



(51) Classification internationale des brevets :
F02D 41/12 (2006.01) F02M 26/06 (2016.01)
F02D 41/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/051868

(22) Date de dépôt international :
20 juillet 2016 (20.07.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1557166 27 juillet 2015 (27.07.2015) FR

(71) Déposant : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MO-
TEUR [FR/FR]; Propriété Intellectuelle, 14, Avenue des
Béguines, 95800 Cergy Saint Christophe (FR).

(72) Inventeurs : DAVID, Florent; 1 rue des Velettes, 92150
Suresnes (FR). COUSIN, Frédéric; 3 rue Marcelin Ber-
thelot Appt N, 95210 Saint Gratien (FR). FOURNI-
GAULT, Damien; 12 rue de l'Hermitage, 95300 Pontoise
(FR).

(74) Mandataire : CORNUEJOLS, Christophe; 29, rue de
Lisbonne, 75008 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : DEVICE FOR REDUCING THE COMBUSTION INSTABILITIES OF A COMBUSTION ENGINE

(54) Titre : DISPOSITIF DE RÉDUCTION DES INSTABILITÉS DE COMBUSTION D'UN MOTEUR THERMIQUE

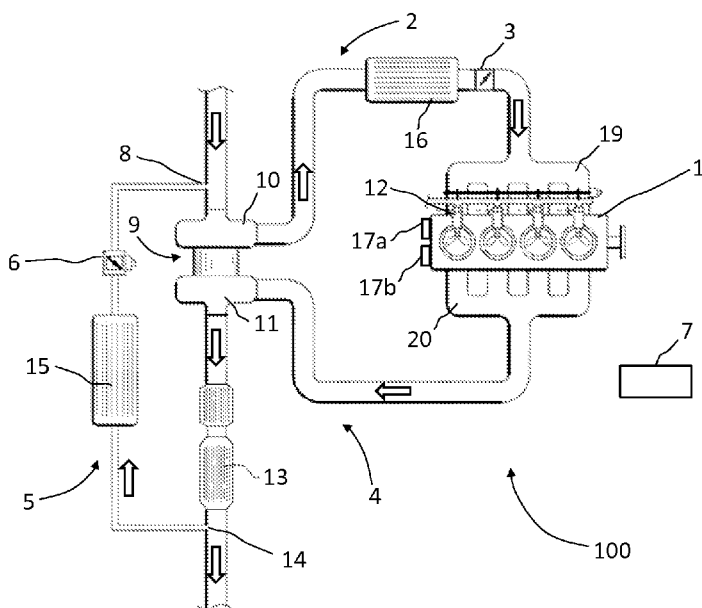


Fig. 1

(57) Abstract : The present invention relates to a de-
vice (100) for reducing the combustion instabilities of a
combustion engine (1), this device comprising: an in-
take circuit (2) admitting oxidizing air to the engine, a
valve (3) positioned on the engine oxidizing air intake
circuit and designed to regulate the flow rate of oxidant
gas admitted to the engine, an exhaust gas recirculation
circuit (5) connected to the intake circuit (2) upstream
of the oxidizing air flow rate regulating valve (3), cha-
racterized in that the device (100) is arranged in such a
way that, at least when an injection of fuel to the engine
(1) is cut off, a minimum opening of the valve (3) is as-
sured so as to eliminate recirculated gases from the in-
take circuit (2).

(57) Abrégé : La présente invention propose un dispo-
sitif (100) de réduction des instabilités de combustion
d'un moteur thermique (1), ce dispositif comportant: Un
circuit d'admission (2) en air comburant du moteur,
Une vanne (3) disposée sur le circuit d'admission en air
comburant du moteur, agencée pour réguler le débit de
gaz comburant admis dans le moteur, Un circuit de re-
circulation (5) de gaz d'échappement, connecté au cir-
cuit d'admission (2) en amont de la vanne (3) de régula-
tion du débit d'air comburant, Caractérisé

[Suite sur la page suivante]



en ce que le dispositif (100) est agencé afin que, au moins lorsque une injection de carburant du moteur (1) est coupée, une ouverture minimale de la vanne (3) est assurée afin d'éliminer du circuit d'admission (2) les gaz recirculés.

DISPOSITIF DE RÉDUCTION DES INSTABILITÉS DE COMBUSTION D'UN MOTEUR THERMIQUE

La présente invention concerne un dispositif de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique, notamment pour véhicule automobile.

On connaît, par exemple par le brevet US 8,862,369, le principe de faire recirculer à l'admission une partie des gaz d'échappement d'un moteur à combustion. Cette technologie permet,

lorsqu'elle est appliquée à un moteur à allumage commandé suralimenté, d'améliorer le rendement du moteur et ainsi de diminuer la consommation de carburant. La recirculation de gaz d'échappement est couramment appelée RGE, pour Recirculation de Gaz d'Echappement.

On parlera dans la suite de débit de RGE et de taux de RGE utilisé par le moteur. Afin d'optimiser le fonctionnement du moteur, la quantité de gaz d'échappement recirculés est adaptée aux

conditions de fonctionnement, et est contrôlée précisément par une vanne électrique commandée par l'unité électronique de commande du moteur du véhicule. En fonctionnement à vitesse stabilisée, le débit de gaz d'échappement recirculés peut être d'environ 20% du débit total. Au contraire, lors des phases de ralenti, le débit de RGE est généralement nul car la présence de RGE dégrade la qualité de combustion.

Les gaz d'échappement sont généralement recirculés en amont du papillon de dosage de l'air comburant admis dans le moteur. Lors des phases de fonctionnement avec un fort taux de RGE, la quantité de gaz d'échappement présente entre la vanne de recirculation des gaz d'échappement et le papillon des gaz peut être élevée.

