

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

①1 N° de publication : **3 135 045**

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

②1 N° d'enregistrement national : **22 03956**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 60 W 20/15 (2022.01)**, B 60 W 20/16, B 60 W 20/
17, B 60 W 10/04, B 60 K 6/24, B 60 K 6/26, B 60 K 6/36

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé et système de commande d'un groupe motopropulseur hybride basé sur des gradients de couple.

②2 Date de dépôt : 27.04.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.11.23 Bulletin 23/44.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 12.04.24 Bulletin 24/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *RENAULT s.a.s Société par actions
simplifiée (SAS) —FR et NISSAN MOTOR Co. Ltd
Société de droit japonais — JP.*

⑦2 Inventeur(s) : LEFEVRE Aurélien.

⑦3 Titulaire(s) : Renault s.a.s. Société par Actions
Simplifiées, NISSAN MOTOR Co. Ltd Société de droit
japonais.

⑦4 Mandataire(s) : Casalunga.

FR 3 135 045 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé et système de commande d'un groupe motopropulseur hybride basé sur des gradients de couple

Domaine technique

- [0001] L'invention a pour domaine technique la commande des groupes motopropulseurs hybrides.
- [0002] Un véhicule automobile hybride est généralement équipé d'un moteur thermique et d'un ou plusieurs moteurs électriques. Un tel véhicule automobile hybride, comme les autres véhicules automobiles, doit pouvoir respecter la norme liée à la dépollution dans chacun des pays dans lequel le véhicule est commercialisé, et permettre d'avoir un grain de prestation ainsi qu'un gain de consommation de carburant.
- [0003] Les véhicules automobiles hybrides peuvent être munis de différents groupes motopropulseurs. On connaît notamment les groupes motopropulseurs dits d'hybridation douce (« mild hybrid » en langue anglaise), dans lesquels le moteur thermique est associé à une machine électrique pouvant fonctionner en tant que moteur ou en tant que générateur. L'arbre moteur primaire est lié au vilebrequin du moteur thermique, par exemple par des moyens élastiques de type courroie. L'arbre moteur primaire est associé à une boîte de vitesses de sorte à offrir une pluralité de rapports de transmission possibles entre la vitesse de rotation du moteur et la vitesse de rotation de l'arbre moteur primaire. La machine électrique est alors couplée au moteur thermique et son rapport d'entraînement avec les roues ne peut pas varier indépendamment de celui du moteur thermique.
- [0004] On connaît aussi des groupes motopropulseurs dans lesquels les rapports de démultiplication sont indépendants pour le moteur et pour la machine électrique. Par exemple le document FR-A1-3022495 divulgue un arrangement avec un moteur thermique et au moins une première machine électrique montée en bout d'arbre.
- [0005] Indépendamment de l'hybridation du groupe motopropulseur du véhicule, il est nécessaire de disposer d'un procédé de commande permettant de gérer la répartition de puissance motrice du véhicule entre les différents organes de traction. En d'autres termes, la requête de couple du conducteur est répartie entre le moteur thermique et la/ les machine(s) électrique(s), compte tenu des rapports de transmission respectifs et des contraintes pouvant exister. Ces contraintes sont notamment les suivantes :
- [0006] • Prise en compte de la « volonté conducteur » à travers l'enfoncement de la pédale d'accélérateur
 - [0007] • Dépollution
 - [0008] • Confort thermique (chauffage de l'habitacle)

- [0009] • Gestion des bruits et chocs NVH (acronyme anglophone pour « Noise vibration and hardness »)
- [0010] Ce procédé de commande comprend une série d'étapes également appelées par la suite « Loi de gestion d'énergie » fonctionnant en deux phases, la première étant la définition du champ d'optimisation en fonction des contraintes citées précédemment et la deuxième étant l'optimisation énergétique liée à la consommation globale du groupe motopropulseur.
- [0011] Le champ d'optimisation consiste à définir des plages de couples possibles pour le moteur thermique et pour la ou les machines électriques. Les exemples suivants illustrent le champ d'optimisation pour différentes contraintes.
- [0012] • Pour des contraintes de dépollution, en cas de fonctionnement à froid nécessitant de chauffer rapidement un catalyseur de dépollution, on peut imposer une fenêtre de couples élevés au moteur thermique permettant d'augmenter les pertes thermiques.
- [0013] • Pour des contraintes de vibration, on peut imposer de limiter les rapports de boîte de vitesses et de limiter le couple du moteur thermique à une plage prédéterminée en fonction de la vitesse de rotation.
- [0014] • Pour des contraintes de chauffage de l'habitacle, on peut imposer au moteur thermique un couple minimal à réaliser afin d'obtenir une augmentation rapide de la température du liquide de refroidissement et par suite d'augmenter la température de chauffage de l'habitacle.
- [0015] Ce champ d'optimisation n'étant généralement pas réduit à un unique choix de couples pour chaque source motrice, la loi de gestion d'énergie peut alors définir le point de fonctionnement / la répartition optimale de couple ou de puissance entre les organes de traction pour optimiser la consommation globale du groupe motopropulseur en fonction de l'énergie présente dans la batterie et de la demande de couple à la roue du conducteur.
- [0016] Le champ d'optimisation étant généralement ouvert, suivant le type d'optimisation présent dans la loi de gestion d'énergie, le point de fonctionnement optimal peut évoluer très rapidement en fonction des paramètres physiques et des représentations énergétiques des organes de traction.
- [0017] On prend l'exemple d'un modèle linéaire de consommation d'un moteur thermique de type
- [0018] $Cons_{ENG(T_{ENG})} = A_ENG * T_ENG + B_ENG$ (Eq.1)
- [0019] Avec :
- [0020] A_ENG et B_ENG : des coefficients dépendants de la vitesse de rotation du moteur thermique et
- [0021] T_ENG : le couple requis en sortie du moteur thermique.

