

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
21 janvier 2010 (21.01.2010)

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/007321 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
F16D 48/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2009/051414

(22) Date de dépôt international :  
16 juillet 2009 (16.07.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0854822 16 juillet 2008 (16.07.2008) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
VALEO EMBRAYAGES [FR/FR]; 81 Avenue Roger Dumoulin, F-80009 Amiens (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MAUREL, Pascal [FR/FR]; 16 rue de Maubeuge, F-75009 Paris (FR).

(74) Mandataire : ROHRLE, Dieter; VALEO TRANSMISSIONS, Service Propriété Industrielle, 34 rue Saint André, F-Bobigny 93012 (FR).

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

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

Publiée :

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : MODULE FOR THE TORQUE CONTROL OF FRICTION COUPLING MEANS OF A MOTOR VEHICLE DRIVE TRAIN COMPRISING A STATE OBSERVER

(54) Titre : MODULE DE PILOTAGE EN COUPLE DE MOYENS D'ACCOUPEMENT A FRICTION D'UNE CHAÎNE DE TRANSMISSION DE VEHICULE AUTOMOBILE COMPORTANT UN OBSERVATEUR D'ETATS

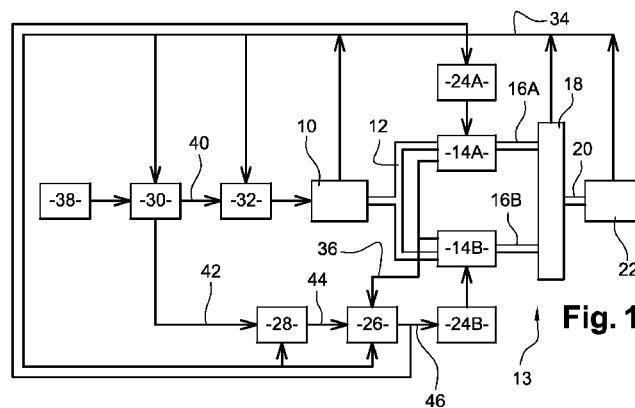


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a torque control module for means of friction coupling between a drive shaft and an associated gearbox input shaft belonging to a motor vehicle drive train, characterized in that it comprises an observer (50), notably of the Luenberger observer type, employing the dynamic mathematical model that simulates the dynamic behaviour of all the rotary parts of the motor vehicle drive train and which is able to calculate an estimate of state variables (X\*) which are representative of the complete current dynamic state of the drive train from measured state variables (Y), measured control variables (U) and the earlier estimate of the state variables (X\*), in accordance with an evolution matrix (A) and a correction matrix (L).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/007321 A1



- 
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)*

---

L'invention concerne un module de pilotage en couple de moyens d'accouplement à friction entre un arbre moteur et un arbre associé d'entrée de boîte de vitesses appartenant à une chaîne de transmission d'un véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comporte un observateur (50), notamment du type observateur de Luenberger, mettant en œuvre un modèle mathématique dynamique simulant le comportement dynamique de tous les organes tournants de la chaîne de transmission du véhicule automobile, et qui est susceptible de calculer une estimation de variables d'état ( $X^*$ ) représentatives de l'état dynamique actuel complet de la chaîne de transmission à partir de variables d'état mesurées ( $Y$ ), de variables de commande mesurées ( $U$ ) et de l'estimation précédente des variables d'état ( $X^*$ ), en correspondance avec une matrice d'évolution ( $A$ ) et une matrice de correction ( $L$ ).

**"Module de pilotage en couple de moyens d'accouplement à friction d'une chaîne de transmission de véhicule automobile comportant un observateur d'états"**

L'invention se rapporte à un module de commande en  
5 couple d'au moins un moyen d'accouplement à friction d'une chaîne de transmission de véhicule automobile.

L'invention se rapporte plus particulièrement à un module de pilotage en couple d'au moins deux moyens d'accouplement à friction entre un arbre moteur commun et un arbre associé  
10 d'entrée de boîte de vitesses appartenant à une chaîne de transmission d'un véhicule automobile, la chaîne de transmission comportant au moins les organes suivants :

- l'arbre moteur qui fournit un couple moteur ;
- chaque moyen d'accouplement qui est actionné par un  
15 actionneur ;

- chaque arbre associé d'entrée de boîte de vitesses qui est susceptible d'être accouplé à l'arbre moteur par le moyen d'accouplement associé ;

- un arbre de sortie de boîte de vitesses qui est entraîné  
20 en rotation par chaque arbre d'entrée ;

- une boîte de vitesses qui est susceptible d'être pilotée de manière à changer le rapport de transmission entre chaque arbre d'entrée et l'arbre de sortie ;

le module de pilotage du moyen d'accouplement en couple  
25 déterminant une valeur de consigne d'une grandeur physique de commande de l'actionneur de chaque moyen d'accouplement à partir d'une consigne de couple et de grandeurs physiques mesurées sur la chaîne de transmission ;

le module de pilotage comportant :

- des moyens de mesure de variables d'état mesurées de  
30 la chaîne de transmission, les variables d'état mesurées étant représentative de l'état dynamique actuel partiel de la chaîne de transmission ;

- des moyens de mesure de variables de commande de la chaîne de transmission ;

- un observateur, notamment du type observateur de Luenberger, mettant en œuvre un modèle mathématique dynamique simulant le comportement dynamique desdits organes de la chaîne de transmission du véhicule automobile, et qui est susceptible de calculer une estimation de variables d'état représentatives de l'état dynamique actuel complet de la chaîne de transmission à partir des variables d'état mesurées, des variables de commande mesurées et de l'estimation précédente des variables d'état, en correspondance avec une matrice d'évolution ;

- des moyens de correction appartenant à l'observateur qui corrigent l'estimation précédente des variables d'état en soustrayant le produit d'une matrice de correction par la différence entre les variables d'état mesurées et les variables d'état estimées correspondantes ;

- des moyens de régulation de la consigne de couple par comparaison avec un couple estimé calculé à partir des variables d'état estimées par l'observateur.

Un véhicule automobile comprend généralement un moyen d'accouplement entre un arbre moteur du véhicule automobile, qui est entraîné en rotation par un moteur à combustion interne et/ou un moteur électrique, et un arbre d'entrée de la boîte de vitesses. La boîte de vitesses peut être du type mécanique à plusieurs rapports de transmission avec ou sans robotisation des changements de rapports.

Le moyen d'accouplement est en général un embrayage à friction, commandé par un actionneur piloté par un système de traitement de l'information en fonction d'un certain nombre de paramètres mesurés ou estimés tels que des positions, des vitesses, des accélérations, des efforts, des couples, des pressions et des tensions électriques.

L'actionneur de commande de l'embrayage agit sur la position d'un organe mobile de cet embrayage, tel par exemple que la butée d'embrayage, qui détermine la position d'un plateau de pression et la charge appliquée à ce plateau par un diaphragme annulaire pour le serrage des garnitures de friction d'un disque relié à un arbre d'entrée de la boîte de vitesses, ce serrage déterminant le couple transmis par l'embrayage.

L'actionneur peut aussi agir directement sur la charge appliquée sur le plateau de pression par une liaison mécanique ou hydraulique par exemple. La commande automatisée de l'embrayage doit prendre en compte un grand nombre de grandeurs physiques, de grandeurs d'état et de grandeurs de commande qui sont mesurées ou estimées sur le moteur, sur la boîte de vitesses et sur le reste du véhicule, et de signaux représentant la volonté du conducteur, l'adaptation du comportement de la transmission au style de conduite du conducteur, l'état dynamique du véhicule et l'état du module de commande (initialisation, mode normal, mode dégradé, apprentissage, arrêt,...) etc.

On a déjà proposé de commander l'embrayage pour lui faire transmettre un couple désiré, mais le couple transmis par l'embrayage varie de façon non linéaire en fonction de la pression ou de la position d'un organe de commande de l'embrayage, tel que la butée d'embrayage par exemple, il varie d'un embrayage à l'autre en raison des dispersions de fabrication, et il varie aussi en fonction d'un certain nombre de paramètres tels que la température, l'état des garnitures et des surfaces de friction du mécanisme d'embrayage, etc.

Il est donc extrêmement difficile de commander l'embrayage de façon correcte pour lui faire transmettre un couple désiré qui a été déterminé par des moyens de calcul et de traitement de l'information.

Le document FR-A-2.863.327 est basé sur l'utilisation de la mesure du couple moteur pour la reconstruction de l'information du couple d'embrayage et sur une caractéristique apprise du couple d'embrayage en fonction de la position de la butée d'embrayage. Cela apporte une amélioration au point de vue de la dynamique de régulation du couple d'embrayage en conservant la reproductibilité. La consigne de comportement est alors transformée en consigne de couple à l'embrayage dont la manipulation est facilitée.

Néanmoins, l'utilisation directe des équations dynamiques pour déterminer le couple d'embrayage introduit une sensibilité au bruit de mesure préjudiciable à la dynamique de la régulation en couple et est relativement difficile à étendre au double embrayage.

