

(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
16 mai 2019 (16.05.2019)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/092341 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G06F 17/13 (2006.01) G01L 5/22 (2006.01)
B62D 6/10 (2006.01) B62D 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2018/052635

(22) Date de dépôt international :

23 octobre 2018 (23.10.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

17/60639 13 novembre 2017 (13.11.2017) FR

(71) Déposant : JTEKT EUROPE [FR/FR] ; Z.I. du Broteau,
69540 IRIGNY (FR).

(72) Inventeurs : GULEMOND, Alain ; 20 Lotissement
Grande Terre, 69970 Marennes (FR). BOURDREZ, Sébas-
tien ; Envers de Py Froid, 69510 Yzeron (FR). SLAMA,
Tahar ; 7 bis chemin Jean Marie Vianney, 69130 Ecully
(FR). MOULAIRE, Pascal ; 1, allée de Place Paty, 69890
LA Tour De Salvagny (FR). BAUDOUIN, Nicolas ; 132 C
rue Challemel Lacour, 69008 Lyon (FR).

(74) Mandataire : CABINET GERMAIN & MAUREAU ;
B.P.6153, 69466 Lyon Cedex 06 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

(54) Title: METHOD FOR FRICTION COMPENSATION IN A POWER STEERING SYSTEM AND ASSOCIATED ESTIMATION METHOD

(54) Titre : Procédé de compensation de frottement dans une direction assistée et procédé d'estimation associé

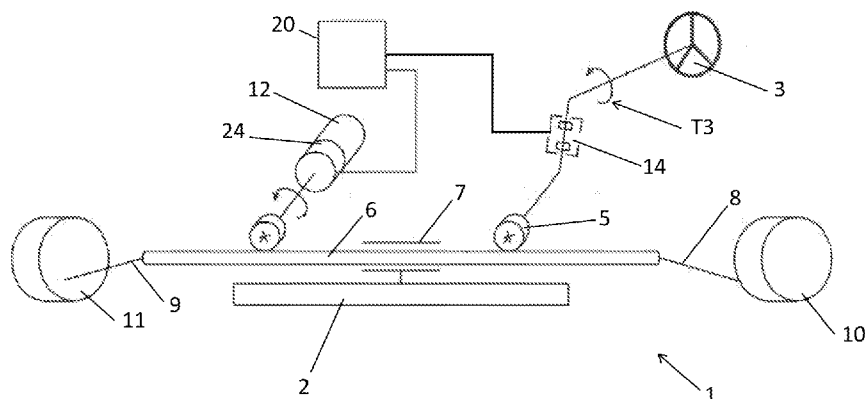


Fig. 4

(57) Abstract: The aim of the invention is to overcome some or all of the cited disadvantages. To this end, a method is provided in which a continuous estimation of the intermediate friction rate is carried out, allowing the integration of said method into a general friction compensation method so as to continuously improve the feel on the steering wheel, particularly for speeds below a determined threshold. The invention therefore relates to a method for friction compensation in an electrical power steering system, characterised in that the compensation method takes into account a continuous estimation of the intermediate friction rate obtained by the estimation method according to the invention.

(57) Abrégé : L'invention a pour objectif de palier à tout ou partie des inconvénients précités en proposant un procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement, permettant son intégration dans un procédé de compensation de frottement global afin d'améliorer le ressenti au volant de manière continue et notamment pour des vitesses de déplacement inférieures à un seuil déterminé. L'invention porte donc notamment sur un procédé de compensation de frottement d'une direction assistée électrique, caractérisé en ce que le procédé de compensation prend en compte une estimation continue du taux intermédiaire de frottement obtenue par le procédé d'estimation continue selon l'invention.

[Suite sur la page suivante]

MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée:

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

Procédé de compensation de frottement dans une direction assistée et procédé d'estimation associé

La présente invention porte sur le domaine technique des directions
5 assistées électriques et notamment sur le ressenti conducteur au volant.

Il existe plusieurs types de directions assistées et l'invention porte sur les systèmes de direction assistée électrique dite « D.A.E. », qui utilise un moteur électrique pour assister le conducteur dans la direction de son véhicule.

Le premier objectif de la direction assistée électrique est l'assistance
10 c'est-à-dire la réduction du couple volant/conducteur sur un mouvement installé. Ainsi, un capteur de couple volant/conducteur est configuré pour mesurer le couple exercé par le conducteur sur la colonne de direction du véhicule et un calculateur détermine l'assistance associée et pilote le moteur électrique de la direction assistée électrique en fonction du couple mesuré et des conditions de conduite pour fournir un
15 couple additionnel sur le pignon de la crémaillère reliée d'une part au volant par la colonne de direction et d'autre part aux roues par le biais de biellettes de direction. Le deuxième objectif de la direction assistée électrique est de fournir au conducteur un bon ressenti au volant, ce que l'on appelle un « steer feel » en anglais.

