



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**27.05.2015 Bulletin 2015/22**

(51) Int Cl.:  
**F02D 41/24** <sup>(2006.01)</sup> **F02D 41/18** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **14190462.3**

(22) Date de dépôt: **27.10.2014**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**

(71) Demandeur: **PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES SA**  
**78140 Velizy-Villacoublay (FR)**

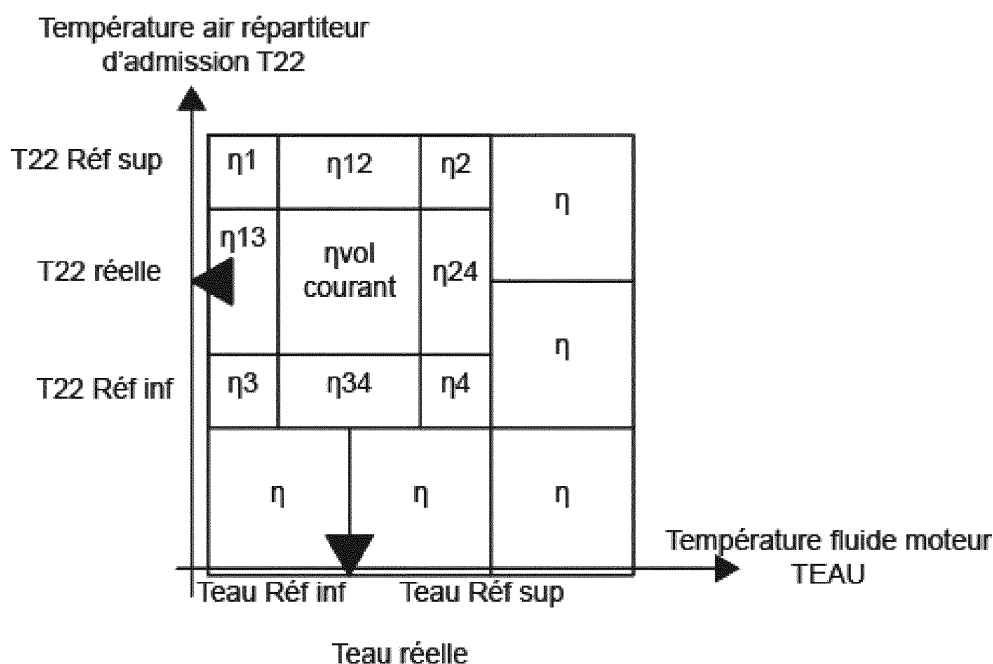
(72) Inventeur: **TAIBALY, MOUSTANSIR**  
**92150 SURESNES (FR)**

(30) Priorité: **21.11.2013 FR 1361486**

(54) **Procédé d'estimation du rendement volumétrique d'un moteur thermique**

(57) L'invention porte sur un procédé d'estimation du rendement volumétrique d'un moteur en fonction de la température d'air de répartiteur d'admission et de fluide de refroidissement avec caractérisation d'un rendement pour chacune des neuf paires obtenues à partir des températures maximale, nominale et minimale d'air et de fluide, ces rendements étant déterminés selon une cartographie fonction du régime et du couple moteur, mesure ou estimation d'une température réelle d'air (T22 Réelle) et de fluide (Teau Réelle), en fonction de ces deux tem-

pératures réelles comparées respectivement aux températures maximale, nominale et minimale d'air et de fluide, extraction de quatre paires correspondant à un rendement volumétrique de référence et interpolation d'un rendement courant ( $\eta_{vol}$  courant) à partir d'une moyenne pondérée fonction des rendements de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ) ou de rendements intermédiaires ( $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$ ) calculés en fonction des rendements de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ).



**FIG. 3**

## Description

[0001] La présente invention concerne un procédé d'estimation du rendement volumétrique d'un moteur thermique en se basant sur un modèle matriciel élaboré à partir de la température de l'air dans un répartiteur admission d'une ligne d'admission d'air à un moteur thermique et de la température du fluide de refroidissement du moteur thermique, ce moteur étant avantageusement un moteur Diesel.

[0002] Selon la présente invention, le moteur thermique peut être indifféremment un moteur atmosphérique ou suralimenté avec une injection directe ou indirecte, ceci avec ou sans ligne de recirculation des gaz d'échappement, une telle ligne allant être décrite dans ce qui va suivre.

[0003] L'estimation selon le procédé conforme à la présente invention peut en outre servir de base pour calculer plusieurs informations thermodynamiques essentielles pour le contrôle du moteur thermique, à savoir essentiellement le débit volumique de l'air en amont des soupapes et le débit massique en amont des soupapes du moteur thermique.

[0004] La figure 1 représente une architecture d'un ensemble d'un moteur thermique 1 avec sa ligne d'admission d'air frais 2 débouchant sur un répartiteur d'admission 4 et sa ligne d'échappement 5 sortant du moteur thermique 1. L'ensemble peut aussi être muni aussi d'une ligne de recirculation 3 des gaz à l'échappement ou ligne RGE, aussi connue sous l'acronyme anglais de ligne EGR, ce qui n'est encore une fois pas obligatoire.

[0005] Avec la présence d'une ligne RGE, il peut ainsi être ajouté à l'air frais aspiré vers le moteur thermique 1 pour y être admis un pourcentage de gaz d'échappement ainsi recirculés vers l'entrée du moteur 1, ce qui permet de limiter les émissions de gaz de combustion. Un tel mélange d'air frais et de gaz d'échappement est désigné ci-après sous l'appellation d'air d'admission, cet air d'admission pouvant être aussi bien de l'air frais qu'un mélange d'air frais avec des gaz d'échappement.

[0006] Comme le pourcentage de gaz d'échappement dans l'air d'admission peut varier selon la demande en air frais ou la demande en gaz recirculés lors du fonctionnement du moteur thermique, il est nécessaire de connaître exactement la masse d'air frais aspirée par le moteur afin de réguler l'admission en air et en gaz recirculés. Ceci est fait par un débitmètre mesurant le débit massique  $dm_1$  dans la ligne d'admission 2, c'est-à-dire avant que les gaz recirculés ne soient admis dans la ligne d'admission 2.

