

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **ENSEMBLE POUR VEHICULE AUTOMOBILE COMPRENANT UNE DIRECTION ASSISTEE ELECTRIQUE.**

②② **Date de dépôt :** 18.04.17.

③⑦ **Priorité :**

⑥⑦ **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

☐ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** *RENAULT S.A.S. Société par actions simplifiée* —FR et *NISSAN MOTOR CO. LTD* — JP.

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 19.10.18 Bulletin 18/42.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 08.07.22 Bulletin 22/27.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② **Inventeur(s) :** ROLLET REMI.

⑦③ **Titulaire(s) :** *RENAULT S.A.S. Société par actions simplifiée*, *NISSAN MOTOR CO. LTD.*

⑦④ **Mandataire(s) :** GEVERS & ORES.



ENSEMBLE POUR VEHICULE AUTOMOBILE COMPRENANT UNE DIRECTION ASSISTEE ELECTRIQUE

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne un ensemble pour véhicule automobile comprenant une direction assistée électrique, ainsi qu'un véhicule électrique comprenant un tel ensemble. L'invention concerne aussi un procédé de pilotage d'une direction assistée électrique pour un tel ensemble.

10 ETAT DE L'ART

De manière classique, un véhicule automobile comprend un boîtier de direction comportant une crémaillère reliée à des roues du véhicule automobile et configurée pour se déplacer en translation par rapport au véhicule automobile suivant une direction transversale à une direction d'extension longitudinale dudit
15 véhicule automobile, de sorte à entraîner le braquage des roues. Le véhicule automobile comprend en outre une colonne de direction comportant un arbre de direction, un volant qui entraîne en rotation l'arbre de direction par son extrémité supérieure autour d'un premier axe de rotation, et un pignon monté solidaire en rotation avec une extrémité inférieure de l'arbre de direction. Le pignon pivote autour
20 d'un deuxième axe de rotation, lorsque le volant entraîne en rotation l'arbre de direction autour du premier axe de rotation, et applique en outre sur la crémaillère un couple de pignon de sorte à en entraîner la translation suivant la direction transversale. Le véhicule automobile peut en outre comprendre une direction assistée électrique comprenant un moteur électrique auquel un courant électrique
25 d'assistance est délivré et qui, à partir de l'intensité du courant électrique d'assistance ainsi délivré, applique sur la crémaillère du boîtier de direction un couple d'assistance pour assister le pignon.

Il est connu de déterminer l'intensité du courant électrique d'assistance à délivrer à la direction assistée électrique, et donc le couple d'assistance à appliquer à
30 la crémaillère, à partir du couple de pignon mesuré. Cela permet d'aboutir à une loi d'assistance qui, lorsque le véhicule automobile roule à faibles vitesses ou est à l'arrêt et que les roues sont braquées, autrement dit lorsqu'un couple total très important est à fournir pour braquer les roues, comme cela est par exemple le cas lors de manœuvres en parking ou de virages en coin de rue, tend vers un couple

d'assistance qui augmente rapidement tandis que le couple de pignon est globalement constant.

Cela peut cependant poser problème lorsque l'arbre de direction est divisé en au moins deux tronçons articulés par l'intermédiaire de joints de cardan simples, un tronçon supérieur, encore appelé arbre volant, s'étendant suivant le premier axe de rotation et comprenant l'extrémité supérieure et un tronçon inférieur, encore appelé arbre pignon, s'étendant suivant le deuxième axe de rotation et comprenant l'extrémité inférieure. La plupart du temps, ces arbres volant et pignon sont reliés ensemble par un troisième arbre, encore appelé arbre intermédiaire, aux extrémités duquel se situent les joints de cardan simples.

Le joint de cardan simple présente en effet l'inconvénient de ne pas être homocinétique. Ainsi, lorsque deux tronçons formant un angle entre eux sont accouplés par un joint de cardan simple, la vitesse de rotation du tronçon mené présente des modulations cycliques par rapport au tronçon menant.

Ainsi, s'il n'a pas été possible de rendre très proches les angles formés entre l'arbre volant et l'arbre intermédiaire d'une part et l'arbre intermédiaire et l'arbre pignon d'autre part, ces angles étant appelés angles de brisure, par exemple lorsque l'écart entre ces angles de brisure est supérieur à 3° , le couple de pignon étant globalement constant, ces modulations sont transmises au volant et sont donc ressenties par le conducteur. Cela est encore le cas s'il n'a pas été possible de caler angulairement les deux joints de cardan l'un par rapport à l'autre autour de l'axe de l'arbre intermédiaire à un angle de calage inférieur ou égal à un angle de calage seuil égal à un angle de calage optimal majoré de 5° , l'angle de calage optimal permettant d'annuler la modulation introduite par lesdits joints de cardan.

Cela peut être particulièrement désagréable pour ce dernier qui ressentira, en tournant le volant, une succession de points durs et de points mous qui lui donneront l'impression que le braquage des roues n'est pas régulier.

PRESENTATION DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précédemment cités, notamment en proposant un ensemble pour véhicule automobile dans lequel l'intensité du courant électrique délivré à la direction assistée électrique est déterminée à partir de l'angle de rotation du volant et du couple de pignon mesurés.

Plus précisément, l'invention a pour objet un ensemble pour véhicule automobile s'étendant suivant une direction d'extension longitudinale, comprenant :

- un boîtier de direction comprenant une crémaillère s'étendant suivant une direction transversale et destinée à être reliée à des roues du véhicule automobile,
- une colonne de direction comprenant :
 - un pignon configuré pour appliquer à ladite crémaillère un couple de pignon de sorte à entraîner en translation la crémaillère suivant la direction transversale ;
 - un volant configuré pour appliquer à la colonne de direction un couple de volant ;
 - des premiers moyens de mesure configurés pour mesurer un angle de rotation de la colonne de direction par rapport à une position angulaire de référence correspondant à un angle nul de rotation du volant ou du pignon et dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite ;
 - des deuxièmes moyens de mesure configurés pour mesurer le couple de pignon ;
- une direction assistée électrique comprenant un moteur électrique configuré pour convertir une intensité d'un courant électrique délivrée au moteur électrique, dite intensité d'assistance, en un couple d'assistance ou un effort d'assistance à appliquer sur la crémaillère ;
- un dispositif de commande de la direction assistée configuré pour déterminer, au moins à partir du couple de pignon mesuré, l'intensité d'assistance à délivrer au moteur électrique de la direction assistée électrique ;
- au moins un dispositif de modulation de la relation entre le couple de pignon et le couple de volant, le couple de volant étant égal au couple de pignon corrigé d'au moins un terme de modulation variable en fonction d'au moins l'angle de rotation de la colonne de direction ;

Selon l'invention, l'intensité d'assistance est déterminée à partir du couple de volant calculé au moins en fonction du couple de pignon mesuré et du terme de modulation.

Selon différents modes de réalisation de l'invention, qui pourront être pris ensemble ou séparément :

- l'angle de rotation de la colonne de direction correspond à un angle de rotation du volant ou à l'angle de rotation du pignon ;
- 5 - l'angle de rotation de la colonne de direction correspond à un angle de rotation du pignon ;
- l'intensité d'assistance est déterminée de sorte que le couple de volant demeure inférieur ou égal à une borne prédéterminée ;
- 10 - la colonne de direction comprend un arbre de direction divisé en au moins trois tronçons articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan simples, un tronçon supérieur s'étendant suivant un premier axe de rotation et sur lequel est fixé le volant, un tronçon inférieur s'étendant suivant un deuxième axe de rotation et sur lequel le pignon est monté
- 15 solide en rotation autour du deuxième axe de rotation et un tronçon intermédiaire s'étendant suivant un troisième axe de rotation, le tronçon intermédiaire étant relié à chacune de ses extrémités, au tronçon supérieur et au tronçon inférieur par l'intermédiaire d'un joint de cardan simple ;
- et
- des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur et le
- 20 tronçon intermédiaire d'une part et le tronçon intermédiaire et le tronçon inférieur d'autre part, sont égaux à 3° près ;
- et/ou
- les joints de cardan sont calés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du troisième axe de rotation de sorte à former entre eux un angle de calage
- 25 inférieur ou égal à un angle de calage seuil égal à un angle de calage optimal majoré de 5°, l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints de cardan autour du troisième axe de rotation annulant une modulation de la relation entre le couple de pignon et le couple de volant introduite par les joints de cardan ;
- 30 et
- la colonne de direction comprend en outre des moyens de correction configurés pour appliquer au tronçon supérieur d'arbre un couple correctif autour du premier axe de rotation, le couple correctif étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction ;

et

- le dispositif de commande est configuré pour :
 - calculer un couple de volant défini tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p + M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction, M étant égal au couple correctif qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction ;
 - déterminer, à partir du couple de volant ainsi calculé, l'intensité d'assistance à appliquer au moteur électrique de la direction assistée électrique ;
- le terme de modulation M est défini tel que $M(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée ;
- le terme de modulation M est défini tel que $M(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée ;
- la colonne de direction comprend un arbre de direction divisé en au moins trois tronçons articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan simples, un tronçon supérieur s'étendant suivant un premier axe de rotation et sur lequel est fixé le volant, un tronçon inférieur s'étendant suivant un deuxième axe de rotation et sur lequel le pignon est monté solidaire en rotation autour du deuxième axe de rotation et un tronçon intermédiaire s'étendant suivant un troisième axe de rotation, le tronçon intermédiaire étant relié à chacune de ses extrémités, au tronçon supérieur et au tronçon inférieur par l'intermédiaire d'un joint de cardan simple ;
- et
- des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur et le tronçon intermédiaire d'une part et le tronçon intermédiaire et le tronçon inférieur d'autre part, ne sont pas égaux à 3° près ;

et/ou

les joints de cardan sont calés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du troisième axe de rotation de sorte à former entre eux un angle de calage supérieur à un angle de calage seuil, l'angle de calage seuil étant égal à un

angle de calage optimal majoré de 5°, l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints de cardan autour du troisième axe de rotation annulant une modulation de la relation entre le couple de pignon et le couple de volant introduite par les joints de cardan ;

