

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

①① N° de publication : **3 144 844**

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

②① N° d'enregistrement national : **23 00257**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **F 02 D 41/02 (2023.01), F 02 D 23/02**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UN REMPLISSAGE MAXIMAL ATTEIGNABLE POUR UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE SURALIMENTÉ.

②② Date de dépôt : 11.01.23.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 12.07.24 Bulletin 24/28.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 22.11.24 Bulletin 24/47.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *PSA AUTOMOBILES SA Société  
par actions simplifiée (SAS) — FR.*

⑦② Inventeur(s) : CHASSAGNARD SYLVAIN,  
CHAVANEL FABRICE, BETZ KEVIN et QUIÉ  
PHILIPPE.

⑦③ Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par  
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) :

**FR 3 144 844 - B1**



## Description

### **Titre de l'invention : PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UN REPLISSAGE MAXIMAL ATTEIGNABLE POUR UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE SURALIMENTÉ**

- [0001] La présente invention porte sur un procédé de détermination d'un remplissage maximal atteignable pour un moteur à combustion interne suralimenté. L'invention trouve une application particulièrement avantageuse, mais non exclusive, avec les moteurs à combustion interne à essence suralimentés mettant en œuvre un cycle de combustion de type Miller.
- [0002] L'adoption des normes antipollution a nécessité d'optimiser continuellement le rendement des moteurs thermiques. L'utilisation de la suralimentation couplée à une réduction de la taille des moteurs ("downsizing" selon la terminologie anglo-saxonne) a permis d'effectuer des progrès importants dans ce sens. Afin de continuer à réduire les émissions de particules polluantes dans le cadre des nouvelles réglementations Euro7 européenne, Sulev30 aux Etats-Unis d'Amérique et China7 en Chine, l'adoption du cycle de combustion Miller couplé à une turbine à géométrie variable se généralise.
- [0003] L'adoption du cycle Miller basé sur une fermeture précoce de la soupape d'admission réduit drastiquement le rendement volumétrique (capacité à enfermer une masse d'air dans le cylindre à une pression donnée), ce qui a pour conséquence de demander beaucoup plus de pression de suralimentation et donc de venir mettre le moteur plus proche de ses contraintes thermomécaniques.
- [0004] La [Fig.1] montre une architecture d'un moteur à combustion interne suralimenté comportant un moteur à combustion interne 10 suralimenté par un turbocompresseur 11 comprenant un compresseur d'air 13 et une turbine 14. Le compresseur d'air 13 permet de comprimer l'air d'admission de manière à optimiser le remplissage des cylindres du moteur à combustion interne 10. A cet effet, le compresseur d'air 13 est disposé sur une conduite d'admission 15 en amont du moteur à combustion interne 10. La conduite d'admission 15 comporte également un boîtier d'entrée d'air 16 recevant de l'air depuis l'extérieur (à pression et température ambiante) ainsi qu'un filtre à air 17. La conduite d'admission 15 est reliée à un répartiteur d'admission 18 apte à répartir l'air dans les cylindres du moteur à combustion interne 10.
- [0005] L'écoulement des gaz d'échappement du moteur à combustion interne 10 entraîne en rotation la turbine 14 disposée sur une conduite d'échappement 19 reliée à un collecteur d'échappement 27 faisant converger les gaz d'échappement des cylindres vers la conduit d'échappement 19. La turbine 14 entraîne alors en rotation le compresseur d'air 13 par l'intermédiaire d'un arbre d'accouplement 20.

- [0006] Une vanne de décharge 28 associée à un circuit de décharge 29 permet de gérer la quantité de gaz d'échappement circulant à travers la turbine 14 et par conséquent de réguler la vitesse de rotation de ladite turbine 14. Certaines turbines peuvent ne pas être équipées de ce dispositif et régulent la vitesse de rotation via des ailettes disposées en interne (turbine à géométrie variable).
- [0007] Une vanne de décharge 21 associée à un circuit de décharge 22 permet de sécuriser le compresseur 13 lorsque la pression à ses bornes devient trop importante en renvoyant une partie du débit fourni par le compresseur 13 à l'entrée dudit compresseur 13 via le conduit de décharge 22.
- [0008] De manière à maximiser la densité de l'air, on utilise un échangeur de chaleur 23 dit RAS (pour "Refroidisseur d'Air de Suralimentation") apte à refroidir l'air circulant dans la conduite d'admission 15. L'échangeur 23 est monté en aval du compresseur d'air 13 et en amont d'un doseur d'air 24 permettant de gérer une quantité d'air entrant dans les cylindres.
- [0009] Par ailleurs, un catalyseur 25, notamment un catalyseur de type trois voies, est disposé sur la conduite d'échappement 19. Le catalyseur 25 peut être associé ou non à un filtre à particules.
- [0010] La conduite d'échappement 19 peut également contenir d'autres systèmes de post-traitement non illustrés sur la [Fig.1] tels qu'un réducteur d'ammoniac, un second filtre à particule où un second catalyseur par exemple.
- [0011] La conduite d'échappement 19 comporte également au moins un silencieux 26.1, 26.2. En l'occurrence, on prévoit un silencieux intermédiaire 26.1 et un silencieux final 26.2 afin de respecter les normes sonores des véhicules automobiles.
- [0012] La conduite d'admission 15 et la conduite d'échappement 19 ainsi que les éléments disposés sur ces conduites 15, 19 forment ce que l'on appelle la boucle d'air dans la suite du document.
- [0013] La [Fig.2] illustre la différence entre un cycle de combustion Miller (à gauche) et un cycle de combustion Atkinson (à droite). On indique ci-après la liste des abréviations de la figure:
- V: Volume
  - V<sub>min</sub> : Volume de compression
  - V<sub>h</sub> : Volume de cylindrée
  - p pression
  - P<sub>atm</sub> : Pression atmosphérique
  - BDC : "Bottom Dead Center" ou point mort bas en langue française
  - TDC : "Top Dead Center" ou point mort haut en langue française
  - CA : "Crank Angle" ou angle de vilebrequin en langue française
  - h : levée de soupape

EVO : "Exhaust Valve Opening" ou ouverture de la soupape d'échappement en langue française

EVC : "Exhaust Valve Closing" ou fermeture de la soupape d'échappement en langue française

IVO : "Inlet Valve Opening" ou ouverture de la soupape d'admission en langue française

IVC : "Inlet Valve Closing" ou fermeture de la soupape d'admission en langue française

EIVC : "Early Inlet Valve Closing" ou fermeture précoce de la soupape d'admission en langue française

LIVC : "Late Inlet Valve Closing" ou fermeture tardive d'une soupape d'admission en langue française

LCT: "Load control with throttle" ou contrôle de la charge avec le doseur d'air,

EIVC\_P: Profil de l'EIVC

LIVC\_P : Profil de LIVC

Conv\_P : Profil conventionnel

Ech: Echappement

Adm : Admission.