[0007] L'ensemble du moteur thermique 1 et des lignes d'admission 2 et d'échappement 5 est donc muni de divers capteurs permettant de calculer plusieurs informations thermodynamiques essentielles pour le contrôle du moteur 1, avantageusement un moteur Diesel. Un procédé d'estimation peut permettre d'évaluer le débit massique total en amont des soupapes d'admission, ce débit massique total étant référencé  $dm_{22}$  et représentant le débit d'air frais auquel il a été ajouté le débit des gaz recirculés par la ligne RGE 3.

[0008] Il est aussi possible de mesurer la température d'air de répartiteur d'admission  $T_{22}$ , la pression régnant dans le répartiteur d'admission  $P_{22}$  ainsi que la température du fluide de refroidissement  $T_{eau}$  du moteur 1, ce fluide étant avantageusement de l'eau ou à base d'eau. En comparant les deux débits mesurés  $dm_1$  et  $dm_{22}$ , il est possible d'estimer le taux global de gaz d'échappement recyclés et le débit d'air frais à l'entrée du répartiteur d'admission 4.

[0009] Il existe un procédé logiciel permettant l'estimation de ce débit massique dans le répartiteur d'admission 4 en amont des soupapes du moteur. Ce procédé utilise un modèle de rendement volumétrique embarqué dans un calculateur, l'estimation étant basée sur une équation définie empiriquement.

[0010] Il est connu qu'un tel modèle dispose de corrections concernant la température de l'air mélangé ou non avec des gaz d'échappement dans le répartiteur d'admission 4, la température des parois du moteur 1 et le ratio de pression en entrée et en sortie du moteur 1.

[0011] Un tel modèle occasionne cependant beaucoup de difficultés pour la calibration des corrections, ce qui conduit à des imprécisions, notamment dès qu'on s'écarte du point de référence. De plus, comme les corrections sont effectuées en extrapolation, cela restreint la robustesse du modèle.

[0012] Par exemple, le document FR-A-2 916 481 décrit un procédé d'estimation du rendement volumétrique d'un moteur thermique. Dans ce document, le rendement volumétrique est calculé en fonction de la température d'air d'admission, de la température des parois du moteur et des pressions régnant en début d'admission et en entrée du moteur. Une quelconque calibration des corrections n'est cependant pas réalisée par le procédé décrit dans ce document.

[0013] Par conséquent, le problème à la base de l'invention est, pour un moteur thermique de véhicule automobile, d'améliorer la précision d'un procédé d'estimation du rendement volumétrique en prenant en compte les variations de température du fluide de refroidissement du moteur thermique de même que la température de l'air de répartiteur d'admission de la ligne d'admission d'air au moteur thermique.

[0014] Pour atteindre cet objectif, il est prévu selon l'invention un procédé d'estimation du rendement volumétrique d'un moteur thermique de véhicule automobile en fonction de la température d'air d'un répartiteur d'admission à l'entrée du moteur et de la température de fluide de refroidissement du moteur, le procédé présentant les étapes suivantes :

- caractérisation d'un rendement volumétrique pour chacune des neuf paires obtenues à partir de l'appariement croisé des températures maximale, nominale et minimale d'air de répartiteur d'admission et de fluide de refroidissement,

ces rendements volumétriques étant déterminés selon une cartographie spécifique fonction du régime et du couple moteur,

- mesure ou estimation d'une température dite réelle respectivement pour l'air de répartiteur d'admission et le fluide de refroidissement,
- en fonction de ces deux températures réelles comparées respectivement aux températures maximale, nominale et minimales d'air de répartiteur d'admission et de fluide de refroidissement, extraction de quatre paires de température correspondant respectivement à un rendement volumétrique de référence,
- interpolation d'un rendement volumétrique courant à partir d'une moyenne pondérée fonction des quatre rendements volumétriques de référence ou de rendements intermédiaires calculés en fonction des rendements de référence.

**[0015]** L'effet technique est une amélioration de la précision de l'estimation de rendement volumétrique et la prise en compte pour l'estimation du rendement volumétrique des sensibilités vis-à-vis des températures de fluide de refroidissement et d'air de répartiteur d'admission. Le principal avantage du procédé selon l'invention est la possibilité d'assurer une estimation du rendement volumétrique dans un champ de paires de températures d'air de répartiteur et de fluide de refroidissement large et qui peut être adapté. Enfin, le modèle ainsi obtenu est robuste puisqu'il se base sur une interpolation.

**[0016]** Avantageusement, pour l'air de répartiteur d'admission et le fluide de refroidissement, il est calculé respectivement une température de référence inférieure et supérieure et, à partir de ces températures de référence inférieure et supérieure, il est déterminé un premier rendement volumétrique de référence correspondant à une température d'air de répartiteur de référence supérieure et à une température de fluide de refroidissement de référence inférieure, un second rendement volumétrique de référence correspondant à une température d'air de répartiteur de référence supérieure et à une température de fluide de refroidissement de référence supérieure, un troisième rendement volumétrique de référence correspondant à une température d'air de répartiteur de référence inférieure et à une température de fluide de refroidissement de référence inférieure et un quatrième rendement volumétrique de référence correspondant à une température d'air de répartiteur de référence inférieure et à une température de fluide de refroidissement de référence supérieure.

**[0017]** Avantageusement, le rendement volumétrique courant s'exprime comme suit en fonction des quatre rendements volumétriques de référence:

$$\eta_{\text{vol courant}} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) + \eta_1 + \eta_4 \right] + \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) \right]$$

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques de référence,  $T_{22 \text{ Réelle}}, T_{22 \text{ Réf sup}}$  et  $T_{22 \text{ Réf inf}}$  étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission,  $T_{\text{eau Réelle}}, T_{\text{eau Réf sup}}$  et  $T_{\text{eau Réf inf}}$  étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur.