5

et

- le dispositif de commande est configuré pour :

- calculer un couple de volant tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M est le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction,

10

M étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant ;

- déterminer, à partir du couple de volant ainsi calculé, l'intensité d'assistance à appliquer au moteur électrique de la direction assistée électrique ;

15

- la colonne de direction comprend un arbre de direction divisé en au moins trois tronçons articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan simples, un tronçon supérieur s'étendant suivant un premier axe de rotation et sur lequel est fixé le volant, un tronçon inférieur s'étendant suivant un deuxième axe de rotation et sur lequel le pignon est monté

20

solidaire en rotation autour du deuxième axe de rotation et un tronçon intermédiaire s'étendant suivant un troisième axe de rotation, le tronçon intermédiaire étant relié à chacune de ses extrémité, au tronçon supérieur et au tronçon inférieur par l'intermédiaire d'un joint de cardan simple

et

25

- des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur et le tronçon intermédiaire d'une part et le tronçon intermédiaire et le tronçon inférieur d'autre part, ne sont pas égaux à 3° près ;

et/ou

les joints de cardan sont calés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du troisième axe de rotation de sorte à former entre eux un angle de calage supérieur à un angle de calage seuil, l'angle de calage seuil étant égal à un angle de calage optimal majoré de 5°, l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints de cardan autour du troisième axe

30

de rotation annulant une modulation de la relation entre le couple de pignon et le couple de volant introduite par les joints de cardan ;

et

- la colonne de direction comprend en outre des moyens de correction configurés pour appliquer au tronçon supérieur un couple correctif autour du premier axe de rotation, le couple correctif étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction ;

et

- le dispositif de commande est configuré pour :

- calculer un couple de volant tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M_1(\alpha_v) + M_2(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M_1 est un premier terme de modulation, M_2 est un deuxième terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction,

M_1 étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant,

M_2 étant égal au couple correctif qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction ;

- déterminer, à partir du couple de volant ainsi calculé, l'intensité d'assistance à appliquer au moteur électrique de la direction assistée électrique ;

- le premier terme de modulation M_1 est défini tel que $M_1(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée ;

- le premier terme de modulation M_1 est défini tel que $M_1(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée ;

- pour le calcul du couple de volant, le couple correctif (C_1) est une fonction périodique de période un tour de volant (22), qui est approché par un couple correctif estimé (C_1') défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est une constante de correction prédéterminée non nulle, F_1 est un premier

coefficient d'atténuation non nul et F_2 est un deuxième coefficient d'atténuation non nul ;

- l'ensemble comprend des troisièmes moyens de mesure configurés pour mesurer une vitesse du véhicule automobile, le premier coefficient d'atténuation étant défini de sorte à diminuer de manière continue de 1 à 0 lorsque la vitesse du véhicule automobile augmente ;
- le premier coefficient d'atténuation (F_1) est défini tel que : $F_1 = 1 - \frac{2}{\pi} \arctan(V_{veh}/V_{veh/lim})$, où $V_{veh/lim}$ correspond à une vitesse limite du véhicule

automobile prédéterminée et V_{veh} correspond à la vitesse mesurée du véhicule automobile ;

- l'ensemble comprend des quatrièmes moyens de mesure configurés pour mesurer une vitesse de braquage des roues du véhicule automobile, le deuxième coefficient d'atténuation étant défini de sorte à augmenter de manière continue de 0 à 1 lorsque la vitesse de braquage des roues augmente ;
- le deuxième coefficient d'atténuation (F_2) est défini tel que : $F_2 = \frac{2}{\pi} \arctan(V_b/V_{b/lim})$, où $V_{b/lim}$ correspond à une vitesse limite de braquage

des roues prédéterminée et V_b correspond à la vitesse mesurée de braquage des roues du véhicule automobile.

L'invention a aussi pour objet un véhicule automobile comprenant un ensemble tel que précédemment décrit.

L'invention a encore pour objet un procédé pour piloter une direction assistée électrique d'un ensemble pour véhicule automobile tel que précédemment décrit, comprenant les étapes de :

- a) mesure de l'angle de rotation de la colonne de direction et du couple de pignon ;
- b) calcul, au moins en fonction du couple de pignon mesuré et du terme de modulation, du couple de volant ;
- c) détermination, à partir du couple de volant ainsi calculé, de l'intensité d'assistance à délivrer au moteur électrique de la direction assistée électrique ;

d) délivrance de l'intensité d'assistance ainsi déterminée, de sorte à appliquer à la crémaillère un couple d'assistance ou un effort d'assistance tenant compte de l'angle de rotation de la colonne de direction et du couple de pignon.

5 L'invention concerne encore un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme conçues pour exécuter des étapes a) à c) du procédé tel que précédemment décrit, lorsque le programme est exécuté sur un ordinateur.

10 PRESENTATION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, d'au moins un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un ensemble pour véhicule automobile selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un ensemble pour véhicule automobile selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - la figure 3 est une vue schématique d'un ensemble pour véhicule automobile selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique d'un exemple de dispositif de commande d'une direction assistée de l'ensemble illustré à la figure 2 ;
- la figure 5 est un ordinogramme d'un procédé de pilotage d'une direction assistée électrique de l'un des ensembles illustrés aux figures 1 à 3 ;
- 25 - la figure 6 est un graphique représentant un exemple d'évolution du couple de volant ressenti par un conducteur au niveau d'un volant de l'un des ensembles illustrés aux figures 1 à 3, en fonction de l'angle de rotation dudit volant ;
- les figures 7a et 7b sont des vues schématiques d'une première variante de réalisation d'une colonne de direction d'un des ensembles illustrés aux figures 2 et 3 ;
- 30 - les figures 8a et 8b sont des vues schématiques d'une deuxième variante de réalisation d'une colonne de direction d'un des ensembles illustrés aux figures 2 et 3.

DESCRIPTION DETAILLEE

Les figures 1 à 3 montrent un ensemble 100 pour véhicule automobile (non représenté) selon un premier, un deuxième et un troisième mode de réalisation de l'invention respectivement.

On définit à titre préliminaire un repère orthogonal comprenant une direction d'extension principale longitudinale X suivant laquelle le véhicule automobile s'étend, une direction transversale Y et une direction verticale Z. Les directions longitudinale X et transversale Y sont horizontales.

L'ensemble 100 comprend un boîtier de direction 10, une colonne de direction 20, une direction assistée électrique 40 et un dispositif de commande 50 de la direction assistée.

Le boîtier de direction 10 comprend une crémaillère 11 s'étendant suivant la direction transversale Y et destinée à être reliée à des roues R du véhicule automobile, notamment par l'intermédiaire de biellettes (non représentées) actionnant un bras sur chaque porte-fusée.

La crémaillère 11 est configurée pour se déplacer en translation par rapport au véhicule automobile suivant la direction transversale Y, de sorte à entraîner le braquage des roues.

La colonne de direction 20 comprend un arbre de direction 21, un volant 22 et un pignon 23.

L'arbre de direction 21 comprend une extrémité supérieure 24 et une extrémité inférieure 25 opposée. L'arbre de direction 21 comprend ainsi un tronçon supérieur 26 s'étendant suivant un premier axe de rotation 27 et un tronçon inférieur 28 s'étendant suivant un deuxième axe de rotation 29. Le tronçon supérieur 26 comprend l'extrémité supérieure 24 de l'arbre de direction 21, tandis que le tronçon inférieur 28 comprend l'extrémité inférieure 25 de l'arbre de direction 21.

Le premier axe de rotation 27 et le deuxième axe de rotation 29 sont par exemple confondus. L'arbre de direction 21 est dans ce cas monobloc ou encore réalisé d'un seul tenant.