De plus, dans le cas d'un double embrayage, l'estimation du couple d'embrayage n'est possible que dans certaines phases d'opérations de la transmission. Il est en effet très difficile d'estimer le couple transitant par chacun des deux embrayages, notamment lors du croisement des embrayage, c'est-à-dire lorsqu'un des embrayages passe d'un état embrayé à un état débrayé tandis que l'autre embrayage effectue le déplacement inverse. Durant un bref laps de temps, les deux embrayages sont alors simultanément en prise avec l'arbre moteur.

Pour résoudre notamment ces problèmes, l'invention propose un dispositif du type décrit précédemment, caractérisé en ce que le modèle dynamique comporte une décomposition de l'arbre de sortie en au moins deux arbres fictifs de sortie dont chacun est associé à un arbre d'entrée afin de simuler la répartition du couple résistant de l'arbre de sortie sur chacun des arbres d'entrée en prenant en compte le rapport de transmission engagé dans la boîte de vitesses.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention

- la somme des vitesses de rotation de chaque arbre fictif de sortie est égale à la vitesse de rotation de l'arbre réel de sortie ;

- le moment d'inertie de chaque arbre fictif de sortie est  
5 égal au moment d'inertie de l'arbre réel de sortie ;

- le module de pilotage en couple comporte un module de sélection qui active une sélection de variables d'état déterminées suivant des conditions prédéterminées de fonctionnement de la chaîne de transmission et les conditions d'observabilité du  
10 modèle dynamique, seule la sélection de variables d'état activées étant estimée;

- les variables d'état inactives sont bloquées à leur dernière valeur calculée ;

- les variables d'état inactives sont réinitialisées à une  
15 valeur de référence instantanément ou progressivement ;

- plusieurs matrices d'évolution et de correction sont calculés préalablement sont mémorisées dans le module de sélection, chaque matrice d'évolution et chaque matrice de correction étant sélectionnée en fonction de valeurs mesurées  
20 et/ou estimées pour chaque combinaison de variables d'état ;

- le modèle dynamique mis en œuvre par l'observateur comporte une modélisation de chaque moyen d'accouplement dans lequel le couple transmis par ledit moyen d'accouplement est calculé en multipliant le couple transmissible par le moyen  
25 d'accouplement déterminé en fonction d'une grandeur de commande du moyen d'accouplement ; par un facteur d'adaptation qui constitue une variable d'état non mesurée estimée précédemment par l'observateur ; et par un facteur de glissement qui est obtenu en fonction de variables d'état estimées par  
30 l'observateur comprenant l'angle de glissement et la différence de vitesse de rotation entre l'arbre moteur et l'arbre associé d'entrée de boîte de vitesses, le facteur de glissement étant borné entre -1 et +1 ;

- en cas de glissement du moyen d'accouplement, le facteur de glissement " $g_a, g_b$ " est égal à +1 ou -1 en fonction du sens de glissement ;

5 - le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " est considéré comme variant très lentement dans le temps par rapport au pas de temps de calcul d'une estimation, de telle sorte que sa dérivée par rapport au temps est considérée comme nulle ;

10 - la commande des moyens d'accouplement est réalisée dans un laps de temps très court par rapport à la variation de la charge du véhicule, de manière que la dérivée par rapport au temps de la charge soit considérée comme nulle.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la lecture de la description qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés  
15 parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique qui représente une chaîne de transmission d'un véhicule automobile équipée d'un dispositif de commande des moyens d'accouplement ;

20 - la figure 2 est un schéma-bloc qui représente un module de commande en couple des moyens d'accouplement réalisé selon les enseignements de l'invention, et appartenant au dispositif de commande de la figure 1 ;

25 - la figure 3 est un schéma-bloc qui représente un module de régulation appartenant au module de commande en couple de la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue schématique qui représente un modèle dynamique d'état mis en œuvre par un observateur du module de commande de la figure 2 ;

30 - la figure 5 est un schéma-bloc qui représente l'observateur d'état du module de commande de la figure 2.

Pour la suite de la description, des éléments ayant des fonctions identiques, similaires ou analogues seront désignés par des mêmes numéros de référence.

Dans la suite de la description, le moment d'inertie d'un arbre sera considéré par rapport à son axe de rotation.

On a représenté schématiquement à la figure 1 un véhicule automobile équipé d'un moteur 10 à combustion interne et/ou électrique dont l'arbre moteur 12 est relié à des roues motrices (non représentées) par une chaîne de transmission 13.

La chaîne de transmission 13 comporte deux moyens d'accouplement à friction 14A, 14B de l'arbre moteur 12 à deux arbres associés d'entrée 16A, 16B d'une boîte de vitesses par exemple robotisée 18.

Selon une variante non représentée de l'invention, la chaîne de transmission comporte un unique moyen d'accouplement à friction de l'arbre moteur à un unique arbre associé d'entrée de la boîte de vitesses.

Les moyens d'accouplements à friction 14A, 14B seront appelés par la suite "embrayages".

La boîte de vitesses 18 est du type mécanique à plusieurs rapports de transmission. Les rapports de transmission appliqués à chaque arbre d'entrée 16A, 16B seront respectivement notés "Q<sub>A</sub>" et "Q<sub>B</sub>". La boîte de vitesses 18 comporte un unique arbre de sortie 20 qui est relié à des roues motrices du véhicule 22.

Chaque embrayage 14A, 14B est commandé par un actionneur 24A, 24B associé, qui agit par exemple sur la position "P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>" d'une butée d'embrayage (non représentée).

D'une façon bien connue de l'homme du métier et non représentée, cette butée d'embrayage agit elle-même sur des doigts radiaux d'un diaphragme annulaire qui est porté par un couvercle d'embrayage et qui agit axialement sur un plateau de pression de l'embrayage 14A, 14B pour le serrage des garnitures de friction d'un disque relié en rotation à l'arbre associé d'entrée 16A, 16B de la boîte de vitesses 18.

Il peut s'agir aussi d'un embrayage 14A, 14B ouvert au repos, l'actionneur 24A, 24B réalisant le serrage des garnitures par un moyen mécanique ou hydraulique.

Les garnitures peuvent travailler à sec ou dans l'huile.  
5 L'actionneur 24A, 24B est d'un type quelconque, par exemple à moteur électrique, à vérin hydraulique, ou autre.

Le véhicule comporte aussi un dispositif de commande en couple de chaque embrayage 14A, 14B.

Le dispositif de commande comprend notamment un  
10 module 26 de pilotage de l'actionneur 24A, 24B, ce module 26 recevant un signal de consigne produit par un module 28 de pilotage des moyens d'accouplement 14A, 14B en couple. Ce module de pilotage en couple 28 reçoit lui-même un signal de consigne 42 de couple transmissible par les moyens  
15 d'accouplement 14A, 14B fourni par un module 30 de supervision de la transmission qui fournit également des signaux de pilotage et de consigne à un système 32 de pilotage du moteur 10 du véhicule.

Le module de pilotage 26 de l'actionneur 24A, 24B, le  
20 module de pilotage en couple 28 et le module de supervision 30 sont formés par un ou plusieurs calculateurs électroniques numériques.

Des informations 34 en provenance du véhicule, du moteur 10 et/ou du système de pilotage 32, et de la boîte de vitesses 18,  
25 par exemple telles que la vitesse " $\omega_m$ " de rotation du moteur 10, le couple " $T_m$ " fourni par le moteur 10, la quantité de carburant, la quantité d'air, le rapport de transmission " $Q_A, Q_B$ " utilisé, la température ambiante, la température du liquide de refroidissement, la vitesse " $\omega_v$ " du véhicule, la vitesse " $\omega_A, \omega_B$ " de  
30 rotation de chaque arbre d'entrée 16A, 16B, la vitesse des roues du véhicule, la tension électrique fournie par la batterie du véhicule sont appliquées au module 26 de pilotage de l'actionneur 24A, 24B, au module 28 de pilotage en couple, au module 30 de

supervision de la transmission et au système 32 de pilotage du moteur 10 du véhicule.

Des informations 36 relatives à l'actionneur 24A, 24B et à l'embrayage 14A, 14B, telles que des valeurs d'effort, de pression, de position d'un organe mobile de l'actionneur 24A, 24B, de position " $P_A$ ,  $P_B$ " de la butée d'embrayage, de tension électrique, d'intensité de courant électrique, de température sont appliquées à des entrées du module 26 de pilotage de l'actionneur 24A, 24B.

Des informations 38 appliquées à des entrées du module de supervision de la transmission 30 comprennent des signaux de gestion et d'adaptation de stratégies de pilotage de la transmission, relatives au fonctionnement du véhicule, aux intentions du conducteur, au mode automatique de commande de la transmission, à l'adaptabilité du comportement de la transmission, à des niveaux de confort et de performance, etc.

Le module 30 de supervision de la transmission produit, à partir de ces informations et de stratégies de gestion enregistrées en mémoire, des signaux 40 de pilotage et/ou de consigne qui sont appliqués au système 32 de pilotage du moteur 10, et des signaux 42 de consigne appliqués au module 28 de pilotage en couple de l'embrayage 14A, 14B, les signaux 42 comprenant un signal de consigne de couple transmissible par l'embrayage 14A, 14B.