- [0014] La [Fig.3] illustre l'impact sur le rendement volumétrique du niveau de millerisation. Plus la valeur de la fermeture admission  $F_{adm}$  est faible, plus la soupape se ferme tôt et par conséquent le taux de millerisation est important. Dans ce cas, des iso-lignes se forment à la verticale.
- [0015] Les fermetures des soupapes d'admission  $F_{adm}$  et d'échappement  $F_{ech}$  s'expriment en degrés vilebrequin après le point mort bas.
- [0016] L'entité inventive a développé un procédé d'optimisation de la performance stabilisée en conditions extrêmes des moteurs thermiques 10 à essence équipés d'un système de combustion Miller. La performance "stabilisée" est considérée lorsqu'une valeur courante d'un remplissage en air des cylindres est proche ou égale à une valeur de consigne d'un remplissage en air des cylindres. Les conditions extrêmes correspondent à une altitude élevée à laquelle la densité de l'air et le remplissage des cylindres diminuent et/ou à une température élevée.
- [0017] La [Fig.4] illustre sous forme de schéma-bloc la définition du critère d'activation d'un réglage spécifique des arbres à cames permettant de fermer les soupapes d'admission plus tard que dans le cadre d'un fonctionnement classique de type Miller. Par "réglage des arbres à cames", on entend un réglage des déphaseurs des arbres à cames d'admission et d'échappement. Les différents blocs sont mis en œuvre par un calculateur 30 du véhicule automobile. Le bloc (1) permet de calculer le remplissage de consigne (c) en sélectionnant le minimum entre le remplissage de consigne avant sa-

turation (a) et le remplissage maximal sous contrainte d'auto-inflammation de la combustion (b). Le remplissage de consigne avant saturation (a) est un remplissage d'air de consigne des cylindres sans prendre en compte des contraintes (ou des limites) de la boucle d'air liées à un régime maximal du turbocompresseur 11, une température maximale en sortie du compresseur, et un effet de pompage du compresseur 13, ni les contraintes liées à une température des gaz d'échappement ou des contraintes liées à une stabilité de combustion.

- [0018] Le remplissage maximal sous contrainte d'auto-inflammation de la combustion (b) tient compte de contraintes liées à un phénomène de cliquetis suivant lequel on observe une combustion non contrôlée des gaz dans la chambre d'un cylindre après l'étincelle ou le phénomène de "rumble" (grondement en français) suivant lequel on observe une combustion non contrôlée des gaz dans la chambre d'un cylindre avant l'étincelle.
- [0019] Le bloc (2) vérifie que le remplissage de consigne (c) est supérieur au remplissage maximal que peut faire le moteur thermique 10 avec les réglages initiaux des arbres à cames en tenant compte de limites de la boucle d'air (d) et renvoi une valeur booléenne (e), par exemple 1, si la vérification est vraie. Le bloc (3) est un bloc logique "ET" qui vérifie que toutes les conditions d'entrée (e), (f) et (g) sont bien remplies et renvoi la valeur booléenne 1 ( $\beta$ ) dans ce cas.
- [0020] L'entrée (f) vérifie qu'une optimisation transitoire n'est pas déjà activée afin d'éviter une double activation de réglages des arbres à cames. L'optimisation transitoire correspond à un réglage des arbres à cames mis en œuvre lorsque la valeur courante de remplissage en air des cylindres tend vers une valeur cible éloignée de la valeur courante.
- [0021] L'entrée (g) est une vérification préalable que toutes les conditions génériques sont remplies, à savoir que la température de liquide de refroidissement du moteur à combustion interne est supérieure à une température seuil par exemple de l'ordre de 90 degrés Celsius ou se trouve dans une plage de température prédéterminée, et/ou que le régime moteur se trouve dans une plage de régime prédéterminée.
- [0022] L'invention propose un procédé de calcul du remplissage maximal que peut faire le moteur avec les réglages initiaux des arbres à cames en tenant compte des limites de la boucle d'air.
- [0023] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de détermination d'un remplissage maximal atteignable pour un moteur à combustion interne suralimenté comportant une boucle d'air ayant au moins un compresseur d'air et un répartiteur d'admission comportant: - une étape d'estimation ou de mesure d'une température d'air dans le répartiteur d'admission, et  
- une étape d'estimation ou de mesure d'une température d'air en amont du compresseur d'air,

- une étape de détermination d'un remplissage maximal de base dépendant d'un ratio entre la température d'air dans le répartiteur d'admission et la température d'air en amont du compresseur d'air,
- une étape de détermination d'un premier facteur de correction dépendant de la température d'air en amont du compresseur d'air,
- une étape de détermination d'un deuxième facteur de correction dépendant d'une altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne, et
- une étape de calcul du remplissage maximal sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base, du premier facteur de correction, et du deuxième facteur de correction.

- [0024] Selon une mise en œuvre de l'invention, le calcul du remplissage maximal sous contraintes de la boucle d'air est effectué pour différents réglages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne.
- [0025] Selon une mise en œuvre de l'invention, ledit procédé comporte une étape de définition d'un réglage de déphaseurs d'arbres à cames appliqué en pleine charge du moteur à combustion interne.
- [0026] Selon une mise en œuvre de l'invention, ledit procédé comporte en outre une étape de détermination d'un troisième facteur de correction dépendant de phasages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne.
- [0027] L'invention a également pour objet un calculateur de contrôle d'un moteur à combustion interne apte à déterminer un remplissage maximal atteignable pour un moteur à combustion interne suralimenté comportant une boucle d'air ayant au moins un compresseur d'air et un répartiteur d'admission, ledit calculateur étant configuré pour déterminer un remplissage maximal de base dépendant d'un ratio entre la température d'air dans le répartiteur d'admission et la température d'air en amont du compresseur d'air,
- pour déterminer un premier facteur de correction dépendant d'une température d'air en amont du compresseur d'air,
  - pour déterminer un deuxième facteur de correction dépendant d'une altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne, et
  - pour calculer le remplissage maximal sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base, du premier facteur de correction, et du deuxième facteur de correction.
- [0028] Selon une réalisation de l'invention, ledit calculateur est configuré pour effectuer un calcul du remplissage maximal sous contraintes de la boucle d'air est effectué pour différents réglages de déphaseurs d'arbre à cames du moteur à combustion interne.
- [0029] Selon une réalisation de l'invention, ledit calculateur est configuré pour définir un réglage de déphaseurs d'arbres à cames appliqué en pleine charge du moteur à

combustion interne.