5 Selon un autre exemple, l'arbre de direction 21 est divisé en au moins trois tronçons articulés. Les tronçons d'arbre sont alors accouplés ensemble par exemple par l'intermédiaire de joints de cardan simples.

10 L'arbre de direction 21 peut par exemple comprendre un tronçon intermédiaire 30 s'étendant suivant un troisième axe de rotation 31, le tronçon intermédiaire 30 étant reliée à chacune de ses extrémités, à un premier tronçon, par exemple le tronçon supérieur 26, et à un deuxième tronçon, par exemple le tronçon inférieur 28, par l'intermédiaire d'un joint de cardan 32, 33 simple. Le troisième axe de rotation 30 est par exemple ni parallèle ni confondu avec les premier et deuxième axes de rotation 27, 29.

15 Le premier axe de rotation 27 et le deuxième axe de rotation 29 sont par exemple parallèles (figure 3). Le premier axe de rotation 27 et le deuxième axe de rotation 29 peuvent aussi n'être ni confondus ni parallèles (figures 1 et 2).

Le volant 22 est fixé à l'extrémité supérieure 24 de la colonne de direction 20.

20 Plus précisément, le volant 22 est fixé à l'extrémité supérieure 24 de l'arbre de direction 21.

Le volant 22 est configuré pour appliquer à l'extrémité supérieure 24 de la colonne de direction 20 un couple de volant C_v .

25 Plus précisément, le volant 22 est configuré pour pivoter par rapport au véhicule automobile autour du premier axe de rotation 27 et pour entraîner en rotation le tronçon supérieur 26 de l'arbre de direction 21 autour du premier axe de rotation 27. Le volant 22 est en outre configuré pour appliquer sur l'arbre de direction 21 un couple de volant C_v autour du premier axe de rotation 27.

30 Le pignon 23 est monté solidaire en rotation avec l'extrémité inférieure 25 de la colonne de direction 20.

Plus précisément, le pignon 23 est monté solidaire en rotation avec l'extrémité inférieure 25 de l'arbre de direction 21, de sorte que l'arbre de direction 21 entraîne le pignon 23 en rotation autour du deuxième axe de rotation 29.

Le pignon 23 est en outre configuré pour appliquer à ladite crémaillère 11 un couple de pignon C_p , de sorte à entraîner en translation la crémaillère 11 suivant la direction transversale Y.

5 Le pignon 23 applique par exemple sur la crémaillère 11 un couple de pignon C_p autour du deuxième axe de rotation 29. En particulier, le pignon 23 applique sur la crémaillère un effort transversal issu du couple de pignon C_p .

10 La colonne de direction 20 comprend en outre des premiers moyens de mesure 34 configurés pour mesurer un angle de rotation de la colonne de direction par rapport à une position angulaire de référence correspondant à un angle nul de rotation du volant ou du pignon et dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite.

15 L'angle de rotation de la colonne de direction correspond par exemple à un angle de rotation du volant α_v . Les premiers moyens de mesure 34 sont par exemple configurés pour mesurer ledit angle de rotation du volant α_v autour du premier axe de rotation 27. La position angulaire de référence correspond alors à un angle nul de rotation du volant dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite.

20 En variante, l'angle de rotation de la colonne de direction correspond à un angle de rotation du pignon. Les premiers moyens de mesure 34 sont par exemple configurés pour mesurer ledit angle de rotation du pignon autour du deuxième axe de rotation 29. La position angulaire de référence correspond alors à un angle nul de rotation du pignon dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite.

25 La colonne de direction 20 comprend aussi des deuxièmes moyens de mesure 35 configurés pour mesurer le couple de pignon C_p . Les deuxièmes moyens de mesure 35 sont par exemple un capteur de couple installé sur le tronçon inférieur 28 en regard du pignon 23, notamment entre le pignon 23 et le joint de cardan 33 à un endroit faisant partie de la colonne de direction.

30 La direction assistée électrique 40 comprend un moteur électrique 41 configuré pour convertir une intensité I_a d'un courant électrique délivrée au moteur électrique 41, dite intensité d'assistance, en un couple d'assistance C_a à appliquer.

Le moteur électrique 41 est par exemple configuré pour appliquer sur la crémaillère 11, par l'intermédiaire d'un pignon 43 ou d'un autre moyen, le couple

d'assistance C_a autour d'un quatrième axe de rotation 42, de sorte à entraîner en translation la crémaillère 11 suivant la direction transversale Y et ainsi assister le pignon 23.

5 L'ensemble 100 comprend en outre au moins un dispositif de modulation de la relation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v , le couple de volant C_v étant égal au couple de pignon corrigé d'au moins un terme de modulation variable en fonction d'au moins l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment d'au moins l'angle de rotation du volant α_v ou d'au moins l'angle de rotation du pignon.

10 Le dispositif de modulation peut par exemple comprendre le tronçon supérieur 26, le tronçon intermédiaire 30, le tronçon inférieur 28 et les joints de cardan 32, 33. Dans ce cas, c'est l'agencement géométrique de ces éléments qui peut introduire une modulation de la relation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v .

On définit des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur 15 26 et le tronçon intermédiaire 30 d'une part et entre le tronçon intermédiaire 30 et le tronçon inférieur 28 d'autres. Autrement dit, ces angles de brisure sont formés entre le premier axe de rotation 27 et le troisième axe de rotation 31 d'une part et entre le troisième axe de rotation 31 et le deuxième axe de rotation 29 d'autre part. Ces angles de brisure sont introduits par les joints de cardan 32, 33. Des ensembles 100 20 comprenant un agencement géométrique de la colonne de direction 20 introduisant une modulation de la relation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v sont par exemple illustrés aux figures 1 et 2.

Les joints de cardan 32, 33 simples n'étant pas homocinétiques, lorsque l'angle de de brisure entre deux tronçons adjacents n'est pas nul, la vitesse de 25 rotation du tronçon mené de l'arbre de direction 21, par exemple le tronçon inférieur 28 et/ou le tronçon intermédiaire 30, présente des modulations cycliques par rapport au tronçon menant de l'arbre de direction 21, par exemple le tronçon intermédiaire 30 et/ou le tronçon supérieur 26.

Ainsi, lorsque les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et 30 intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 ne sont pas sensiblement égaux, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas égaux à 3° près, de préférence à 2° près, ou encore qu'ils présentent l'un par rapport à l'autre un écart supérieur à 3° , de préférence 2° , ces modulations cycliques ne sont pas compensées et le mouvement de rotation n'est pas homocinétique.

Ces modulations cycliques varient en fonction au moins de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment au moins de l'angle de rotation du volant α_v ou au moins de l'angle de rotation du pignon. Ces modulations cycliques sont détaillées plus loin dans la description.

5 Au surplus ou en variante, les premier axe de rotation 27 et deuxième axe de rotation 29 sont rarement coplanaires si bien que les joints de cardan 32, 33 peuvent aussi être calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former entre eux un angle de calage supérieur à un angle de calage seuil. L'angle de calage seuil est égal à un angle de calage optimal majoré de
10 5°, de préférence majoré de 4°, l'angle de calage optimal étant lui-même défini comme étant un angle de calage formé entre les joints de cardan 32, 33 autour du troisième axe de rotation 31 annulant la modulation de la relation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v introduite par les joints de cardan 32, 33. L'angle de calage optimal est strictement positif.

15 De même que précédemment, dans le cas où les joints de cardan 32, 33 sont montés sur le tronçon intermédiaire 30 de sorte à former entre eux autour du troisième axe de rotation 31 un angle de calage supérieur à l'angle de calage seuil, les modulations cycliques introduites par les joints de cardan 32, 33 entre les tronçons 26, 30, 28 de l'arbre de direction 21 ne sont pas compensées et le
20 mouvement de rotation n'est pas homocinétique.

Ces modulations cycliques varient aussi en fonction au moins de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment d'au moins de l'angle de rotation du volant α_v ou d'au moins de l'angle de rotation du pignon. Ces modulations cycliques sont détaillées plus loin dans la description.

25 Le dispositif de modulation peut comprendre, en addition ou en alternative des exemples de réalisation décrits ci-dessus, des moyens de correction 36 configurés pour appliquer au tronçon supérieur 26 de l'arbre de direction 21 un couple correctif C_1 autour du premier axe de rotation 27, le couple correctif C_1 étant d'intensité
30 variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon. Le couple correctif C_1 introduit ainsi une modulation de la relation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v . Des ensembles 100 comprenant des moyens de correction 36 sont par exemple illustrés aux figures 2 et 3.