**[0018]** Avantageusement, il est calculé quatre rendements intermédiaires, le premier rendement intermédiaire correspondant à une température de fluide réelle et à une température d'air de répartiteur d'admission supérieure, le deuxième rendement intermédiaire correspondant à une température de fluide de référence inférieure et à une température d'air de répartiteur d'admission réelle, le troisième rendement intermédiaire correspondant à une température de fluide de référence supérieure et une température d'air de répartiteur d'admission de référence réelle et le quatrième rendement intermédiaire correspondant à une température de fluide réelle et une température d'air de répartiteur d'admission de référence inférieure.

**[0019]** Avantageusement, les rendements intermédiaires sont calculés selon les équations suivantes :

$$\eta_{12} = \eta_{T_{\text{eau réelle}} / T_{22 \text{ Réf sup}}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1$$

$$\eta_{13} = \eta_{\text{Teau Réf inf} / T_{22} \text{ réelle}} = \left( \frac{T_{22} \text{ Réelle} - T_{22} \text{ Réf inf}}{T_{22} \text{ Réf sup} - T_{22} \text{ Réf inf}} \right) \times (\eta_1 - \eta_3) + \eta_3$$

$$\eta_{24} = \eta_{\text{Teau Réf sup} / T_{22} \text{ réelle}} = \left( \frac{T_{22} \text{ Réelle} - T_{22} \text{ Réf inf}}{T_{22} \text{ Réf sup} - T_{22} \text{ Réf inf}} \right) \times (\eta_2 - \eta_4) + \eta_4$$

$$\eta_{34} = \eta_{\text{Teau réelle} / T_{22} \text{ Réf sup}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_4 - \eta_3) + \eta_3$$

$\eta_{12}$ ,  $\eta_{34}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques intermédiaires,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ ,  $\eta_4$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques de référence,  $T_{22}$  Réelle,  $T_{22}$  Réf sup et  $T_{22}$  Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission,  $T_{\text{eau Réelle}}$ ,  $T_{\text{eau Réf sup}}$  et  $T_{\text{eau Réf inf}}$  étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur.

**[0020]** Avantageusement, le rendement volumétrique courant peut s'exprimer comme suit:

$$\eta_{\text{vol courant}} = \frac{1}{2} \times \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_{24} - \eta_{13}) + \left( \frac{T_{22} \text{ Réelle} - T_{22} \text{ Réf inf}}{T_{22} \text{ Réf sup} - T_{22} \text{ Réf inf}} \right) \times (\eta_{34} - \eta_{12}) + \eta_{13} + \eta_{12} \right]$$

**[0021]** Avantageusement, le rendement volumétrique courant est une moyenne pondérée des quatre rendements volumétriques intermédiaires :

$$\eta_{\text{vol courant}} = \frac{\omega_{12} \times \eta_{12} + \omega_{34} \times \eta_{34} + \omega_{13} \times \eta_{13} + \omega_{24} \times \eta_{24}}{\omega_{12} + \omega_{34} + \omega_{13} + \omega_{24}}$$

$\omega_{12}$ ,  $\omega_{34}$ ,  $\omega_{24}$  et  $\omega_{13}$  étant des coefficients de pondération définis par :

$$\omega_{12} = 1 - \left( \frac{T_{22} \text{ Réelle} - T_{22} \text{ Réf inf}}{T_{22} \text{ Réf sup} - T_{22} \text{ Réf inf}} \right) = 1 - \omega_{34}$$

$$\omega_{13} = 1 - \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) = 1 - \omega_{24}$$

**[0022]** L'invention concerne un procédé de contrôle de l'admission en air dans un moteur thermique, lequel comprend un tel procédé d'estimation du rendement volumétrique.

**[0023]** L'invention concerne aussi un moteur thermique de véhicule automobile, caractérisé en ce que son rendement volumétrique est estimé conformément à un tel procédé d'estimation ou conformément à tel un procédé de contrôle de l'admission en air.

**[0024]** Avantageusement, le moteur thermique est un moteur Diesel.

**[0025]** D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un ensemble d'un moteur thermique et de ses lignes respectives d'admission d'air en entrée et d'échappement des gaz en sortie du moteur, cet ensemble pouvant être régulé conformément à un procédé selon la présente invention,
- la figure 2 est une représentation schématique du positionnement de neuf paires de température d'air d'admission et de fluide de refroidissement respectivement associées à un rendement volumétrique spécifique dans un repère montrant en ordonnée la température d'air de répartiteur d'admission et en abscisse la température du fluide de refroidissement du moteur, cela pour trois valeurs maximale, nominale et inférieure de température pour l'air et le fluide,
- la figure 3 est une représentation schématique du positionnement simplifié par rapport à la figure 2 de paires de températures respectivement associées à un rendement volumétrique de référence ou à un rendement volumétrique intermédiaire, cela dans un repère montrant en ordonnée la température de l'air de répartiteur d'admission et en abscisse la température du fluide de refroidissement du moteur.

**[0026]** La figure 1 a déjà été détaillée dans la partie introductive de la présente demande.

**[0027]** La présente invention propose d'estimer un rendement volumétrique courant d'un moteur thermique de véhicule automobile, avantageusement un moteur Diesel en se basant sur un modèle matriciel pour le calcul des rendements volumétriques, le rendement volumétrique étant calculé par interpolation à partir de rendements volumétriques spécifiques selon une moyenne pondérée. A cet effet le moteur comprend un calculateur comprenant les moyens d'acquisition et de traitement et de commande requis pour la mise en oeuvre du procédé d'estimation du rendement volumétrique de l'invention ou celle d'un procédé de contrôle de l'admission en air.

