20 - Cyl est la cylindrée du moteur 10, exprimée en litres par tour,
 - 30 est un coefficient de passage des secondes en tours par minute,
 - N est le régime du moteur 10 en tours par minute,
 - 287 représente la température standard (15 °C) en Kelvin, et
 - η_{vol} est le rendement volumétrique du moteur 10 identifié en fonction du régime, de la charge,
 25 de la pression à l'entrée du moteur 10, de la température à l'entrée du moteur 10, etc.

[0038] Lors d'une étape 102 suivante, à partir de la valeur du débit massique total Q_T d'air suralimenté admis par le moteur 10 calculée à l'étape précédente, le calculateur 60 en déduit le taux τ_{EGR} de gaz d'échappement recyclés présents dans l'air suralimenté fourni en entrée du moteur 10, à l'aide d'une fonction de répartition de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne Q_{air} et des gaz d'échappement recyclés. Le débit de consigne Q_{air} est par exemple

30

mesuré par le débitmètre 36. La fonction de répartition se présente par exemple sous la forme suivante :

$$\tau_{EGR} = 1 - \frac{Q_{air}}{Q_T} \quad (2)$$

[0039] Cet exemple de modèle pour représenter la fonction de répartition est très simple mais d'autres modèles existent dans l'état de la technique, intégrant notamment des corrections en régime transitoire. L'homme du métier saura au besoin adapter le calcul de l'étape 102 à ces autres modèles pour la mise en œuvre d'un procédé de réglage selon l'invention.

[0040] Ensuite, au cours d'une étape 104, à partir de la valeur du taux τ_{EGR} de gaz d'échappement recyclés présents dans l'air suralimenté fourni en entrée du moteur 10 calculée à l'étape précédente, sur la base également de paramètres p_1, \dots, p_n mesurés ou estimés et d'un modèle prédéterminé de condensation, le calculateur 60 détermine un débit d'air frais minimal $Q_{air \min}$ en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission 32 et plus précisément dans le refroidisseur d'air suralimenté 38.

[0041] Selon un premier modèle de condensation, l'hypothèse est faite qu'en régime stabilisé, tous les débits sont égaux dans la boucle d'air de l'ensemble moteur, c'est-à-dire dans la ligne d'admission 32, dans la ligne d'échappement 18 et dans le circuit de recirculation BPBT 46. Sur la base de cette hypothèse, le débit d'air frais minimal $Q_{air \min}$ en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître est par exemple donné par l'équation suivante :

$$Q_{air \min} = \frac{\tau_{EGR} \cdot D_{comb}}{[H_2O]_{\max} - [H_2O]_{ext}}, \text{ où} \quad (3)$$

- 20 - τ_{EGR} est la valeur du taux de gaz d'échappement recyclés présents dans l'air suralimenté fourni en entrée du moteur 10 calculée à l'étape précédente,
- le paramètre D_{comb} est le débit massique d'eau issu de la combustion de carburant dans le moteur 10, pouvant être obtenu, par une simple règle de proportionnalité, à partir d'une mesure du débit massique de carburant brûlé dans le moteur 10 et de la connaissance des coefficients
- 25 stœchiométriques et des masses molaires de ce carburant,
- $[H_2O]_{\max}$ est le taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur 10 en fonction de P_{sural} et T_{sural} , ce taux pouvant être estimé à partir des courbes de rosées connues dans l'état de la technique selon les lois classiques de la physique, et
- $[H_2O]_{ext}$ est le taux d'humidité de l'air frais venu de l'extérieur via le filtre à air 34, ce taux
- 30 pouvant être mesuré ou estimé.

[0042] L'équation (3) va maintenant être démontrée. Dans cette démonstration, les calculs seront effectués en débits massiques d'eau (en kg/s), les débits d'eau seront représentés par la lettre D et les autres débits (gazeux) par la lettre Q.