- [0030] Selon une réalisation de l'invention, ledit calculateur est configuré pour déterminer un troisième facteur de correction dépendant de phasages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne.
- [0031] L'invention concerne en outre un véhicule automobile comportant un calculateur tel que précédemment défini.
- [0032] Selon une réalisation de l'invention, le véhicule automobile comporte un moteur à combustion interne à essence suralimenté.
- [0033] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.
- [0034] [Fig.1], déjà décrite, montre une architecture d'un moteur à combustion interne suralimenté mettant en œuvre le procédé selon la présente invention;
- [0035] [Fig.2], déjà décrite, illustre des cycles de combustion de type Miller (à gauche) et Atkinson (à droite);
- [0036] [Fig.3], déjà décrite, illustre l'influence d'un taux de "millerisation" sur le rendement volumétrique du moteur à combustion interne;
- [0037] [Fig.4], déjà décrite, illustre des blocs fonctionnels permettant d'activer un réglage spécifique d'arbres à cames en régime stabilité et conditions extrêmes;
- [0038] [Fig.5] illustre des blocs fonctionnels permettant de calculer, suivant le procédé selon l'invention, un remplissage maximal des cylindres que peut faire le moteur thermique avec des réglages initiaux d'arbres à cames en tenant compte des limites de la boucle d'air;
- [0039] [Fig.6] illustre le résultat de la modélisation selon l'invention et sa précision comparativement à une série de simulations;
- [0040] [Fig.7] illustre une erreur d'estimation du remplissage maximal en fonction du point de fonctionnement courant;
- [0041] [Fig.8] illustre une mise en œuvre de l'invention pour prédire un couple maximal du moteur thermique;
- [0042] [Fig.9] illustre une variante de mise en œuvre du procédé selon la présente invention.
- [0043] La [Fig.5] illustre des blocs fonctionnels permettant de calculer, suivant le procédé selon l'invention, un remplissage maximal des cylindres que peut faire le moteur thermique 10 avec des réglages initiaux d'arbres à cames en tenant compte des limites de la boucle d'air.
- [0044] Le bloc (1') permet de définir le remplissage maximal de base (a') dépendant du ratio entre la température d'air Trep dans le répartiteur d'admission 18 et la température d'air Tcomp en amont du compresseur d'air 13. Les températures Trep et Tcomp peuvent être mesurées au moyen d'un capteur dédié. Alternativement, températures

Trep et Tcomp peuvent être estimées au moyen d'une mesure de la pression atmosphérique et d'un modèle de la boucle d'air.

- [0045] Ce bloc (1') prend en compte l'impact de la température d'air Trep dans le répartiteur d'admission 18 sur le rendement volumétrique du moteur thermique 10 et l'impact de la température Tcomp en amont du compresseur d'air 13 sur les contraintes du compresseur d'air 13 (pompage, température maximal).
- [0046] Le bloc (2') permet de définir un facteur de correction (b') afin de prendre en compte l'impact de la température d'air Tcomp en amont du compresseur d'air 13 seule.
- [0047] Le bloc (3') permet de définir un second facteur de correction (c') afin de prendre en compte l'altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne 10.
- [0048] Le bloc (4') effectue le calcul du remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base (a'), du premier facteur de correction (b'), et du deuxième facteur de correction (c'). A cet effet, le remplissage maximal de base (a') est multiplié par le premier facteur de correction (b') compris entre 0 et 1 et par le deuxième facteur de correction (c') compris entre 0 et 1. Les blocs fonctionnels (1'), (2'), (3'), et (4') sont mis en œuvre de façon logicielle par un calculateur 30 de contrôle du moteur à combustion interne 10 (cf. [Fig.1]). Le calculateur 30 est apte à piloter le moteur à combustion interne 10 ainsi que les différents composants de l'architecture correspondante.
- [0049] La [Fig.6] illustre le résultat de la modélisation selon l'invention comparativement à une série de simulations dont le numéro allant de 1 à 90 est indiqué en abscisse. Le graphe supérieur illustre le remplissage brut Remp en fonction du régime moteur Wmth et de la température ambiante, de la température d'air Trep dans le répartiteur d'admission 18 et de l'altitude. Le remplissage brut Remp est égal au ratio entre une masse d'air enfermée dans le cylindre par rapport à une masse d'air théorique enfermée dans le cylindre sans suralimentation. Les flèches F1 représentent l'impact de la température du répartiteur d'admission 18. La flèche F2 représente l'impact de l'altitude.
- [0050] Les étoiles correspondent aux données de mesure servant de points de repère. Les croix correspondent aux résultats de la modélisation selon l'invention. Le graphe inférieur représente l'erreur E relative du remplissage entre le modèle et la mesure. Ce graphique met en évidence que la précision du modèle selon l'invention est majoritairement dans les +/-5%. Seuls quelques points sont moins précis mais correspondent à des situations de vie pour lesquelles la mesure n'est pas robuste.
- [0051] L'invention peut être mise en œuvre avec un unique réglage de déphaseurs d'arbres à cames ou peut être déclinée pour chaque réglage d'arbres à cames dont dispose le moteur thermique 10.
- [0052] L'invention peut également être mise en œuvre pour prédire le remplissage maximal en pleine charge utilisé pour alimenter un modèle de couple stabilisé pleine charge qui

sera ensuite utilisé dans la régulation des systèmes d'aide à la conduite de type ESP (pour "Electronic Stability Program" selon la terminologie anglo-saxonne ou "Programme de stabilité électronique" en français) et de potentiels systèmes hybrides. En effet, initialement l'estimation du couple maximal était basée sur les grandeurs courantes et par conséquent très peu robustes quand le moteur thermique 10 est sur un remplissage faible. Pour ce faire, la structure précédemment illustrée sur la [Fig.5] a été dupliquée pour différents réglages de déphaseurs d'arbres à cames. Une sélection est ensuite effectuée en fonction du réglage qui sera appliqué en pleine charge.