Le module 28 de pilotage en couple de l'embrayage 14A, 14B recevant ces signaux 42 et les informations 34 fournies par le moteur 10, la boîte de vitesses 18 et le reste du véhicule 22, produit un signal 44 de commande du module 26 de pilotage de l'actionneur 24A, 24B, le signal 44 étant un signal de consigne du paramètre de commande de l'embrayage 14A, 14B tel par exemple que la position " $P_A$ ,  $P_B$ " de la butée d'embrayage.

Le module 26 de pilotage de l'actionneur 24A, 24B reçoit ce signal de consigne 44, les informations 34 fournies par le

moteur 10, la boîte de vitesses 18 et le reste du véhicule 22 et des informations 36 relatives à l'embrayage 14A, 14B et à son actionneur 24A, 24B et produit un signal 46 de commande de l'actionneur 24A, 24B.

5 On a illustré plus en détail à la figure 2 le module de pilotage en couple 28, qui reçoit un signal 42 de consigne de couple transmissible par les moyens d'accouplement 14A, 14B et qui produit un signal 44 de consigne d'un paramètre de commande appliqué au module 26 de pilotage de l'actionneur  
10 24A, 24B.

Comme représenté à la figure 4, le signal 44 de consigne du paramètre de commande est produit à partir d'une courbe non linéaire apprise 48 qui est une courbe de variation du signal de consigne du paramètre de commande des moyens d'accouplement  
15 14A, 14B en fonction du signal 44, c'est-à-dire du couple transmissible désiré. Cette courbe 48 est l'inverse d'une courbe (non représentée) de variation du couple qui est transmis par les moyens d'accouplement 14A, 14B en fonction de son paramètre de commande, qui est par exemple la position " $P_A$ ,  $P_B$ " de la  
20 butée d'embrayage.

On voit que la courbe 48 n'est pas une variation linéaire du paramètre de commande et que sa pente varie entre ses extrémités d'une valeur faible à une valeur élevée. En outre, la courbe 48 varie d'un véhicule à l'autre en raison des dispersions  
25 de fabrication des composants de l'embrayage 14A, 14B, elle varie aussi en fonction du temps, en raison notamment des variations de température de ses composants, de leur degré d'usure, des caractéristiques des composants du mécanisme d'embrayage 14A, 14B.

30 La courbe caractéristique 48 utilisée par le module 28 de pilotage en couple est une courbe apprise, déterminée par calcul à partir de valeurs mesurées ou estimées du couple transmis et du paramètre de commande et d'un modèle mathématique simple

de la courbe caractéristique, ce qui permet de suivre l'évolution de cette courbe caractéristique et de prendre en compte les variations des paramètres qui la déterminent.

Selon les enseignements de l'invention, le module 28 de pilotage en couple comporte des moyens (non représentés) de mesure de variables d'état mesurées "Y" de la chaîne de transmission 13, les variables d'état mesurées "Y" n'étant représentative que partiellement de l'état dynamique actuel de la chaîne de transmission 13.

Par exemple, les variables d'état mesurées "Y" sont la vitesse de rotation " $\omega_m$ " de l'arbre moteur 12, la vitesse de rotation " $\omega_A, \omega_B$ " de chaque arbre d'entrée 16A, 16B, et la vitesse de rotation " $\omega_v$ " de l'arbre de sortie 20.

Le module de pilotage en couple 28 comporte en outre des moyens de mesure de variables d'excitation "U" de la chaîne de transmission 13 telles que le couple moteur "Tm", la position " $P_A, P_B$ " des butées d'actionneur 24A, 24B, les rapports de transmission " $Q_A, Q_B$ " engagés dans la boîte de vitesses 18.

Selon une variante non représentée de l'invention, lorsque le moteur 10 est formé par un moteur électrique de traction, il est commandé en couple par un dispositif électronique de commande (non représenté). Le couple moteur "Tm" du vecteur d'excitation "U" peut ainsi être communiqué directement au module de pilotage 28 par le dispositif électronique de commande du moteur.

Selon une autre variante non représentée de l'invention, lorsque le moteur 10 est formé par un moteur électrique de traction agissant en coordination avec un moteur thermique, le vecteur d'excitation "U" contient à la fois l'information de couple Tme délivré par le moteur électrique et l'information de couple Tmt délivré par le moteur thermique.

Le module de pilotage en couple 28 comporte en outre un observateur d'états 50. Il s'agit ici d'un observateur d'états 50 dit "de Luenberger".

L'observateur d'états 50 met en œuvre un modèle mathématique dynamique 52 simulant le comportement dynamique de tous les organes tournants de la chaîne de transmission 13 du véhicule automobile.

5 L'observateur d'états 50 est représenté plus en détail à la figure 5. Il est susceptible de calculer, à partir de ce modèle mathématique 52, une estimation de variables d'état "X\*" représentatives de l'état dynamique actuel complet de la chaîne de transmission 13 à partir des variables d'état mesurées "Y", des  
10 variables d'excitation mesurées "U" et de l'estimation précédente des variables d'état "X\*", en correspondance avec une matrice d'évolution "A".

Par état dynamique complet, on comprend que l'observateur d'états 50 permet d'estimer à tout moment l'état  
15 dynamique de chacun des arbres de la chaîne de transmission 13, et notamment leur vitesse de rotation " $\omega$ " ainsi que les couples "T" qui transitent.

Le modèle mathématique dynamique 52 utilisé est représenté à la figure 4.

20 De manière à prendre en compte la présence des deux moyens d'accouplement 14A, 14B qui sont susceptibles d'être commandés indépendamment l'un de l'autre, la chaîne de transmission 13 est ici modélisée par deux chaînes parallèles fictives de transmission 13A, 13B.

25 Chaque chaîne fictive de transmission 13A, 13B comporte un embrayage 14A, 14B avec l'arbre moteur 12 commun, un arbre d'entrée 16A, 16B, une boîte de vitesses 18, et un arbre fictif de sortie 20A, 20B.

30 D'un point de vue cinématique, la somme des vitesses de rotations des arbres fictif de sortie 20A, 20B est égale à la vitesse de rotation de l'arbre réel de sortie 20, et le moment d'inertie de chaque arbre fictif de sortie 20A, 20B est égale au moment d'inertie de l'arbre réel de sortie 20. En revanche du point de vue

du couple résistant transmis à chaque arbre d'entrée 16A, 16B par l'intermédiaire de la boîte de vitesses 18, chaque arbre fictif de sortie 20A, 20B est considéré indépendamment.

Ainsi, le modèle dynamique 52 comporte une décomposition de l'arbre de sortie 20 en au moins deux arbres fictifs de sortie 20A, 20B dont chacun est associé à un arbre d'entrée 16A, 16B afin de simuler la répartition du couple résistant de l'arbre de sortie 20 sur chacun des arbres d'entrée 16A, 16B en prenant en compte le rapport de transmission "Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>" engagé dans la boîte de vitesses 18.

Les équations différentielles du modèle mathématique dynamique 52 sont établies en appliquant le principe fondamental de la dynamique à chaque arbre.

Ainsi, le moment d'inertie "J<sub>m</sub>" du moteur 10 multiplié par l'accélération de la rotation de l'arbre moteur 12 est égale au couple moteur "T<sub>m</sub>" auquel on retranche un couple de frottement visqueux du moteur 10, d'une part, et la somme des couples transmis par chacun des moyens d'accouplement "T<sub>ca</sub>, T<sub>cb</sub>", d'autre part. Cette égalité est représentée à l'équation "EQ1" suivante :

$$(EQ1) : J_m \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - f_m \cdot \omega_m - T_{ca} - T_{cb}$$

Chaque couple transmis "T<sub>ca</sub>, T<sub>cb</sub>" est calculé à partir du couple transmissible "C<sub>ta</sub>, C<sub>tb</sub>" qui est lui-même déduit de la position "P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>" de chaque actionneur 24A, 24B par lecture de la courbe apprise 48.

La connaissance de la valeur du couple transmissible "C<sub>ta</sub>(P<sub>A</sub>), C<sub>tb</sub>(P<sub>B</sub>)" en fonction de la position "P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>" de chaque actionneur 24A, 24B est biaisée. En d'autres termes il y a un écart entre la valeur du couple transmissible "C<sub>ta</sub>(P<sub>A</sub>), C<sub>tb</sub>(P<sub>B</sub>)" considéré dans le modèle et sa valeur réelle. Ce biais est par

exemple dû à l'usure et aux conditions d'utilisation des moyens d'accouplement.

Un facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " permet de modéliser ce biais. Le couple transmissible " $C_{ta}, C_{tb}$ " est ainsi corrigé par le  
 5 facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " qui peut être soit additif soit multiplicatif.