Les moyens de correction 36 peuvent en outre être configurés pour appliquer au tronçon supérieur 26 un couple correctif C_1 non nul autour du premier axe de rotation 27, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. Le couple correctif C_1 permet ainsi de corriger une déviation du véhicule automobile en ligne droite due au dévers d'une route. Ainsi, le couple correctif C_1 est particulièrement avantageux, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite et donc que le conducteur n'a pas à appliquer de couple au volant 22 pour rouler en ligne droite. En revanche, ce couple correctif C_1 devient gênant, lorsque le conducteur a besoin de beaucoup tourner le volant 22. Cela est par exemple le cas à faibles vitesses, lorsqu'un couple important est à fournir pour braquer les roues R, notamment lors de manœuvres en parking ou de virages à un coin de rue. En effet, le conducteur ressent alors une alternance de points durs et de points mous, lorsqu'il tourne le volant 22.

Des exemples de moyens de correction 36 seront développés dans la suite de la description.

15

Le dispositif de commande 50 de la direction assistée est configuré pour :

- calculer le couple de volant C_v au moins en fonction du couple de pignon C_p mesuré et du terme de modulation ;
- déterminer, à partir du couple de volant C_v ainsi calculé, l'intensité d'assistance I_a à délivrer au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40 ;
- délivrer l'intensité d'assistance I_a ainsi déterminée au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40.

20

25

30

De cette manière, le moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40 applique sur la crémaillère 11 un couple d'assistance C_a ou un effort d'assistance tenant compte, en plus du couple de pignon C_p mesuré, de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, via le terme de modulation appliqué pour le calcul du couple de volant C_v . L'ensemble 100 permet ainsi d'obtenir un asservissement du couple d'assistance C_a au couple de volant C_v et non plus au couple de pignon C_p comme cela était le cas dans l'art antérieur. Autrement dit, en introduisant le terme de modulation en plus du couple de pignon C_p mesuré pour déterminer le couple d'assistance C_a à fournir à la crémaillère 11, l'ensemble 100 permet de commander

le couple de volant C_v ressenti par le conducteur au niveau du volant 22 et non plus le couple de pignon C_p . Les modulations du couple de pignon C_p sont compensées par le couple d'assistance C_a .

5 L'intensité d'assistance I_a est par exemple déterminée de sorte que le couple de volant C_v ne dépasse pas une borne supérieure S déterminée. La borne S déterminée est généralement très inférieure au couple nécessaire au niveau des roues. De ce fait, un couple d'assistance C_a est produit après seulement un faible angle de rotation de la colonne de direction, notamment après seulement un faible
10 angle de rotation du volant α_v ou un faible angle de rotation du pignon. Ceci permet au couple d'assistance C_a de compenser les modulations de couple de pignon C_p sur toute leur amplitude sans répercussion sur le couple de volant C_v .

La figure 6 illustre un exemple d'évolution ainsi obtenue du couple de volant C_v en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle
15 de rotation du volant α_v . On observe sur cette figure que le couple de volant C_v qui est ressenti par le conducteur augmente progressivement à mesure que ce dernier tourne le volant. Puis, lorsque le couple de volant C_v atteint sa borne supérieure, le couple d'assistance C_a intervient pour que le couple de volant C_v reste égal à la borne supérieure S tant que le conducteur tourne le volant 22. Dans l'art antérieur, c'est au contraire le couple de pignon C_p qui suit une telle évolution.
20

Cette évolution est obtenue grâce à la loi d'assistance qui fait intervenir en plus du couple de pignon C_p mesuré, le terme de modulation et donc l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon. Ainsi, le couple d'assistance C_a se trouve asservi au
25 couple de volant C_v par la loi d'assistance et non plus au seul couple de pignon C_p , de sorte que le couple de pignon C_p peut moduler pour obtenir un couple de volant C_v sensiblement constant lorsque sa borne supérieure S est atteinte.

Cela est particulièrement avantageux, lorsque le véhicule automobile roule à faibles vitesses ou est à l'arrêt et que le conducteur braque les roues R , autrement
30 dit lorsqu'un couple total très important est à fournir à la crémaillère 11 pour braquer les roues R et que le conducteur doit tourner le volant 22 sur une grande plage angulaire, par exemple à plus de 180° . Cela est par exemple le cas lors de manœuvres du véhicule automobile dans un parking ou de virages à un coin de rue. En effet, le couple de volant C_v étant dans ces conditions sensiblement constant, le

conducteur aura la sensation, via le volant 22, d'un braquage régulier des roues R. On entend par « faibles vitesses », des vitesses comprises entre 0 et 15km/h, en particulier entre 0 et 10km/h.

5 La figure 4 montre un exemple de dispositif de commande 50 selon un mode de réalisation de l'invention.

Le dispositif de commande 50 comprend une interface d'entrée 51 reliée aux premiers et deuxièmes moyens de mesure 14, 15, une interface de sortie 52 reliée à la direction assistée électrique 40, une mémoire de données 53, une mémoire de programmes 54, un calculateur 55 et au moins un bus de communication 56 les
10 reliant les uns aux autres.

L'angle de rotation de la colonne de direction, notamment l'angle de rotation du volant α_v ou l'angle de rotation du pignon, et le couple de pignon C_p sont par exemple enregistrés dans la mémoire de données 53, lorsqu'ils sont mesurés par les
15 premier et deuxième moyens de mesure 34, 35. L'intensité d'assistance I_a est par exemple enregistrée dans la mémoire de données 53, lorsqu'elle est déterminée par le dispositif de commande 50. Le couple de volant C_v est par exemple enregistré dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, lorsqu'il est calculé par le dispositif de commande 50. La borne supérieure S pour le couple de volant C_v
20 est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53.

Les étapes mises en œuvre par le dispositif de commande 50 sont par exemple préenregistrées dans la mémoire de programmes 44 et sont par exemple exécutées par le calculateur 55.

25

Premier mode de réalisation : la modulation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v est introduite par l'agencement géométrique de la colonne de direction
20 seule, sans les moyens de correction 36

30 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 ne sont pas sensiblement égaux (c'est-à-dire ne sont pas égaux à 3° près, de préférence à 2° près, ou encore présentent un écart l'un par rapport à l'autre supérieur à 3°, de préférence à 2°) et/ou les joints de cardan 32, 33

sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un angle de calage supérieur à l'angle de calage seuil.

Le premier mode de réalisation est par exemple illustré à la figure 1.

5

Le dispositif de commande 50 est configuré pour :

- calculer le couple de volant C_v tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré et M est le terme de modulation,

10

M étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, de période un demi-tour de volant 22. Par exemple, le terme de modulation M est défini tel que : $M(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée ;

15

- déterminer, à partir du couple de volant C_v ainsi calculé, l'intensité d'assistance I_a à appliquer au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40.

20

De cette manière, la loi d'assistance tient compte des modulations introduites par l'arbre de direction 21, et plus précisément par les joints de cardan simples installés entre les tronçons 26, 28, 30 dudit arbre de direction 21.

25

La première et la deuxième constante de modulation A , φ sont par exemple préenregistrées dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, notamment sous la forme de tables.

30

Les première et deuxième constantes de modulation A et φ sont par exemple prédéterminées en fonction du réglage de la colonne de direction 20. En particulier, on pourra prendre en compte le réglage en hauteur de la colonne qui peut faire varier les angles de brisure introduits par les joints cardans 32 et 33. La hauteur de la colonne correspond à l'angle formé entre le premier axe de rotation 27 et l'horizontale. Cela est notamment permis si la hauteur de colonne est une donnée disponible pour le véhicule automobile.

De préférence, la première constante de modulation A est strictement inférieure à 0.2. Cela permet d'améliorer l'approximation réalisée du terme de modulation M.

5 En variante, le terme de modulation M est défini tel que : $M(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

Une telle approximation du terme de modulation M permet de mieux compenser la modulation introduite par les joints de cardan 32, 33, lorsque les taux
10 de modulation sont élevés.

La première et la deuxième constantes de modulation φ , φ' peuvent par exemple être préenregistrées dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

15

Deuxième mode de réalisation : la modulation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v est introduite par l'agencement géométrique de la colonne de direction 20 et les moyens de correction 36

20 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention :

- les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 ne sont pas sensiblement égaux (c'est-à-dire ne sont pas égaux à 3° près, de préférence à 2° près, ou encore présentent un écart l'un par rapport à
25 l'autre supérieur à 3°, de préférence à 2°) et/ou les joints de cardan 32, 33 sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un angle de calage supérieur à l'angle de calage seuil ; et
- la colonne de direction 20 comprend des moyens de correction 36
30 configurés pour appliquer au tronçon supérieur 26 de l'arbre de direction 21 un couple correctif C_1 autour du premier axe de rotation 27, le couple correctif C_1 étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de

l'angle de rotation du pignon. Des exemples de moyens de correction 36 seront développés dans la suite de la description.

Le deuxième mode de réalisation est par exemple illustré à la figure 2.