**[0028]** En regard de la figure 1, le rendement volumétrique  $\eta_{\text{vol}}$  d'un moteur thermique 1 est le rapport entre le débit réel dans le répartiteur d'admission 4 et le débit théorique calculé à partir de la cylindrée du moteur 1 :

$$\eta_{\text{vol}} = \frac{dm_{\text{Réal}}}{dm_{\text{air théorique}}} = \frac{\frac{dm_{22}}{60}}{\frac{N_{\text{mot}} \times \text{Cylindrée}}{2} \times \frac{P_{22}}{r \times (T_{22} + 273,15)}}$$

$dm_{\text{Réal}}$  et  $dm_{\text{air théorique}}$  étant respectivement le débit massique d'air réel et théorique,  $dm_{22}$  le débit massique total en amont des soupapes du moteur,  $P_{22}$  et  $T_{22}$  respectivement la pression et la température dans le répartiteur d'admission 4,  $N_{\text{mot}}$  le couple moteur.

**[0029]** Toujours en considérant les références de la figure 1, le rendement volumétrique représente le remplissage courant du moteur aux conditions de pression  $P_{22}$  et de température  $T_{22}$  du répartiteur d'admission 4. Le rendement volumétrique est aussi sensible à la température de fluide de refroidissement  $T_{\text{eau}}$  et à la pression  $P_3$  régnant dans le collecteur d'échappement.

**[0030]** Selon la présente invention, il est pris en compte pour le calcul d'un rendement volumétrique courant la température d'air de répartiteur admission  $T_{22}$  et la température de fluide de refroidissement  $T_{\text{eau}}$ . Comme précédemment mentionné, est appelé air dans le sens de la présente invention aussi bien de l'air frais non mélangé amené au répartiteur d'admission 4 que de l'air frais mélangé avec des gaz recyclés de l'échappement du moteur thermique, ces gaz étant recirculés vers l'admission d'air du moteur 1, donc vers le répartiteur d'admission 4.

**[0031]** Le procédé d'estimation du rendement volumétrique selon la présente invention peut s'effectuer essentiellement

en trois étapes.

**[0032]** En regard de la figure 2, la première étape concerne la définition de neuf paires de référence pour chaque condition croisée de la température d'air de répartiteur d'admission T22 et de la température de fluide de refroidissement Teau, ceci en fonction d'un point de fonctionnement moteur respectif qui se caractérise par le régime et le couple moteur.

A partir du point de fonctionnement du moteur courant, c'est-à-dire les valeurs du régime et du couple moteur, il est déduit neuf points de rendements volumétriques  $\eta$  de référence correspondant chacun à une paire de températures d'air et de fluide.

**[0033]** En regard des figures 1 et 2, la première étape du procédé d'estimation selon l'invention procède à la caractérisation d'un rendement volumétrique  $\eta$  pour chacune des neuf paires obtenues à partir des températures maximale, nominale et minimale d'air de répartiteur d'admission T22 max, T22 nominale, T22min et de fluide de refroidissement Teau max, Teau nominale, Teau min. Ces rendements volumétriques  $\eta$  sont déterminés selon une cartographie spécifique fonction du régime et du couple moteur 1, par exemple par cartographie régime/couple du moteur en balayant tout le champ moteur.

**[0034]** Neuf paires de température d'air et de fluide correspondant à un rendement volumétrique  $\eta$  spécifique sont donc définies, étant donné qu'il est pris trois valeurs pour quantifier la température d'air de répartiteur d'admission T22 ainsi que trois valeurs pour quantifier la température du fluide de refroidissement Teau, dans les deux cas ces trois valeurs étant des températures maximale, nominale et minimale. Le croisement de ces trois valeurs respectives pour l'air et le fluide forme ainsi neuf paires de valeurs de température.

**[0035]** La température nominale est en général la température souhaitée pour le fonctionnement du moteur selon les valeurs du régime et du couple moteur régnantes alors, la température maximale étant la température la plus élevée tolérable pour le fonctionnement du moteur tandis que la température minimale est la température la plus faible pour le fonctionnement du moteur.

**[0036]** La figure 2 montre un graphique comportant un tableau des neuf rendements volumétriques  $\eta$  avec les températures d'air T22 du répartiteur d'admission affichées en ordonnée et les températures de fluide de refroidissement Teau affichées en abscisse, une température d'air T22 formant une paire avec une température de fluide de refroidissement Teau.

**[0037]** Dans ce graphique, il est introduit respectivement les températures réelles du répartiteur d'admission T22 réelle et du fluide de refroidissement Teau réelle, ces températures ayant été mesurées par des capteurs ou estimées selon les conditions de fonctionnement du moteur, ceci par exemple par cartographie. A partir de ces températures réelles mesurées ou estimées T22 réelle et Teau réelle, il est ensuite possible de se placer dans un domaine restreint par rapport à celui du tableau montré à la figure 2 de façon à estimer le rendement volumétrique courant par un nombre réduit de paires de températures d'air T22 et de fluide Teau.

**[0038]** Cela est fait selon la position de la température d'air de répartiteur d'admission réelle T22 réelle en ordonnée et de la température du fluide de refroidissement réelle Teau réelle en abscisse. Il est ainsi possible de réduire les neuf points de rendements volumétriques  $\eta$  selon les températures Teau et T22, comme montré à la figure 2, en quatre points et d'obtenir une matrice quatre points par l'extraction de quatre rendements volumétriques de référence comme il est montré à la figure 3.

**[0039]** Ainsi, la seconde étape, pouvant être déduite de la figure 3 qui montre un mode de réalisation préférentielle de l'invention, prévoit, en fonction de la température de fluide réelle Teau réelle et de la température d'air réelle T22 réelle, d'extraire au moins quatre rendements volumétriques de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$ .

**[0040]** En fonction du positionnement des températures réelles Teau réel et T22 réelle par rapport aux températures nominales respectives, il est alors déterminé des températures de référence T22 Réf sup, T22 Réf inf pour la température d'air de répartiteur d'admission, des températures de référence Teau Réf sup et Teau Réf inf pour la température du fluide de refroidissement. Le croisement de ces températures de référence donne quatre valeurs de rendement volumétrique  $\eta_1$  à  $\eta_4$ , ces rendements volumétriques étant dénommés rendements volumétriques de référence.