Comme c'est généralement le cas pour tout biais d'estimation, ce facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " est considéré comme variant très lentement dans le temps par rapport au pas  
 10 de temps de calcul d'une estimation, de telle sorte que sa dérivée par rapport au temps est considérée comme nulle, comme indiqué ci-dessous dans l'équation "E2" pour le premier embrayage 14A.

$$(EQ2) : \frac{d\alpha_a}{dt} = 0$$

15

Le couple effectivement transmis " $T_{ca}, T_{cb}$ " est alors calculé en pondérant le couple transmissible " $C_{ta}, C_{tb}$ " ainsi corrigé par un facteur de glissement " $g_a, g_b$ ". Le facteur de glissement " $g_a, g_b$ " est obtenu en fonction de variables d'état  
 20 estimées " $X^*$ " par l'observateur d'états 50 comprenant l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " et la vitesse de glissement " $\omega_{gA}, \omega_{gB}$ ". La vitesse de glissement " $\omega_{gA}, \omega_{gB}$ " est égale à la différence de vitesses de rotation " $\omega_m - \omega_A$ ", " $\omega_m - \omega_B$ " entre l'arbre moteur 12 et l'arbre associé d'entrée 16A, 16B. Le facteur de glissement " $g_a,$   
 25  $g_b$ " est borné entre -1 et +1. Le facteur de glissement " $g_a, g_b$ " est ainsi calculé selon l'équation "EQ3" suivante, qui est ici appliquée au premier embrayage 14A.

$$(EQ3) : g_a = [K\omega_a \cdot \omega_{ga} + KA_a \cdot \alpha_{ga}]_{-1}^{+1}$$

30 Dans cette équation "EQ3", les facteurs suivants ont été employés :

- " $K\alpha_a$ " représente la raideur de l'embrayage 14A, 14B lorsqu'il est dans un état embrayé de manière non glissante ;

- " $K\omega_a$ " représente le coefficient d'amortissement de l'embrayage 14A, 14B lorsqu'il est embrayé de manière non glissante.

Ainsi, lorsque le couple " $T_m$ " fourni par l'arbre moteur 12 est supérieur au couple transmissible " $C_{ta}, C_{tb}$ " corrigé, il y a glissement des moyens d'accouplement et le couple effectivement transmis " $T_{ca}, T_{cb}$ " est bien égal au couple transmissible " $C_{ta}, C_{tb}$ " corrigé. Le facteur de glissement " $g_a, g_b$ " est alors égal à +1 ou -1 en fonction du sens de glissement.

La dérivée par rapport au temps de l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " est égale à la vitesse de glissement " $\omega_{gA}, \omega_{gB}$ " de l'embrayage 14A, 14B considéré, comme indiqué dans l'équation "E4" pour le premier embrayage 14A.

$$(EQ4) : \frac{d\alpha_{ga}}{dt} = \omega_{ga}$$

Le couple effectivement transmis " $T_{ca}, T_{cb}$ " est ainsi calculé selon l'une des équations suivantes en fonction du choix d'un facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " additif ou multiplicatif comme indiqué dans les équations "EQ5" suivantes pour le premier embrayage 14A.

$$(EQ5) : T_{ca} = [C_{ta}(P_a) + \alpha_a] \cdot g_a$$

ou

$$T_{ca} = [C_{ta}(P_a) \cdot \alpha_a] \cdot g_a$$

Le couple d'embrayage transmis " $T_{ca}, T_{cb}$ " est ainsi calculé en fonction de la vitesse de rotation " $\omega_A, \omega_B$ " de chacun des arbres d'entrée 16A, 16B. Cette vitesse de rotation " $\omega_A, \omega_B$ "

est estimée au moyen du modèle dynamique 52 représenté à la figure 4.

Dans le cas où les moyens d'accouplement sont embrayés de manière non glissante, cela signifie que le couple effectivement transmis "Tca, Tcb" est égal au couple moteur "Tm". Cela signifie en outre que le couple moteur "Tm" et le couple transmis "Tca, Tcb" sont inférieurs ou égaux au couple transmissible "Cta, Ctb". Le facteur de glissement "g<sub>a</sub>, g<sub>b</sub>" simule alors le comportement la raideur et l'amortissement permettant de synchroniser la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée "ω<sub>A</sub>, ω<sub>B</sub>" avec la vitesse de rotation de l'arbre moteur "ω<sub>m</sub>". Cela revient à asservir la vitesse de rotation de l'arbre moteur "ω<sub>m</sub>" avec l'une des vitesses de sortie "ω<sub>A</sub>, ω<sub>B</sub>" de l'embrayage. Le facteur de glissement "g<sub>a</sub>, g<sub>b</sub>" peut ainsi être vu comme un régulateur proportionnel et intégral saturé entre +1 et -1.

En outre lorsque l'un des embrayages 14A, 14B est en état débrayé, le facteur de glissement "g<sub>a</sub>, g<sub>b</sub>" est égal à zéro.

En appliquant le principe fondamental de la dynamique à chaque arbre d'entrée 16A, 16B on obtient ainsi que le produit de l'accélération de la rotation de l'arbre d'entrée 16A, 16B par le moment d'inertie dudit arbre est égal au couple transmis "Tca, Tcb" par l'embrayage 14A, 14B auquel on ôte un couple de frottement visqueux dudit arbre d'entrée 16A, 16B et auquel on ôte un couple résistant "Tpa, Tpb" exercé par l'arbre fictif associé de sortie 20A, 20B sur l'arbre d'entrée 16A, 16B via la boîte de vitesses 18. Ainsi, pour le premier arbre d'entrée 16A, on obtient l'équation "EQ6" suivante :

$$(EQ6) : J_a \frac{d\omega_a}{dt} = T_{ca} - f_a \cdot \omega_a - T_{pa}$$

30

Le couple résistant "Tpa, Tpb" de l'arbre fictif de sortie 20A, 20B est calculé en fonction du couple transmis "Tta, Ttb" par

l'arbre fictif de sortie 20A, 20B pondéré par le rapport de transmission "Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>" engagé entre l'arbre d'entrée 16A, 16B et l'arbre fictif de sortie 20A, 20B. Ainsi, pour le premier arbre d'entrée 16A, on obtient l'équation "EQ7" suivante :

5

$$(EQ7) : T_{pa} = q_a \cdot T_{ta}$$

Pour calculer le couple "T<sub>ta</sub>, T<sub>tb</sub>" de l'arbre fictif associé de sortie 20A, 20B, l'arbre fictif de sortie 20A, 20B est considéré  
10 comme un ressort de torsion de raideur "k<sub>ta</sub>" et de coefficient d'amortissement "λ<sub>ta</sub>". On estime alors le couple "T<sub>ta</sub>, T<sub>tb</sub>" transitant par l'arbre fictif de sortie 20A, 20B de manière dépendante d'un angle de torsion "α<sub>tA</sub>, α<sub>tB</sub>" dudit arbre. Il s'agit bien entendu d'un angle fictif qui sera estimé par l'observateur  
15 d'états 50, mais qu'il est impossible de mesurer réellement. Le couple "T<sub>ta</sub>, T<sub>tb</sub>" de l'arbre fictif de sortie 20A, 20B est ainsi égal au produit de la raideur par l'angle de torsion "α<sub>tA</sub>, α<sub>tB</sub>" auquel on additionne le produit du coefficient d'amortissement par la dérivée par rapport au temps de l'angle de torsion "α<sub>tA</sub>, α<sub>tB</sub>". Ainsi, le  
20 couple du premier arbre fictif de sortie 20A et calculé selon l'équation "EQ8" suivante :

$$(EQ8) : T_{ta} = kt_a \cdot \alpha_{ta} + \lambda_{ta} \frac{d\alpha_{ta}}{dt}$$

25 La dérivée par rapport au temps de l'angle de torsion "α<sub>tA</sub>, α<sub>tB</sub>" est elle-même égale à la différence entre la vitesse de rotation "ω<sub>A</sub>, ω<sub>B</sub>" de l'arbre d'entrée 16A, 16B pondéré par le rapport de transmission "Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>" engagé et la vitesse de rotation "ω<sub>v</sub>" de l'arbre de sortie 20, c'est-à-dire la vitesse du véhicule.  
30 Ainsi, pour le premier arbre fictif de sortie 20A, on obtient d'équation "EQ9" suivante :

$$(EQ9) : \frac{d\alpha_{ta}}{dt} = q_a \cdot \omega_a - \omega_v$$

Enfin, le modèle des arbres fictifs de sortie 20A, 20B du véhicule automobile permet de déterminer la vitesse " $\omega_v$ " du véhicule automobile pour en déduire les couples "Tta, Ttb" transitant dans les arbres fictifs de sortie 20A, 20B.