Lorsque le conducteur cesse d'accélérer en relevant totalement le pied de l'accélérateur, le papillon de dosage se ferme presque complètement afin de réduire le couple moteur produit et d'obtenir du frein moteur. Les gaz d'échappement recirculés présents dans la portion de circuit

située en aval de la vanne de recirculation de gaz d'échappement et en amont du papillon des gaz ne peuvent s'évacuer qu'en étant consommés par le moteur. La quantité d'air admise dans

le moteur étant alors très faible, ces gaz d'échappement recirculés ne sont évacués que très

lentement. De ce fait, il peut subsister dans le circuit d'admission une quantité élevée de gaz d'échappement recirculés lorsque le moteur entre en régulation de ralenti, même si la vanne de

recirculation de gaz d'échappement est totalement fermée. Dans ces conditions de fonctionnement, la stabilité de combustion peut être très dégradée par la présence de ces gaz d'échappement non souhaités.

Ces instabilités de combustion peuvent générer des vibrations désagréables pour les occupants du véhicule ainsi qu'une augmentation de la quantité de polluants émise. Le but de l'invention

est de remédier à ces inconvénients.

A cet effet, l'invention propose un dispositif de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique, ce dispositif comportant :

- Un circuit d'admission en air comburant du moteur,
- Une vanne disposée sur le circuit d'admission en air comburant du moteur, agencée pour réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur,
- Un circuit de recirculation de gaz d'échappement, connecté au circuit d'admission en amont de la vanne de régulation du débit d'air comburant,

Caractérisé en ce que le dispositif est agencé afin que, au moins lorsque une injection de carburant du moteur est coupée, une ouverture minimale de la vanne est assurée afin d'éliminer du circuit d'admission les gaz recirculés.

Le fait d'ouvrir la vanne de régulation du débit d'air comburant permet d'augmenter la quantité d'air comburant admise dans le moteur à chaque phase d'admission. L'élimination des gaz d'échappement recirculés est accélérée, et le risque d'avoir encore un taux de RGE élevé à l'entrée en phase de ralenti est diminué.

De préférence, une vanne agencée pour réguler le débit de gaz d'échappement recirculés est disposée sur le circuit de recirculation, et l'ouverture minimale de la vanne de régulation du débit d'air est assurée après que la vanne de recirculation de gaz d'échappement soit fermée.

Les variations du taux de gaz d'échappement recirculés présent dans le circuit d'admission sont ainsi plus progressives.

On considérera que l'élimination du circuit d'admission des gaz recirculés est réalisée lorsque la concentration des gaz RGE dans le circuit d'admission devient inférieure à 2%. En effet, au dessous de ce seuil l'effet des gaz d'échappement recirculés devient négligeable.

De préférence, la valeur de l'ouverture minimale et la valeur de la durée de maintien de l'ouverture minimale de la vanne de régulation du débit d'air sont prédéfinies. L'unité électronique de commande du moteur assure l'ouverture de la vanne conformément aux paramètres prédéfinis dans sa mémoire.

Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale assurée est constante.

Selon un mode de réalisation, la valeur de la durée de maintien de l'ouverture minimale de la vanne est constante. Cette solution simple minimise les calculs demandés à l'unité électronique de commande.

Selon un autre mode de réalisation, la valeur de l'ouverture minimale dépend d'un taux de RGE estimé dans le circuit d'admission. L'estimation du taux de RGE dans la portion de circuit d'admission située entre la sortie du circuit de recirculation et la vanne peut être réalisée comme décrit dans la demande de brevet FR3009020. Plus le taux de RGE estimé est élevé, plus l'ouverture minimale imposée à la vanne est élevée, car la quantité de gaz à éliminer est importante.

De préférence, le taux de RGE dans le circuit d'admission est estimé en continu. L'ouverture minimale de la vanne peut ainsi être actualisée en continu pour prendre en compte l'évolution des conditions.

- 5 Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale est nulle lorsque le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission est inférieur à un premier taux minimal prédéterminé T1. Lorsque le taux de gaz recirculés présents dans le circuit est faible, par exemple compris entre 5% et 10%, il n'y a pas de risque de créer des instabilités de combustion à la reprise de la phase de combustion. Il n'est donc pas nécessaire d'augmenter l'ouverture de la vanne. La priorité est alors donnée à l'obtention d'un
- 10 frein moteur élevé.

De façon préférentielle, la valeur de l'ouverture minimale dépend d'un régime de rotation du moteur. La valeur de la position de la vanne permet d'estimer la quantité admise à chaque phase d'admission. La valeur du régime de rotation du moteur permet de plus de déterminer le débit admis par le moteur.

- 15 Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale est maintenue tant que le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission est supérieur à un deuxième seuil prédéterminé T2. Lorsque le taux de RGE estimé devient inférieur au seuil prédéterminé, on peut considérer que l'élimination du circuit d'admission des gaz d'échappement recirculés est terminée. Il n'est donc plus nécessaire de maintenir une ouverture de la vanne plus élevée que l'ouverture de base. L'ouverture additionnelle
- 20 imposée pour accélérer l'évacuation des gaz d'échappement recirculés présents dans le circuit d'admission peut donc être supprimée. Le frein moteur va être favorisé. En estimant le taux de RGE dans le circuit d'admission et en stoppant l'ouverture additionnelle lorsqu'elle n'est plus nécessaire, la durée d'application de l'ouverture additionnelle peut être réduite au strict nécessaire.

- Par exemple, l'ouverture minimale assurée dépend d'une température d'eau mesurée du liquide de refroidissement du moteur. La stabilité de combustion dépend notamment de la température de
- 25 fonctionnement du moteur. Cette température de fonctionnement est corrélée à la température du liquide de refroidissement du moteur. Lorsque le moteur est encore froid et n'a pas encore atteint son équilibre thermique, la combustion est moins stable, et le moteur plus sensible à la présence dans le circuit d'admission de gaz d'échappement recirculés. En parallèle, les frottements du moteur
- 30 sont plus élevés à froid, le frein moteur est donc moins pénalisé par l'ouverture additionnelle de la vanne de réglage du débit d'air comburant. Il est donc intéressant d'appliquer une ouverture additionnelle plus élevée que lorsque le moteur a atteint les conditions d'équilibre thermique.

- Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale de la vanne dépend d'une richesse de fonctionnement du moteur. La composition des gaz d'échappement recirculés variant avec la
- 35 richesse, l'effet de ces gaz sur la stabilité de combustion varie également avec la richesse. Comme

pour le cas précédent, la prise en compte de la richesse de fonctionnement permet ainsi d'adapter l'ouverture minimale aux conditions de fonctionnement.

Selon un mode de réalisation, le circuit de recirculation des gaz d'échappement recircule les gaz d'échappement entre un point situé en aval d'une turbine d'un dispositif de suralimentation et un point situé en amont d'un compresseur du dispositif de suralimentation. Cette architecture de circuit de recirculation des gaz d'échappement est couramment appelée « basse pression ».

Selon une variante de l'invention, le dispositif de réduction des instabilités de combustion comporte un actionneur permettant de faire varier un phasage d'une commande d'un arbre à cames du moteur, selon lequel conjointement à l'ouverture de la vanne, l'actionneur est commandé de façon à augmenter un débit de gaz comburant admis dans le moteur. En plus de l'ouverture minimale de la vanne, il est possible d'activer d'autres accessoires permettant eux aussi d'augmenter la quantité de gaz comburant aspirée par le moteur pour chaque phase d'admission. Lorsque le moteur est équipé d'un ou de plusieurs déphaseurs d'arbre à cames, celui ou ceux-ci peuvent être commandés de manière à favoriser le remplissage du moteur, c'est-à-dire maximiser la quantité aspirée à chaque admission.

En variante ou de manière complémentaire, le dispositif comporte un actionneur permettant de faire varier une amplitude de levée d'une soupape du moteur, selon lequel conjointement à l'ouverture de la vanne, l'actionneur est commandé de façon à augmenter un débit de gaz comburant admis dans le moteur. Lorsque le moteur est équipé d'un système de levée variable des soupapes, celui-ci peut être commandé de manière à favoriser le remplissage du moteur.

De préférence, la vanne régulant le débit de gaz comburant admis dans le moteur est une vanne rotative. Ce type de vanne permet de régler le débit de gaz admis dans le moteur de manière précise et rapide. La vanne est commandée par l'unité électronique de contrôle du moteur.

Selon un mode de réalisation, la vanne régulant le débit de gaz recirculés dans le moteur est une vanne rotative. Ce type de vanne permet l'obtention d'un débit élevé tout en créant peu de pertes de charges.

Alternativement, la vanne régulant le débit de gaz recirculés dans le moteur est une vanne à soupape. Ce type de vanne offre un faible taux de fuite et une bonne résistance aux températures de gaz élevées.

Selon un mode de réalisation, le moteur thermique est de type à allumage commandé.

Selon un aspect de l'invention, le moteur thermique est de type à injection directe.

L'invention concerne également un procédé de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique, comportant les étapes de :

- Alimenter en air comburant le moteur par un circuit d'admission, (étape 50)

- Réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur, au moyen d'une vanne disposée sur le circuit d'admission, (étape 51)
- Recirculer des gaz d'échappement entre l'échappement et l'admission du moteur, par un circuit de recirculation connecté au circuit d'admission en amont de la vanne, (étape 52)
- 5 - au moins lorsque une injection de carburant est coupée, assurer une ouverture minimale de la vanne afin d'éliminer du circuit d'admission les gaz d'échappement recirculés. (étape 53)

L'invention sera mieux comprise à la lecture des figures.

- La figure 1 représente, de manière schématique, un moteur à combustion équipé d'un dispositif de réduction des instabilités de combustion tel que décrit,
- 10 - La figure 2 illustre schématiquement l'évolution temporelle de différents paramètres de fonctionnement du moteur,
- La figure 3 est un schéma bloc illustrant les différentes étapes du procédé mis en œuvre par le dispositif de la figure 1.

On a représenté sur la figure 1 un moteur à combustion équipé d'un dispositif de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique 1, ce dispositif comportant :

- Un circuit d'admission 2 en air comburant du moteur,
- Une vanne 3 disposée sur le circuit d'admission en air comburant du moteur, agencée pour réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur,
- Un circuit de recirculation 5 de gaz d'échappement, connecté au circuit d'admission 2 en amont de la vanne 3 de régulation du débit d'air comburant,
- 20 - Caractérisé en ce que le dispositif 100 est agencé afin que, au moins lorsque une injection de carburant du moteur 1 est coupée, une ouverture minimale de la vanne 3 est assurée afin d'éliminer du circuit d'admission 2 les gaz recirculés.

Le moteur thermique 1 est de type à allumage commandé.

25 Le moteur thermique 1 est également de type à injection directe.

L'unité électronique de commande 7 reçoit les signaux de l'ensemble des capteurs équipant le moteur 1, et pilote l'ensemble des actionneurs afin d'assurer le bon fonctionnement du moteur 1.

Le moteur 1 est alimenté en air comburant par un circuit d'admission 2. Une vanne de réglage 3, appelée également boîtier papillon, permet de régler le débit d'air comburant admis dans le moteur 1. Par air comburant, on entend un mélange comportant de l'air, des gaz d'échappement recirculés et des vapeurs de carburant provenant du réservoir. Le carburant, mis sous pression et amené dans chacune des chambres de combustion du moteur 1 par des injecteurs 12, brûle dans

chacun des cylindres du moteur 1. Cette combustion génère le travail mécanique fourni par le moteur. Après combustion, les gaz brûlés sont évacués dans le circuit d'échappement 4.