**[0041]** Le rendement volumétrique de référence  $\eta_1$  correspond à l'appariement d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence supérieure T22 Réf sup avec une température de fluide de refroidissement de référence inférieure Teau Réf inf. Le rendement volumétrique de référence  $\eta_2$  correspond à l'appariement d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence supérieure T22 Réf sup avec une température de fluide de refroidissement de référence supérieure Teau Réf sup.

**[0042]** Le rendement volumétrique de référence  $\eta_3$  correspond à l'appariement d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence inférieure T22 Réf inf avec une température de fluide de refroidissement de référence inférieure Teau Réf inf. Le rendement volumétrique de référence  $\eta_4$  correspond à l'appariement d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence inférieure T22 Réf inf avec une température de fluide de refroidissement de référence supérieure Teau Réf sup.

**[0043]** Conformément à la présente invention, un rendement volumétrique courant est calculé en fonction de ces rendements de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$  par interpolation. Ce rendement volumétrique courant peut être une moyenne des rendements de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$  ou de rendements intermédiaires calculés qui sont fonction de ces rendements de

référence, les rendements de référence et/ou intermédiaires étant avantageusement pondérés. Préférentiellement, un coefficient de pondération respectif est associé à chacun des rendements de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$  et/ou des rendements intermédiaires.

**[0044]** Dans le cas où seuls les rendements volumétriques de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$  sont pris en considération, le rendement volumétrique courant  $\eta_{vol}$  courant peut s'exprimer comme suit en fonction de ces quatre rendements volumétriques  $\eta_1$  à  $\eta_4$  :

$$\eta_{vol \text{ courant}} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) + \eta_1 + \eta_4 \right] + \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) \right]$$

T22 Réelle, T22 Réf sup et T22 Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission, Teau Réelle, Teau Réf sup et Teau Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur.

**[0045]** Dans un mode de réalisation préférentielle de l'invention, pour lequel il est utilisé des rendements de référence intermédiaires, ce qui est illustré à la figure 3, le calcul du rendement volumétrique courant s'effectue à partir des quatre points de rendement volumétrique de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$  en trois sous-étapes. La première sous-étape est le calcul d'écarts de température, c'est-à-dire, d'une part, un écart relatif en température d'air de répartiteur d'admission et, d'autre part, un écart relatif en température du fluide de refroidissement.

**[0046]** Dans le tableau montré à la figure 3, en plus des rendements volumétriques de référence  $\eta_1$  à  $\eta_4$ , lors d'une deuxième sous-étape, il est défini des rendements volumétriques intermédiaires  $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$  comme suit :

- $\eta_{12}$  pour un appariement d'une température de fluide de refroidissement réelle Teau réel et d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence supérieure T22 Réf sup,
- $\eta_{13}$  pour un appariement d'une température de fluide de refroidissement de référence inférieure Teau Réf inf et d'une température d'air de répartiteur d'admission réelle T22 réelle,
- $\eta_{24}$  pour un appariement d'une température de fluide de refroidissement de référence supérieure Teau Réf sup et d'une température d'air de répartiteur d'admission réelle T22,
- $\eta_{34}$  pour un appariement d'une température de fluide de refroidissement réelle Teau réelle et d'une température d'air de répartiteur d'admission de référence inférieure T22 Réf inf.

**[0047]** Les rendements volumétriques intermédiaires  $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$  peuvent être calculés selon les formulations énoncées ci-dessous :

$$\eta_{12} = \eta_{\text{Teau réelle} / \text{T22 Réf sup}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1$$

$$\eta_{13} = \eta_{\text{Teau Réf inf} / \text{T22 réelle}} = \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_1 - \eta_3) + \eta_3$$

$$\eta_{24} = \eta_{\text{Teau Réf sup} / \text{T22 réelle}} = \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 - \eta_4) + \eta_4$$

$$\eta_{34} = \eta_{\text{Teau réelle} / \text{T22 Réf sup}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_4 - \eta_3) + \eta_3$$

$\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques intermédiaires,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ ,  $\eta_4$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques de référence, T22 Réelle, T22 Réf sup et T22 Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission, Teau Réelle, Teau Réf sup et Teau Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur.

**[0048]** Le rendement volumétrique courant  $\eta_{\text{vol}} \text{ courant}$  peut être une moyenne pondérée de ces rendements volumétriques intermédiaires :

$$\eta_{\text{vol}} \text{ courant} = \frac{\omega_{12} \times \eta_{12} + \omega_{34} \times \eta_{34} + \omega_{13} \times \eta_{13} + \omega_{24} \times \eta_{24}}{\omega_{12} + \omega_{34} + \omega_{13} + \omega_{24}}$$

**[0049]** Les pondérations  $\omega_{12}$ ,  $\omega_{34}$ ,  $\omega_{24}$  et  $\omega_{13}$  peuvent être définies comme suit:

$$\omega_{12} = 1 - \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) = 1 - \omega_{34}$$

$$\omega_{13} = 1 - \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) = 1 - \omega_{24}$$

**[0050]** On peut aussi en déduire une formulation réduite du rendement volumétrique courant :

$$\eta_{\text{vol}} \text{ courant} = \frac{1}{2} \times \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_{24} - \eta_{13}) + \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_{34} - \eta_{12}) + \eta_{13} + \eta_{12} \right]$$

**[0051]** Le procédé d'estimation d'un rendement volumétrique selon la présente invention peut être adaptable et compatible aux nouvelles technologies présentement ou dans l'avenir en développement en vue de répondre à des futures réglementations, par exemple de nouveaux cycles d'homologations, un abaissement des limites d'émissions, etc.