Le défaut de ces premières « lois d'assistance » qui sont basées
20 uniquement sur le couple volant/conducteur, est que le conducteur ressent beaucoup le frottement mécanique de la direction, ce qui est jugé comme étant imprécis. En effet, sur des petits mouvements notamment proche du zéro, quand il y a très peu de couple, s'il y a un mouvement dans un sens, le couple est relâché, l'assistance s'arrête et le conducteur a un ressenti de collage au niveau du frottement de la direction,
25 c'est-à-dire que le frottement mécanique de la direction assistée électrique vient réduire voir annuler les mouvements de crémaillère sous faible sollicitation d'effort conducteur, ce qui dégrade la précision de conduite en imposant des variations de couple conducteur fortes et non linéaires pour atteindre des corrections de mouvement fines. On va alors observer une hystérésis : c'est-à-dire que le couple
30 volant/conducteur dans un sens est différent du couple volant/conducteur dans l'autre sens. Pour améliorer le ressenti, il faut réduire cette hystérésis, en compensant le frottement mécanique de la direction de manière continue y compris sur de faibles sollicitations conducteur et donc très faibles vitesses de déplacement.

Lorsque la vitesse est nettement installée par exemple lorsqu'elle est
35 supérieure à 20°/s, il est assez aisé de compenser le frottement grâce aux mesures du capteur de vitesse moteur de la direction assistée électrique. En effet, on peut

détecter le sens du mouvement et compenser le frottement, comme physiquement le frottement dynamique est d'une certaine valeur opposée au mouvement.

Cependant, une fonction de compensation de frottement dans la zone de collage c'est-à-dire pour des vitesses de déplacement inférieures à environ $2^\circ/\text{s}$ en valeur absolue, implique le besoin de savoir estimer finement et donc en temps réel un taux intermédiaire de frottement inférieur à 1 en valeur absolue. Cette demande est donc nettement plus contraignante que le besoin correspondant à d'autres fonctions de compensations de frottement uniquement basées sur un signal de vitesse du moteur de la direction assistée électrique et donc inactives pour des valeurs absolues de vitesse moteur inférieures à un seuil pour éviter des phénomènes d'oscillations qu'induisent nécessairement le bruit capteur.

Il n'existe pas de capteur physique qui puisse permettre la mesure du taux intermédiaire de frottement. On peut cependant estimer ce taux intermédiaire de frottement par un modèle mathématique. Il existe de nombreux modèles estimant le frottement mais qui posent des problèmes de discontinuité sur des cycles de faible amplitude et induisent donc des défauts de ressenti au volant quand ils sont associés à des fonctions de compensation de frottement.

L'invention a pour objectif de palier à tout ou partie des inconvénients précités en proposant un procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement, permettant son intégration dans un procédé de compensation de frottement global au moyen d'un moteur d'assistance afin d'améliorer le ressenti au volant de manière continue et notamment pour des vitesses de déplacement inférieures à un seuil déterminé, le seuil étant compris entre sensiblement $0.5^\circ/\text{s}$ et $3^\circ/\text{s}$ en valeur absolue, préférentiellement entre sensiblement $1.5^\circ/\text{s}$ et $2.5^\circ/\text{s}$ en valeur absolue et encore plus préférentiellement de $2^\circ/\text{s}$.

L'invention a donc pour objet un procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement notamment pour des vitesses de déplacement inférieures à un seuil déterminé, dans une direction assistée électrique de véhicule, caractérisé en ce que ledit procédé d'estimation comprend les étapes suivantes :

- (a) Mesure d'une première vitesse, ladite mesure étant réalisée par un capteur de vitesse configuré pour mesurer la vitesse du moteur électrique de la direction assistée électrique,
- (b) Détermination d'une deuxième vitesse à partir d'une mesure du couple volant/conducteur, ladite mesure de couple étant réalisée par un capteur de

couple configuré pour mesurer le couple entre le volant et la crémaillère de la direction assistée électrique,

(c) Somme de la première vitesse et de la deuxième vitesse, la somme étant dénommée vitesse volant,

5 (d) Application du modèle de LuGre à la somme déterminée en étape (c) utilisée en tant qu'entrée dudit modèle

(e) Obtention d'une estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w).

La détermination d'une deuxième vitesse, correspondant au couple volant/conducteur, par le procédé d'estimation selon l'invention permet de prendre
10 en compte les très faibles sollicitations du conducteur sur le volant. En effet, sur les très faibles sollicitations du conducteur, des frottements présents entre le volant et le moteur électrique, liés aux diverses pièces et engrènements mécaniques de la direction assistée, empêche une sollicitation du moteur électrique. Ainsi la première
15 vitesse est nulle.

La détermination d'une deuxième vitesse permet ainsi de prendre en compte et donc de compenser de manière effective les frottements de la direction assistée pour de faibles sollicitations du conducteur sur le volant.