Ainsi, en appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'essieu des roues motrice du véhicule, on obtient que le produit du moment d'inertie du véhicule par l'accélération de la rotation de l'essieu est égal à la somme des couples "Tta, Ttb" transitant par les arbres fictifs de sortie 20A, 20B à laquelle on ôte un couple de frottement visqueux et la charge du véhicule "TI". Cette égalité est retranscrite dans l'équation "EQ10" suivante :

15

$$(EQ10) : J_v \frac{d\omega_v}{dt} = T_{ta} + T_{tb} - f_v \cdot \omega_v - T_l$$

En considérant que la commande des moyens d'accouplement est réalisée dans un laps de temps très court par rapport à la variation de la charge du véhicule, les équations du modèle 52 sont simplifiées en posant que la dérivée par rapport au temps de la charge est nulle comme indiqué dans l'équation "EQ11" suivante.

$$(EQ11) : \frac{dT_l}{dt} = 0$$

25

Selon une variante de réalisation de l'invention, la charge du véhicule est calculée en fonction de la pente " $\delta$ " de la route, de la résistance au roulement du véhicule et du rayon de ses roues motrices, en posant comme hypothèse simplificatrice que la

30

variation de la pente " $\delta$ " dans le temps est négligeable, comme indiqué dans les équations "EQ12" suivantes.

$$\text{EQ12 : } J_v \frac{d\omega_v}{dt} = T_{ta} + T_{tb} - f_v \cdot \omega_v - \frac{J_v}{R} (kr + \delta)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = 0$$

Dans l'équation "EQ12", les termes suivant ont été employés :

- "R" représente le rayon de roulage d'une roue du véhicule ;

- "Jv" représente l'inertie du véhicule en prenant en compte la masse du véhicule ramenée à la roue, l'inertie des roues et les autres masses montées en aval des arbres de transmission 12, 16A, 16B, 20.

On obtient ainsi un système d'équations différentielles qui forme un modèle d'états 52 qui peut être entièrement défini à partir d'un nombre déterminé de variables d'état qui, par la suite, seront réunies dans un vecteur noté "X".

Le vecteur d'états "X" comporte ici la vitesse de rotation " $\omega_m$ " de l'arbre moteur 12, la vitesse de rotation " $\omega_A, \omega_B$ " de chaque arbre d'entrée 16A, 16B, la vitesse de rotation " $\omega_v$ " de l'arbre de sortie 20, le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " de chaque embrayage 14A, 14B, l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " de chaque embrayage 14A, 14B, l'angle fictif de torsion " $\alpha_{tA}, \alpha_{tB}$ " de chaque arbre fictif de sortie 20A, 20B ainsi que la charge du véhicule "TI" ou la pente " $\delta$ " de la route.

Sous forme vectorielle, l'équation d'états peut donc s'écrire comme l'égalité entre, d'une part, la dérivée par rapport au temps du vecteur d'états "X" et, d'autre part, le produit d'une matrice d'évolution "A" par le vecteur d'état "X" additionné du produit entre une matrice d'excitation "B" et le vecteur d'excitation "U". Le

vecteur d'excitation ne comporte ici que le couple moteur "Tm". Cette égalité est retranscrite dans l'équation "EQ13" suivante :

$$(EQ13) : \frac{dX}{dt} = A \cdot X + B \cdot U$$

5

Le vecteur d'état estimé est ainsi obtenu en intégrant, via un intégrateur 54, la somme, effectuée via un sommateur 56, du produit de la matrice d'évolution "A" par le vecteur d'état "X" et du produit entre la matrice d'excitation "B" et le vecteur d'excitation "U".

10

Les matrices d'évolution "A" et d'excitation "B" sont des matrices dont chaque terme est déduit du système d'équations différentielles précédemment énoncées. Ces termes peuvent être variables en fonction de grandeurs, estimées ou mesurées décrivant l'état de fonctionnement du véhicule tels que la position "P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>" des butées d'embrayage et les rapports de transmission "Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>" engagées

15

Pour pouvoir utiliser ce modèle 52 dans un calculateur numérique, il est connu de discrétiser l'équation d'état "EQ13" précédente qui est à temps continu, pour passer à une équation d'état "EQ13" à temps échantillonné. Il existe plusieurs méthodes de discrétisation connues qui ne seront pas décrites plus en détail, telles que la méthode d'Euler explicite ou la méthode de Tustin.

20

Le modèle mathématique 52 permet donc d'estimer par anticipation les couples "T" et les vitesses " $\omega$ " de chaque arbre à chaque pas de temps.

25

L'observateur d'états 50 comporte en outre, comme illustré à la figure 5, des moyens de correction qui corrigent l'estimation "X\*" suivante des variables d'état en soustrayant, au moyen d'un comparateur, le produit d'une matrice de correction "L" par la différence entre les variables d'état mesurées "Y" et les variables

30

d'état estimées correspondantes "Y\*". Ainsi l'équation EQ13 devient l'équation "EQ14" suivante :

$$(EQ14) : \frac{dX^*}{dt} = A \cdot X^* + B \cdot U - L \cdot (Y - Y^*)$$

5

La différence entre les variables d'état mesurées "Y" et les variables d'état estimées correspondantes "Y\*" est effectuée via un comparateur 58.

Les variables d'états estimées "Y\*" sont calculées en multipliant le vecteur d'état estimé "X\*" par une matrice de mesure "C".

Le choix des termes de la matrice de correction "L" est effectué de manière que l'erreur d'estimation entre le vecteur d'états réels "X" et le vecteur d'états estimés "X\*" converge vers zéro dans un laps de temps fini.

Le module de pilotage en couple 28 comporte aussi des moyens de régulation 60 de la consigne de couple 42 par comparaison, via un comparateur 62, avec un couple estimé 42E calculé, par un module de calcul 64, à partir des variables d'état estimées "X\*" par l'observateur d'états 50.

Les moyens de régulation 60 peuvent également être shunté lorsque les conditions de fonctionnement exigent une réponse immédiate. A cet effet, les moyens de régulation 60 comportent un interrupteur 61 qui permet le fonctionnement en boucle ouverte, c'est-à-dire que la consigne de couple 42 est transmise directement au module de pilotage de l'actionneur 26 sans être régulée.

La consigne de couple 42 peut être une consigne de couple transmis ou de couple transmissible.

Le choix des termes de la matrice de correction "L" est avantageusement effectué de manière que la convergence du vecteur d'états estimé vers le vecteur d'état réel soit plus rapide,

par exemple 3 à 5 fois plus rapide, que le pas de temps entre deux régulations de la consigne de couple 42. Les méthodes de détermination des termes de la matrice de correction "L" sont bien connus de l'homme du métier et ne seront donc pas décrit plus en  
5 détail par la suite.

Cependant, le temps de convergence est déterminé de manière à ne pas être trop rapide afin d'éviter une trop grande sensibilité aux bruits de mesure.

Ainsi, la consigne de couple 42 peut être réglée avec un  
10 couple estimé 42E très proche du couple réel, l'estimation du couple étant robuste.

Comme représenté à la figure 5, le vecteur d'état estimé "X\*" est calculé en effectuant uniquement une opération d'intégration via l'intégrateur. Ainsi, les éventuels bruits de  
15 mesure n'ont que peu, voire pas d'influence sur le calcul du vecteur d'état estimé "X\*".

En outre, l'estimation du facteur d'adaptation " $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ " permet de faire évoluer par apprentissage, comme représenté à la référence 66 de la figure 2, la courbe 48 caractéristique de  
20 chaque embrayage 14A, 14B.

Par ailleurs, il est possible de simplifier considérablement les calculs, et donc de raccourcir le temps de calcul du vecteur d'états estimés, en adaptant les calculs à effectuer en fonction des conditions de fonctionnement de la chaîne de transmission  
25 13.

Ainsi, les moyens d'accouplement sont susceptibles d'être embrayés ou débrayés en fonction de la position " $P_A$ ,  $P_B$ " des butées d'embrayage, et lorsqu'ils sont embrayés, le couple moteur "Tm" peut être transmis à l'arbre d'entrée 16A, 16B associé avec  
30 ou sans glissement.

Lorsque l'embrayage 14A, 14B est déterminé comme étant débrayé en fonction de la position " $P_A$ ,  $P_B$ " de la butée d'embrayage, il n'est pas nécessaire de calculer les variables

d'état relatives audit embrayage 14A, 14B, tels que le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " ou l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ ", pour pouvoir calculer les autres variables d'état.

Par la suite, les variables d'état calculées sont appelées variables d'état actives et les variables d'état qui ne sont pas calculées sont appelées variables d'état inactives.

Dans cette première situation, le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " ou l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " forment des variables d'état inactives.

De même, si l'embrayage 14A, 14B est dans un état embrayé de manière glissante, l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " n'a aucune influence sur l'estimation des autres états du modèle mathématique 52. Il n'est donc pas nécessaire de le calculer. Ainsi, dans ce cas, l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " forme une variable d'état inactive.

En outre, si l'embrayage 14A, 14B est dans un état embrayé de manière non glissante, le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " de l'embrayage et l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " jouent le même rôle et sont donc redondant. Il est ainsi possible de reporter toutes les variations sur l'angle de glissement " $\alpha_{gA}, \alpha_{gB}$ " de manière à se dispenser du calcul du facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ ". Ainsi, dans ce cas, le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " forme une variable inactive.