- [0053] La [Fig.7] illustre l'erreur de l'estimation du remplissage maximal en fonction du point de fonctionnement courant du moteur thermique 10 (régime  $W_{mth}$  / remplissage  $R_{emp}$ ). Sur toute la zone à faible remplissage et bas régime (au niveau du rond blanc R) on observe une erreur très importante. En effet, sur le graphique, plus la couleur est foncée, plus l'erreur est importante.
- [0054] La [Fig.8] illustre une seconde utilisation du modèle empirique de l'invention. Plus précisément, le bloc B1 est dédié à un réglage de déphaseur d'arbre à cames et le bloc B2 à un autre réglage de déphaseur d'arbre à cames. Les données (a'1)-(a'2), (b'1)-(b'2) et (c'1)-(c'2) sont respectivement identiques aux données (a'), (b') et (c') de la [Fig.5]. (e1) correspond au remplissage maximal des cylindres pouvant être obtenu pour les réglages d'arbres à cames actuels. (e2) correspond au remplissage maximal des cylindres pouvant être obtenu pour les réglages d'arbres à cames qui optimisent les performances en régime stabilisé. Le bloc (f') permet de définir quel réglage doit être appliqué en pleine charge et permet ainsi de faire la sélection entre les blocs B1 et B2 via le bloc de sélection (g).
- [0055] Les mises en œuvre de l'invention présentées ci-dessus sont dépendantes des réglages des déphaseurs d'arbres à cames en pleine charge. Tant que les réglages sont connus et qu'ils ne peuvent pas changer, ces mises en œuvre sont suffisantes. Cependant, si les réglages peuvent changer en fonction de conditions externes, les mises en œuvre précédentes sont limitées en précision. Afin de remédier à cela, une variante consiste à incorporer une dépendance aux phasages des déphaseurs en plus dans la modélisation selon l'invention, tel que cela est illustré sur la [Fig.9].
- [0056] Plus précisément, le bloc (1') permet de définir le remplissage maximal de base (a') dépendant du ratio entre la température d'air  $T_{rep}$  dans le répartiteur d'admission 18 et la température d'air  $T_{comp}$  en amont du compresseur d'air 13. Ce bloc (1') tient compte de l'impact de la température d'air  $T_{rep}$  dans le répartiteur d'admission 18 sur le rendement volumétrique du moteur thermique 10 et de l'impact de la température d'air  $T_{comp}$  en amont du compresseur d'air 13 sur les contraintes du compresseur d'air 13 (pompage, température maximal).
- [0057] Le bloc (2') permet de définir un premier facteur de correction (b') afin de prendre en

compte l'impact de la température d'air  $T_{comp}$  en amont du compresseur d'air 13 seule.

- [0058] Le bloc (3') permet de définir un second facteur de correction (c') afin de tenir compte de l'altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne 10.
- [0059] Le bloc (5') établit un troisième facteur de correction (e') dépendant de phasages des déphaseurs d'arbres à cames d'admission et d'échappement.
- [0060] Le bloc (4') effectue le calcul du remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base (a'), du premier facteur de correction (b'), du deuxième facteur de correction (c'), et du troisième facteur de correction (e').
- [0061] D'autres variantes résultantes de la combinaison des différents modes de réalisation précédentes variantes peuvent être mises en œuvre.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détermination d'un remplissage maximal atteignable pour un moteur à combustion interne (10) suralimenté comportant une boucle d'air ayant au moins un compresseur d'air (13) et un répartiteur d'admission (18), caractérisé en ce que ledit procédé comporte:
- une étape d'estimation ou de mesure d'une température d'air ( $T_{rep}$ ) dans le répartiteur d'admission (18), et
  - une étape d'estimation ou de mesure d'une température d'air ( $T_{comp}$ ) en amont du compresseur d'air (13),
  - une étape de détermination d'un remplissage maximal de base (a') dépendant d'un ratio entre la température d'air ( $T_{rep}$ ) dans le répartiteur d'admission (18) et la température d'air ( $T_{comp}$ ) en amont du compresseur d'air (13),
  - une étape de détermination d'un premier facteur de correction (b') dépendant de la température d'air ( $T_{comp}$ ) en amont du compresseur d'air (13),
  - une étape de détermination d'un deuxième facteur de correction (c') dépendant d'une altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne (10), et
  - une étape de calcul du remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base (a'), du premier facteur de correction (b'), et du deuxième facteur de correction (c').
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le calcul du remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air est effectué pour différents réglages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de définition d'un réglage de déphaseurs d'arbres à cames appliqué en pleine charge du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de détermination d'un troisième facteur de correction (e') dépendant de phasages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 5] Calculateur (30) de contrôle d'un moteur à combustion interne (10) apte à déterminer un remplissage maximal atteignable pour un moteur à combustion interne (10) suralimenté comportant une boucle d'air ayant

au moins un compresseur d'air (13) et un répartiteur d'admission (18), caractérisé en ce que ledit calculateur (30) est configuré pour déterminer un remplissage maximal de base (a) dépendant d'un ratio entre la température d'air ( $T_{rep}$ ) dans le répartiteur d'admission (18) et la température d'air ( $T_{comp}$ ) en amont du compresseur d'air (13),