- [0022] On prend également l'exemple d'un modèle polynomial d'ordre deux de consommation d'un moteur électrique de type
- [0023] $Cons_{ME(T_{ME})} = A_ENG * T_ME^2 + B_ME * T_ME + C_ME$ (Eq.2)
- [0024] Avec :
- [0025] A_ME et B_ME et C_ME : des coefficients dépendants de la vitesse de rotation du moteur électrique et
- [0026] T_ME : le couple requis en sortie du moteur électrique.
- [0027] Il arrive que, dans certains cas d'usage, les vitesses de rotation de la machine électrique et du moteur thermique ne soient pas en phase, (par exemple, à cause des jeux présents dans la boîte de vitesses, du volant moteur, ou de l'élasticité de la courroie de liaison entre le vilebrequin du moteur et arbre de sortie de la machine électrique, etc.), et que certains mécanismes physiques entraînent des oscillations de vitesse de rotation, par exemple la gestion de la levée des soupapes à hauteur variable impliquant des oscillations de vitesse de rotation du moteur thermique dans certains points de fonctionnement.
- [0028] Le déphasage des modèles électrique(s) (Eq. 2) et thermique (Eq. 1) implique qu'à un instant donné t, le moteur thermique ait une consommation plus faible que celle de la machine électrique. Ce déphasage induit alors l'émission par l'optimisation de consommation d'une cible de couple du moteur thermique plus grande que celle du moteur électrique.
- [0029] Il s'en suit alors, qu'à un instant ultérieur $t + \delta t$, du fait du déphasage des modèles électrique et thermique, le moteur électrique présente la consommation la plus faible. L'optimisation de consommation émet alors une cible de couple du moteur thermique moins élevée que celle du moteur électrique.
- [0030] Les situations décrites aux instants t et $t + \delta t$ peuvent se succéder et créer des oscillations de couple. Le déphasage entre les modèles de consommation du moteur thermique et des moteurs électriques a alors tendance à augmenter et à entretenir de manière encore plus dynamique l'oscillation des consignes de couple optimal.
- [0031] Une instabilité du point de fonctionnement apparaît ainsi dans certaines situations du fait d'un comportement oscillant auto-entretenu de la loi de gestion.
- [0032] Le problème technique à résoudre est ainsi comment inhiber toute oscillation et instabilité du groupe motopropulseur hybride lié à la détermination du point de fonctionnement optimal par la loi de gestion d'énergie tout en respectant le champs d'optimisation et l'évolution normale de ce point.
- Exposé de l'invention**
- [0033] L'invention a pour objet un procédé de commande d'un groupe motopropulseur hybride de véhicule automobile, comprenant un moteur thermique et au moins une

machine électrique associée à une batterie comprenant les étapes suivantes :

- [0034] on détermine par l'intermédiaire d'une loi de gestion de l'énergie, une consigne de couple brute du moteur thermique en fonction de la consommation globale du groupe motopropulseur, la consommation de moteur thermique et d'au moins une machine électrique,
- [0035] on détermine un facteur d'équivalence ainsi que le gradient du facteur d'équivalence en fonction de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie de la batterie,
- [0036] on détermine le couple au niveau du vilebrequin en fonction du couple cible requis à la roue et de la démultiplication obtenus de la loi de gestion de l'énergie et on détermine le gradient du couple au niveau du vilebrequin,
- [0037] on détermine une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale du gradient de couple moteur thermique par l'intermédiaire de tables paramétrables fonction chacune du gradient du facteur d'équivalence et du gradient de couple cible filtré au niveau du vilebrequin
- [0038] on détermine le couple optimal du moteur thermique en fonction de la consigne de couple brute du moteur thermique en limitant sa dynamique d'évolution en fonction de la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et de la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique.
- [0039] Procédé de commande selon la revendication 1, comprenant une étape de filtrage au premier ordre du gradient du couple au niveau du vilebrequin en fonction d'une constante de temps mémorisée.
- [0040] Le procédé peut comprendre les étapes suivantes :
- [0041] on détermine qu'une première valeur logique prend une première valeur si une valeur minimale du couple optimal du moteur thermique prédéfinie est supérieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique, si tel n'est pas le cas, la première valeur logique prend une deuxième valeur,
- [0042] on détermine qu'une deuxième valeur logique prend une première valeur si la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique prédéfinie est inférieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique, si tel n'est pas le cas, la deuxième valeur logique prend une deuxième valeur,
- [0043] on détermine une valeur de sélection en fonction de l'opération logique OU entre la première valeur logique et la deuxième valeur logique,
- [0044] on transmet, à la détermination du couple optimal du moteur thermique, un premier ensemble comprenant la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique comme gradient final minimal de couple moteur thermique et gradient final maximal de couple moteur thermique si la valeur de sélection prend la première valeur et un deuxième ensemble

de valeurs prédéfinies comprenant une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique si la valeur de sélection prend la deuxième valeur.