[0043] Les débits d'eau seront évalués en plusieurs points de la boucle d'air, à savoir :

- 5 • au point P1 situé à l'entrée du compresseur 24 après la jonction entre la ligne d'admission 32 et le circuit de recirculation BPBT 46,
- au point P2 situé en sortie du compresseur 24 avant le refroidisseur d'air suralimenté 38,
- au point P3 situé en sortie du refroidisseur d'air suralimenté 38 avant la jonction entre la ligne d'admission 32 et le circuit de recirculation HPHT 52,
- 10 • au point P4 situé en entrée du moteur 10 après la jonction entre la ligne d'admission 32 et le circuit de recirculation HPHT 52, et
- au point P5 situé en sortie du moteur 10.
- Ainsi, au point P5 : $D_{P5} = D_{P4} + D_{comb}$. (4)

[0044] En d'autres termes, le débit d'eau en sortie du moteur est égal à la somme du débit d'eau en entrée du moteur et du débit d'eau généré par la combustion dans le moteur.

[0045] Au point P1 : $D_{P1} = [H2O]_{ext} \cdot Q_{air} + D_{P5} \cdot \tau_{EGR}$. (5)

[0046] En d'autres termes, le débit d'eau en entrée du compresseur est égal à la somme du débit d'air frais de consigne mesuré par le débitmètre 36 pondéré par le taux d'humidité dans l'air frais extérieur et du débit d'eau en sortie du moteur pondéré par le taux de gaz d'échappement recyclés, si l'on fait l'hypothèse que le débit d'eau des gaz d'échappement recyclés est le même à l'échappement qu'à l'admission.

[0047] En combinant les équations (4) et (5), on obtient l'équation suivante :

$$D_{P1} = [H2O]_{ext} \cdot Q_{air} + \tau_{EGR} \cdot (D_{P4} + D_{comb}). \quad (6)$$

Enfin, au point P2 : $D_{P2} = D_{P1}$. (7)

25 S'il n'y a pas de condensation dans le refroidisseur d'air suralimenté 38, alors :

$$D_{P2} = D_{P3} = D_{P4}. \quad (8)$$

En combinant les équations (6), (7) et (8), il vient alors :

$$D_{P4} = [H2O]_{ext} \cdot Q_{air} + \tau_{EGR} \cdot (D_{P4} + D_{comb}). \quad (9)$$

D'où :

$$D_{P4} = \frac{[H2O]_{ext} \cdot Q_{air} + \tau_{EGR} \cdot D_{comb}}{1 - \tau_{EGR}} . \quad (10)$$

S'il y a condensation dans le refroidisseur d'air suralimenté 38, alors :

$$D_{P4} = Q_T \cdot [H2O]_{max} . \quad (11)$$

5 En combinant les équations (11) et (2), il vient :

$$D_{P4} = \frac{Q_{air} \cdot [H2O]_{max}}{1 - \tau_{EGR}} . \quad (12)$$

[0048] En situation de limite de condensation, lorsque $Q_{air} = Q_{air\ min}$, les deux équations (10) et (12) sont vérifiées en même temps, soit :

$$\frac{Q_{air\ min} \cdot [H2O]_{max}}{1 - \tau_{EGR}} = \frac{[H2O]_{ext} \cdot Q_{air\ min} + \tau_{EGR} \cdot D_{comb}}{1 - \tau_{EGR}} . \quad (13)$$

10 [0049] En simplifiant cette équation (13), on retrouve l'équation (3).

[0050] Selon un second modèle de condensation, les débits ne sont pas considérés comme tous égaux dans la boucle d'air de l'ensemble moteur. Ces débits sont alors estimés dans la boucle d'air. Sur la base de ce second modèle, deux paramètres de contrôle du moteur 10 peuvent être corrigés pour ne pas avoir de condensation : il s'agit de la pression de suralimentation P_{sural} (augmentant la température de l'air suralimenté et donc les risques de condensation) et du taux τ_{EGR} de gaz d'échappement recyclés (diminuant la quantité

15 d'humidité dans les gaz). Ces deux paramètres peuvent être obtenus à l'aide d'autres paramètres thermodynamiques tels que des températures ou des taux d'humidité.

[0051] On notera que l'intérêt de corriger ces paramètres de contrôle du moteur 10 plutôt que les paramètres thermodynamiques est leur plus grande dynamique. Il est de ce fait possible de ne pas avoir de condensation présente sur un cycle d'homologation en dépollution avec un système permettant de ne pas avoir de condensation dans la boucle d'air en condition de roulage.