**[0052]** L'amélioration de la précision pour l'estimation du rendement volumétrique est un gain pour d'autres estimateurs utilisant le rendement volumétrique parmi leurs paramètres, notamment le calcul du débit d'une ligne de recirculation des gaz d'échappement connue sous l'abréviation française de RGE ou l'abréviation anglaise d'EGR, ce qui permet



aussi d'assurer le passage à des normes de pollution plus restrictives. Ainsi, par exemple, un procédé de contrôle de l'admission en air dans un moteur thermique peut inclure un tel procédé d'estimation du rendement volumétrique.

**[0053]** L'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et illustrés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemples.

5

## Revendications

1. Procédé d'estimation du rendement volumétrique ( $\eta_{vol}$  courant) d'un moteur (1) thermique de véhicule automobile en fonction de la température d'air (T22) d'un répartiteur d'admission (4) à l'entrée du moteur (1) et de la température de fluide de refroidissement (Teau) du moteur (1), le procédé présentant les étapes suivantes :

- caractérisation d'un rendement volumétrique ( $\eta$ ) pour chacune des neuf paires obtenues à partir de l'appariement croisé des températures maximale, nominale et minimale d'air de répartiteur d'admission (T22 max, T22 nominale, T22min) et de fluide de refroidissement (Teau max, Teau nominale, Teau min), ces rendements volumétriques ( $\eta$ ) étant déterminés selon une cartographie spécifique fonction du régime et du couple moteur (1),
- mesure ou estimation d'une température dite réelle respectivement pour l'air de répartiteur d'admission (T22 Réelle) et le fluide de refroidissement (Teau Réelle),
- en fonction de ces deux températures réelles (T22 Réelle, Teau Réelle) comparées respectivement aux températures maximale, nominale et minimale d'air de répartiteur d'admission (T22 max, T22 nominale, T22min) et de fluide de refroidissement (Teau max, Teau nominale, Teau min), extraction de quatre paires de température correspondant respectivement à un rendement volumétrique de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ),
- interpolation d'un rendement volumétrique courant ( $\eta_{vol}$  courant) à partir d'une moyenne pondérée fonction des quatre rendements volumétriques de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ) ou de rendements intermédiaires ( $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$ ) calculés en fonction des rendements de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, pour l'air de répartiteur d'admission et le fluide de refroidissement, il est calculé respectivement une température de référence inférieure et supérieure (T22 Réf sup, T22 Réf inf ; Teau Réf sup, Teau Réf inf) et, à partir de ces températures de référence inférieure (T22 Réf inf, Teau Réf inf) et supérieure (T22 Réf sup, Teau Réf sup), il est déterminé un premier rendement volumétrique de référence ( $\eta_1$ ) correspondant à une température d'air de répartiteur de référence supérieure (T22 Réf sup) et à une température de fluide de refroidissement de référence inférieure (Teau Réf inf), un second rendement volumétrique de référence ( $\eta_2$ ) correspondant à une température d'air de répartiteur de référence supérieure (T22 Réf sup) et à une température de fluide de refroidissement de référence supérieure (Teau Réf sup), un troisième rendement volumétrique de référence ( $\eta_3$ ) correspondant à une température d'air de répartiteur de référence inférieure (T22 Réf inf) et à une température de fluide de refroidissement de référence inférieure (Teau Réf inf) et un quatrième rendement volumétrique de référence ( $\eta_4$ ) correspondant à une température d'air de répartiteur de référence inférieure (T22 Réf inf) et à une température de fluide de refroidissement de référence supérieure (Teau Réf sup).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le rendement volumétrique courant ( $\eta_{vol}$  courant) s'exprime comme suit en fonction des quatre rendements volumétriques de référence ( $\eta_1$  à  $\eta_4$ ):

$$\eta_{vol \text{ courant}} = \frac{1}{2} \cdot \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) + \eta_1 + \eta_4 \right] + \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} + \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 + \eta_3 - \eta_1 - \eta_4) \right]$$

$\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ ,  $\eta_4$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques de référence, T22 Réelle, T22 Réf sup et T22 Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission, Teau Réelle, Teau Réf sup et Teau Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur (1).

4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel il est calculé quatre rendements intermédiaires ( $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$ ), le premier rendement intermédiaire ( $\eta_{12}$ ) correspondant à une température de fluide réelle (Teau réelle) et à une température d'air de répartiteur d'admission supérieure (T22 Réf sup), le deuxième rendement intermédiaire ( $\eta_{13}$ ) correspondant à une température de fluide de référence inférieure (Teau Réf inf) et à une température d'air de répartiteur d'admission réelle (T22 réelle), le troisième rendement intermédiaire ( $\eta_{24}$ ) correspondant à une température de fluide de référence supérieure (Teau Réf sup) et une température d'air de répartiteur d'admission de référence réelle (T22 réelle) et le quatrième rendement intermédiaire ( $\eta_{34}$ ) correspondant à une température de fluide réelle (Teau réelle) et une température d'air de répartiteur d'admission de référence inférieure (Teau Réf inf).
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel les rendements intermédiaires ( $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$ ) sont calculés selon les équations suivantes :

$$\eta_{12} = \eta_{\text{Teau réelle} / \text{T22 Réf sup}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1$$

$$\eta_{13} = \eta_{\text{Teau Réf inf} / \text{T22 réelle}} = \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_1 - \eta_3) + \eta_3$$

$$\eta_{24} = \eta_{\text{Teau Réf sup} / \text{T22 réelle}} = \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_2 - \eta_4) + \eta_4$$

$$\eta_{34} = \eta_{\text{Teau réelle} / \text{T22 Réf sup}} = \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_4 - \eta_3) + \eta_3$$

$\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques intermédiaires,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ ,  $\eta_4$  étant respectivement les premier, deuxième, troisième et quatrième rendements volumétriques de référence, T22 Réelle, T22 Réf sup et T22 Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure d'air de répartiteur d'admission, Teau Réelle, Teau Réf sup et Teau Réf inf étant respectivement les températures réelle, de référence supérieure et de référence inférieure de fluide de refroidissement du moteur (1).