- [0045] La valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique peut prendre une valeur plus faible que la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique peut prendre une valeur plus élevée que la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique.
- [0046] L'invention a également pour objet un système de commande d'un groupe moto-propulseur hybride de véhicule automobile, comprenant un premier moyen de calcul configuré pour exécuter une loi de gestion de l'énergie de sorte à déterminer une consigne de couple brute du moteur thermique, le système de commande comprenant :
- [0047] un deuxième moyen de calcul et un troisième moyen de calcul configurés pour déterminer un gradient d'un facteur d'équivalence de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie de la batterie,
- [0048] un quatrième moyen de calcul et un cinquième moyen de calcul configurés pour déterminer un gradient de couple au niveau du vilebrequin en fonction du couple cible requis à la roue et du rapport de démultiplication, un sixième moyen de calcul et un septième moyen de calcul configurés pour déterminer respectivement une valeur maximale et une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique en fonction du gradient du facteur d'équivalence, du gradient du couple au niveau du vilebrequin et d'une table mémorisée dans les moyens de calcul respectifs, et un huitième moyen de calcul configuré pour déterminer une consigne de couple optimal en fonction de la consigne de couple brute et des valeurs minimale et maximale du gradient de couple moteur thermique de sorte que sa dynamique soit modifiée.
- [0049] Le système peut comprendre un moyen de filtrage configuré pour réaliser le filtrage au premier ordre du gradient du couple au niveau du vilebrequin transmis au sixième moyen de calcul et au septième moyen de calcul en fonction d'une constante de temps mémorisée.
- [0050] Le système peut comprendre une première mémoire comprenant une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique, une deuxième mémoire comprenant une valeur minimale du couple optimal du moteur thermique et une valeur maximale du couple optimal du moteur thermique, un premier moyen de comparaison configuré pour émettre une première valeur si la valeur courante du couple optimal du moteur thermique est supérieure à la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique, et pour émettre une deuxième valeur si tel n'est pas le cas,
- [0051] un deuxième moyen de comparaison configuré pour émettre une première valeur si la

valeur courante du couple optimal du moteur thermique est inférieure à la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique et pour émettre une deuxième valeur si tel n'est pas le cas,

[0052] un opérateur booléen configuré pour appliquer une table de vérité OU aux valeurs reçues du premier moyen de comparaison et du deuxième moyen de comparaison,

[0053] le commutateur étant configuré pour transmettre au huitième moyen de calcul la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique si une deuxième valeur est reçue de l'opérateur booléen et pour transmettre la valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique si une première valeur est reçue de l'opérateur booléen.

Brève description des dessins

[0054] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0055] - la [Fig.1] illustre les principales étapes d'un procédé de commande selon l'invention, et

[0056] - la [Fig.2] illustre les principaux éléments d'un système de commande selon l'invention.

Description détaillée

[0057] Le procédé de commande d'un groupe motopropulseur hybride d'un véhicule automobile a pour but de maîtriser et diminuer la dynamique d'évolution du point de fonctionnement optimal de la loi de gestion d'énergie tout en garantissant le respect du champ d'optimisation à tout instant et la dynamique attendues dans les conditions d'énergie batterie et de requête de puissance / couple à la roue courante. Le groupe motopropulseur hybride comprend un moteur thermique et au moins un moteur électrique associé à une batterie.

[0058] Les variables suivantes sont définies :

[0059] - WHL_TQ_TG : couple cible requis à la roue, élaboré à partir de la requête du conducteur et des fonctions tierces ayant un impact sur son élaboration (Régulateur de vitesse, conduite autonome, etc.)

[0060] - ENG_TQ_OPT_MIN : valeur minimale du couple optimal du moteur thermique émanant des fonctions amont de la loi de gestion d'énergie qui traite l'arbitrage des contraintes lié à l'agrément, confort thermique, gestion batterie, etc.

[0061] - ENG_TQ_OPT_MAX : valeur maximale du couple optimal du moteur thermique émanant des fonctions amont de la loi de gestion d'énergie qui traite l'arbitrage des contraintes lié à l'agrément, confort thermique, gestion batterie, etc.