[0052] Les calculs qui vont être détaillés ci-dessous seront effectués en humidité spécifique,

25 c'est-à-dire en quantité d'eau par quantité d'air ou autrement dit en taux d'humidité. Comme précédemment, lorsque des débits massiques interviendront, les débits d'eau seront représentés par la lettre D et les autres débits (gazeux) par la lettre Q. L'hypothèse qui est faite dans ces calculs est que le taux d'humidité en aval du refroidisseur d'air suralimenté 38, c'est-

à-dire au point P4 prend la valeur précédemment citée $[H_2O]_{\max}$ qui est le taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur 10 en fonction de P_{sural} et T_{sural} , ce taux pouvant être estimé à partir des courbes de rosées connues dans l'état de la technique selon les lois classiques de la physique.

5 Au point P5 :

$$[H_2O]_{P_5} = [H_2O]_{P_4} + [H_2O]_{\text{comb}} = [H_2O]_{\max} + \frac{D_{\text{comb}}}{Q_{\text{comb}}}, \text{ où} \quad (14)$$

- D_{comb} est le débit massique d'eau généré dans la chambre de combustion du moteur 10, et
- Q_{comb} est le débit massique des gaz d'échappement dans le collecteur d'échappement 16 du moteur 10.

10 [0053] Si l'on fait l'hypothèse que le taux d'humidité des gaz d'échappement recyclés $[H_2O]_{\text{EGR}}$ est le même à l'échappement qu'à l'admission, on obtient donc l'équation suivante :

$$[H_2O]_{\text{EGR}} = [H_2O]_{\max} + \frac{D_{\text{comb}}}{Q_{\text{comb}}}. \quad (15)$$

[0054] En amont du refroidisseur d'air suralimenté 38, c'est-à-dire au point P1, la quantité d'eau comprend une partie d'eau extérieure et une partie de l'eau venant de des gaz d'échappement recyclés, le taux τ_{EGR} calculé à l'étape 102 définissant la proportion entre les deux. Par suite, il vient :

$$[H_2O]_{P_1} = [H_2O]_{\text{ext}} \cdot (1 - \tau_{\text{EGR}}) + [H_2O]_{\text{EGR}} \cdot \tau_{\text{EGR}}. \quad (16)$$

[0055] Exprimé autrement, cela donne :

$$[H_2O]_{P_1} = [H_2O]_{\text{ext}} + \tau_{\text{EGR}} \cdot ([H_2O]_{\text{EGR}} - [H_2O]_{\text{ext}}). \quad (17)$$

20 [0056] En limite de condensation, lorsque τ_{EGR} atteint sa valeur maximale $\tau_{\text{EGR MAX}}$ acceptable au delà de laquelle est susceptible d'apparaître le phénomène de condensation, $[H_2O]_{P_1} = [H_2O]_{\max}$, ce qui donne :

$$[H_2O]_{\max} = [H_2O]_{\text{ext}} + \tau_{\text{EGR MAX}} \cdot ([H_2O]_{\text{EGR}} - [H_2O]_{\text{ext}}). \quad (18)$$

Soit :

$$25 \quad \tau_{\text{EGR MAX}} = \frac{[H_2O]_{\max} - [H_2O]_{\text{ext}}}{[H_2O]_{\text{EGR}} - [H_2O]_{\text{ext}}}. \quad (19)$$

[0057] Le contrôle de la boucle d'air maîtrisant classiquement le débit d'air frais de consigne, il est aisé de transformer l'équation (19) à l'aide de l'équation (2) pour obtenir le débit d'air frais minimal $Q_{\text{air min}}$ en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître :

$$Q_{air\ min} = Q_T \cdot (1 - \tau_{EGR\ MAX}) = Q_T \cdot \left(1 - \frac{13 \cdot [H2O]_{max} - [H2O]_{ext}}{[H2O]_{EGR} - [H2O]_{ext}}\right). \quad (20)$$

[0058] On notera que les paramètres mesurés ou estimés nécessaires aux calculs détaillés ci-dessus de ce second modèle sont la température extérieure classiquement mesurée et exprimée en Kelvin, l'humidité relative extérieure [H2O]_{ext} qui peut être soit mesurée soit
5 supposée égale à 100 % si elle n'est pas connue, la température T_{sural} exprimée en Kelvin, et la pression P_{sural} exprimée en bars.