La somme de la première vitesse et de la deuxième vitesse permet de
20 prendre en compte tant les faibles sollicitations du conducteur sur le volant, via la deuxième vitesse, que les faibles sollicitations remontant de la surface de roulage et sollicitant directement la crémaillère, via la première vitesse.

Avantageusement, le procédé d'estimation selon l'invention utilise un modèle de LuGre qui ne présente pas de problème de discontinuité. Le modèle de
25 LuGre utilise un principe d'intégration et a des propriétés de représentation des cycles de frottement tout en permettant d'avoir une certaine continuité sur des taux intermédiaires de frottement.

Le modèle de LuGre utilisé est décrit classiquement par :

$$30 \quad \frac{dz}{dt} = v - \sigma_0 \frac{|v|}{g(v)} z = v - h(v)z$$

$$F = \sigma_0 z + \sigma_1 \dot{z} + f(v)$$

Où v est la vitesse entre deux surfaces en contact, z est l'état de
35 frottement interne et F est une force de frottement déterminée. Comparé au modèle

de Dahl, le modèle de LuGre présente une fonction $g(v)$ dépendante de la vitesse au lieu d'une constante, un amortissement additionnel σ_1 associé à un micro-déplacement et une forme générale $f(v)$ pour le terme dépendant de la vitesse et sans mémoire. L'état z , qui est analogue à l'effort décrit dans le modèle de Dahl, peut être interprété comme une déviation moyenne. Le modèle de LuGre reproduit un comportement de rappel pour les petits mouvements, dans lequel le paramètre σ_0 est la raideur, σ_1 est le micro-amortissement et $f(v)$ représente le frottement visqueux, typiquement $f(v) = \sigma_2 v$. Pour une vitesse constante, l'état stable de la force de frottement F_{ss} est donné par :

$$F_{ss}(v) = g(v)sgn(v) + f(v)$$

où $g(v)$ dépend de la loi de frottement de Coulomb et l'effet de Stribeck.

Selon une caractéristique de l'invention, appliquer le LuGre selon l'invention revient à modéliser le système par une seule masse dont la vitesse est représentée par l'entrée du modèle de LuGre.

Avantageusement, Le modèle de LuGre ne donne pas directement le taux intermédiaire de frottement, il estime le coefficient de frottement μ du système.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'estimation continue du coefficient de frottement μ du système peut être représentée par l'équation suivante :

$$\mu = sat_{a^*}(\sigma_0(V_{vehicle}^{speed}, T_{dynamic}^0).z + \sigma_1(V_{vehicle}^{speed}, T_{dynamic}^0).\dot{z})$$

où

V correspond à la vitesse du véhicule,

T correspond à la température de direction,

a^* correspond au coefficient de frottement dynamique du système mesuré sur banc d'essai,

σ_1 correspond au micro-amortissement,

z correspond à l'état de frottement interne.

Le coefficient de frottement μ varie entre +/- la valeur théorique a^* identifiée sur banc. Ainsi, le coefficient de frottement μ obtenu est configuré pour varier entre $+a^*$ et $-a^*$.

C'est la division de ce coefficient μ par la valeur théorique a^* qui permet d'obtenir le taux intermédiaire de frottement w , qui varie entre -1 et +1.

Ainsi, et selon une forme de réalisation de l'invention la détermination du taux intermédiaire de frottement w est réalisée selon l'équation suivante :

$$w = \mu/a^*$$

Par conséquent, le taux intermédiaire de frottement obtenu est configuré pour varier entre -1 et +1.

5 Selon une autre caractéristique de l'invention, la détermination de la deuxième vitesse de l'étape (b) est réalisée selon les sous-étapes suivantes :

(s1) mesure du couple volant/conducteur un capteur de couple configuré pour mesurer le couple entre le volant et la crémaillère de la direction assistée électrique,

10 (s2) dérivation temporelle de la mesure de couple

(s3) application de la dérivée obtenue en sous-étape s2 à une raideur déterminée k

(s4) obtention d'une deuxième vitesse dite vitesse de couple.

15 L'invention a également pour objet un procédé de compensation de frottement d'une direction assistée électrique, caractérisé en ce que le procédé de compensation prend en compte une estimation continue du taux intermédiaire de frottement obtenue par le procédé d'estimation continue selon l'invention.

20 Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé de compensation comprend au moins les étapes suivantes :

E1 - Mise en œuvre du procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, obtention d'au moins une estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w), et d'au moins une amplitude de frottement dynamique estimé, et modulation de
25 l'estimation du frottement (FRI) par l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w),

E2 - Obtention de l'amplitude d'un frottement déterminée correspondant au frottement voulu τ_{FRC}^{target} de la direction assistée électrique,

30 E3 - Différence entre l'amplitude de frottement dynamique estimé et de l'amplitude du frottement dynamique voulu

E4 – Produit du résultat de la différence obtenue en étape E3 avec l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w) afin d'obtenir une valeur X,

35 E5 – Différence entre la valeur X obtenue en étape E4, avec l'estimation déterminée de l'ensemble des forces s'opposant au mouvement (RFE) (pour compenser RFE)

E6 – Compensation de la direction assistée par le contrôle du couple conducteur par un contrôleur (CPU) en fonction du couple conducteur cible et du couple conducteur mesuré.