5

Le dispositif de commande 50 est configuré pour :

- calculer le couple de volant C_v tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M_1(\alpha_v) + M_2(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M_1 est un premier terme de modulation et M_2 est un deuxième terme de modulation,

10

M_1 étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, de période un demi-tour de volant 22, le premier terme de modulation M_1 étant par exemple défini tel que : $M_1(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée,

15

M_2 étant égal au couple correctif C_1 qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon ;

20

- déterminer, à partir du couple de volant C_v ainsi calculé, l'intensité d'assistance I_a à appliquer au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40.

25

De cette manière, la loi d'assistance tient compte des modulations introduites par l'arbre de direction 21, et plus précisément par les joints de cardan simples installés entre les tronçons 26, 28, 30 dudit arbre de direction 21, ainsi que des modulations introduites par les moyens de correction 36.

30

La première et la deuxième constante de modulation A , φ sont par exemple préenregistrées dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

Les première et deuxième constantes de modulation A et φ sont par exemple prédéterminées en fonction du réglage de la colonne de direction 20. En particulier, on pourra prendre en compte le réglage en hauteur de la colonne qui peut faire varier

les angles de brisure introduits par les joints cardans 32 et 33. La hauteur de la colonne correspond à l'angle formé entre le premier axe de rotation 27 et l'horizontal. Cela est notamment permis si la hauteur de colonne est une donnée disponible pour le véhicule automobile.

5

De préférence, la première constante de modulation A est strictement inférieure à 0.2. Cela permet d'améliorer l'approximation réalisée du premier terme de modulation M_1 .

10

En variante, le premier terme de modulation M_1 est défini tel que : $M_1(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

15

Une telle approximation du premier terme de modulation M_1 permet de mieux compenser la modulation introduite par les joints de cardan 32, 33, lorsque les taux de modulation sont élevés.

La première et la deuxième constantes de modulation φ , φ' peuvent par exemple être préenregistrées dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

20

Pour le calcul du couple de volant C_v , le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22. Le couple correctif C_1 est par exemple approché par un couple correctif estimé C_1' défini tel: $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est une constante de correction prédéterminée non nulle, F_1 est un premier coefficient d'atténuation non nul et F_2 est un deuxième coefficient d'atténuation non nul. Autrement dit, dans ce cas, le deuxième terme de modulation M_2 est défini tel que : $M_2(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$.

25

La constante de correction K est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, par exemple au moyen de tables.

30

Dans un premier exemple, le premier et le deuxième coefficients d'atténuation F_1 et F_2 sont égaux à 1.

Dans un deuxième exemple, l'ensemble 100 comprend en outre des troisièmes moyens de mesure 60 configurés pour mesurer une vitesse du véhicule automobile V_{veh} . Le premier coefficient d'atténuation F_1 est défini de sorte à diminuer de 1 à 0 de manière continue quand la vitesse du véhicule V_{veh} augmente. Une telle

5 fonction peut se mettre sous la forme du type : $F_1 = 1 - \frac{2}{\pi} \arctan(V_{veh}/V_{veh/lim})$, où

$V_{veh/lim}$ correspond à une vitesse limite du véhicule automobile prédéterminée.

De cette manière, le premier coefficient d'atténuation F_1 tend vers 0 à mesure que la vitesse du véhicule automobile V_{veh} augmente au-delà de la vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$. A l'inverse, le premier coefficient d'atténuation F_1 tend
10 vers 1 à mesure que la vitesse du véhicule automobile V_{veh} diminue en dessous de la vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$. Autrement dit, les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment l'angle de rotation du volant α_v ou l'angle de rotation du pignon, ne sont prises en compte pour obtenir la loi d'assistance qu'à faibles vitesses, c'est-à-dire dans des
15 situations où un couple total important est à fournir pour braquer les roues R et donc où le conducteur aura besoin de beaucoup tourner le volant 22. Au contraire, à vitesses élevées, un couple total moins important est à fournir pour braquer les roues R de sorte que le conducteur aura moins à tourner le volant 22 et donc sera moins susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de
20 rotation de la colonne de direction, notamment l'angle de rotation du volant α_v ou l'angle de rotation du pignon.

Cela a pour avantage aussi de réduire la consommation énergétique, la direction assistée électrique 40 ne tenant compte du terme de modulation qu'à faibles vitesses, lorsque le conducteur est particulièrement susceptible de ressentir
25 les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

La vitesse du véhicule automobile V_{veh} est par exemple enregistrée dans la
30 mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, lorsqu'elle est mesurée par les troisièmes moyens de mesure 60.

La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple comprise entre 5 et 30km/h. La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple égale à 10km/h.

- 5 La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

Le deuxième coefficient d'atténuation F_2 est par exemple égal à 1.

- 10 Dans un troisième exemple, l'ensemble comprend aussi des quatrièmes moyens de mesure 70 configurés pour mesurer une vitesse de braquage V_b des roues du véhicule automobile, c'est-à-dire la vitesse angulaire de pivotement des roues. Le deuxième coefficient d'atténuation est défini de sorte à augmenter de 0 à 1 de manière continue quand la vitesse de braquage des roues V_b augmente. Une telle
 15 fonction peut se mettre sous la forme du type : $F_2 = \frac{2}{\pi} \arctan(\frac{V_b}{V_{b/lim}})$, où $V_{b/lim}$ correspond à une vitesse limite de braquage des roues prédéterminée.

- De cette manière, le deuxième coefficient d'atténuation F_2 tend vers 1 à mesure que la vitesse de braquage des roues V_b augmente au-delà de la vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$. A l'inverse, le deuxième coefficient d'atténuation
 20 F_2 tend vers 0 à mesure que la vitesse de braquage des roues V_b diminue en dessous de la vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$. Autrement dit, les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, ne sont prises en compte pour obtenir la loi d'assistance que lorsque les
 25 roues R sont en train de braquer, c'est-à-dire lorsque le conducteur est susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

- Cela a pour avantage aussi de réduire la consommation énergétique, la
 30 direction assistée électrique 40 ne tenant compte du terme de modulation qu'à vitesses de braquage des roues élevées, lorsque le conducteur est particulièrement susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de

rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

La vitesse de braquage des roues V_b est par exemple enregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, lorsqu'elle est mesurée par les quatrièmes moyens de mesure 70.

La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple comprise en 20 et 10°/s. La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple égale à 50°/s.

La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

Le premier coefficient d'atténuation F_1 est par exemple égal à 1. En variante, le premier coefficient d'atténuation F_1 peut être défini comme dans le deuxième exemple.

Troisième mode de réalisation : la modulation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v est introduite par les moyens de correction 36 seuls, l'agencement géométrique de la colonne de direction 20 n'introduisant pas lui-même de modulation entre le couple de pignon C_p et le couple de volant C_v

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention :

- les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 sont sensiblement égaux (c'est-à-dire sont égaux à 3° près, de préférence à 2° près, ou encore présentent un écart l'un par rapport à l'autre inférieur ou égal à 3°, de préférence à 2°) et les joints de cardan 32, 33 sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un angle de calage inférieur ou égal à l'angle de calage seuil,
- et

- la colonne de direction 20 comprend les moyens de correction 36 configurés pour appliquer au tronçon supérieur 26 de l'arbre de direction 21 un couple correctif C_1 autour du premier axe de rotation 27, le couple correctif C_1 étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon. Des exemples de moyens de correction 36 seront développés dans la suite de la description.

Le troisième mode de réalisation est par exemple illustré à la figure 3.

Le dispositif de commande 50 est configuré pour :

- calculer le couple de volant C_v défini tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p + M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré et M le terme de modulation, M étant égal au couple correctif C_1 qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon ;
- déterminer, à partir du couple de volant C_v ainsi calculé, l'intensité d'assistance I_a à appliquer au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40.

De cette manière, la loi d'assistance tient compte des modulations introduites par les moyens de correction 36.

Pour le calcul du couple de volant C_v , le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22. Le couple correctif C_1 peut être approché par un couple correctif estimé C_1' défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est une constante de correction non nulle prédéterminée, F_1 est un premier coefficient d'atténuation non nul et F_2 est un deuxième coefficient d'atténuation non nul. Autrement dit, dans ce cas, le terme de modulation M est défini tel que :

$$M(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2.$$

La constante de correction K est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, par exemple au moyen de tables.

Dans un premier exemple, le premier et le deuxième coefficients d'atténuation F_1 et F_2 sont égaux à 1.

Dans un deuxième exemple, l'ensemble 100 comprend en outre des troisièmes moyens de mesure 60 configurés pour mesurer une vitesse du véhicule automobile V_{veh} . Le premier coefficient d'atténuation F_1 est défini de sorte à diminuer de 1 à 0 de manière continue quand la vitesse du véhicule V_{veh} augmente. Une telle fonction peut se mettre sous la forme du type : $F_1 = 1 - \frac{2}{\pi} \arctan(\frac{V_{veh}}{V_{veh/lim}})$, où

$V_{veh/lim}$ correspond à une vitesse limite du véhicule automobile prédéterminée.