[0059] Quel que soit le modèle utilisé, l'étape 104 fournit en sortie une estimation du débit d'air frais minimal Q_{air min} en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître.

10 [0060] On passe alors à une étape 106 lors de laquelle cette valeur de Q_{air min} est utilisée par l'actionneur 62 pour commander le positionnement de la vanne de régulation 48. Le positionnement de la vanne de régulation 48 a un impact direct sur le débit d'air frais de consigne de sorte que le réglage de ce positionnement permet d'obtenir que le débit d'air frais minimal calculé à l'étape précédente soit inférieur au débit d'air frais de consigne.

15 [0061] Il apparaît clairement que le procédé de réglage précédemment décrit et mis en œuvre dans l'ensemble moteur précédemment décrit permet d'éviter un phénomène de condensation dans la ligne d'admission, notamment dans le refroidisseur d'air suralimenté de cette ligne d'admission, de façon simple et économique. On notera aussi que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit précédemment. Notamment, les modèles de calculs proposés
20 peuvent être adaptés selon les besoins ou situations.

[0062] Par ailleurs, on notera qu'au vu de l'équation (2) qui établit un lien direct entre le débit d'air de consigne et le taux de gaz d'échappement recyclés, il est équivalent de déterminer un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître et un taux de gaz d'échappement recyclés maximal au delà duquel le phénomène
25 de condensation est susceptible d'apparaître. Ceci a été mis notamment en évidence dans le détail des calculs du second modèle présenté.

14
REVENDICATIONS

1. Procédé de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour un moteur à combustion interne (10) doté d'un circuit (46) de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne (18) d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission (32) du moteur pour y être mélangée avec de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne (Q_{air}) donné, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de détermination (104), sur la base de paramètres mesurés ou estimés ($p_1, \dots, p_n, \tau_{EGR}$) et d'un modèle prédéterminé de condensation, d'un débit d'air frais minimal ($Q_{air\ min}$) en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission (32), et de réglage (106) de la recirculation des gaz d'échappement de sorte que ce débit d'air frais minimal ($Q_{air\ min}$) soit inférieur au débit d'air frais de consigne (Q_{air}).

2. Procédé de réglage selon la revendication 1, dans lequel la partie des gaz d'échappement dérivée de la ligne d'échappement (18) est mélangée à l'air frais via une vanne de régulation (48) disposée dans le circuit de recirculation (46) et dans lequel le réglage (106) de la recirculation des gaz d'échappement se fait par réglage de la vanne de régulation (48).

3. Procédé de réglage selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, selon le modèle prédéterminé de condensation utilisé, le débit d'air frais minimal ($Q_{air\ min}$) est donné par l'équation suivante :

$$Q_{air\ min} = \frac{\tau_{EGR} \cdot D_{comb}}{[H_2O]_{max} - [H_2O]_{ext}}, \text{ sur la base des paramètres mesurés ou estimés suivants :}$$

- τ_{EGR} : valeur du taux de gaz d'échappement dérivés présents dans l'air suralimenté fourni en entrée du moteur à combustion interne (10),
- D_{comb} : débit massique d'eau issu de la combustion de carburant dans le moteur à combustion interne (10),
- $[H_2O]_{max}$: taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur à combustion interne (10) en fonction d'une température et d'une pression mesurées en entrée du moteur à combustion interne (10), et
- $[H_2O]_{ext}$: taux d'humidité de l'air frais venu de l'extérieur.