La prise en compte de l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement dans le procédé de compensation permet de changer l'hystérésis de l'estimateur d'effort crémaillère afin que ladite hystérésis devienne adaptée au frottement voulu. Ce procédé de compensation permet ainsi une plus grande précision dans le ressenti volant c'est-à-dire que l'hystérésis ressentie est exactement au niveau voulu. En outre, le procédé permet une fonction de robustesse c'est-à-dire que le procédé est auto-adaptatif en fonction du frottement réel de la direction.

Selon une forme de réalisation de l'invention, l'étape E2 peut être obtenue au moyen d'un abaque ou d'une base de données préétablie ou d'une entrée de donnée déterminée.

Selon une forme de réalisation de l'invention, le contrôle du couple conducteur est réalisé en boucle fermée.

L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après qui se rapporte à un mode de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma représentatif du procédé d'estimation selon l'invention,
- la figure 2 est un schéma représentatif d'une architecture du contrôleur d'une la direction assistée électrique mettant en œuvre le procédé de compensation de l'invention,
- la figure 3 est un schéma représentatif du procédé de compensation selon l'invention,
- la figure 4 est une vue schématique d'un dispositif de direction auquel s'applique l'invention,
- la figure 5 est un graphique illustrant deux courbes d'hystérésis avec et sans compensation de frottement.

Comme illustré à la figure 1, le procédé d'estimation continue d'un taux intermédiaire de frottement, comprend une étape (a) de mesure d'une première vitesse au moyen d'un capteur de vitesse du moteur électrique du véhicule. Cette première vitesse est représentée par la référence $\dot{\theta}_{pinion}$. Le procédé d'estimation comprend une étape (b) de détermination d'une deuxième vitesse, comprenant une sous-étape s1 de mesure du couple volant/conducteur représentée par la référence

$\tau_{torsion}^{bar}$, et une sous-étape s2 de dérivation temporelle de la mesure du couple volant et dans laquelle on applique un gain à la dérivée. Le procédé d'estimation comprend une étape (c) de somme des premières et deuxièmes vitesses, représentée par l'encadré référencé Σ on obtient alors une vitesse dite vitesse volant appelée $\dot{\theta}_{steering}^{wheel}$

- 5 . L'étape (d) du procédé d'estimation est représentée par l'encadré LuGre consistant à simuler un modèle de direction simplifié à une dimension (une masse) et un frottement de LuGre, dont la seule vitesse d'entrée est la somme obtenue dans l'étape (c) précédente. Enfin, on obtient une estimation continue du taux intermédiaire de frottement de la direction assistée électrique représentée par la
- 10 référence w.

En figure 2 est illustré un schéma du contrôleur CPU de la direction assistée électrique d'un véhicule.

- Comme illustré en figure 3, le procédé de compensation comprend une
- 15 étape E1 de mise en œuvre du procédé d'estimation continue, ce procédé d'estimation est illustré en détail en figure 1 et également pris en compte dans le procédé de compensation de frottement.

- En figure 3, l'encadré référencé FRI représente l'estimation du frottement et comprend au moins une composante qui est l'estimation continue du
- 20 taux intermédiaire de frottement w, obtenue par le procédé illustré en figure 1, et une autre composante qui est l'amplitude de frottement dynamique estimé. En outre, au moyen d'un abaque ou d'une base de données préétablie par exemple une cartographie tunable, on obtient l'amplitude du frottement dynamique voulu pour la direction assistée électrique : il s'agit de l'étape E2 du procédé de compensation qui
- 25 est illustrée en figure 3 dans l'encadré référencé FRC. En étape E3 du procédé de compensation, on fait la différence de l'amplitude de frottement dynamique estimé et de l'amplitude du frottement dynamique voulu et en étape E4, on fait le produit du résultat de la différence avec l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement w ce qui nous permet d'obtenir une valeur X correspondant à la quantité
- 30 de frottement à compenser tcomp. Dans une étape E5, on fait la différence entre la valeur X obtenue en étape E3, avec l'estimation déterminée de l'ensemble des forces s'opposant au mouvement représenté par l'encadré référencé RFE et dénommé estimateur de l'effort crémaillère ou « estimateur rack force ». Grâce à cette compensation, l'hystérésis de l'estimateur de force crémaillère va présenter une
- 35 hystérésis contrôlée et souhaitée ce qui impactera également l'hystérésis au niveau de la génération du couple cible. En étape E6, on prend en compte le couple conducteur

cible et le couple conducteur mesuré pour le contrôle du couple en boucle fermée par le contrôleur CPU illustré en figure 2. En étape E6, l'action « prendre en compte » signifie « comparer et contrôler en boucle fermée ».