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le rendement volumétrique courant ( $\eta_{\text{vol courant}}$ ) s'exprime comme suit:

$$\eta_{\text{vol courant}} = \frac{1}{2} \times \left[ \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) \times (\eta_{24} - \eta_{13}) + \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) \times (\eta_{34} - \eta_{12}) + \eta_{13} + \eta_{12} \right]$$

7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le rendement volumétrique courant ( $\eta_{\text{vol courant}}$ ) est une moyenne pondérée des quatre rendements volumétriques intermédiaires ( $\eta_{12}$ ,  $\eta_{13}$ ,  $\eta_{24}$ ,  $\eta_{34}$ ) :

$$\eta_{\text{vol courant}} = \frac{\omega_{12} \times \eta_{12} + \omega_{34} \times \eta_{34} + \omega_{13} \times \eta_{13} + \omega_{24} \times \eta_{24}}{\omega_{12} + \omega_{34} + \omega_{13} + \omega_{24}}$$

$\omega_{12}$ ,  $\omega_{34}$ ,  $\omega_{24}$  et  $\omega_{13}$  étant des coefficients de pondération définis par :

$$\omega_{12} = 1 - \left( \frac{T_{22 \text{ Réelle}} - T_{22 \text{ Réf inf}}}{T_{22 \text{ Réf sup}} - T_{22 \text{ Réf inf}}} \right) = 1 - \omega_{34}$$

$$\omega_{13} = 1 - \left( \frac{T_{\text{eau Réelle}} - T_{\text{eau Réf inf}}}{T_{\text{eau Réf sup}} - T_{\text{eau Réf inf}}} \right) = 1 - \omega_{24}$$

8. Procédé de contrôle de l'admission en air dans un moteur (1) thermique, lequel comprend un procédé d'estimation du rendement volumétrique ( $\eta_{\text{vol courant}}$ ) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
9. Moteur (1) thermique de véhicule automobile, **caractérisé en ce qu'il** comprend un calculateur comportant des moyens d'acquisition, de traitement et de commande requis pour la mise en oeuvre un procédé d'estimation du rendement volumétrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ou conformément à un procédé de contrôle de l'admission en air selon la revendication 8.
10. Moteur (1) thermique selon la revendication 9, lequel est un moteur (1) Diesel.