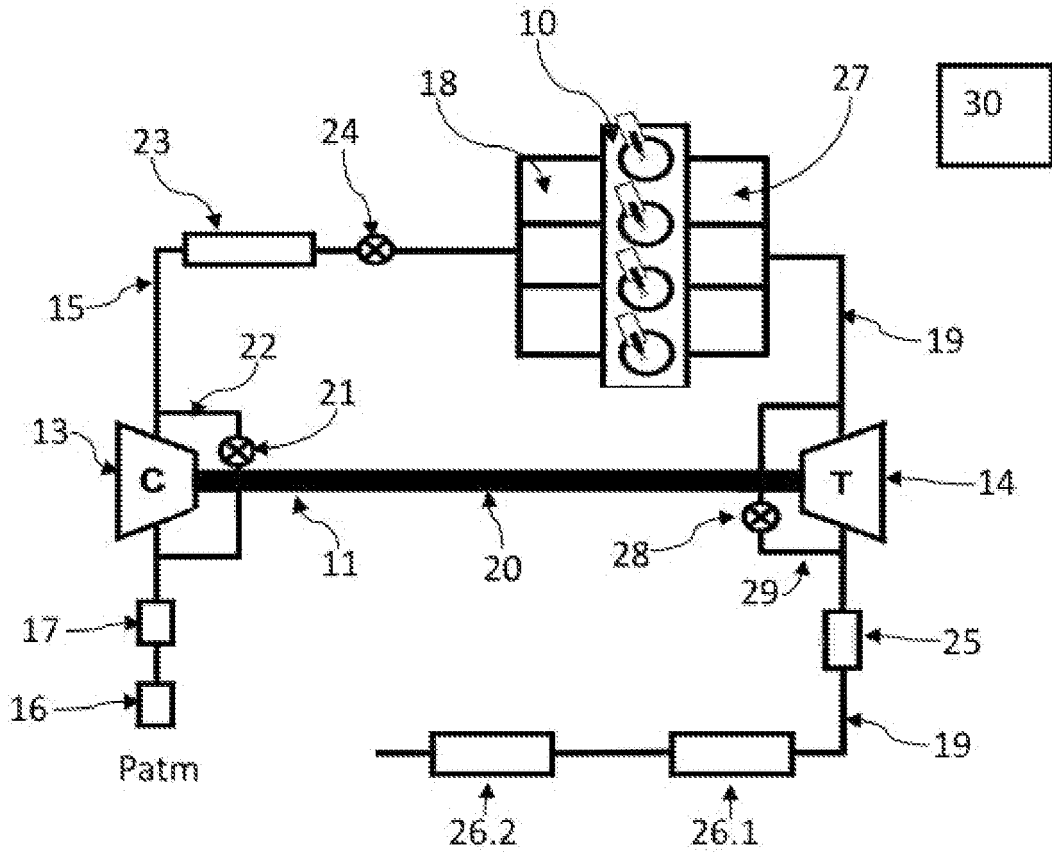
- pour déterminer un premier facteur de correction (b') dépendant d'une température d'air ( $T_{comp}$ ) en amont du compresseur d'air (13),
- pour déterminer un deuxième facteur de correction (c') dépendant d'une altitude à laquelle se trouve le moteur à combustion interne (10),

et

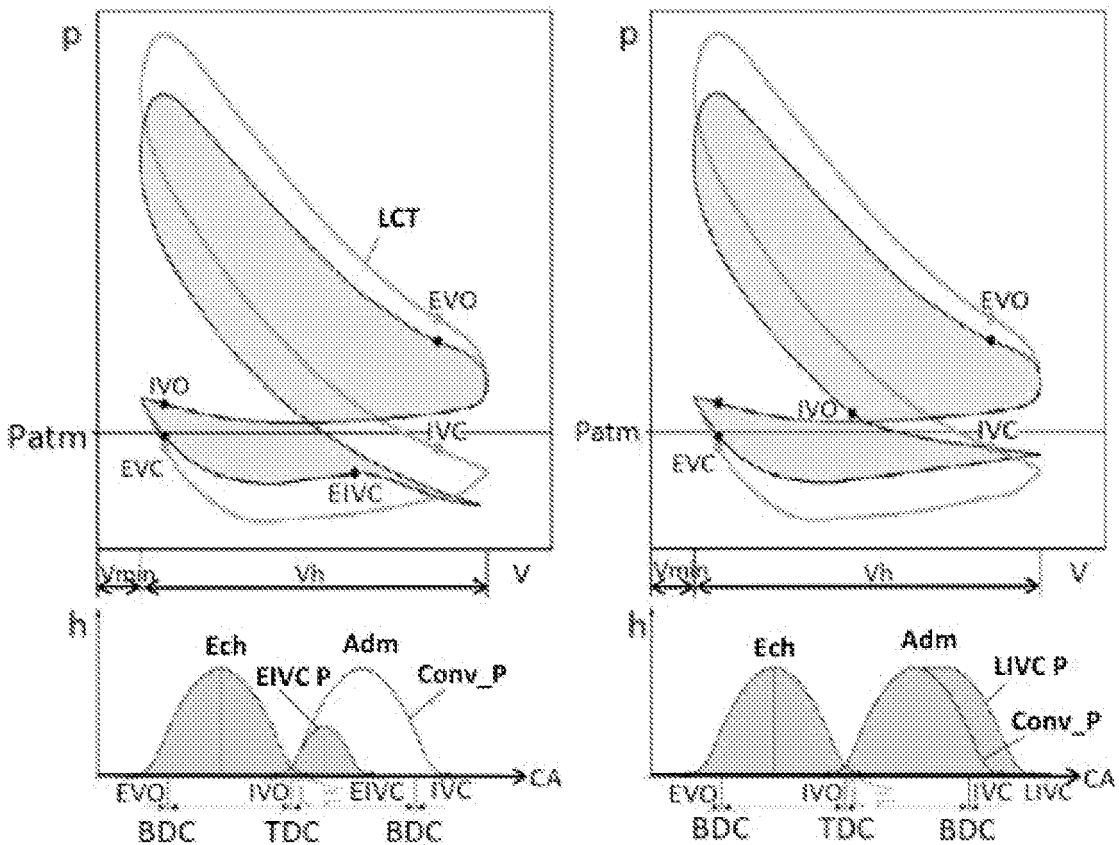
- pour calculer le remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air en fonction du remplissage maximal de base (a'), du premier facteur de correction (b'), et du deuxième facteur de correction (c').

- [Revendication 6] Calculateur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il est configuré pour effectuer un calcul du remplissage maximal (d') sous contraintes de la boucle d'air est effectué pour différents réglages de déphaseurs d'arbre à cames du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 7] Calculateur selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il est configuré pour définir un réglage de déphaseurs d'arbres à cames appliqué en pleine charge du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 8] Calculateur selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il est configuré pour déterminer un troisième facteur de correction (e') dépendant de phasages de déphaseurs d'arbres à cames du moteur à combustion interne (10).
- [Revendication 9] Véhicule automobile comportant un calculateur (30) selon l'une quelconque des revendications 5 à 8.
- [Revendication 10] Véhicule automobile selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un moteur (10) à combustion interne à essence suralimenté.