- [0062] - ENG_TQ_OPT_RAW : consigne de couple brute du moteur thermique issu de la loi de gestion d'énergie, couple dont on cherche à diminuer la dynamique d'évolution
- [0063] - FAC_EQ : facteur d'équivalence de consommation électrique basé sur la méthode de minimisation de la consommation équivalente ;
- [0064] - ENG_TQ_OPT : le couple optimal du moteur thermique, transmis ensuite la fonction de réalisation des consignes de couple du groupe motopropulseur.
- [0065] - EGY_CRT : l'énergie courante présente dans la batterie, information transmise directement par la fonction gérant le contrôle de la batterie.
- [0066] - EGY_TGT : l'énergie cible de la batterie, calculée en interne de la gestion d'énergie en fonction d'une cible nominale paramétrée et en fonction des besoins particuliers d'énergie (Activation d'un mode charge via une interface conducteur, augmentation de l'énergie pour réaliser une fonction de dépollution particulière, etc.).
- [0067] Le facteur d'équivalence FAC_EQ permet de déterminer la consommation globale du groupe motopropulseur $Cons_{globale}(T_{ENG}, T_{EM})$ en fonction de la consommation de moteur thermique $Cons_{ENG}(T_{ENG})$ et de la consommation de la ou des machines électriques $Cons_{EM}(T_{EM})$ exprimée de la façon suivante :
- [0068] $Cons_{globale}(T_{ENG}, T_{EM}) = Cons_{ENG}(T_{ENG}) + Cons_{EM}(T_{EM}) * FAC_EQ$ (Eq. 3)
- [0069] En d'autres termes, la valeur FAC_EQ représente le facteur d'équivalence entre la consommation d'au moins un moteur électrique et du moteur thermique, ce paramètre étant dynamique et principalement fonction du niveau d'énergie présent dans la batterie. Ce facteur est supérieur à 1.
- [0070] Le facteur d'équivalence FAC_EQ est usuellement construit à partir de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie. Pour déterminer la valeur du facteur d'équivalence FAC_EQ, on applique un gain proportionnel (EGY_FAC_GAIN) à l'écart entre l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie, puis on ajoute une valeur neutre (EGY_FAC_NEUTRE), valeur impliquant que l'énergie électrique vaut autant que l'énergie thermique.
- [0071] La valeur du gain proportionnel ainsi que la valeur neutre sont généralement paramétrées de manière itérative.
- [0072] Plusieurs cycles de roulages sont effectués avec plusieurs valeurs de facteur d'équivalence figées et permettent :
- [0073] - de trouver une valeur neutre, valeur qui fait que l'énergie électrique bien qu'évoluant au cours du cycle, est la même au début de cycle qu'en fin de cycle.
- [0074] - de trouver les valeurs pour lesquelles on sait estimer le gain ou la consommation d'énergie électrique par kilomètre en fonction de l'énergie en début de cycle, en fin de cycle et de la distance parcourue.

[0075] Le gain proportionnel est ainsi paramétré afin d'obtenir la charge/décharge souhaitée en fonction de la dynamique souhaitée qui est généralement un compromis inter-préstations (disponibilité de mode électrique, exploitation non limitée de l'énergie batterie pour optimiser la consommation, NVH impliqué par un fort niveau de recharge pour se rapprocher de la cible, et.)

[0076] La [Fig.1] illustre les principales étapes du procédé de commande selon l'invention.

[0077] Au cours d'une première étape 1, on détermine, par l'intermédiaire d'une loi de gestion de l'énergie, le point de fonctionnement du groupe motopropulseur hybride, c'est à dire, une consigne de couple brute du moteur thermique $ENG_TQ_OPT_RAW$ en fonction de la consommation globale du groupe motopropulseur, via la résolution analytique de l'équation permettant de définir le point de fonctionnement impliquant la consommation la plus basse possible.

$$[0078] \frac{dCons_{globale}(T_{ENG}, T_{EM})}{dT_{ENG} dT_{EM}} = 0 = \frac{(Cons_{ENG}(T_{ENG}) + Cons_{EM}(T_{EM}) * FAC_EQ 1)}{dT_{ENG} dT_{EM}}$$

[0079] Au cours d'une deuxième étape 2, on détermine le facteur d'équivalence FAC_EQ en fonction de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie de la batterie.

$$[0080] FAC_EQ = (EGY_TGT - EGY_CRT) * EGY_FAC_GAIN + EGY_FAC_NEUT$$

[0081] Avec

[0082] EGY_FAC_GAIN , un gain proportionnel paramétré

[0083] EGY_FAC_NEUT , une valeur neutre de facteur d'équivalence

[0084] On quantifie ensuite la variation du facteur d'équivalence FAC_EQ sur une durée prédéfinie (par exemple une seconde). Pour ce faire, on soustrait la valeur courante du facteur d'équivalence FAC_EQ de sa valeur au pas de temps précédent et on divise le résultat par ce même pas de temps. On obtient alors un gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD permettant de connaître l'évolution du facteur d'équivalence FAC_EQ sur la durée prédéfinie.

[0085] Au cours d'une troisième étape 3, on obtient le couple cible requis à la roue WHL_TQ_TG et la démultiplication ENG_RAT des lois de gestion de l'énergie. On quantifie ensuite la variation de couple au niveau du vilebrequin et donc au niveau du moteur thermique. Pour ce faire, on divise le couple cible requis à la roue WHL_TQ_TG par la démultiplication ENG_RAT entre le moteur thermique et la roue. On obtient le couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG . On détermine le gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG de façon similaire à la détermination du gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD . Plus précisément, on soustrait la valeur courante du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG de sa valeur au pas de temps précédent et on divise le résultat par ce même pas de temps. On obtient alors le gradient du couple au niveau du vilebrequin $CRK_TQ_TG_GRD$ caractérisant

l'évolution de la consigne de couple cible à la roue au niveau du vilebrequin sur la durée prédéterminée.