4. Procédé de réglage selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel, selon le modèle prédéterminé de condensation utilisé, le débit d'air frais minimal ($Q_{air\ min}$) est donné par l'équation suivante :

$$Q_{air\ min} = Q_T \cdot (1 - \tau_{EGR\ MAX}) = Q_T \cdot \left(1 - \frac{[H_2O]_{max} - [H_2O]_{ext}}{[H_2O]_{EGR} - [H_2O]_{ext}}\right), \text{ sur la base des paramètres}$$

5 mesurés ou estimés suivants :

- Q_T : débit total d'air suralimenté fourni en entrée du moteur à combustion interne (10),
- $\tau_{EGR\ MAX}$: taux de gaz d'échappement dérivés présents dans l'air suralimenté maximal au delà duquel le phénomène de condensation est susceptible d'apparaître,
- $[H_2O]_{EGR}$: taux d'humidité de la partie des gaz d'échappement dérivée de la ligne d'échappement,
- $[H_2O]_{max}$: taux d'humidité maximal que peut contenir l'air suralimenté en entrée du moteur à combustion interne (10) en fonction d'une température et d'une pression mesurées en entrée du moteur à combustion interne (10),
- $[H_2O]_{ext}$: taux d'humidité de l'air frais venu de l'extérieur.

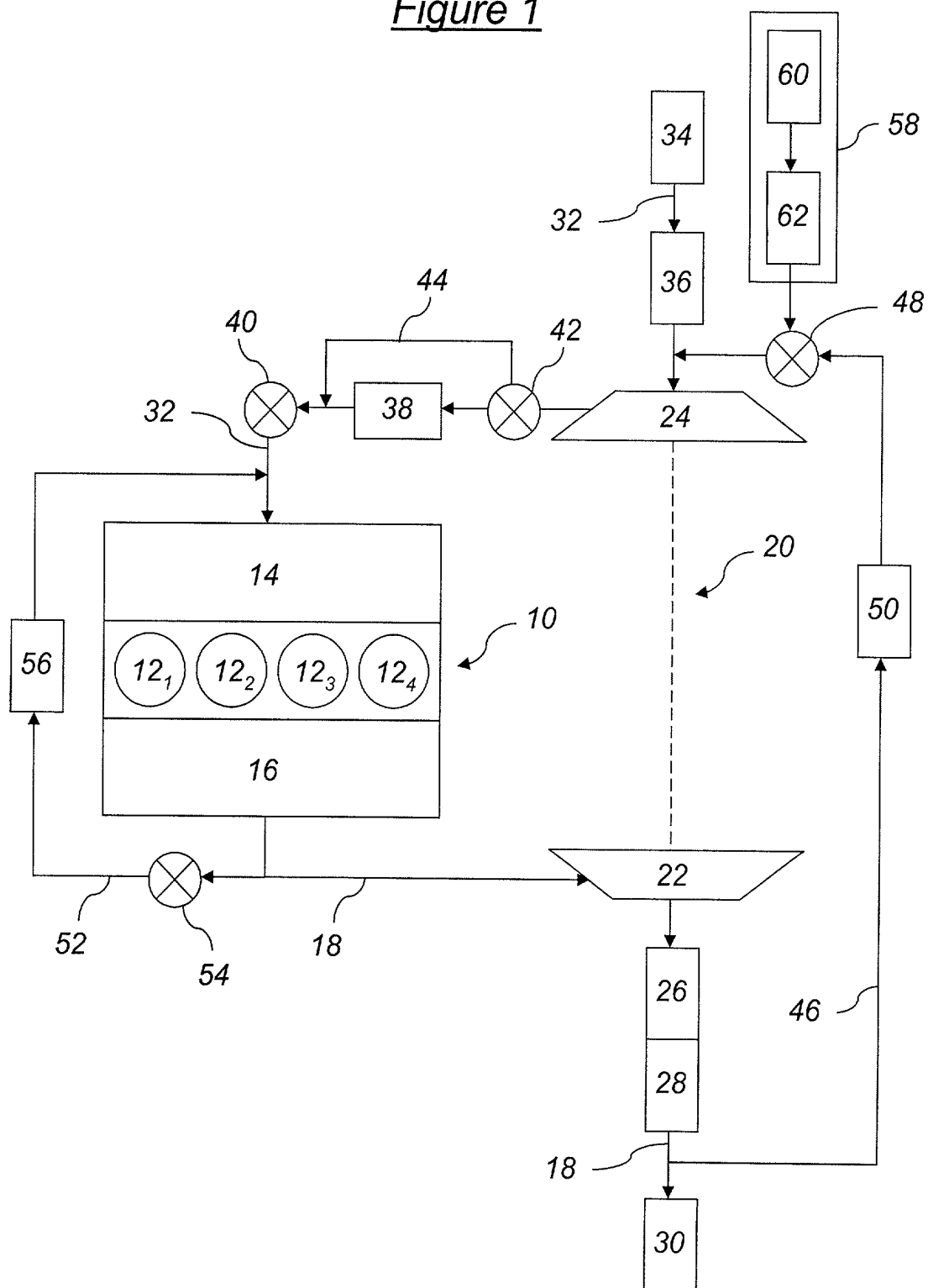
15 5. Programme d'ordinateur téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes d'un procédé de réglage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