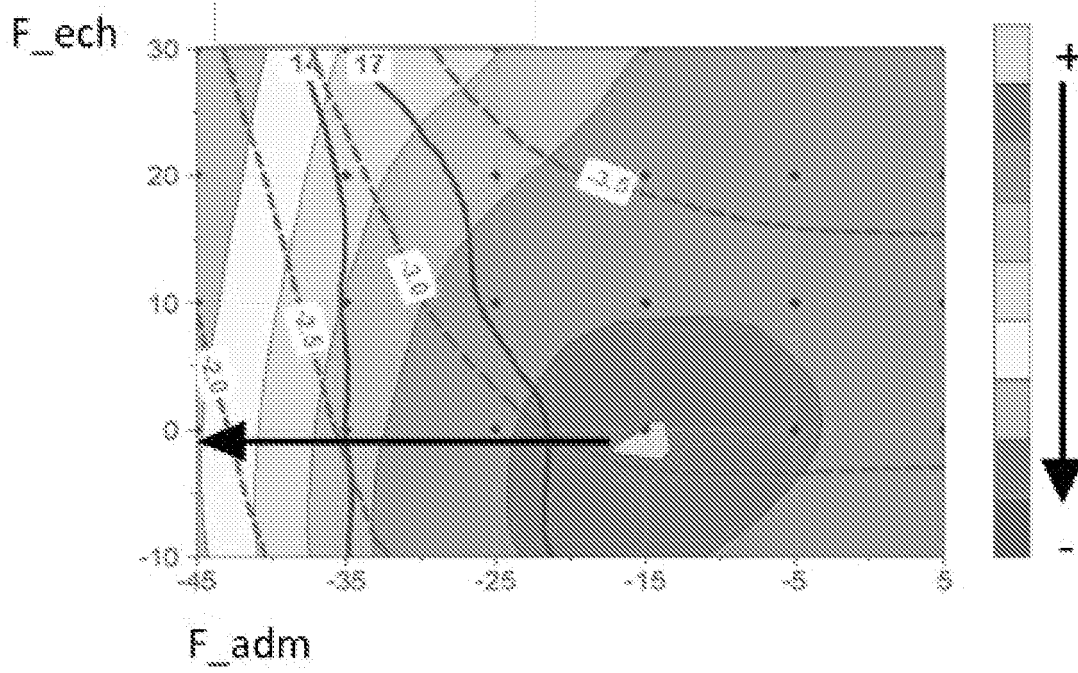
[Fig. 1]



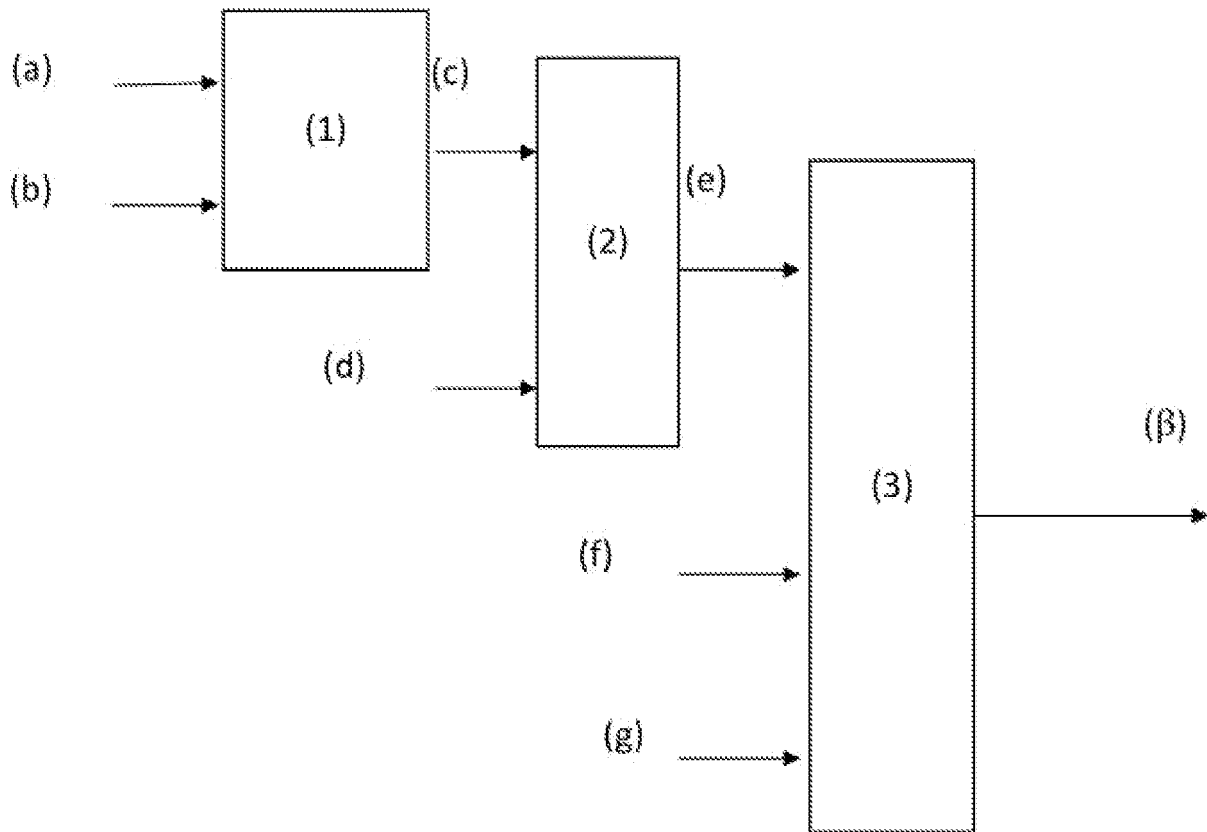
[Fig. 2]