- [0086] Le gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD pouvant être bruité de par l'évolution du couple cible requis à la roue WHL_TQ_TG, un filtre de premier ordre est introduit avec une constante de temps TAU réglable afin d'obtenir un gradient de couple cible filtré au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL.
- [0087] Au cours d'une quatrième étape 4, on détermine une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_TABLE et une valeur maximale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_TABLE par l'intermédiaire d'une table paramétrable à deux dimensions, respectivement TABLE_2D_GRD_POS_MIN et TABLE_2D_GRD_POS_MAX fonction chacune du gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD et du gradient de couple cible filtré au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL.
- [0088] La valeur minimale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_TABLE et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_TABLE sont représentatives de l'évolution normale du couple optimal du moteur thermique. On appelle « évolution normale du couple optimal du moteur thermique » l'augmentation de couple ou la diminution de couple que l'on peut naturellement observer lors d'une évolution de la valeur filtrée du gradient de couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL et du gradient de facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD. La valeur filtrée du gradient de couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL correspond à la consigne de couple cible requis à la roue WHL_TQ_TG, et donc à la volonté du conducteur :
- [0089] - Si la volonté du conducteur ramenée au vilebrequin augmente d'une valeur X (en Nm/s), on s'attend à ce que le couple optimal du moteur thermique augmente d'une valeur Y (en Nm/s) légèrement supérieure à la valeur X, et paramétrée dans la première table TABLE_2D_GRD_POS_MAX.
- [0090] - Si le facteur d'équivalence augmente, alors on s'attend à ce que le couple optimal du moteur thermique augmente d'une quantité de couple valeur Z (en Nm/s) paramétrée dans première la TABLE_2D_GRD_POS_MAX.
- [0091] Au cours d'une cinquième étape 5, on détermine si la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN est supérieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT. Si tel est le cas, on détermine qu'une première valeur logique est égale à une première valeur. Si tel n'est pas le cas, on détermine que la première valeur logique est égale à une deuxième valeur.
- [0092] On détermine également si la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MAX est inférieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT. Si tel est le cas, on détermine qu'une deuxième

valeur logique est égale à une première valeur. Si tel n'est pas le cas, on détermine que la deuxième valeur logique est égale à une deuxième valeur.

- [0093] Au cours d'une sixième étape 6, on détermine une valeur de sélection en fonction de l'opération logique OU (opérateur « OR » en langue anglaise) entre la première valeur logique et la deuxième valeur logique. En d'autres termes, la valeur de sélection prend une première valeur si au moins une parmi la première valeur logique et la deuxième valeur logique est égale à la première valeur. Si tel n'est pas le cas, la valeur de sélection prend une deuxième valeur.
- [0094] Au cours d'une septième étape 7, on choisit le gradient final minimal de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN et le gradient final maximal de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX utilisés par la suite pour maîtriser et diminuer la dynamique d'évolution du couple optimal du moteur thermique parmi un premier ensemble de valeurs comprenant la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_TABLE et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_TABLE et un deuxième ensemble de valeurs comprenant une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_DFT et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_DFT en fonction de la valeur de sélection.
- [0095] Plus précisément, le premier ensemble de valeurs est choisi si la valeur de sélection prend la deuxième valeur, et le deuxième ensemble de valeurs est choisi si la valeur de sélection prend la première valeur.
- [0096] Ce choix de gradient permet, dans le cas où la valeur de couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT, dont la dynamique a été diminuée, viendrait à être en dehors du champs d'optimisation défini par l'évolution rapide de la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique minimal ENG_TQ_OPT_MIN et de la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MAX, de choisir des gradients par défaut CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_DFT et CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_DFT permettant de remettre rapidement voire instantanément le couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT dans son champ d'optimisation.
- [0097] Les gradients par défaut CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_DFT et CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_DFT ont une valeur généralement respectivement plus faible/élevée que les gradients nominaux issus des tables à deux dimensions.
- [0098] Les bornes étant fonction de diverses contraintes (dépollution, confort thermique habitacle, etc.), il arrive qu'une des bornes évolue de manière très rapide voir instantanée lors de l'activation d'une fonction (par exemple : demande de chauffage habitacle nettement plus élevée) : si le couple optimal du moteur thermique

ENG_TQ_OPT est situé au niveau de la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN et que cette dernière augmente fortement et rapidement pour assurer un couple pour le confort thermique habitacle qui requiert de chauffer rapidement le moteur thermique en lui imposant un couple minimal élevé, alors il faut impérativement permettre au couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT de respecter cette nouvelle borne minimale : le couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT se trouve être à l'instant de l'augmentation en dessous de la nouvelle valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN, les gradients choisis par défaut permettent alors une évolution rapide voir instantanée du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT vers la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN bien que la volonté conducteur ou le facteur d'équivalence n'ait pas bougé.

- [0099] Au cours d'une huitième étape 8, on détermine le couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT en fonction de la consigne de couple brute du moteur thermique ENG_TQ_OPT_RAW issu de la loi de gestion d'énergie en limitant sa dynamique d'évolution en fonction du gradient final minimal de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN et du gradient final maximal de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX via la logique suivante :
- [0100]
$$ENG_TQ_OPT(t) = \text{Max}(\text{Min}(ENG_TQ_OPT_RAW(t) ; ENG_TQ_OPT(t-dt) + CRK_TQ_OPT_GRD_MAX * dt) ; ENG_TQ_OPT(t-dt) + CRK_TQ_OPT_GRD_MIN * dt)$$
- [0101] Avec t le pas de calcul courant et dt la durée entre deux pas de calculs consécutifs de la stratégie.
- [0102] Cette détermination permet ainsi d'obtenir le couple optimal moteur thermique ENG_TQ_OPT dont la dynamique d'évolution est potentiellement plus faible que la consigne de couple brute du moteur thermique ENG_TQ_OPT_RAW.
- [0103] La dynamique du couple optimal moteur thermique, et la dynamique du point de fonctionnement optimal issu de la Loi de gestion d'énergie, sont alors maîtrisées et diminuées tout en conservant la dynamique normalement attendue en fonction des paramètres ayant un impact direct sur son choix (Couple à la roue et facteur d'équivalence) tout en garantissant le respect du champ d'optimisation à tout instant.
- [0104] Le procédé de commande permet ainsi d'annuler le phénomène d'auto-oscillation tout en maîtrisant la dynamique du point de fonctionnement.
- [0105] L'invention a également pour objet un système de commande d'un groupe motopropulseur hybride de véhicule automobile, illustré par la [Fig.2].
- [0106] Le système de commande 10 comprend un premier moyen de calcul 11 configuré pour exécuter une loi de gestion de l'énergie de sorte à déterminer le point de fonctionnement du groupe motopropulseur hybride, , c'est-à-dire, une consigne de couple brute du moteur thermique ENG_TQ_OPT_RAW en fonction de la consommation globale du groupe motopropulseur, via la résolution analytique de l'équation