À titre d'exemple, la direction assistée électrique est à 400N de frottement et on souhaite un ressenti à 300N, l'estimateur de frottement FRI va identifier que la direction est à 400N, et l'entrée de valeur du frottement voulu sera de 300N. La différence est donc de 100N, l'estimation déterminée de l'ensemble des forces s'opposant au mouvement est de 400N et on en retranche 100N afin que le frottement corresponde à la valeur désirée de 300N.

En figure 5 est illustré un graphique représentant deux courbes illustrant le couple volant conducteur en Nm (ordonnées) en fonction de l'angle du volant en degrés (abscisse). La première courbe en trait continu illustre l'hystérésis entre le couple volant conducteur et l'angle du volant sans compensation de frottement. La deuxième courbe en trait discontinu, illustre l'hystérésis avec une compensation de frottement grâce aux procédés de l'invention. Afin de réduire cette hystérésis comme souhaité, la zone d'inversion vers les + ou - 15°, lorsque le mouvement du volant est inversé, a été réglée de manière continue et progressive, comme on peut le voir sur la deuxième courbe discontinue.

En figure 4 est illustré un dispositif de direction comprenant une direction assistée permettant de mettre en œuvre le procédé d'estimation de l'invention ainsi que le procédé de compensation de l'invention. De façon connue en soi, et tel que cela est visible sur la figure 4, ledit dispositif de direction assistée 1 comprend un volant de conduite 3 qui permet à un conducteur de manœuvrer ledit dispositif de direction assistée 1 en exerçant un effort, dit « couple volant » T3, sur ledit volant de conduite 3. Ledit volant de conduite 3 est de préférence monté sur une colonne de direction 4, guidée en rotation sur le véhicule 2, et qui engrène, au moyen d'un pignon de direction 5, sur une crémaillère de direction 6, qui est elle-même guidée en translation dans un carter de direction 7 fixé audit véhicule 2.

De préférence, les extrémités de ladite crémaillère de direction 6 sont reliées chacune à une biellette de direction 8, 9 raccordée au porte-fusée d'une roue directrice 10, 11 (respectivement une roue gauche 10 et une roue droite 11), de telle sorte que le déplacement longitudinal en translation de la crémaillère 6 permet de modifier l'angle de braquage (angle de lacet) des roues directrices. Les roues directrices 10, 11 peuvent par ailleurs de préférence être également des roues motrices.

Le dispositif de direction assistée 1 comprend également un moteur 12 configuré pour assister la manœuvre dudit dispositif de direction assistée 1. Le moteur 12 sera de préférence un moteur électrique, à double sens de fonctionnement, et préférentiellement un moteur électrique rotatif, de type sans balais ou "brushless".

5 Le dispositif de direction assistée 1 comprend en outre un capteur de couple volant 14 mis en place spécialement au sein du dispositif de direction assistée 1, par exemple sur la colonne de direction 4, afin de mesurer le couple volant T3, et ayant pour finalité principale, voire exclusive, de fournir une mesure du couple volant T3, quelle que soit par ailleurs la technologie de mesure employée par ledit capteur de
10 couple volant 14. De plus le dispositif de direction assistée 1 comprend un capteur de vitesse moteur 24 destiné à mesurer la vitesse de rotation du moteur 12.

Enfin, le dispositif de direction assistée 1 comprend également une unité de calcul et commande 20 configurée pour mettre en œuvre le procédé d'estimation et le procédé de compensation à partir des données de capteurs 14, 24.

15 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux figures annexées. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement notamment pour des vitesses de déplacement inférieures à un seuil déterminé, dans
 5 une direction assistée électrique de véhicule, caractérisé en ce que ledit procédé d'estimation comprend les étapes suivantes :

a) Mesure d'une première vitesse, ladite mesure étant réalisée par un capteur de vitesse configuré pour mesurer la vitesse du moteur électrique de la direction assistée électrique,

10 b) Détermination d'une deuxième vitesse à partir d'une mesure du couple volant/conducteur, ladite mesure de couple étant réalisée par un capteur de couple configuré pour mesurer le couple entre le volant et la crémaillère de la direction assistée électrique, la détermination de la deuxième vitesse est réalisée selon les sous-étapes suivantes :

15 (s1) mesure du couple volant/conducteur un capteur de couple configuré pour mesurer le couple entre le volant et la crémaillère de la direction assistée électrique,

(s2) dérivation temporelle de la mesure de couple

20 (s3) application de la dérivée obtenue en sous-étape s2 à une raideur déterminée k

(s4) obtention d'une deuxième vitesse dite vitesse de couple

c) Somme de la première vitesse et de la deuxième vitesse, la somme étant dénommée vitesse volant,

25 d) Application du modèle de LuGre à la somme déterminée en étape (c) utilisée en tant qu'entrée dudit modèle

e) Obtention d'une estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w), l'estimation continue d'un coefficient de frottement μ du système peut être représentée par l'équation suivante :

$$\mu = sat(\sigma_0(V_{vehicle}^{speed}, T_{dynamic}^0), z) + \sigma_1(V_{vehicle}^{speed}, T_{dynamic}^0) \cdot \dot{z}$$

30 et dans lequel la détermination du taux intermédiaire de frottement w est réalisée selon l'équation suivante :

$$w = \mu/a^*$$

où

V correspond à la vitesse du véhicule,

35 T correspond à la température de direction,

a* correspond au coefficient de frottement dynamique du système mesuré sur banc d'essai,

σ_1 correspond au micro-amortissement,

z correspond à l'état de frottement interne.