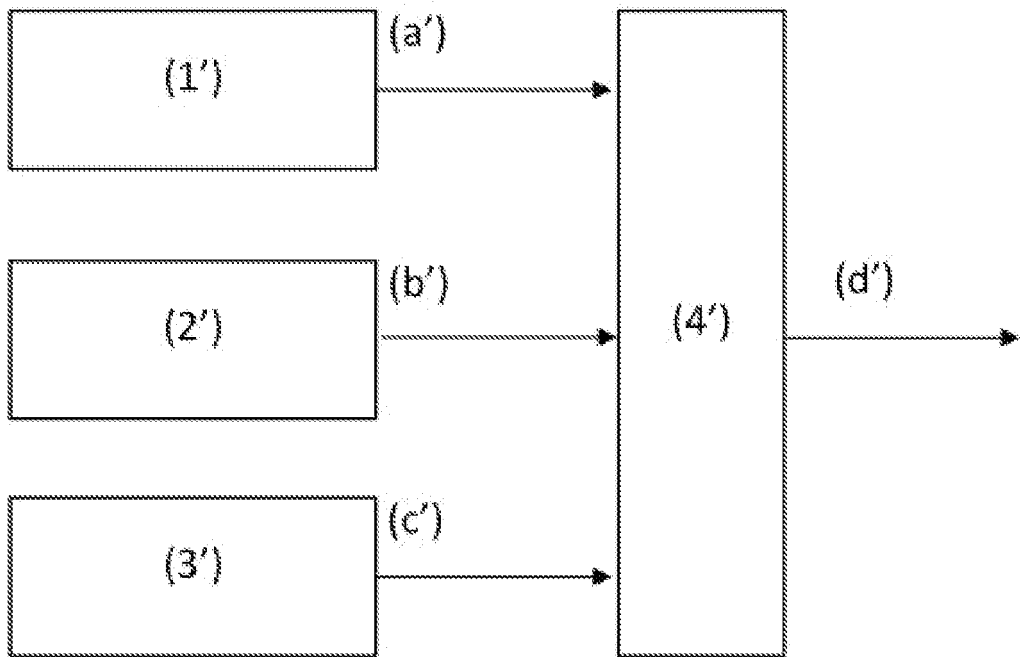
[Fig. 3]



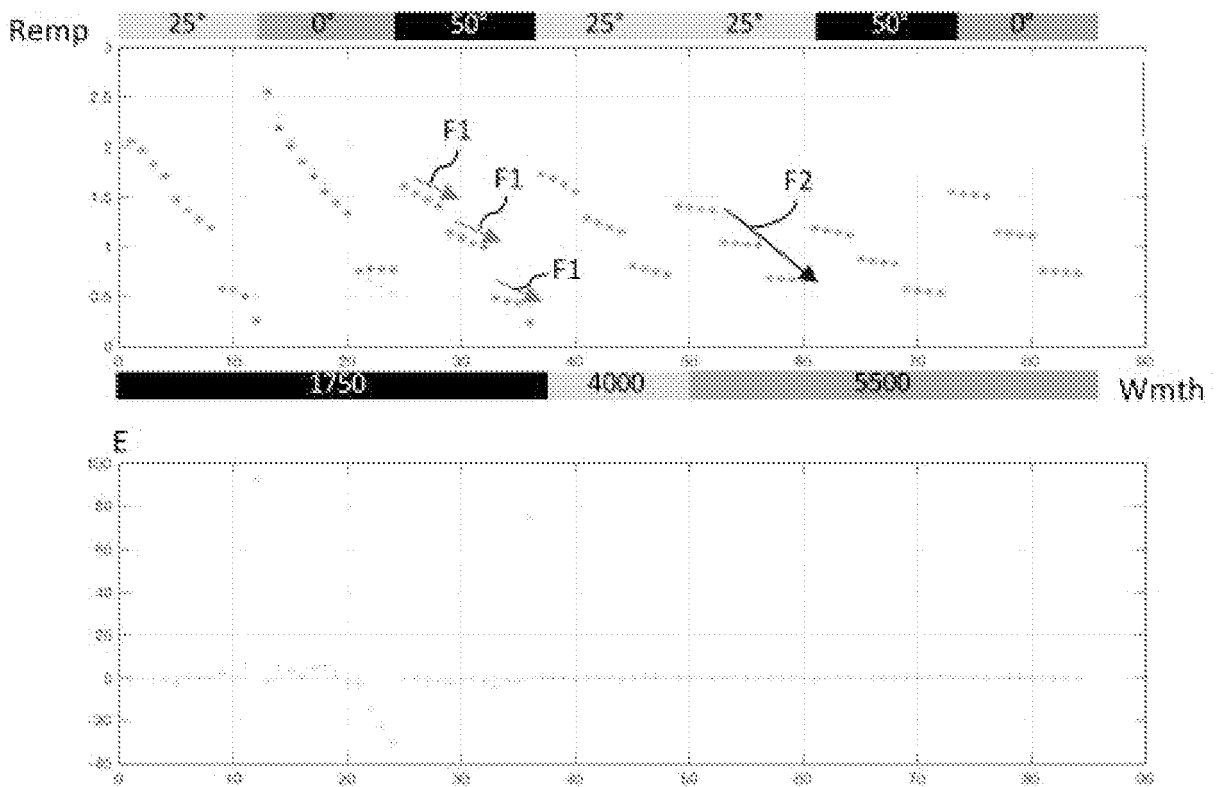
[Fig. 4]



[Fig. 5]

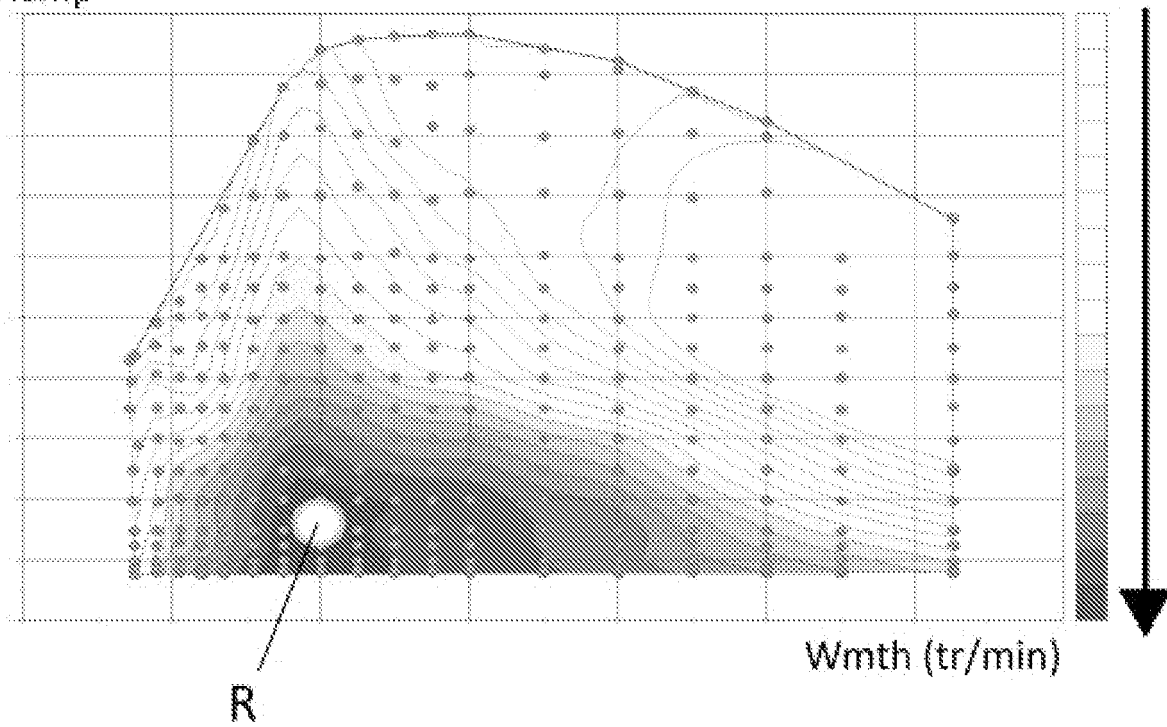


[Fig. 6]