Sur l'exemple représenté, le moteur est suralimenté, c'est-à-dire que la pression de l'air d'admission est portée à une valeur supérieure à la pression atmosphérique avant son admission dans le moteur 1. Pour cela, un dispositif de suralimentation 9 comprend un compresseur centrifuge 10, entraîné en rotation par une turbine 11 qui est traversée par les gaz d'échappement. La détente des gaz d'échappement dans la turbine 11 fournit l'énergie nécessaire au compresseur 10 pour fournir le travail de compression de l'air d'admission. La suralimentation, bien connue de l'homme de métier, permet d'augmenter les performances du moteur à cylindrée égale, ou d'assurer les mêmes performances avec une cylindrée moindre.

Après détente dans la turbine 11, les gaz d'échappement traversent un dispositif de dépollution 13 qui convertit l'essentiel des polluants gazeux et piège les particules solides. En aval de ce dispositif de dépollution 13, on trouve un piquage 14 pour le circuit de recirculation 5 de gaz d'échappement. Une partie des gaz d'échappement est ainsi réintroduite à l'admission du moteur 1 après avoir traversé le circuit de recirculation 5. Le circuit de recirculation 5 est ici connecté au circuit d'admission 2 en amont de la vanne 3. Autrement dit, le circuit de recirculation 5 des gaz d'échappement recircule les gaz d'échappement entre un point situé en aval d'une turbine 11 d'un dispositif de suralimentation 9 et un point situé en amont d'un compresseur 10 du dispositif de suralimentation 9, ce qui correspond à l'architecture dite « basse pression ».

Le boîtier papillon, régulant le débit de gaz comburant admis dans le moteur 1 est une vanne rotative. La position angulaire dans le conduit d'un volet rotatif permet de faire varier le débit traversant la vanne. La vanne est commandée par l'unité électronique 7 de commande du moteur, afin d'obtenir le débit d'air nécessaire aux conditions de fonctionnement imposées par l'environnement ainsi que le conducteur.

Le circuit de recirculation 5 comporte un échangeur de chaleur 15 configuré pour refroidir les gaz d'échappement. La recirculation de gaz d'échappement permet de diminuer les températures de combustion, ce qui diminue la tendance au cliquetis du moteur et limite les besoins d'enrichissement du mélange carburé. Ces deux effets permettent d'améliorer le rendement du moteur et donc de diminuer la consommation de carburant. Le refroidissement des gaz d'échappement recirculés permet d'augmenter leur efficacité pour diminuer la consommation de carburant.

Une vanne 6 agencée pour réguler le débit de gaz d'échappement recirculés est disposée sur le circuit de recirculation 5. Sur l'exemple représenté, la vanne 6 régulant le débit de gaz recirculés dans le moteur 1 est une vanne rotative.

Selon un mode de réalisation non représenté, la vanne 6 régulant le débit de gaz recirculés dans le moteur 1 est une vanne à soupape.

On parlera par la suite de taux de gaz d'échappement recirculés, encore appelé taux de RGE. Ce taux est défini par le rapport du débit massique de gaz d'échappement recirculés et du débit massique total admis dans le moteur, exprimé en pourcents.

Lorsque la recirculation de gaz d'échappement est effective, les gaz recirculés parcourent toute la portion du circuit d'admission 2 située en aval du point 8. En conditions stabilisées, la concentration en gaz recirculés dans cette portion de circuit est égale au taux de RGE utilisé par le moteur. Le taux de RGE dépend des caractéristiques du moteur et des conditions de fonctionnement, et peut atteindre 15% à 20% pour les points où le couple moteur est compris entre la moitié de sa valeur maximale et sa valeur maximale. De tels points correspondent à des conditions de fonctionnement où le conducteur souhaite obtenir une forte accélération du véhicule.

Lorsque le conducteur cesse d'accélérer en relevant totalement le pied de l'accélérateur, le papillon se ferme presque complètement afin de réduire le couple moteur produit et d'obtenir du frein moteur. L'injection de carburant est coupée tant que le régime moteur est suffisamment élevé, afin de minimiser la consommation de carburant ainsi que les émissions de polluants. Autrement dit, aucun carburant n'est injecté pendant cette phase de décélération. Les gaz d'échappement recirculés présents dans la portion de circuit située en aval de la vanne de recirculation de gaz d'échappement et en amont du papillon des gaz ne peuvent s'évacuer qu'en étant consommés par le moteur. La quantité d'air admise dans le moteur étant alors très faible, puisque le volet du boîtier papillon est pratiquement fermé, ces gaz d'échappement recirculés ne sont évacués que très lentement. Tant que l'injection de carburant est inhibée, il n'y a pas d'effet indésirable. Lorsque l'injection de carburant est rétablie, par exemple parce que le régime moteur est proche du régime de ralenti, il peut subsister dans le circuit d'admission une quantité élevée de gaz d'échappement recirculés, même si la vanne de recirculation de gaz d'échappement est totalement fermée. Dans ces conditions de fonctionnement, la stabilité de combustion peut être considérablement dégradée par la présence de ces gaz d'échappement non souhaités.

Ces instabilités de combustion génèrent des vibrations désagréables pour les occupants du véhicule ainsi qu'une augmentation de la quantité de polluants émise, il est donc souhaitable de les éliminer.

Pour cela, le dispositif 100 est agencé afin que, au moins lorsque une injection de carburant du moteur 1 est coupée, une ouverture minimale de la vanne 3 est assurée afin d'éliminer du circuit d'admission 2 les gaz recirculés.

En augmentant l'ouverture du boîtier papillon 3, la quantité d'air comburant consommée par le moteur pendant la phase de coupure d'injection est augmentée, ce qui augmente la vitesse à laquelle les gaz d'échappement présents dans le circuit d'admission 2 sont consommés. L'élimination des gaz d'échappement recirculés du circuit 2 est donc accélérée.

L'ouverture minimale de la vanne de régulation 3 du débit d'air est assurée après que la vanne de recirculation 6 de gaz d'échappement soit fermée.