permettant de définir le point de fonctionnement impliquant la consommation la plus basse possible.

- [0107] Un deuxième moyen de calcul 12 est configuré pour déterminer le facteur d'équivalence FAC_EQ en fonction de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie de la batterie.
- [0108] Un troisième moyen de calcul 13 détermine le gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD en fonction du facteur d'équivalence FAC_EQ à l'instant courant, d'une valeur mémorisée du facteur d'équivalence FAC_EQ à un instant précédent, et de la durée entre l'instant courant et l'instant précédent. Lors de la première occurrence, le gradient est initialisé à sa valeur courante.
- [0109] Un quatrième moyen de calcul 14 détermine le couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG en fonction du couple cible requis à la roue WHL_TQ_TG et du rapport de démultiplication ENG_RAT.
- [0110] Un cinquième moyen de calcul 15 détermine le gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD en fonction du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG à l'instant courant, d'une valeur mémorisée du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG à un instant précédent, et à la durée entre l'instant courant et l'instant précédent. Lors de la première occurrence, le gradient est initialisé à une valeur prédéfinie par défaut.
- [0111] Un moyen de filtrage 16 réalise le filtrage au premier ordre du gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD en fonction d'une constante de temps TAU.
- [0112] Un sixième moyen de calcul 17 associé à une mémoire comprenant une première table TABLE_2D_GRD_POS_MAX est configuré pour déterminer une valeur maximale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_TABLE en fonction du gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD et du gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL.
- [0113] Un septième moyen de calcul 18 associé à une mémoire comprenant une table TABLE_2D_GRD_POS_MIN est configuré pour déterminer une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_TABLE en fonction du gradient du facteur d'équivalence FAC_EQ_GRD et du gradient du couple au niveau du vilebrequin CRK_TQ_TG_GRD_FIL.
- [0114] Une première mémoire 19 comprend une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_DFT et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_DFT.
- [0115] Une deuxième mémoire 20 comprend une valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN et une valeur maximale du couple optimal du

moteur thermique ENG_TQ_OPT_MAX.

- [0116] Un premier moyen de comparaison 21 est configuré pour déterminer si la valeur courante du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT est supérieure à la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MIN et pour émettre une première valeur si tel est le cas, ou une deuxième valeur si tel n'est pas le cas.
- [0117] Un deuxième moyen de comparaison 22 est configuré pour déterminer si la valeur courante du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT est inférieure à la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique ENG_TQ_OPT_MAX et pour émettre une première valeur si tel est le cas, ou une deuxième valeur si tel n'est pas le cas.
- [0118] Un opérateur booléen 23 est configuré pour appliquer une table de vérité OU aux signaux reçus du premier moyen de comparaison 20 et du deuxième moyen de comparaison 21.
- [0119] Un commutateur 24 permet de choisir la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_TABLE et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_TABLE si une deuxième valeur est reçue de l'opérateur booléen 23 et de choisir la valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MIN_DFT et la valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique CRK_TQ_OPT_GRD_MAX_DFT si une première valeur est reçue de l'opérateur booléen 23.
- [0120] Un huitième moyen de calcul 25 est configuré pour déterminer la consigne de couple optimal ENG_TQ_OPT en fonction de la consigne de couple brute ENG_TQ_OPT_RAW et des valeurs reçues du commutateur 24 via la logique suivante :
- [0121] $ENG_TQ_OPT(t) = Max(Min(ENG_TQ_OPT_RAW(t); ENG_TQ_OPT(t-dt) + CRK_TQ_OPT_GRD_MAX * dt); ENG_TQ_OPT(t-dt) + CRK_TQ_OPT_GRD_MIN * dt)$
- [0122] Avec t le pas de calcul courant et dt la durée entre deux calculs consécutifs de la stratégie.
- [0123] On comprendra que les différentes mémoires peuvent également être des espaces mémoires distincts compris dans une même mémoire physique.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de commande d'un groupe motopropulseur hybride de véhicule automobile, comprenant un moteur thermique et au moins une machine électrique associée à une batterie comprenant les étapes suivantes :
- on détermine par l'intermédiaire d'une loi de gestion de l'énergie, une consigne de couple brute optimale du moteur thermique en fonction de la consommation globale du groupe motopropulseur, la consommation de moteur thermique et d'au moins une machine électrique,
- on détermine un facteur d'équivalence ainsi que le gradient du facteur d'équivalence en fonction de l'énergie courante présente dans la batterie et de la cible d'énergie de la batterie,
- on détermine le couple au niveau du vilebrequin en fonction du couple cible requis à la roue et de la démultiplication obtenus de la loi de gestion de l'énergie et on détermine le gradient du couple au niveau du vilebrequin,
- on détermine une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale du gradient de couple moteur thermique par l'intermédiaire de tables paramétrables fonction chacune du gradient du facteur d'équivalence et du gradient de couple cible filtré au niveau du vilebrequin
- on détermine le couple optimal du moteur thermique en fonction de la consigne de couple brute du moteur thermique en limitant sa dynamique d'évolution en fonction de la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et de la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique.
- [Revendication 2] Procédé de commande selon la revendication 1, comprenant une étape de filtrage au premier ordre du gradient du couple au niveau du vilebrequin en fonction d'une constante de temps mémorisée.
- [Revendication 3] Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, comprenant les étapes suivantes :
- on détermine qu'une première valeur logique prend une première valeur si une valeur minimale du couple optimal du moteur thermique prédéfinie est supérieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique, si tel n'est pas le cas, la première valeur logique prend une deuxième valeur,
- on détermine une deuxième valeur logique prend une première valeur si la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique prédéfinie