De cette manière, le premier coefficient d'atténuation F_1 tend vers 0 à mesure que la vitesse du véhicule automobile V_{veh} augmente au-delà de la vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$. A l'inverse, le premier coefficient d'atténuation F_1 tend vers 1 à mesure que la vitesse du véhicule automobile V_{veh} diminue en dessous de la vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$. Autrement dit, les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, ne sont prises en compte pour obtenir la loi d'assistance qu'à faibles vitesses, c'est-à-dire dans des situations où un couple total important est à fournir pour braquer les roues R et donc où le conducteur aura besoin de beaucoup tourner le volant 22. Au contraire, à vitesses élevées, un couple total moins important est à fournir pour braquer les roues R de sorte que le conducteur aura moins à tourner le volant 22 et donc sera moins susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

Cela a pour avantage aussi de réduire la consommation énergétique, la direction assistée électrique 40 ne tenant compte du terme de modulation qu'à faibles vitesses, lorsque le conducteur est particulièrement susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

La vitesse du véhicule automobile V_{veh} est par exemple enregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, lorsqu'elle est mesurée par les troisièmes moyens de mesure 60.

5 La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple comprise entre 5 et 30km/h. La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple égale à 10km/h.

10 La vitesse limite du véhicule automobile $V_{veh/lim}$ est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

Le deuxième coefficient d'atténuation F_2 est par exemple égal à 1.

15 Dans un troisième exemple, l'ensemble comprend aussi des quatrièmes moyens de mesure 70 configurés pour mesurer une vitesse de braquage V_b des roues du véhicule automobile, c'est-à-dire la vitesse angulaire de pivotement des roues. Le deuxième coefficient d'atténuation est défini de sorte à augmenter de 0 à 1 de manière continue quand la vitesse de braquage des roues V_b augmente. Une telle fonction peut se mettre sous la forme du type : $F_2 = \frac{2}{\pi} \arctan(\frac{V_b}{V_{b/lim}})$, où $V_{b/lim}$
 20 correspond à une vitesse limite de braquage des roues prédéterminée.

De cette manière, le deuxième coefficient d'atténuation F_2 tend vers 1 à mesure que la vitesse de braquage des roues V_b augmente au-delà de la vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$. A l'inverse, le deuxième coefficient d'atténuation F_2 tend vers 0 à mesure que la vitesse de braquage des roues V_b diminue en
 25 dessous de la vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$. Autrement dit, les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, ne sont prises en compte pour obtenir la loi d'assistance que lorsque les roues R sont en train de braquer, c'est-à-dire lorsque le conducteur est susceptible
 30 de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

Cela a pour avantage aussi de réduire la consommation énergétique, la direction assistée électrique 40 ne tenant compte du terme de modulation qu'à vitesses de braquage des roues élevées, lorsque le conducteur est particulièrement susceptible de ressentir les variations du couple correctif C_1 par rapport à l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon.

La vitesse de braquage des roues V_b est par exemple enregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50, lorsqu'elle est mesurée par les quatrièmes moyens de mesure 70.

La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple comprise en 20 et 10°/s. La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple égale à 50°/s.

La vitesse limite de braquage des roues $V_{b/lim}$ est par exemple préenregistrée dans la mémoire de données 53 du dispositif de commande 50.

Le premier coefficient d'atténuation F_1 est par exemple égal à 1. En variante, le premier coefficient d'atténuation F_1 peut être défini comme dans le deuxième exemple.

Procédé pour piloter la direction assistée électrique 40

La figure 5 montre un procédé 200 pour piloter la direction assistée électrique 40. Le procédé 200 est par exemple mis en œuvre par le dispositif de commande 50. Le procédé 200 est par exemple préenregistré dans la mémoire de programmes 54 du dispositif de commande 50 et est par exemple mise en œuvre par le calculateur 55 du dispositif de commande 50.

Le procédé 200 comprend les étapes de :

- mesure 201 de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, et du couple de pignon C_p ;

- calcul 202, au moins en fonction du couple de pignon C_p mesuré et du terme de modulation, du couple de volant C_v ;
- détermination 203, à partir du couple de volant C_v ainsi calculé, de l'intensité d'assistance I_a à délivrer au moteur électrique 41 de la direction assistée électrique 40 ;
- délivrance 204 de l'intensité d'assistance I_a ainsi déterminée, de sorte à appliquer à la crémaillère 11 un couple d'assistance C_a tenant compte de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon, et du couple de pignon C_p .

L'intensité d'assistance I_a est par exemple déterminée de sorte que le couple de volant C_v demeure inférieur ou égal à une borne supérieure S prédéterminée.

Lorsque les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 ne sont pas sensiblement égaux et/ou les joints de cardan 32, 33 sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un angle de calage supérieur à l'angle de calage seuil, le couple de volant C_v est par exemple calculé tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré et M est le terme de modulation, M étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant ou de l'angle de rotation du pignon, de période un demi-tour de volant 22. Le terme de modulation M est par exemple défini tel que : $M(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

En variante, le terme de modulation M est défini tel que : $M(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

Lorsque les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 ne sont pas sensiblement égaux et/ou les joints de cardan 32, 33 sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un

angle de calage supérieur à l'angle de calage seuil et que la colonne de direction 20 comprend en outre les moyens de correction 36, le couple de volant C_v est par exemple calculé tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M_1(\alpha_v) + M_2(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M_1 est un premier terme de modulation et M_2 est un deuxième terme de modulation.

Le premier terme de modulation M_1 est une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant ou de l'angle de rotation du pignon, de période un demi-tour de volant 22. Le premier terme de modulation M_1 est par exemple défini tel que : $M_1(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

En variante, le premier terme de modulation M_1 est défini tel que : $M_1(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

Le deuxième terme de modulation M_2 est égal au couple correctif C_1 qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant α_v ou de l'angle de rotation du pignon. Le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22. Le couple correctif C_1 peut être approché par le couple correctif estimé C_1' défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est la constante de correction non nulle prédéterminée, F_1 est le premier coefficient d'atténuation non nul et F_2 est le deuxième coefficient d'atténuation non nul.

Lorsque les angles de brisure formés entre les tronçons supérieur et intermédiaire 26, 30 et entre les tronçons intermédiaire et inférieur 30, 28 sont sensiblement égaux et les joints de cardan 32, 33 sont calés angulairement, l'un par rapport à l'autre, autour du troisième axe de rotation 31 de sorte à former un angle de calage inférieur ou égal à l'angle de calage seuil et que la colonne de direction 20 comprend en outre les moyens de correction 36, le couple de volant C_v est par exemple calculé tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p + M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré et M le terme de modulation, M étant égal au couple correctif C_1 qui est une fonction prédéterminée de la colonne de direction, notamment de l'angle de rotation du volant

α_v ou de l'angle de rotation du pignon. Le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22. Le couple correctif C_1 peut être approché par le couple correctif estimé C_1' défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est la constante de correction non nulle prédéterminée, F_1 est le premier coefficient d'atténuation non nul et F_2 est le deuxième coefficient d'atténuation non nul.

Exemples de moyens de correction 36

Les figures 7a et 7b montrent un premier exemple de moyens de correction 36 dans lequel les moyens de corrections 36 sont des moyens magnétiques. La figure 7a correspond à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à droite, tandis que la figure 7b correspond à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche.

La colonne de direction 20 comprend un corps de colonne 37 fixe, globalement tubulaire, autour du premier axe de rotation 27 et dans lequel l'arbre de direction 21, notamment le tronçon supérieur 26 de l'arbre de direction 21, est monté en rotation autour dudit premier axe de rotation 27. Ainsi, le corps de colonne 37 guide l'arbre de direction 21 en rotation autour du premier axe de rotation 27.

Les moyens de correction 36 comprennent par exemple un premier aimant 121 monté solidaire en rotation avec l'arbre de direction 21 et un deuxième aimant 122 fixe monté solidairement sur le corps de colonne 37.

Le premier aimant 121 comprend une première surface 123 externe s'étendant sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 et agencée radialement en regard du corps de colonne 37.

La première surface 123 du premier aimant 121 est d'un premier pôle magnétique P1.

La première surface 123 du premier aimant 121 s'étend par exemple sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 compris entre 120 et 200°, de préférence sensiblement égal à 180°.

La première surface 123 du premier aimant 121 est par exemple concentrique par rapport à l'arbre de direction 21 et au corps de colonne 37. Autrement dit, la première surface 123 du premier aimant 121 présente par exemple la forme d'une surface latérale d'une portion de cylindre s'étendant autour du premier axe de rotation 27, de préférence d'une portion de cylindre de révolution.

Le premier aimant 121 peut en outre comprendre une deuxième surface 124 interne par l'intermédiaire de laquelle le premier aimant 121 est assemblé à l'arbre de direction 21. Pour cela, la deuxième surface 124 est par exemple de forme complémentaire avec la surface latérale de l'arbre de direction 21, notamment pour être collée à ladite surface latérale de l'arbre de direction 21.