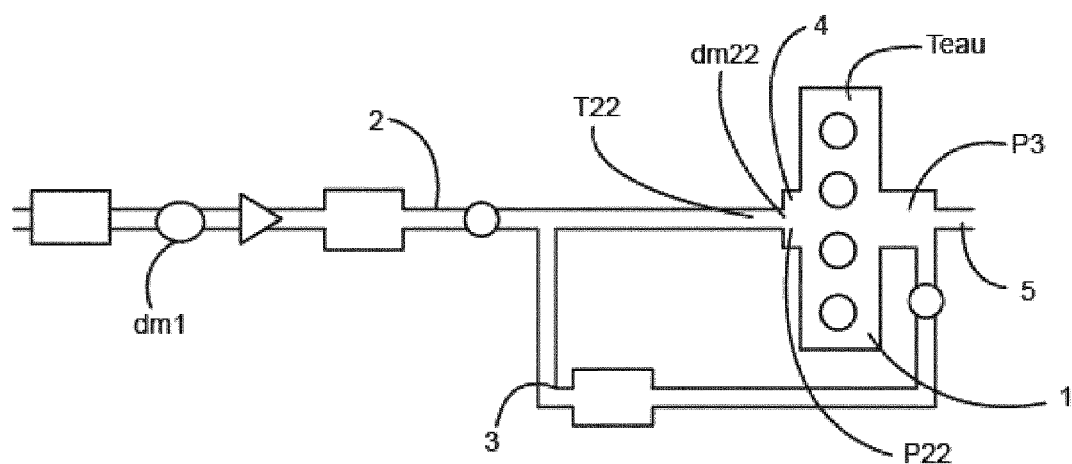


FIG. 1

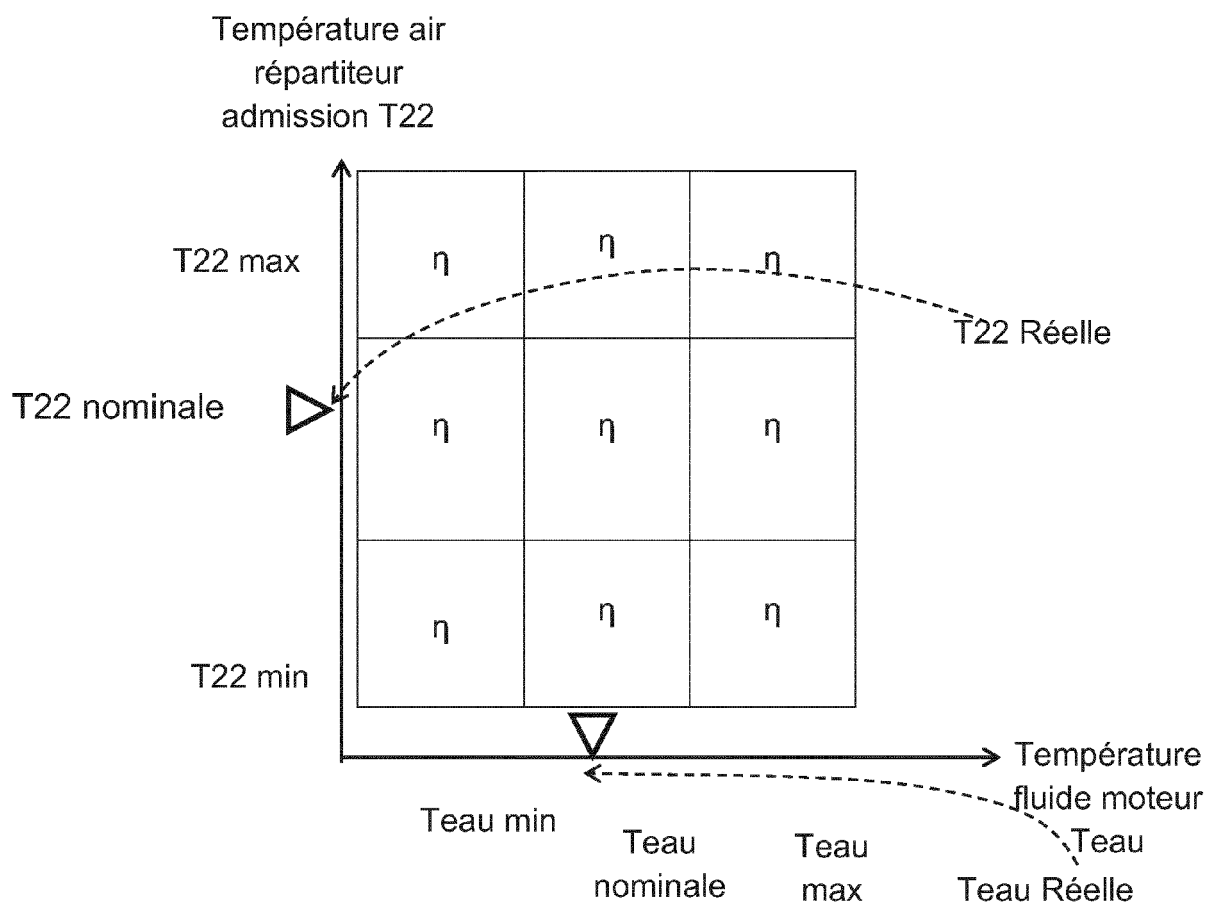


FIG. 2

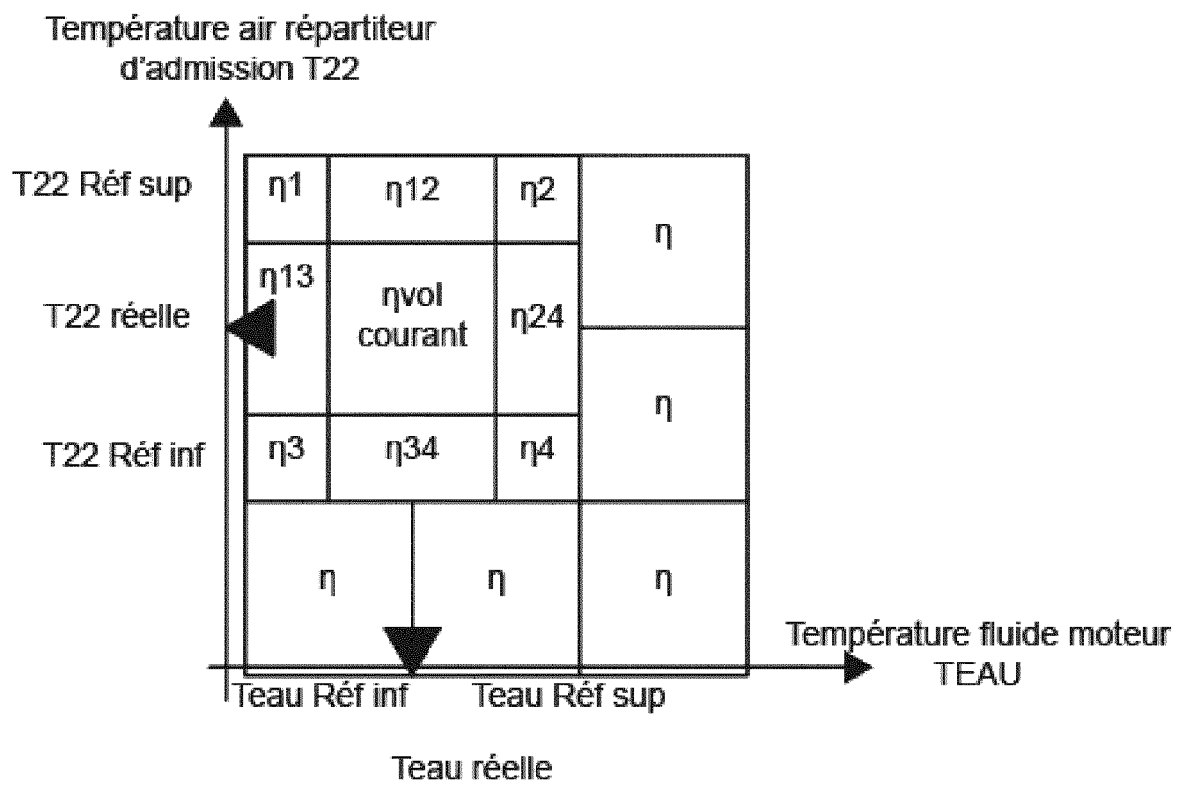


FIG. 3



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 14 19 0462

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	GB 2 276 956 A (FORD MOTOR CO [GB]) 12 octobre 1994 (1994-10-12) * page 6, ligne 1-33 *	1-10	INV. F02D41/24 F02D41/18
A	EP 1 553 388 A2 (HITACHI LTD [JP]) 13 juillet 2005 (2005-07-13) * abrégé; figure 13 * * alinéas [0047], [0048] *	1-10	
A	US 5 520 153 A (MILUNAS RIMAS S [US]) 28 mai 1996 (1996-05-28) * figure 4 * * phrase 33, alinéa 4 - phrase 34, alinéa 6 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F02D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>13 mars 2015</b>	Examineur <b>Röttger, Klaus</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 19 0462

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

13-03-2015

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2276956	A	12-10-1994	DE 4412020 A1	13-10-1994
			GB 2276956 A	12-10-1994
			JP H06317206 A	15-11-1994
			US 5357932 A	25-10-1994
-----				
EP 1553388	A2	13-07-2005	EP 1553388 A2	13-07-2005
			JP 4231419 B2	25-02-2009
			JP 2005194960 A	21-07-2005
			US 2005154526 A1	14-07-2005
-----				
US 5520153	A	28-05-1996	AUCUN	
-----				

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- FR 2916481 A [0012]