On considérera que l'élimination du circuit d'admission 2 des gaz recirculés est réalisée lorsque la concentration des gaz RGE dans le circuit d'admission 2 devient inférieure à 2%. En effet, au dessous de ce seuil l'effet des gaz d'échappement recirculés devient négligeable, et on peut considérer qu'ils ont été éliminés.

Selon un mode de réalisation, la valeur de l'ouverture minimale et la valeur de la durée de maintien de l'ouverture minimale de la vanne 3 de régulation du débit d'air sont prédéfinies. Ces deux paramètres sont mémorisés dans l'unité électronique de commande du moteur sous forme de cartographies. Ces cartographies peuvent dépendre de différents paramètres.

Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale assurée est constante.

Selon un autre mode de réalisation, la valeur de la durée de maintien de l'ouverture minimale de la vanne 3 est constante.

Dans l'exemple représenté, la valeur de l'ouverture minimale dépend d'un taux de RGE estimé dans le circuit d'admission 2. L'estimation du taux de RGE dans la portion de circuit d'admission située entre la sortie du circuit de recirculation et la vanne peut être faite comme décrit dans la demande de brevet FR3009020. Le débit à travers la vanne 6 est déterminé à partir des conditions de pression de part et d'autre de la vanne 6, de la température des gaz au voisinage de la vanne et de la position de la vanne. Le débit total admis dans le moteur peut lui être déterminé à partir de la valeur de la pression et de la température dans le répartiteur d'admission 19, et d'un modèle de remplissage.

A partir de ces deux informations, l'unité de commande 7 calcule en temps réel la concentration en gaz d'échappement dans le circuit d'admission 2. Autrement dit, le taux de RGE dans le circuit d'admission 2 est estimé en continu.

L'ouverture minimale imposée au boîtier papillon 3 est déterminée à partir de cette concentration, du régime de rotation du moteur et du taux de variation du régime de rotation du moteur.

Plus cette concentration estimée est élevée, plus l'ouverture minimale imposée à la vanne est élevée, car la quantité de gaz à éliminer est importante. Cette ouverture minimale de la vanne est ainsi actualisée en continu et prend en compte l'évolution des conditions du moteur.

L'ouverture minimale est nulle lorsque le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission 2 est inférieur à un premier taux minimal prédéterminé T1. Ce taux minimum dépend de l'application considérée et est généralement proche de 6%. Autrement dit, le dispositif de réduction des instabilités de combustion est inactif lorsque le taux de gaz recirculés présents dans le circuit est suffisamment faible pour qu'il n'y ait pas de risque de créer des instabilités de combustion à la reprise de la phase de combustion. Cela favorise l'obtention d'un frein moteur élevé.

La valeur de l'ouverture minimale dépend d'un régime de rotation du moteur 1. La valeur de la position de la vanne permet d'estimer la quantité admise à chaque phase d'admission. La valeur du régime de rotation du moteur permet de plus de déterminer le débit admis par le moteur.

L'ouverture minimale est maintenue tant que le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission 2 est supérieur à un deuxième seuil prédéterminé T2. Ce taux dépend également de l'application considérée, et est généralement égal à 3%. Lorsque le taux de RGE estimé devient inférieur au seuil prédéterminé, on peut considérer que l'élimination du circuit d'admission des gaz d'échappement recirculés est terminée, Il n'est donc plus nécessaire de maintenir une ouverture de la vanne plus élevée que l'ouverture de base. Autrement dit, la durée de maintien de l'ouverture minimale est ajustée automatiquement par l'unité de commande 7, et peut être réduite au strict nécessaire afin de favoriser le frein moteur.

La figure 2 illustre le fonctionnement général du dispositif de réduction des instabilités de combustion.

La courbe C1 illustre l'évolution du régime de rotation du moteur en fonction du temps.

La courbe C2 illustre l'évolution de la position de la pédale d'accélérateur en fonction du temps. La valeur 0 correspond à la position pied levé, la valeur C21 à une position permettant d'obtenir le régime stabilisé correspondant à l'exemple.

La courbe C3 illustre l'activation et la désactivation de l'injection au cours du temps. Lorsque la courbe C3 est à l'état 1, l'injection de carburant est activée à chaque cycle moteur. Lorsque la courbe C3 est à l'état 0, l'injection de carburant est coupée et aucun carburant n'est injecté.

Les courbes C4a et C4b illustrent l'évolution du taux de RGE dans le circuit d'admission en fonction du temps. La courbe C4a, en pointillés, illustre cette évolution lorsque le dispositif de réduction des instabilités de combustion est désactivé. La courbe C4b, en trait plein, illustre cette évolution lorsque le dispositif de réduction des instabilités est activé.

Les courbes C5a et C5b illustrent l'évolution de la position du papillon 6 en fonction du temps. La courbe C5a, en pointillés, illustre cette évolution lorsque le dispositif de réduction des instabilités de combustion est désactivé. La courbe C5b, en trait plein, illustre cette évolution lorsque le dispositif de réduction des instabilités est activé.

Les courbes C1 et C2 montrent qu'après un passage à régime stabilisé, le conducteur cesse d'accélérer et relâche la pédale d'accélérateur. A l'instant t_1 , la pédale d'accélérateur est totalement relâchée et le régime moteur commence à diminuer. Quelques centaines de millisecondes après t_1 , l'injection de carburant est coupée, comme on peut le voir sur la courbe C3.

- 5 Lorsque le dispositif de réduction des instabilités de combustion n'est pas activé, on peut voir sur la courbe C5a que l'ouverture du papillon 3 diminue et que le papillon se ferme pratiquement une fois que la pédale d'accélérateur est relâchée. La courbe C4a montre la décroissance du taux de RGE dans le circuit d'admission 2. On peut voir qu'à l'instant t_3 , correspond à la reprise de l'injection pour l'entrée en régulation de ralenti, le taux de RGE vaut encore la valeur C43a.
- 10 Lorsque le dispositif 100 de réduction des instabilités de combustion est activé, on peut voir sur la courbe C5b qu'une ouverture minimale, égale à la valeur C52, est appliquée au papillon 3. De ce fait, la décroissance du taux de RGE dans le circuit d'admission est plus rapide, ce qui est visible sur la courbe C4b. A l'instant t_3 , le taux de RGE résiduel est moins élevé que la valeur C43a, la flèche de la figure 2 illustrant cet écart.
- 15 A l'instant t_2 , le taux de RGE passe sous le seuil T2, l'ouverture minimale appliquée au papillon 6 n'est plus nécessaire et est progressivement supprimée.

Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale assurée dépend d'une température d'eau mesurée du liquide de refroidissement du moteur 1. Cette mesure de la température du liquide de refroidissement permet d'estimer la température de fonctionnement du moteur. Lorsque le moteur

20 est encore froid et n'a pas encore atteint son équilibre thermique, la combustion est moins stable, et le moteur plus sensible à la présence dans le circuit d'admission de gaz d'échappement recirculés. En parallèle, les frottements entre les différentes parties mobiles du moteur sont plus élevés qu'à chaud, le frein moteur est donc moins pénalisé par l'ouverture additionnelle de la vanne de réglage du débit d'air comburant. L'ouverture additionnelle du papillon 6 peut être plus élevée que lorsque

25 le moteur est en conditions thermiques stabilisées.

Selon un mode de réalisation, l'ouverture minimale de la vanne dépend d'une richesse de fonctionnement du moteur 1. La composition des gaz d'échappement recirculés variant avec la richesse, l'effet de ces gaz sur la stabilité de combustion varie également avec la richesse. La richesse de fonctionnement est déterminée à partir de l'information d'une sonde de mesure placée dans

30 l'échappement, non représentée. Comme précédemment, l'ouverture minimale du papillon 6 est adaptée aux conditions de fonctionnement.

D'autres actionneurs du moteur peuvent être utilisés pour renforcer l'effet obtenu grâce à l'ouverture minimale du papillon 6.

Ainsi, le dispositif de réduction des instabilités de combustion comporte un actionneur 17a, 17b

35 permettant de faire varier un phasage d'une commande d'un arbre à cames du moteur, et

conjointement à l'ouverture de la vanne 3, l'actionneur 17a, 17b est commandé de façon à augmenter le débit de gaz comburant admis dans le moteur.

En variante ou de manière complémentaire, le dispositif comporte un actionneur 17a, 17b permettant de faire varier une amplitude de levée des soupapes du moteur, et conjointement à l'ouverture de la vanne 3, l'actionneur 17a, 17b est commandé de façon à augmenter un débit de gaz comburant admis dans le moteur. Comme pour le cas du déphaseur d'arbre à cames, le système de levée variable des soupapes peut être utilisé en complément de l'ouverture minimale imposée au papillon 3.

10 L'invention concerne également un procédé de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique 1. Le procédé, dont la figure 3 représente le schéma bloc, comporte les étapes de :

- Alimenter en air comburant le moteur par un circuit d'admission 2 (étape 50),
- Réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur 1, au moyen d'une vanne 3 disposée sur le circuit d'admission 2 (étape 51),
- 15 - Recirculer des gaz d'échappement entre l'échappement et l'admission du moteur, par un circuit de recirculation connecté au circuit d'admission (étape 52),
- au moins lorsque une injection de carburant est coupée, assurer une ouverture minimale de la vanne afin d'éliminer du circuit d'admission les gaz d'échappement recirculés (étape 53).

REVENDICATIONS

1. Dispositif (100) de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique (1), ce dispositif comportant :
 - Un circuit d'admission (2) en air comburant du moteur,
 - Une vanne (3) disposée sur le circuit d'admission en air comburant du moteur, agencée pour réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur,
 - Un circuit de recirculation (5) de gaz d'échappement, connecté au circuit d'admission (2) en amont de la vanne (3) de régulation du débit d'air comburant,Caractérisé en ce que le dispositif (100) est agencé afin que, au moins lorsque une injection de carburant du moteur (1) est coupée, une ouverture minimale de la vanne (3) est assurée afin d'éliminer du circuit d'admission (2) les gaz recirculés.
2. Dispositif selon la revendication 1, comportant une vanne (6) disposée sur le circuit de recirculation (5), agencée pour réguler le débit de gaz d'échappement recirculés, selon lequel l'ouverture minimale de la vanne de régulation (3) du débit d'air est assurée après que la vanne de recirculation (6) de gaz d'échappement soit fermée.
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, selon lequel la valeur de l'ouverture minimale et la valeur de la durée de maintien de l'ouverture minimale de la vanne (3) de régulation du débit d'air sont prédéfinies.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, selon lequel la valeur de l'ouverture minimale dépend d'un taux de RGE estimé dans le circuit d'admission (2).
5. Dispositif selon la revendication précédente, selon lequel le taux de RGE dans le circuit d'admission (2) est estimé en continu.
6. Dispositif selon l'une des revendications 4 ou 5, selon lequel l'ouverture minimale est nulle lorsque le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission (2) est inférieur à un premier taux minimal prédéterminé (T1).
7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, selon lequel l'ouverture minimale est maintenue tant que le taux de RGE estimé dans le circuit d'admission (2) est supérieur à un deuxième seuil prédéterminé (T2).
8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, selon lequel le circuit de recirculation (5) des gaz d'échappement recircule les gaz d'échappement entre un point situé en aval d'une turbine (11) d'un dispositif de suralimentation (9) et un point situé en amont d'un compresseur (10) du dispositif de suralimentation (9).
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, selon lequel le moteur thermique (1) est de type à allumage commandé.