20 6. Dispositif de réglage d'une recirculation de gaz d'échappement pour moteur à combustion interne (10) doté d'un circuit (46) de recirculation de gaz d'échappement dans lequel une partie des gaz d'échappement est dérivée d'une ligne (18) d'échappement du moteur et est ramenée dans une ligne d'admission du moteur pour y être mélangée avec de l'air frais extérieur fourni à un débit de consigne donné, comportant une unité de contrôle
25 électronique configurée pour déterminer, sur la base de paramètres mesurés ou estimés et d'un modèle prédéterminé de condensation, un débit d'air frais minimal en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans la ligne d'admission, et commander le réglage de la recirculation des gaz d'échappement de sorte que ce débit d'air frais minimal soit inférieur au débit d'air frais de consigne.

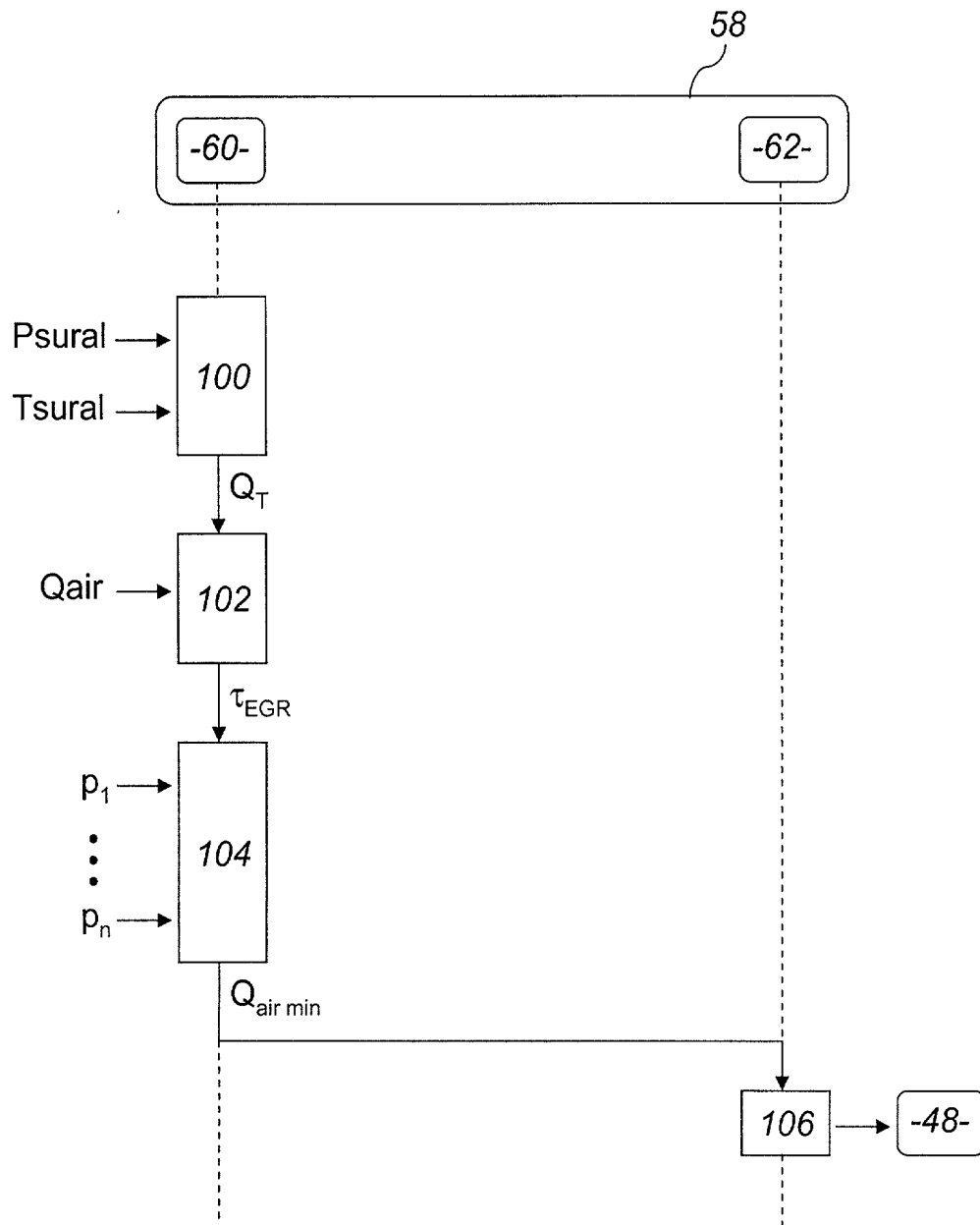
7. Ensemble moteur à combustion interne comportant un moteur (10), une ligne (18) d'échappement, une ligne d'admission (32), un circuit (46) de recirculation de gaz d'échappement à basse pression et basse température et un dispositif de réglage d'une recirculation des gaz d'échappement selon la revendication 6.
- 5 8. Ensemble moteur selon la revendication 7, comportant un turbocompresseur (20) dont la turbine (22) est disposée en sortie du moteur (10) et en amont de la dérivation, dans le circuit de recirculation à basse pression et basse température (46), d'une partie des gaz d'échappement, et dont le compresseur (24), alimenté au moins partiellement par le circuit de recirculation à basse pression et basse température (46), est disposé en entrée d'un collecteur
10 d'admission (14) du moteur.