De plus, si aucun rapport de transmission " $Q_A, Q_B$ " n'est engagé entre un arbre d'entrée 16A, 16B et l'arbre de sortie 20, aucun couple n'est transmis entre ces deux arbres. Il n'est alors pas utile de calculer l'angle de torsion " $\alpha_{tA}, \alpha_{tB}$ " de l'arbre fictif de sortie 20A, 20B associé à cet arbre d'entrée 16A, 16B pour pouvoir estimer les autres variables d'état. Ainsi, dans ce cas, l'angle de torsion " $\alpha_{tA}, \alpha_{tB}$ " de l'arbre fictif de sortie 20A, 20B forme une variable inactive.

Ainsi, le module de pilotage en couple 28 comporte un module de sélection 68 qui active une sélection de variables

d'état déterminées suivant les conditions de fonctionnement de la chaîne de transmission 13 et les conditions d'observabilité du modèle dynamique 52, seule la sélection de variables d'état activées étant estimée.

5 Les variables d'état inactives sont bloquées à leur dernière valeur.

Selon une variante de réalisation de l'invention, les variables d'état inactives sont réinitialisées à une valeur de référence instantanément ou progressivement. La vitesse de réinitialisation de chaque variable d'état inactive peut être définie  
10 en fonction de la nature de la variable en question.

Plus particulièrement, plusieurs matrices d'évolution "A(i)" et de correction "L(i)" calculées par avance pour chacune des situations ou combinaisons de situations décrites précédemment  
15 sont mémorisées dans le module de sélection 68.

Chaque matrice d'évolution "A(i)" et chaque matrice de correction "L(i)" est sélectionnée en fonction des valeurs mesurées et/ou estimées pour chaque combinaison de variables d'état active de manière à prendre en compte les différentes  
20 combinaisons des situations décrites précédemment.

Le module de commande en couple réalisé selon les enseignements de l'invention permet d'obtenir une estimation fiable de l'état dynamique de la chaîne de transmission à tout moment grâce à l'observateur d'états.

25 Le vecteur d'état estimé "X\*" calculé par l'observateur 50 permet de piloter les embrayages 14A, 14B avec une grande précision en prenant en compte le glissement des embrayages 14A, 14B.

En outre, le vecteur d'état estimé "X\*" calculé par  
30 l'observateur 50 permet d'identifier de manière fiable et précise l'évolution, due par exemple à l'usure, des courbes caractéristiques 48 de chaque embrayage 14A, 14B.

Par ailleurs, le vecteur d'état estimé "X\*" peut aussi  
avantageusement être utilisé pour informer d'autres organes de  
calcul du véhicule de l'état de la chaîne de transmission. Par  
exemple, la pente de la route " $\delta$ " et/ou la charge du véhicule "TI"  
5 peuvent être communiqués au module de supervision 30 pour  
réguler des stratégies de commande en couple des moyens  
d'accouplement 14A, 14B et/ou du moteur 10 et/ou des  
changement de rapport de transmission "Qa, Qb" de la boîte de  
vitesses 18.

10 En outre, lors de l'activation du module de pilotage en  
couple 28, les valeurs initiales des variables mesurées "Y" sont  
directement utilisées comme valeurs initiales des variables  
correspondantes du premier vecteur d'état estimé "X\*" juste après  
l'activation. Ainsi, le temps de convergence de l'observateur est  
15 avantageusement raccourci lors de l'initialisation de l'activation  
du module de pilotage en couple 28, notamment lors du  
démarrage du véhicule.

Selon une variante non représentée de l'invention, la  
vitesse d'estimation du vecteur d'état estimé "X\*" peut être encore  
20 augmentée en mémorisant les valeurs des variables actives du  
vecteur d'état estimé "X\*" pour des conditions de fonctionnement  
déterminées de la chaîne de transmission 13. Les conditions de  
fonctionnement sont notamment déterminées en fonction des  
valeurs du vecteur d'excitation "U" et/ou des variables d'état  
25 mesurées "Y". Le vecteur d'état "X\*" ainsi mémorisé peut ainsi  
être réutilisé comme dérivée du vecteur d'état initial à intégrer  
lorsque les conditions de fonctionnement déterminées se  
présentent à nouveau. Ainsi, le calcul de la dérivée du vecteur  
d'état " $dX/dt$ " est remplacé par un rappel du vecteur d'état "X\*"  
30 mémorisé qui est plus rapide que le calcul.

L'invention a été décrite pour une chaîne de transmission  
comportant à des moyens d'embrayage à friction formant un  
double embrayage à sec ou humide. On comprendra cependant

que l'invention est aussi applicable pour des moyens d'embrayage, simples ou doubles, d'autres types tels qu'à verrouillage, à poudre, à papier, à couplage magnétique...

## REVENDEICATIONS

1. Module de pilotage en couple (28) d'au moins deux moyens d'accouplement à friction (14A, 14B) entre un arbre moteur (12) commun et un arbre associé (16A, 16B) d'entrée de  
5 boîte de vitesses (18) appartenant à une chaîne de transmission (13) d'un véhicule automobile, la chaîne de transmission (13) comportant au moins les organes suivants :

- l'arbre moteur (12) qui fournit un couple moteur ( $T_m$ ) ;
- chaque moyen d'accouplement (14A, 14B) qui est  
10 actionné par un actionneur (24A, 24B) ;

- chaque arbre associé (16A, 16B) d'entrée de boîte de vitesses (18) qui est susceptible d'être accouplé à l'arbre moteur (12) par le moyen d'accouplement (14A, 14B) associé ;

- un arbre de sortie (20) de boîte de vitesses (18) qui est  
15 entraîné en rotation par chaque arbre d'entrée (16A, 16B) ;

- une boîte de vitesses (18) qui est susceptible d'être pilotée de manière à changer le rapport de transmission ( $Q_a$ ,  $Q_b$ ) entre chaque arbre d'entrée (16A, 16B) et l'arbre de sortie (20) ;

le module de pilotage du moyen d'accouplement en couple  
20 (28) déterminant une valeur de consigne (44) d'une grandeur physique de commande de l'actionneur (24A, 24B) de chaque moyen d'accouplement (14A, 14B) à partir d'une consigne de couple (42) et de grandeurs physiques mesurées sur la chaîne de transmission (13) ;

25 le module de pilotage (28) comportant :

- des moyens de mesure de variables d'état mesurées ( $Y$ ) de la chaîne de transmission (13), les variables d'état mesurées ( $Y$ ) étant représentative de l'état dynamique actuel partiel de la chaîne de transmission (13) ;

- des moyens de mesure de variables de commande ( $U$ ,  $Q_a$ ,  $Q_b$ ,  $P_a$ ,  $P_b$ ) de la chaîne de transmission (13) ;

- un observateur (50), notamment du type observateur de Luenberger, mettant en œuvre un modèle mathématique

dynamique (52) simulant le comportement dynamique desdits organes de la chaîne de transmission (13) du véhicule automobile, et qui est susceptible de calculer une estimation de variables d'état ( $X^*$ ) représentatives de l'état dynamique actuel  
5 complet de la chaîne de transmission (13) à partir des variables d'état mesurées ( $Y$ ), des variables de commande mesurées ( $U$ ) et de l'estimation précédente des variables d'état ( $X^*$ ), en correspondance avec une matrice d'évolution ( $A$ ) ;

- des moyens de correction ( $L$ ) appartenant à l'observateur  
10 (50) qui corrigent l'estimation précédente ( $X^*$ ) des variables d'état en soustrayant le produit d'une matrice de correction ( $L$ ) par la différence entre les variables d'état mesurées ( $Y$ ) et les variables d'état estimées ( $Y^*$ ) correspondantes ;

- des moyens de régulation (60) de la consigne de couple  
15 (42) par comparaison avec un couple estimé (42E) calculé à partir des variables d'état estimées ( $X^*$ ) par l'observateur (50),

caractérisé en ce que le modèle dynamique (52) comporte une décomposition de l'arbre de sortie (20) en au moins deux arbres fictifs de sortie (20A, 20B) dont chacun est associé à un  
20 arbre d'entrée (16A, 16B) afin de simuler la répartition du couple résistant ( $T_{pa}$ ,  $T_{pb}$ ) de l'arbre de sortie (20) sur chacun des arbres d'entrée (16A, 16B) en prenant en compte le rapport de transmission ( $Q_a$ ,  $Q_b$ ) engagé dans la boîte de vitesses (18).

2. Module (28) selon la revendication précédente,  
25 caractérisé en ce que la somme des vitesses de rotation de chaque arbre fictif de sortie (20A, 20B) est égale à la vitesse de rotation de l'arbre réel de sortie (20).

3. Module (28) selon la revendication précédente,  
30 caractérisé en ce que le moment d'inertie de chaque arbre fictif de sortie (20A, 20B) est égal au moment d'inertie de l'arbre réel de sortie (20).

4. Module (28) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un module de

sélection (68) qui active une sélection de variables d'état déterminées suivant des conditions prédéterminées de fonctionnement de la chaîne de transmission (13) et les conditions d'observabilité du modèle dynamique (52), seule la  
5 sélection de variables d'état activées étant estimée.

5. Module (28) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les variables d'état inactives sont bloquées à leur dernière valeur calculée.

6. Module (28) selon la revendication 4, caractérisé en ce  
10 que les variables d'état inactives sont réinitialisées à une valeur de référence instantanément ou progressivement.