10. Procédé de réduction des instabilités de combustion d'un moteur thermique (1), comportant les étapes de :

- Alimenter en air comburant le moteur par un circuit d'admission (2), (étape 50)
- 5 - Réguler le débit de gaz comburant admis dans le moteur (1), au moyen d'une vanne (3) disposée sur le circuit d'admission (2), (étape 51)
- Recirculer des gaz d'échappement entre l'échappement et l'admission du moteur, par un circuit de recirculation connecté au circuit d'admission en amont de la vanne (3), (étape 52)
- 10 - au moins lorsque une injection de carburant est coupée, assurer une ouverture minimale de la vanne afin d'éliminer du circuit d'admission les gaz d'échappement recirculés. (étape 53)

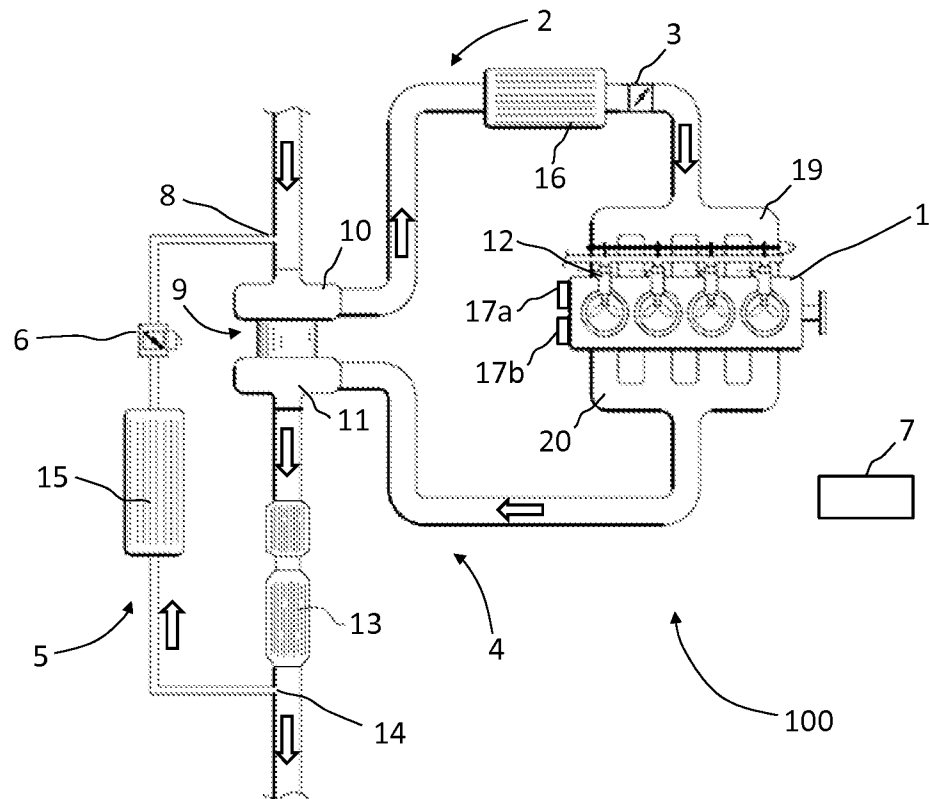


Fig. 1

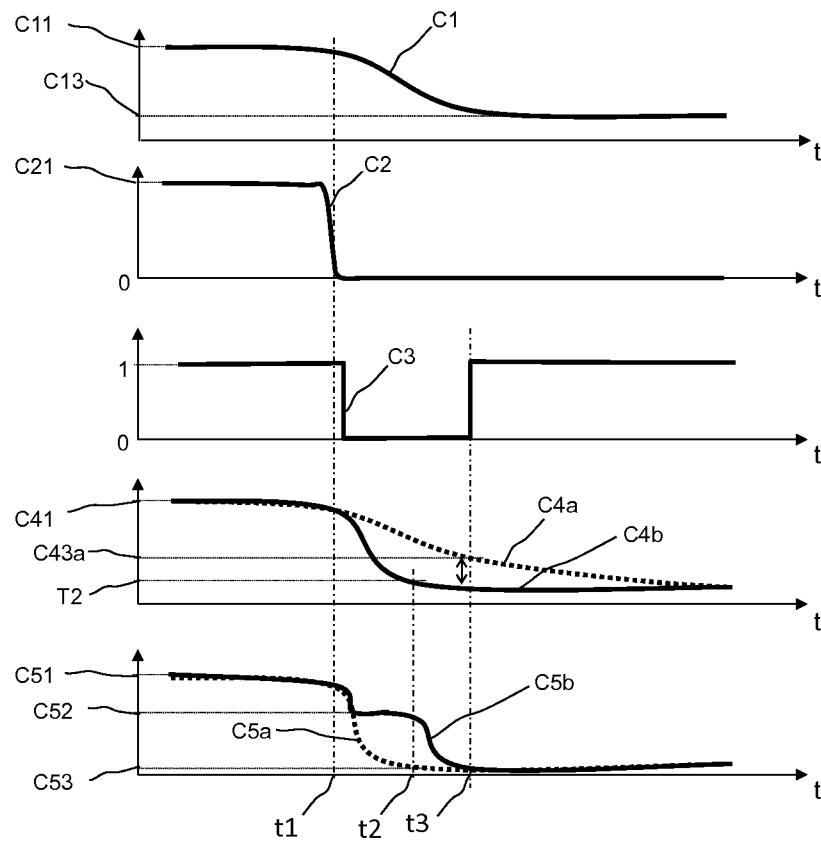


Fig. 2

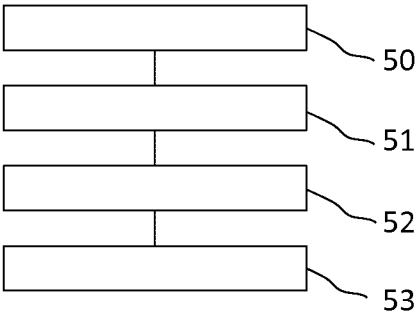


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/12 F02D41/00 F02M26/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02D F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/303249 A1 (MINAMI KEITAROU [JP] ET AL) 29 November 2012 (2012-11-29)	1,5,8-10
Y	figures 1,3 paragraphs [0037], [0041], [0045], [0046], [0005]	3,4,6,7
X	----- US 2014/100074 A1 (GLUGLA CHRIS PAUL [US]) 10 April 2014 (2014-04-10) figures 1,7,8 paragraphs [0022], [0091], [0092], [0097]	1,8-10
X	----- WO 2008/149212 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; NAKAYAMA SHIGEKI [JP]; MATSUNAGA AKIO [JP];) 11 December 2008 (2008-12-11) figure 1 paragraphs [0004], [0032], [0086] ----- -/-	1,2,5, 8-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 September 2016