Le premier aimant 121 présente préférentiellement la forme d'une portion de tube, notamment d'un demi-tube, la première surface 123 correspondant à la surface extérieure de ladite portion de tube et la deuxième surface 124 correspond à la surface intérieure de ladite portion de tube.

La deuxième surface 124 du premier aimant 121 est par exemple d'un deuxième pôle magnétique P2, opposé au premier pôle magnétique P1.

Le deuxième aimant 122 comprend une première surface 125 interne s'étendant sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 et agencée radialement en regard de l'arbre de direction 21.

La première surface 125 est du deuxième pôle magnétique P2.

La première surface 125 du deuxième aimant 122 s'étend par exemple sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 comprise entre 90 et 180°.

La première surface 125 du deuxième aimant 122 est par exemple concentrique par rapport à l'arbre de direction 21 et au corps de colonne 37. Autrement dit, la première surface 125 du deuxième aimant 122 présente par exemple la forme de la surface intérieure d'une portion de tube s'étendant autour de l'axe de colonne 12.

Le deuxième aimant 122 peut en outre comprendre une deuxième surface 126 externe par l'intermédiaire de laquelle le deuxième aimant 122 est assemblé au corps de colonne 37. Pour cela, la deuxième surface 126 est par exemple de forme complémentaire avec la surface intérieure du corps de colonne 37 et est collée à ladite surface intérieure du corps de colonne 37.

Le deuxième aimant 122 présente préférentiellement la forme d'une portion de tube, la première surface 125 correspondant à la surface intérieure de ladite portion

de tube et la deuxième surface 126 correspondant à la surface extérieure de ladite portion de tube.

La deuxième surface 126 du deuxième aimant 122 est par exemple du premier pôle magnétique P1.

5

La première surface 123 du premier aimant 121 et la première surface 125 du deuxième aimant 122 sont en outre décalées angulairement l'une par rapport à l'autre autour du premier axe de rotation 27, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. On entend par « décalées angulairement », le fait que la bissectrice du secteur angulaire du premier aimant 121 d'une part, et la bissectrice du secteur angulaire du deuxième aimant 122 d'autre part, forment ensemble un angle compris entre 50° et 130°, préférentiellement de 90°.

De cette manière, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite, la première surface 123 du premier aimant 121 et la première surface 125 du deuxième aimant 122 tendent à se rapprocher l'une de l'autre par attraction magnétique, ces dernières étant de pôles magnétiques opposées P1, P2. Ainsi, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite, l'attraction magnétique qu'exerce la première surface 125 du deuxième aimant 123 sur la première surface 123 du premier aimant 121 tend à faire pivoter l'arbre de direction 21 de sorte à aligner angulairement les premières surfaces 123, 125 des premier et deuxième aimants 121, 122, et permet de cette façon d'appliquer un couple correctif C_1 audit arbre de direction 21.

Les moyens de correction 36 peuvent en outre comprendre un troisième aimant 127 monté solidairement sur le corps de colonne 37.

Le troisième aimant 127 comprend une première surface 128 interne s'étendant sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 et agencée radialement en regard de l'arbre de direction 21. La première surface 128 est du premier pôle magnétique P1.

Le secteur angulaire de la première surface 128 du troisième aimant 127 est distinct de celui de la première surface 125 du deuxième aimant 122. Autrement dit, les secteurs angulaires des premières surfaces 128, 125 du troisième et du deuxième aimants 127, 122 ne se chevauchent pas.

La première surface 128 du troisième aimant 127 s'étend par exemple sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 compris entre 90 et 180°.

La première surface 128 du troisième aimant 127 est par exemple concentrique par rapport à l'arbre de direction 21 et au corps de colonne 37. Autrement dit, la première surface 128 du troisième aimant 127 présente par exemple la forme de la surface intérieure d'une portion de tube s'étendant autour du premier axe de rotation 27.

Le troisième aimant 127 peut en outre comprendre une deuxième surface 129 externe par l'intermédiaire de laquelle le troisième aimant 127 est assemblé au corps de colonne 37. Pour cela, la deuxième surface 129 est par exemple de forme complémentaire avec la surface intérieure du corps de colonne 37, notamment pour être collée à ladite surface intérieure du corps de colonne 37.

Le troisième aimant 127 peut ainsi présenter la forme d'une portion de tube, la première surface 128 correspondant à la surface intérieure de ladite portion de tube et la deuxième surface 129 correspondant à la surface extérieure de ladite portion de tube.

La deuxième surface 129 du troisième aimant 127 est par exemple du deuxième pôle magnétique P2.

Le troisième aimant 127 est par exemple agencé de manière diamétralement opposé par rapport au deuxième aimant 122.

La première surface 123 du premier aimant 121, la première surface 125 du deuxième aimant 122 et la première surface 128 du troisième aimant 127 sont en outre décalées angulairement l'une par rapport à l'autre autour du premier axe de rotation 27, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. On entend par « décalées angulairement », le fait que la bissectrice du secteur angulaire du premier aimant 121 d'une part, et la bissectrice du secteur angulaire du troisième aimant 127 d'autre part, forment ensemble un angle compris entre 50° et 130° , préférentiellement de 90° .

De cette manière, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite, la première surface 123 du premier aimant 121 et la première surface 128 du troisième aimant 127 tendent à s'écarter l'une de l'autre du fait que ces dernières sont de même pôle magnétique P1. Ainsi, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite, la répulsion magnétique qu'exerce la première surface 128 du troisième aimant 127 sur la première surface 123 du premier aimant 121 tend à faire pivoter l'arbre de direction 21 de sorte à éloigner les premières surfaces 123, 128 des premier et troisième aimants 121, 127 et à rapprocher au contraire les premières

surfaces 123, 125 des premier et deuxième aimants 121, 122, et permet de cette façon d'appliquer un couple correctif C_1 audit arbre de direction 21. Le couple correctif C_1 est ainsi d'intensité plus élevée qu'avec le premier et le deuxième aimants 121, 122 seuls.

5

En variante, les moyens de correction peuvent ne comprendre que les premier et troisième aimants 121, 127. Dans cette variante, la disposition du premier aimant 21 par rapport au troisième aimant 27, décrite en référence aux figures 7a et 7b, reste inchangée.

10

On comprendra que dans le cas d'un véhicule automobile prévu pour rouler à droite, le deuxième aimant 122 et le cas échéant le troisième aimant 127 seront agencés par rapport au premier aimant 121 de sorte à appliquer à l'arbre de direction 21 un couple correctif C_1 qui aura tendance à faire braquer les roues du véhicules automobiles vers la gauche, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. En d'autres termes, le couple correctif C_1 sera dans ce cas orienté dans le sens antihoraire ou trigonométrique (figure 7a). A l'inverse, dans le cas d'un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche, le deuxième aimant 122 et le cas échéant le troisième aimant 127 seront agencés par rapport au premier aimant 121 de sorte à appliquer à l'arbre de direction 21 un couple correctif C_1 qui aura tendance à faire braquer les roues du véhicule automobile vers la droite, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. En d'autres termes, le couple correctif C_1 sera dans ce cas orienté dans le sens horaire ou sens anti-trigonométrique (figure 7b). La figure 7a correspond donc bien à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à droite, tandis que la figure 7b correspond bien à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche.

Selon une variante de réalisation (non illustrée), les moyens de correction peuvent en outre comprendre un quatrième aimant monté solidaire en rotation avec l'arbre de direction 21.

30

Le quatrième aimant comprend une première surface externe s'étendant sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 et agencée radialement en

regard du corps de colonne 37. La première surface du quatrième aimant est du deuxième pôle magnétique P2.

Le secteur angulaire de la première surface du quatrième aimant est distinct de celui de la première surface 123 du premier aimant 121. Autrement dit, les
5 secteurs angulaires des premières surfaces 123 du quatrième et du premier aimants 121 ne se chevauchent pas.

La première surface du quatrième aimant s'étend par exemple sur un secteur angulaire autour du premier axe de rotation 27 compris entre 90 et 180°.

La première surface du quatrième aimant est par exemple concentrique par
10 rapport à l'arbre de direction 21 et au corps de colonne 37. Autrement dit, la première surface du quatrième aimant présente par exemple la forme d'une surface latérale d'une portion de cylindre s'étendant autour de l'axe de colonne 21, de préférence d'une portion de cylindre de révolution.

Le quatrième aimant comprend une deuxième surface interne par
15 l'intermédiaire de laquelle le quatrième aimant est assemblé à l'arbre de direction. Pour cela, la deuxième surface est par exemple de forme complémentaire avec la surface latérale de l'arbre de direction, notamment pour être collée à ladite surface latérale de l'arbre de direction 21.