9. Ensemble moteur selon la revendication 8, dans lequel un refroidisseur d'air suralimenté (38) est disposé entre le compresseur (24) et l'entrée du collecteur d'admission (14) et dans lequel le modèle prédéterminé de condensation est un modèle de condensation
15 en deçà duquel un phénomène de condensation est susceptible d'apparaître dans le refroidisseur d'air suralimenté (38).
10. Ensemble moteur selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel le circuit de recirculation à basse pression et basse température (46) comporte une vanne régulatrice de débit (48) commandée par l'unité de contrôle électronique (58) du dispositif de
20 réglage.

1/2

Figure 1



2/2

Figure 2



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 716635
FR 0857671

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		
A	WO 2004/044406 A1 (CLEAN AIR POWER INC [US]; WONG HOI CHING [US]; PAYNE JOHN [US]; BECK N) 27 mai 2004 (2004-05-27) * page 4, ligne 5 - page 5, ligne 7 * * page 11, ligne 23 - page 12, ligne 8 * -----	1-10	F02D21/08 F02D23/00 F02D23/02 F01N3/02
A	DE 10 2007 010557 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 4 octobre 2007 (2007-10-04) * alinéa [0035] * -----	1-10	
A	US 2008/053418 A1 (ANDREWS ERIC B [US] ET AL) 6 mars 2008 (2008-03-06) * alinéa [0053] - alinéa [0055] * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 juillet 2009		Röttger, Klaus	
<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 0857671 FA 716635**

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 03-07-2009

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2004044406 A1	27-05-2004	AU 2003284121 A1 EP 1567755 A1 US 6948475 B1	03-06-2004 31-08-2005 27-09-2005
DE 102007010557 A1	04-10-2007	CN 101046179 A US 2007239344 A1	03-10-2007 11-10-2007
US 2008053418 A1	06-03-2008	AUCUN	