7. Module (28) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que plusieurs matrices d'évolution et de correction sont calculés préalablement sont mémorisées dans le  
15 module de sélection (68), chaque matrice d'évolution (A) et chaque matrice de correction (L) étant sélectionnée en fonction de valeurs mesurées (Y, U) et/ou estimées (X) pour chaque combinaison de variables d'état.

8. Module (28) selon l'une quelconque des revendications  
20 précédentes, caractérisé en ce que le modèle dynamique (52) mis en œuvre par l'observateur (50) comporte une modélisation de chaque moyen d'accouplement (14A, 14B) dans lequel le couple transmis (Tca, Tcb) par ledit moyen d'accouplement (14A, 14B) est calculé en multipliant :

25 -le couple transmissible (Cta, Ctb) par le moyen d'accouplement (14A, 14B) déterminé en fonction d'une grandeur de commande (Pa, Pb) du moyen d'accouplement (14A, 14B) ; par

- un facteur d'adaptation ( $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ ) qui constitue une variable d'état non mesurée ( $X^*$ ) estimée précédemment par l'observateur  
30 (50) ; et par

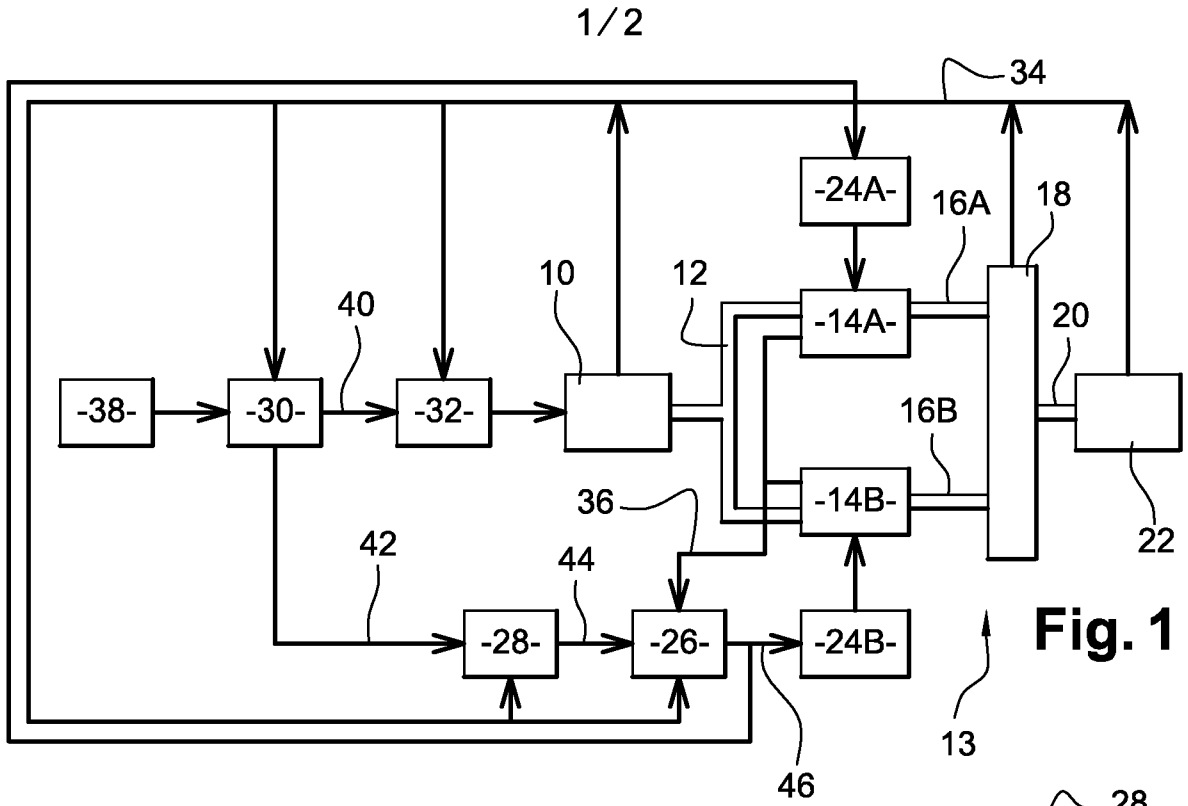
- un facteur de glissement ( $g_a$ ,  $g_b$ ) qui est obtenu en fonction de variables d'état estimées par l'observateur (50) comprenant l'angle de glissement ( $\alpha_{gA}$ ,  $\alpha_{gB}$ ) et la différence

$(\omega_m - \omega_A, \omega_m - \omega_B)$  de vitesse de rotation entre l'arbre moteur et l'arbre associé d'entrée de boîte de vitesses, le facteur de glissement étant borné entre -1 et +1.

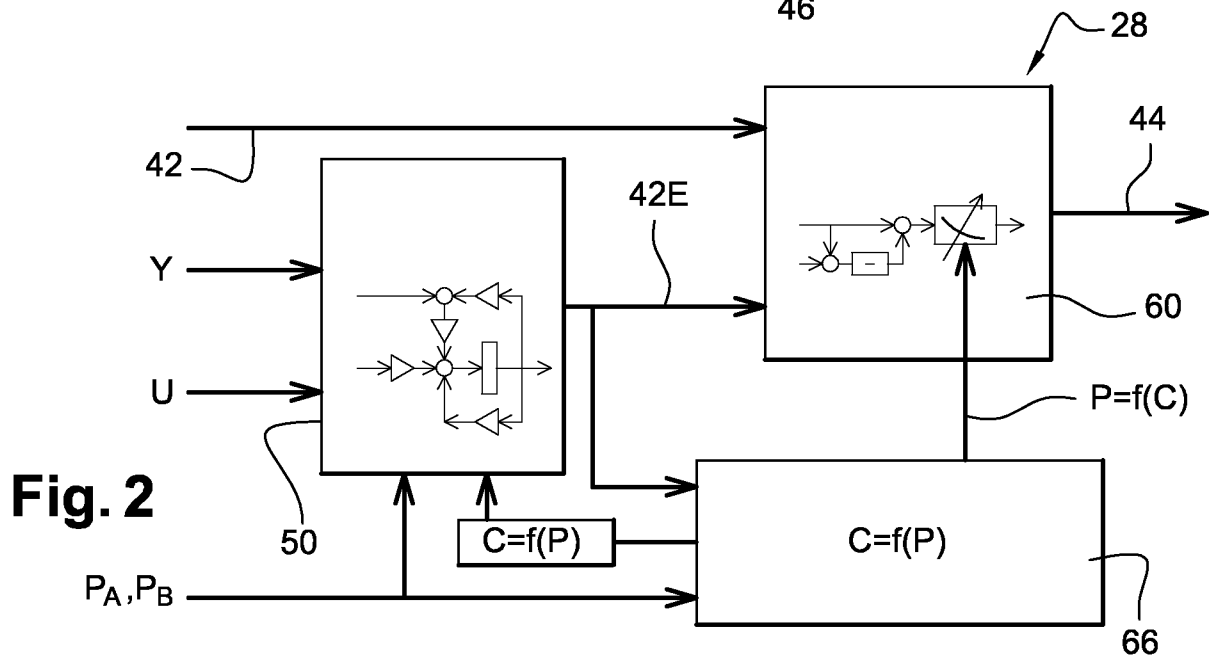
9. Module selon la revendications précédente, caractérisé en ce qu'en cas de glissement du moyen d'accouplement (14A, 14B), le facteur de glissement " $g_a, g_b$ " est égal à +1 ou -1 en fonction du sens de glissement.

10. Module (28) selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que le facteur d'adaptation " $\alpha_A, \alpha_B$ " est considéré comme variant très lentement dans le temps par rapport au pas de temps de calcul d'une estimation, de telle sorte que sa dérivée par rapport au temps est considérée comme nulle.

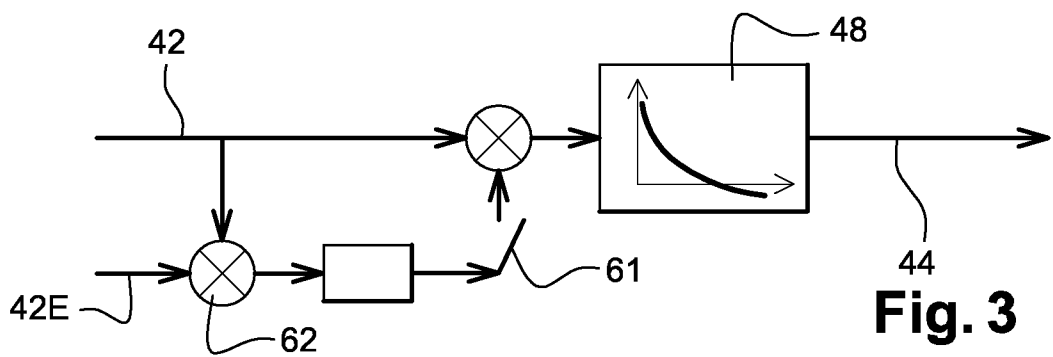
11. Module (28) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la commande des moyens d'accouplement est réalisée dans un laps de temps très court par rapport à la variation de la charge du véhicule, de manière que la dérivée par rapport au temps de la charge soit considérée comme nulle.