5

2. Procédé de compensation de frottement d'une direction assistée électrique, caractérisé en ce que le procédé de compensation prend en compte une estimation continue du taux intermédiaire de frottement obtenue par le procédé d'estimation continue selon la revendications 1.

10

3. Procédé de compensation selon la revendication 2 comprenant au moins les étapes suivantes :

E1 - Mise en œuvre du procédé d'estimation continue du taux intermédiaire de frottement selon la revendication 1, obtention d'au moins une estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w), et d'au moins une amplitude de frottement dynamique estimé, et modulation de l'estimation du frottement (FRI) par l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w),

15

E2 - Obtention de l'amplitude d'un frottement déterminée correspondant à un frottement voulu τ_{FRC}^{target} de la direction assistée électrique,

20

E3 - Différence entre l'amplitude de frottement dynamique estimé et de l'amplitude du frottement dynamique voulu

E4 – Produit du résultat de la différence obtenue en étape E3 avec l'estimation continue du taux intermédiaire de frottement (w) afin d'obtenir une quantité de frottement à compenser (X),

25

E5 – Différence entre la valeur X obtenue en étape E4, avec l'estimation déterminée de l'ensemble des forces s'opposant au mouvement (RFE) (pour compenser RFE)

E6 – Compensation de la direction assistée par le contrôle du couple conducteur par un contrôleur (CPU) en fonction du couple conducteur cible et du couple conducteur mesuré.

30

4. Procédé de compensation selon la revendication 3, dans lequel l'étape E2 peut être obtenue par au moyen d'un abaque ou d'une base de données préétablie ou d'une entrée de donnée déterminée.

35

5. Procédé de compensation selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, dans lequel le contrôle du couple conducteur est réalisé en boucle fermée.