Date of mailing of the international search report

20/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Aubry, Yann

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051868

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001 271673 A (MAZDA MOTOR) 5 October 2001 (2001-10-05)	3
A	figures 2,15 paragraph [0073] -----	1,10
Y	EP 1 790 843 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 30 May 2007 (2007-05-30)	4
A	figure 1 paragraph [0067] -----	1,10
Y	WO 2009/060287 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; SHINAGAWA TOMOHIRO [JP]; KATOU YUUCHI [JP];) 14 May 2009 (2009-05-14)	6,7
A	figures 1,4,5,10 paragraphs [0019], [0096], [0123] -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051868

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2012303249	A1	29-11-2012	CN	102797570 A		28-11-2012
			JP	5673356 B2		18-02-2015
			JP	2012246850 A		13-12-2012
			US	2012303249 A1		29-11-2012

US 2014100074	A1	10-04-2014	CN	103726922 A		16-04-2014
			DE	102013111112 A1		10-04-2014
			RU	2013145338 A		20-04-2015
			US	2014100074 A1		10-04-2014
			US	2015167540 A1		18-06-2015

WO 2008149212	A1	11-12-2008	AT	485442 T		15-11-2010
			CN	101688484 A		31-03-2010
			EP	2153045 A1		17-02-2010
			JP	4320684 B2		26-08-2009
			JP	2008303825 A		18-12-2008
			US	2010179745 A1		15-07-2010
			WO	2008149212 A1		11-12-2008

JP 2001271673	A	05-10-2001	NONE			

EP 1790843	A1	30-05-2007	CN	1938507 A		28-03-2007
			EP	1790843 A1		30-05-2007
			JP	4385962 B2		16-12-2009
			JP	2006112414 A		27-04-2006
			KR	20070015138 A		01-02-2007
			KR	20070112222 A		22-11-2007
			US	2007250250 A1		25-10-2007
			WO	2006030876 A1		23-03-2006

WO 2009060287	A2	14-05-2009	CN	101849093 A		29-09-2010
			DE	112008002976 T5		18-11-2010
			JP	4497191 B2		07-07-2010
			JP	2009114957 A		28-05-2009
			US	2010235074 A1		16-09-2010
			WO	2009060287 A2		14-05-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051868

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02D41/12 F02D41/00 F02M26/06 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F02D F02M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2012/303249 A1 (MINAMI KEITAROU [JP] ET AL) 29 novembre 2012 (2012-11-29)	1,5,8-10
Y	figures 1,3 alinéas [0037], [0041], [0045], [0046], [0005]	3,4,6,7
X	----- US 2014/100074 A1 (GLUGLA CHRIS PAUL [US]) 10 avril 2014 (2014-04-10) figures 1,7,8 alinéas [0022], [0091], [0092], [0097]	1,8-10
X	----- WO 2008/149212 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; NAKAYAMA SHIGEKI [JP]; MATSUNAGA AKIO [JP];) 11 décembre 2008 (2008-12-11) figure 1 alinéas [0004], [0032], [0086] ----- -/-	1,2,5, 8-10
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
12 septembre 2016	20/09/2016	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Aubry, Yann

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051868

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP 2001 271673 A (MAZDA MOTOR)	3
A	5 octobre 2001 (2001-10-05) figures 2,15 alinéa [0073] -----	1,10
Y	EP 1 790 843 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP])	4
A	30 mai 2007 (2007-05-30) figure 1 alinéa [0067] -----	1,10
Y	WO 2009/060287 A2 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; SHINAGAWA TOMOHIRO [JP]; KATOU YUUCHI [JP];) 14 mai 2009 (2009-05-14)	6,7
A	figures 1,4,5,10 alinéas [0019], [0096], [0123] -----	1,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051868

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012303249 A1	29-11-2012	CN 102797570 A JP 5673356 B2 JP 2012246850 A US 2012303249 A1	28-11-2012 18-02-2015 13-12-2012 29-11-2012
US 2014100074 A1	10-04-2014	CN 103726922 A DE 102013111112 A1 RU 2013145338 A US 2014100074 A1 US 2015167540 A1	16-04-2014 10-04-2014 20-04-2015 10-04-2014 18-06-2015
WO 2008149212 A1	11-12-2008	AT 485442 T CN 101688484 A EP 2153045 A1 JP 4320684 B2 JP 2008303825 A US 2010179745 A1 WO 2008149212 A1	15-11-2010 31-03-2010 17-02-2010 26-08-2009 18-12-2008 15-07-2010 11-12-2008
JP 2001271673 A	05-10-2001	AUCUN	
EP 1790843 A1	30-05-2007	CN 1938507 A EP 1790843 A1 JP 4385962 B2 JP 2006112414 A KR 20070015138 A KR 20070112222 A US 2007250250 A1 WO 2006030876 A1	28-03-2007 30-05-2007 16-12-2009 27-04-2006 01-02-2007 22-11-2007 25-10-2007 23-03-2006
WO 2009060287 A2	14-05-2009	CN 101849093 A DE 112008002976 T5 JP 4497191 B2 JP 2009114957 A US 2010235074 A1 WO 2009060287 A2	29-09-2010 18-11-2010 07-07-2010 28-05-2009 16-09-2010 14-05-2009