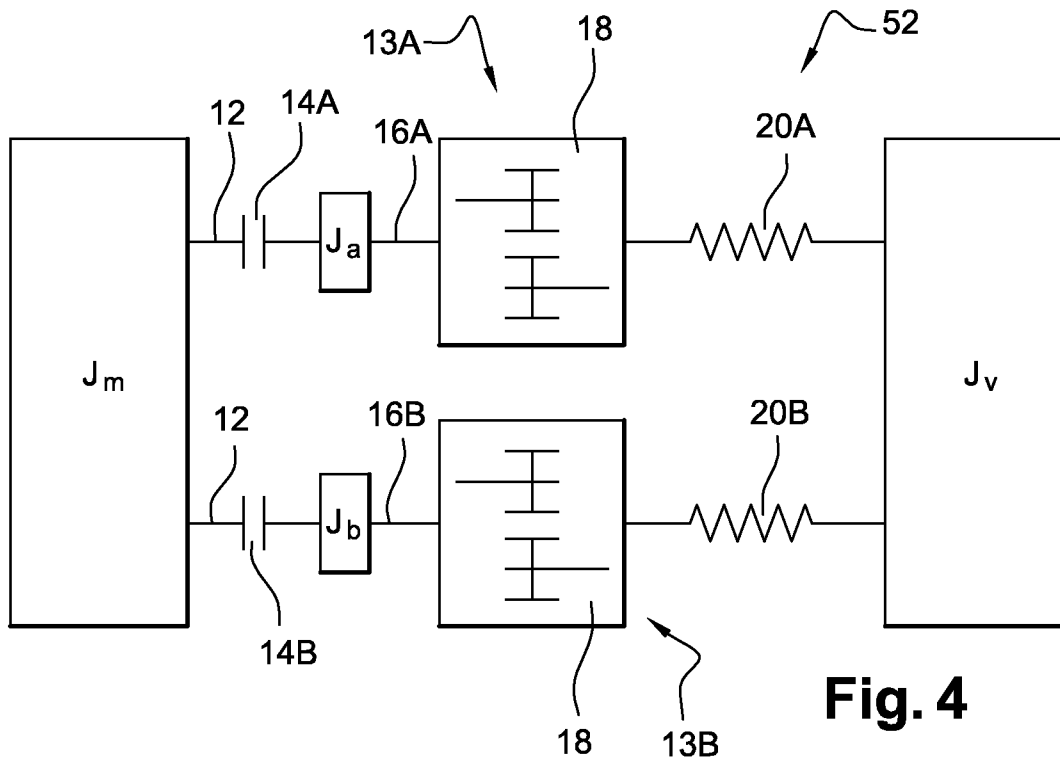
**Fig. 1**



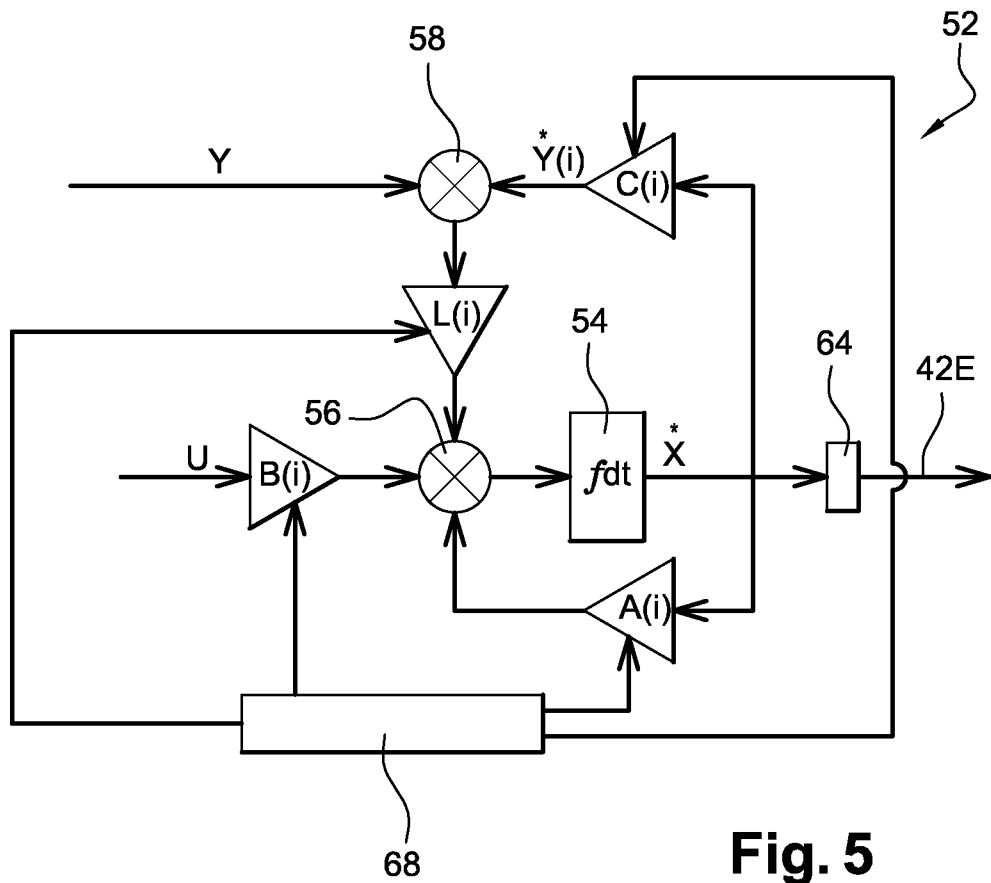
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2009/051414

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. F16D48/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F16D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/130800 A1 (RIEGER CHRISTIAN [DE] ET AL) 16 June 2005 (2005-06-16) paragraphs [0010], [0019], [0046], [0047], [0084] - [0109]; figures 1-3	1-11
X	FR 2 862 732 A (VOLKSWAGEN AG [DE]) 27 May 2005 (2005-05-27) page 12, line 17 - page 18, line 21	1-11
X	DE 10 2006 045858 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 26 April 2007 (2007-04-26) paragraphs [0005], [0008] - [0014], [0022] - [0025]	1-11
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
*E* earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.	
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family	
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search  <p style="text-align: center;">18 November 2009</p>	Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center;">25/11/2009</p>	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <p style="text-align: center;">Giráldez Sánchez, J</p>	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2009/051414

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2007 006799 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 13 September 2007 (2007-09-13) the whole document -----	1-11
A	WO 2007/148203 A (EATON CORP [US]; JOSHI SAMEER ANAND [US]; SURIANARAYANAN ANANTHAKRISHN) 27 December 2007 (2007-12-27) page 5, line 7 - page 13, line 11 -----	1
A	DE 10 2006 014072 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 4 October 2007 (2007-10-04) paragraphs [0003] - [0015] -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2009/051414

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005130800 A1	16-06-2005	NONE	
FR 2862732 A	27-05-2005	NONE	
DE 102006045858 A1	26-04-2007	NONE	
DE 102007006799 A1	13-09-2007	NONE	
WO 2007148203 A	27-12-2007	US 2008147285 A1 US 2007294017 A1	19-06-2008 20-12-2007
DE 102006014072 A1	04-10-2007	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2009/051414

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
INV. F16D48/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
F16D.

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2005/130800 A1 (RIEGER CHRISTIAN [DE] ET AL) 16 juin 2005 (2005-06-16) alinéas [0010], [0019], [0046], [0047], [0084] - [0109]; figures 1-3 -----	1-11
X	FR 2 862 732 A (VOLKSWAGEN AG [DE]) 27 mai 2005 (2005-05-27) page 12, ligne 17 - page 18, ligne 21 -----	1-11
X	DE 10 2006 045858 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 26 avril 2007 (2007-04-26) alinéas [0005], [0008] - [0014], [0022] - [0025] ----- -/--	1-11

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 novembre 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

25/11/2009

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Giráldez Sánchez, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2009/051414

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 2007 006799 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 13 septembre 2007 (2007-09-13) Le document en entier -----	1-11
A	WO 2007/148203 A (EATON CORP [US]; JOSHI SAMEER ANAND [US]; SURIANARAYANAN ANANTHAKRISHN) 27 décembre 2007 (2007-12-27) page 5, ligne 7 - page 13, ligne 11 -----	1
A	DE 10 2006 014072 A1 (LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU [DE]) 4 octobre 2007 (2007-10-04) alinéas [0003] - [0015] -----	1

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2009/051414

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005130800 A1	16-06-2005	AUCUN	
FR 2862732 A	27-05-2005	AUCUN	
DE 102006045858 A1	26-04-2007	AUCUN	
DE 102007006799 A1	13-09-2007	AUCUN	
WO 2007148203 A	27-12-2007	US 2008147285 A1 US 2007294017 A1	19-06-2008 20-12-2007
DE 102006014072 A1	04-10-2007	AUCUN	