1 / 3

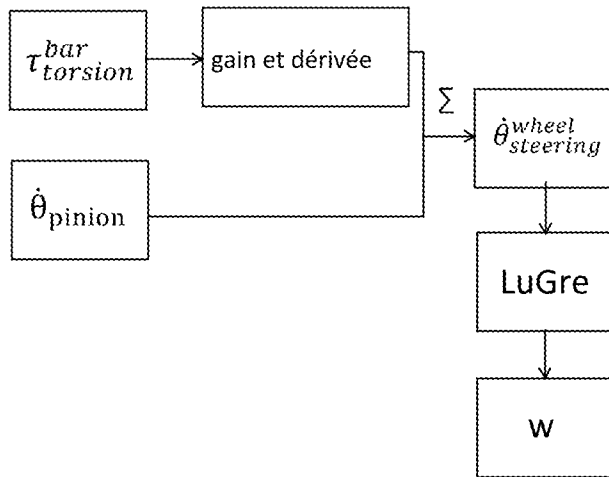


Fig. 1

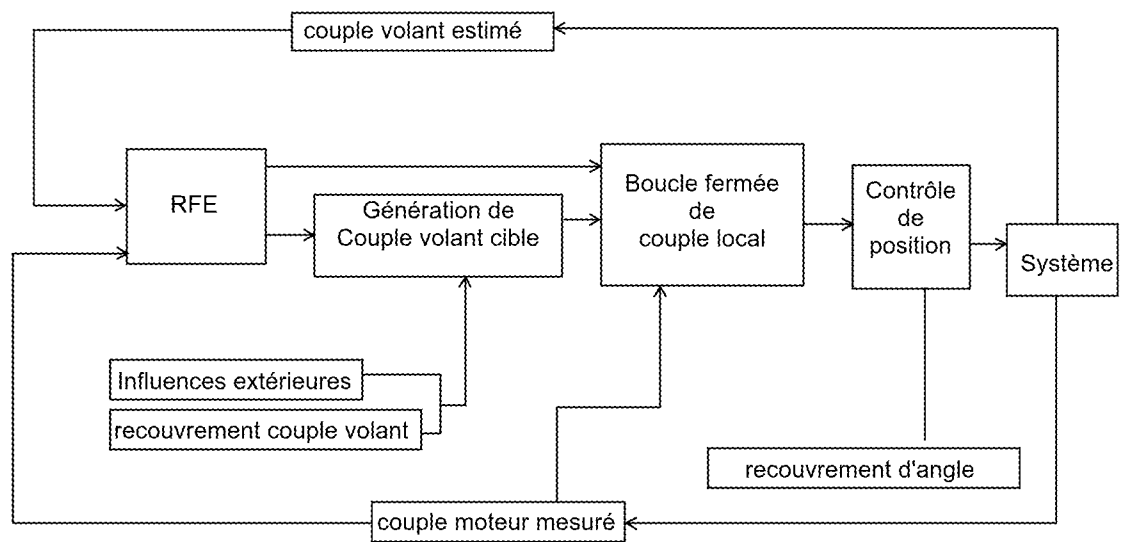


Fig. 2

2 / 3

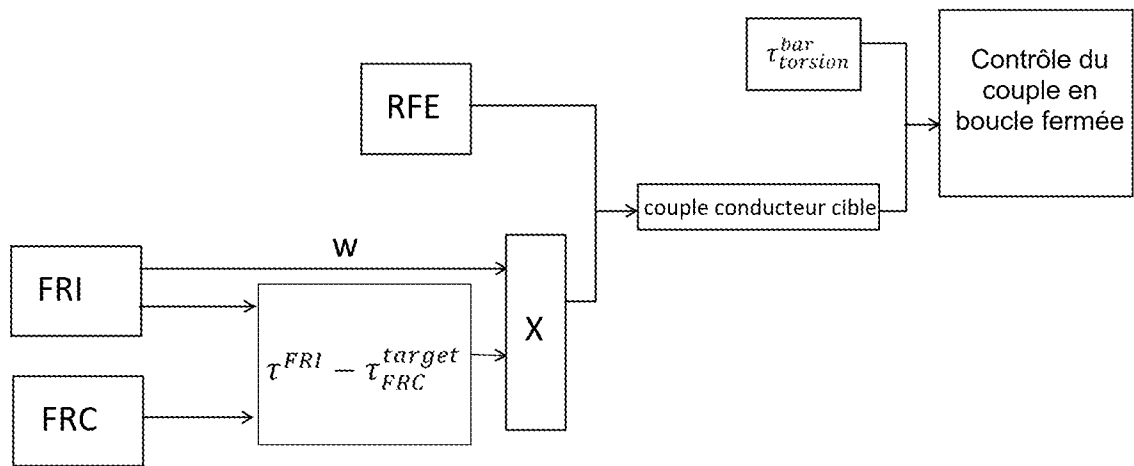


Fig. 3

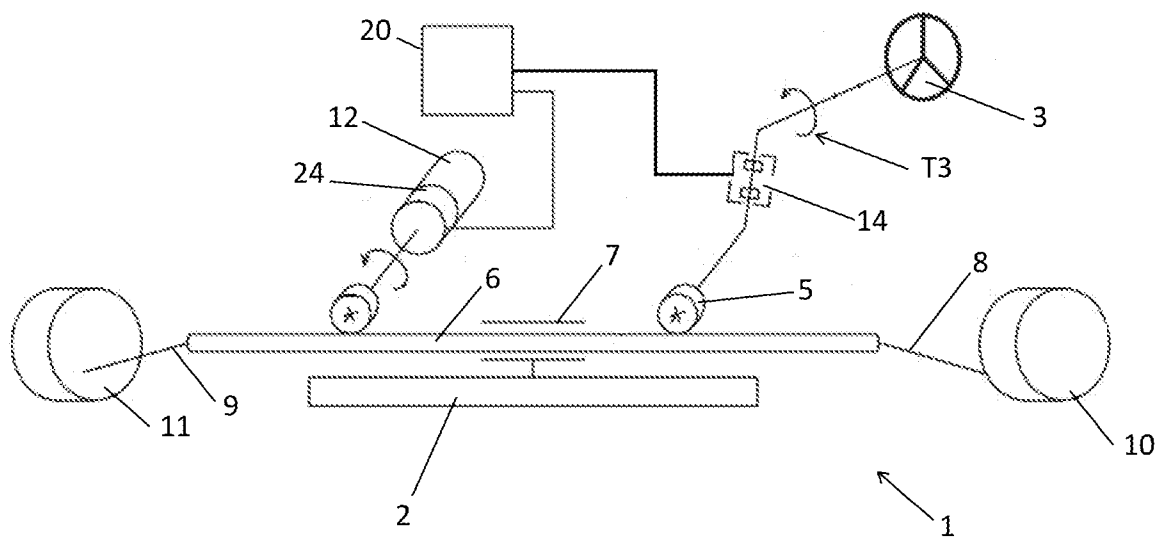


Fig. 4

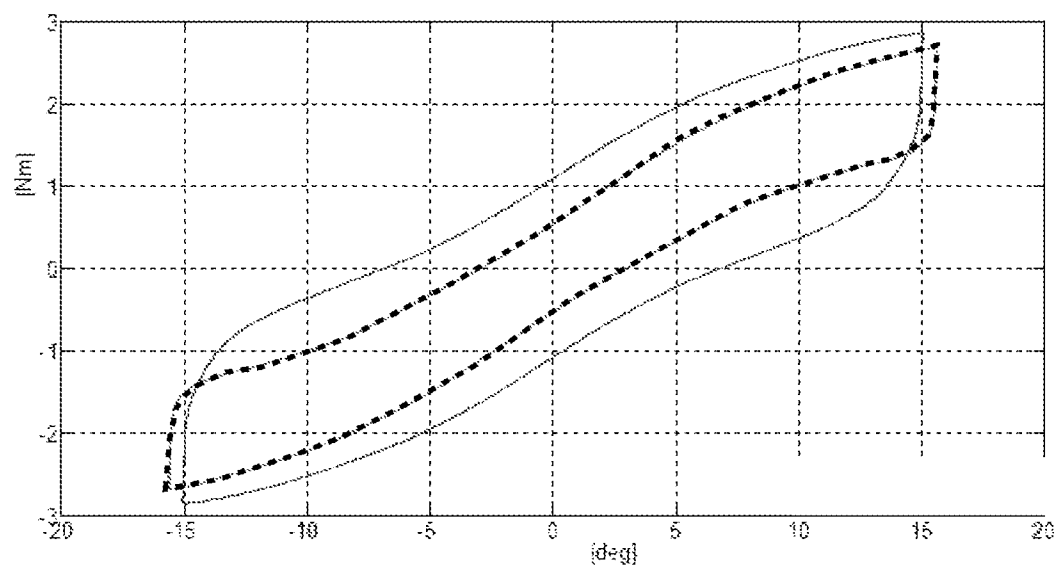


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/052635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06F17/13 B62D6/10 G01L5/22 B62D5/04
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F B62D G01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WILHELM FREDERIC ET AL: "Modeling and compensating friction in power steering", 2015 EUROPEAN CONTROL CONFERENCE (ECC), EUCA, 15 July 2015 (2015-07-15), pages 2138-2143, XP032814307, DOI: 10.1109/ECC.2015.7330856 page 2139 - page 2141 ----- -/--	1-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 December 2018

Date of mailing of the international search report

04/01/2019

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

Huguet Serra, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/052635

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WILHELM FREDERIC ET AL: "Friction Compensation Control for Power Steering", IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 24, no. 4, July 2016 (2016-07), pages 1354-1367, XP011613723, ISSN: 1063-6536, DOI: 10.1109/TCST.2015.2483561 [retrieved on 2016-06-09] the whole document -----	1-5
A	US 2012/150389 A1 (OBLIZAJEK KENNETH L [US] ET AL) 14 June 2012 (2012-06-14) the whole document -----	1-5
A	CN 105 045 103 A (UNIV TAIZHOU; WANG SANXIU) 11 November 2015 (2015-11-11) the whole document -----	1-5
A	T TAMARA ET AL: "Modeling and Simulation for Dynamic Analysis of Column Type Electric Power Steering", JTEKT ENGINEERING JOURNAL ENGLISH EDITION, no. 1010E, 2013, pages 19-25, XP055489058, the whole document -----	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/052635