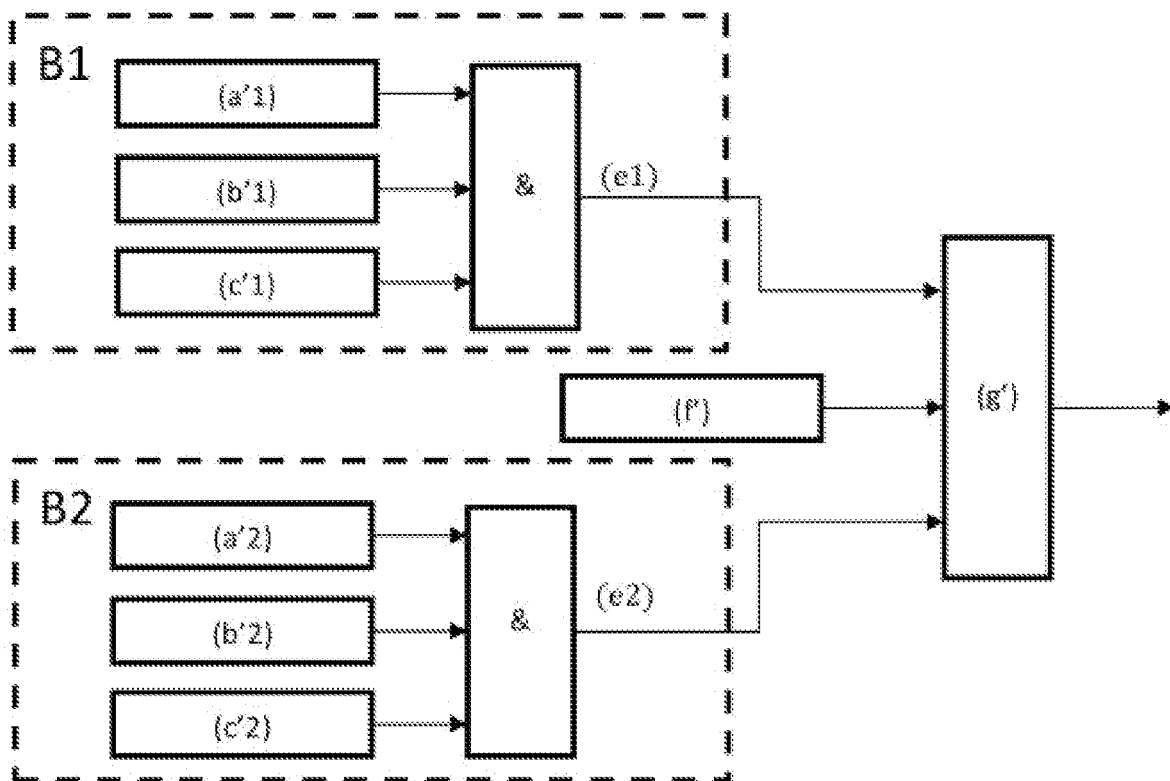


[Fig. 7]

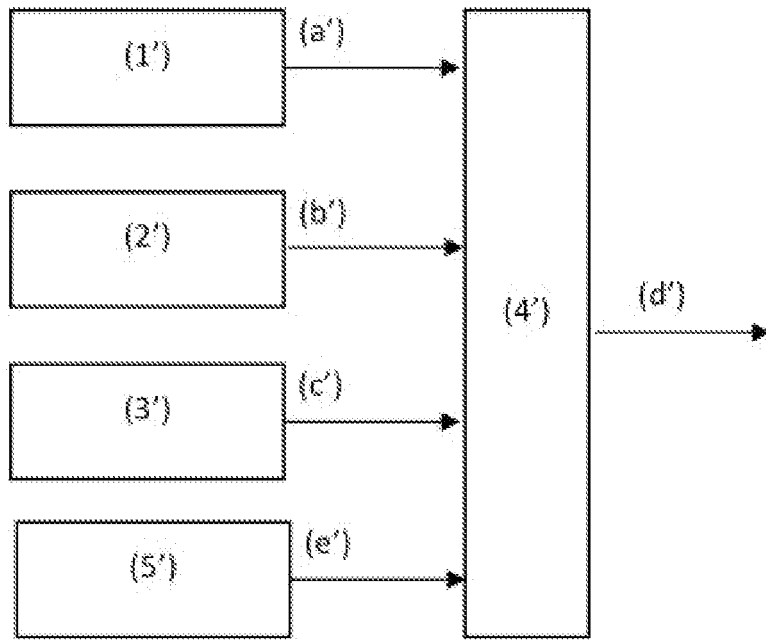
Remp



[Fig. 8]



[Fig. 9]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

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

US 2014/200791 A1 (SAITO TOSHIKATSU ET AL)  
17 juillet 2014 (2014-07-17)

DE 102 42 234 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG)  
25 mars 2004 (2004-03-25)

DE 10 2018 207708 A1 (ROBERT BOSCH GMBH)  
27 février 2020 (2020-02-27)

WO 2017/121939 A1 (PEUGEOT CITROEN  
AUTOMOBILES SA)  
20 juillet 2017 (2017-07-20)

EP 0 026 642 A2 (FORD MOTOR COMPANY LTD ET  
AL.) 8 avril 1981 (1981-04-08)

EP 0 674 101 A2 (GENERAL MOTORS  
CORPORATION)  
27 septembre 1995 (1995-09-27)

WO 2015/107198 A1 (FEV GMBH; HYUNDAI  
KEFICO CORPORATION; HYUNDAI AUTRON CO,  
LTD) 23 juillet 2015 (2015-07-23)

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

NEANT