est inférieure à la valeur de couple optimal du moteur thermique, si tel n'est pas le cas, la deuxième valeur logique prend une deuxième valeur, on détermine une valeur de sélection en fonction de l'opération logique OU entre la première valeur logique et la deuxième valeur logique, on transmet, à la détermination du couple optimal du moteur thermique, un premier ensemble comprenant la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique comme gradient final minimal de couple moteur thermique et gradient final maximal de couple moteur thermique si la valeur de sélection prend la deuxième valeur et un deuxième ensemble de valeurs prédéfinies comprenant une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique si la valeur de sélection prend la première valeur.

[Revendication 4]

Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans la valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique présente une valeur plus faible que la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique présente une valeur plus élevée que la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique.

[Revendication 5]

Système de commande d'un groupe motopropulseur hybride de véhicule automobile, comprenant un premier moyen de calcul (11) configuré pour exécuter une loi de gestion de l'énergie de sorte à déterminer une consigne de couple brute du moteur thermique, le système de commande étant caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un deuxième moyen de calcul (12) et un troisième moyen de calcul (13) configurés pour déterminer un gradient d'un facteur d'équivalence en fonction des consommations du groupe motopropulseur,
- un quatrième moyen de calcul (14) un cinquième moyen de calcul (15) configurés pour déterminer un gradient de couple au niveau du vilebrequin en fonction du couple cible requis à la roue et du rapport de démultiplication, un sixième moyen de calcul (17) et un septième moyen de calcul (18) configurés pour déterminer respectivement une valeur maximale et une valeur minimale du gradient de couple moteur thermique en fonction du gradient du facteur d'équivalence, du gradient du couple au niveau du vilebrequin et d'une table mémorisée dans les moyens de calcul respectifs, et un huitième moyen de calcul (25) configuré pour déterminer une consigne de couple optimal en fonction

de la consigne de couple brute et des valeurs minimale et maximale du gradient de couple moteur thermique de sorte que sa dynamique soit modifiée.

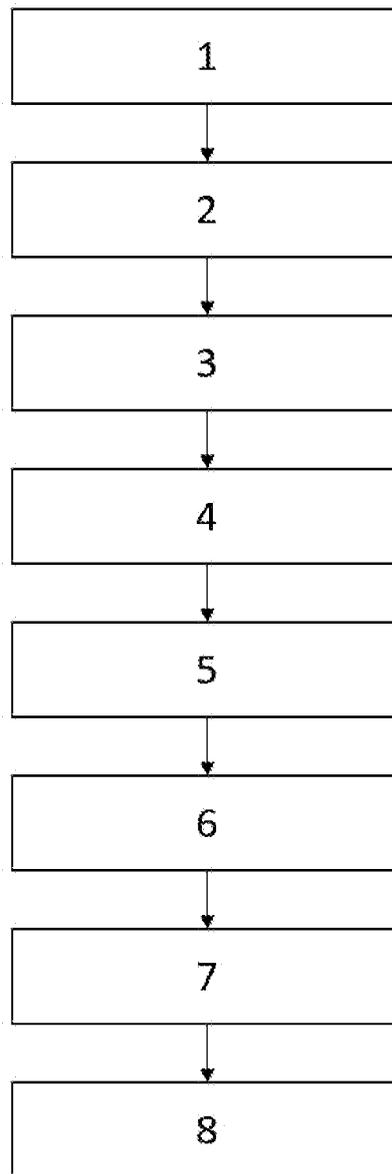
[Revendication 6]

Système de commande selon la revendication 5, comprenant un moyen de filtrage (16) configuré pour réaliser le filtrage au premier ordre du gradient du couple au niveau du vilebrequin transmis au sixième moyen de calcul (17) et au septième moyen de calcul (18) en fonction d'une constante de temps mémorisée.