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2012150389	A1	14-06-2012	CN 102530058 A	04-07-2012
			DE 102011086295 A1	14-06-2012
			US 2012150389 A1	14-06-2012

CN 105045103	A	11-11-2015	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052635

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06F17/13 B62D6/10 G01L5/22 B62D5/04 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G06F B62D G01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WILHELM FREDERIC ET AL: "Modeling and compensating friction in power steering", 2015 EUROPEAN CONTROL CONFERENCE (ECC), EUCA, 15 juillet 2015 (2015-07-15), pages 2138-2143, XP032814307, DOI: 10.1109/ECC.2015.7330856 page 2139 - page 2141 ----- -/--	1-5
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 19 décembre 2018		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/01/2019
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 Huguet Serra, G

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WILHELM FREDERIC ET AL: "Friction Compensation Control for Power Steering", IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 24, no. 4, juillet 2016 (2016-07), pages 1354-1367, XP011613723, ISSN: 1063-6536, DOI: 10.1109/TCST.2015.2483561 [extrait le 2016-06-09] le document en entier -----	1-5
A	US 2012/150389 A1 (OBLIZAJEK KENNETH L [US] ET AL) 14 juin 2012 (2012-06-14) le document en entier -----	1-5
A	CN 105 045 103 A (UNIV TAIZHOU; WANG SANXIU) 11 novembre 2015 (2015-11-11) le document en entier -----	1-5
A	T TAMARA ET AL: "Modeling and Simulation for Dynamic Analysis of Column Type Electric Power Steering", JTEKT ENGINEERING JOURNAL ENGLISH EDITION, no. 1010E, 2013, pages 19-25, XP055489058, le document en entier -----	1-5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052635

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012150389 A1	14-06-2012	CN 102530058 A	04-07-2012
		DE 102011086295 A1	14-06-2012
		US 2012150389 A1	14-06-2012

CN 105045103 A	11-11-2015	AUCUN	