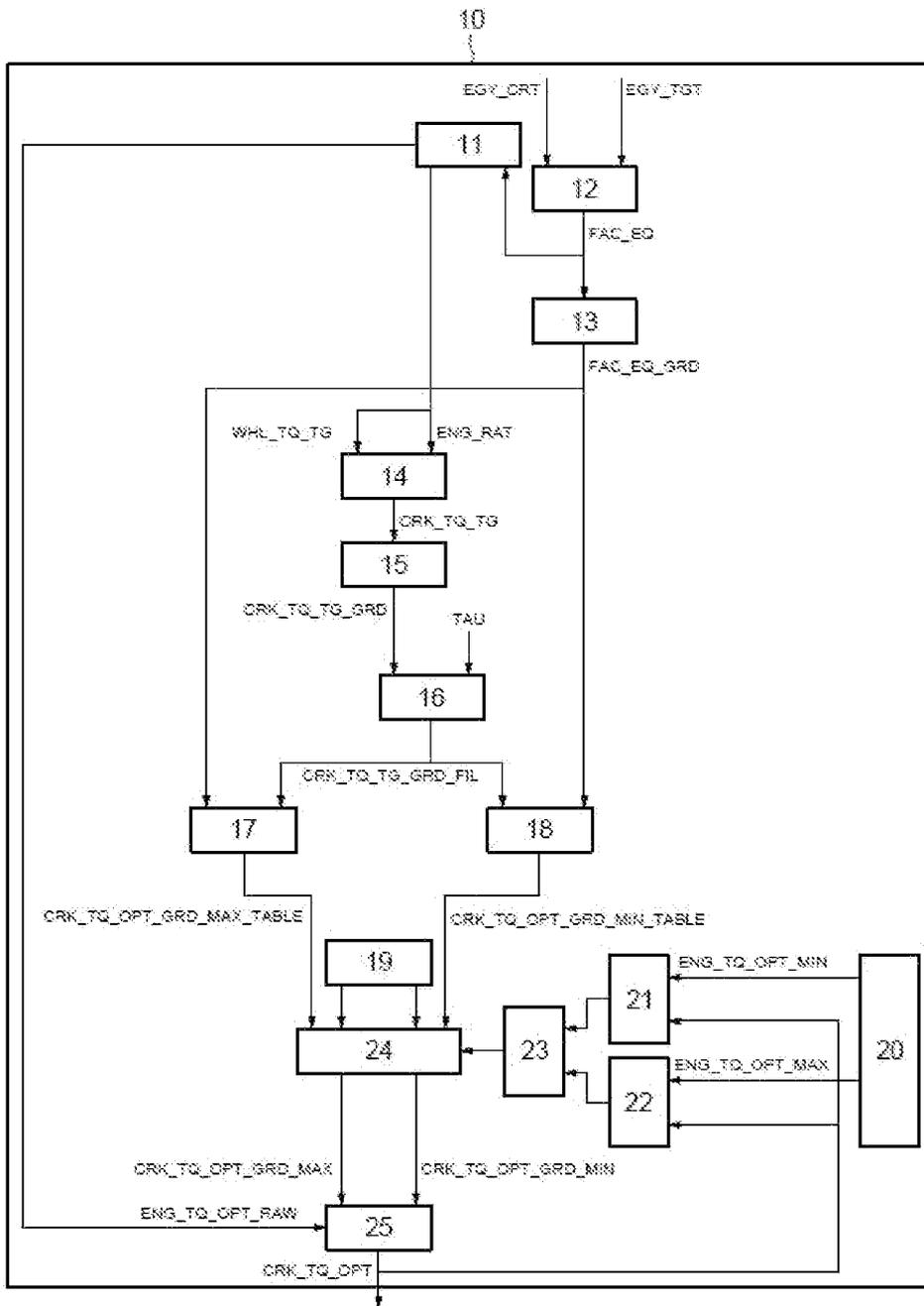
[Revendication 7]

Système de commande selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, comprenant une première mémoire (19) comprenant une valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et une valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique, une deuxième mémoire (20) comprenant une valeur minimale du couple optimal du moteur thermique et une valeur maximale du couple optimal du moteur thermique, un premier moyen de comparaison (21) configuré pour émettre une première valeur si la valeur courante du couple optimal du moteur thermique est supérieure à la valeur minimale du couple optimal du moteur thermique, et pour émettre une deuxième valeur si tel n'est pas le cas, un deuxième moyen de comparaison (22) configuré pour émettre une première valeur si la valeur courante du couple optimal du moteur thermique est inférieure à la valeur maximale du couple optimal du moteur thermique et pour émettre une deuxième valeur si tel n'est pas le cas, un opérateur booléen (23) configuré pour appliquer une table de vérité OU aux valeurs reçues du premier moyen de comparaison (20) et du deuxième moyen de comparaison (21), le commutateur (24) étant configuré pour transmettre au huitième moyen de calcul (24) la valeur minimale du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale du gradient de couple moteur thermique si une deuxième valeur est reçue de l'opérateur booléen (22) et pour transmettre la valeur minimale par défaut du gradient de couple moteur thermique et la valeur maximale par défaut du gradient de couple moteur thermique si une première valeur est reçue de l'opérateur booléen (22).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



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**

DE 103 23 722 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG
[DE]) 9 décembre 2004 (2004-12-09)

US 2009/157244 A1 (KIM YONG GI [KR])
18 juin 2009 (2009-06-18)

GB 2 593 920 A (PERKINS ENGINES CO LTD
[GB]) 13 octobre 2021 (2021-10-13)

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

NEANT