Le quatrième aimant présente la forme d'une portion de tube, notamment d'un
20 demi-tube, la première surface correspondant à la surface extérieure de ladite portion de tube et la deuxième surface correspond à la surface intérieure de ladite portion de tube.

La deuxième surface du quatrième aimant est par exemple du premier pôle magnétique P1.

25 Le quatrième aimant est par exemple agencé de manière diamétralement opposé par rapport au premier aimant 121.

La première surface du quatrième aimant est en outre décalée angulairement autour de du premier axe de rotation 27 par rapport à la première surface 125 du deuxième aimant 122 et à la première surface 128 du troisième aimant 127. On
30 entend par « décalées angulairement », le fait que la bissectrice du secteur angulaire du quatrième aimant d'une part, et la bissectrice du secteur angulaire du deuxième aimant 122 ou du troisième aimant 127 d'autre part, forment ensemble un angle compris entre 50° et 130°, préférentiellement de 90°.

En variante, les moyens de correction peuvent ne comprendre que les quatrième et deuxième aimants 122 ou encore que les quatrième et troisième aimants 127 ou encore que les quatrième, deuxième et troisième aimants 122, 127. Dans ces variantes, la disposition du quatrième aimant par rapport au deuxième et/ou au troisième aimants 122, 127 reste inchangée.

Le couple correctif C_1 permet ainsi de corriger une déviation du véhicule automobile due au dévers d'une route qui sera un dévers à droite en cas de roulage à droite et un dévers à gauche en cas de roulage à gauche.

Le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22.

Le couple correctif C_1 peut par exemple être approché par un couple correctif estimé C_1' défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v)$, où K est une constante de correction prédéterminée non nulle. K correspond au couple appliqué par les moyens de correction 36, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite.

On notera que les moyens de correction 36 sont facilement adaptables au cas de roulage à droite et au cas de roulage à gauche. En effet, il suffit par exemple de changer le positionnement angulaire du premier aimant 121 par rapport au deuxième et au troisième aimants 122, 127, notamment en le pivotant de 180° autour du premier axe de rotation 27 (figures 7a et 7b), ou d'inverser la position des deuxième et troisième aimants 122, 127, lorsque l'arbre de direction 21 est dans la position angulaire de référence, pour modifier l'orientation du couple correctif C_1 .

Les figures 8a et 8b montrent un deuxième exemple de moyens de correction 36 dans lequel les moyens de correction 36 sont des moyens mécaniques. La figure 8a correspond à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à droite, tandis que la figure 8b correspond à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche.

Les moyens de correction 36 comprennent par exemple une came 131 montée solidaire en rotation avec l'arbre de direction 21 et définissant une surface de came 132 autour du premier axe de rotation 27.

5 Les moyens de correction 36 comprennent en outre un culbuteur 133 monté pivotant sur le corps de colonne 37 autour d'un cinquième axe de rotation 134 fixe parallèle au premier axe de rotation 27. Le culbuteur 133 comprend un roulement 135 destiné à rouler sur la surface de came 132 et des moyens de rappel élastique 136 configurés pour maintenir en contact le roulement 135 et la surface de came
10 132, en entraînant en rotation le culbuteur 133 autour du cinquième axe de rotation 134. Les moyens de rappel élastique 136 comprennent par exemple un ressort à compression monté entre le corps de colonne 37 et le culbuteur 133.

La came 131 et le culbuteur 133 sont en outre configurés pour que le
15 roulement 135 du culbuteur 133 applique, via la surface de came 132, un effort non nul générant autour du premier axe de rotation 27 un couple correctif C_1 non nul, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite. On comprendra en particulier que l'effort appliqué par le roulement 135 du culbuteur 133 sur la surface de came 132, à distance du premier axe de rotation 27, induit un couple correctif C_1 autour
20 dudit premier axe de rotation 27.

La came 131 présente une section transversale par rapport au premier axe de rotation 27 de forme ovale. La section transversale de la came 131 est excentrée par rapport au premier axe de rotation 27.

25

Dans le cas d'un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche, la came 131 et le culbuteur 133 seront configurés pour que le roulement 135 du culbuteur 133 applique, via la surface de came 132, un couple correctif C_1 qui aura tendance à faire braquer les roues du véhicules automobiles vers la gauche. En d'autres termes, le
30 couple correctif C_1 sera dans ce cas orienté dans le sens antihoraire ou trigonométrique (figure 8a). A l'inverse, dans le cas d'un véhicule automobile prévu pour rouler à gauche, le couple correctif C_1 appliqué par le roulement 135 du culbuteur 133 aura tendance à faire braquer les roues du véhicule automobile vers la droite. En d'autres termes, le couple correctif C_1 sera dans ce cas orienté dans le

sens horaire ou sens anti-trigonométrique (figure 8b). La figure 8a correspond donc bien à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour rouler à droite, tandis que la figure 8b correspond bien à une configuration de la colonne de direction 20 pour un véhicule automobile prévu pour

5 rouler à gauche.

Le couple correctif C_1 permet ainsi de corriger une déviation du véhicule automobile due au dévers d'une route qui sera un devers à droite en cas de roulage à droite et un devers à gauche en cas de roulage à gauche.

10

Le couple correctif C_1 est une fonction périodique de période un tour de volant 22.

Ce couple correctif C_1 peut par exemple être approché par un couple correctif estimé C_1' défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v)$, où K est une constante de correction 15 prédéterminée non nulle. K correspond au couple appliqué par les moyens de correction 36, lorsque le véhicule automobile roule en ligne droite.

On notera que ce deuxième exemple de moyens de correction 36 est facilement adaptable au cas de roulage à droite et au cas de roulage à gauche. En 20 effet, il suffit par exemple de modifier la surface de came 132 (figures 8a et 8b) ou de changer le sens de rotation imposé par les moyens de rappel élastique 136 au culbuteur 133, pour modifier l'orientation du couple correctif C_1 .

REVENDEICATIONS

1. Ensemble (100) pour véhicule automobile s'étendant suivant une direction d'extension longitudinale (X), comprenant :

- 5 - un boîtier de direction (10) comprenant une crémaillère (11) s'étendant suivant une direction transversale (Y) et destinée à être reliée à des roues (R) du véhicule automobile,
- une colonne de direction (20) comprenant :
 - 10 ○ un pignon (23) configuré pour appliquer à ladite crémaillère (11) un couple de pignon (C_p) de sorte à entraîner en translation la crémaillère (11) suivant la direction transversale (Y) ;
 - un volant (22) configuré pour appliquer à la colonne de direction (20) un couple de volant (C_v) ;
 - 15 ○ des premiers moyens de mesure (34) configurés pour mesurer un angle de rotation de la colonne de direction (α_v) par rapport à une position angulaire de référence correspondant à un angle nul de rotation du volant ou du pignon et dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite ;
 - des deuxièmes moyens de mesure (35) configurés pour mesurer le
 - 20 couple de pignon (C_p) ;
- une direction assistée électrique (40) comprenant un moteur électrique (41) configuré pour convertir une intensité (I_a) d'un courant électrique délivrée au moteur électrique (41), dite intensité d'assistance, en un couple d'assistance (C_a) ou un effort d'assistance à appliquer sur la crémaillère
 - 25 (11) ;
- un dispositif de commande (50) de la direction assistée configuré pour déterminer, au moins à partir du couple de pignon (C_p) mesuré, l'intensité d'assistance (I_a) à délivrer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40) ;
- 30 - au moins un dispositif de modulation de la relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v), le couple de volant (C_v) étant égal au couple de pignon corrigé d'au moins un terme de modulation variable en fonction d'au moins l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;

l'ensemble étant caractérisé en ce que l'intensité d'assistance (I_a) est déterminée à partir du couple de volant (C_v) calculé au moins en fonction du couple de pignon (C_p) mesuré et du terme de modulation et en ce que :

- 5 - la colonne de direction (20) comprend un arbre de direction (21) divisé en au moins trois tronçons (26, 28, 30) articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan (32, 33) simples, un tronçon supérieur (26) s'étendant suivant un premier axe de rotation (27) et sur lequel est fixé le volant (22), un tronçon inférieur (28) s'étendant suivant un deuxième axe de rotation (29) et sur lequel le pignon (23) est
10 monté solidaire en rotation autour du deuxième axe de rotation (29) et un tronçon intermédiaire (30) s'étendant suivant un troisième axe de rotation (31), le tronçon intermédiaire (30) étant relié à chacune de ses extrémité, au tronçon supérieur (26) et au tronçon inférieur (28) par l'intermédiaire d'un joint de cardan (32, 33) simple ;
- 15 - des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur (26) et le tronçon intermédiaire (30) d'une part et le tronçon intermédiaire (30) et le tronçon inférieur (28) d'autre part, sont égaux à 3° près ;
et/ou
les joints de cardan (32, 33) sont calés angulairement l'un par rapport à
20 l'autre autour du troisième axe de rotation (31) de sorte à former entre eux un angle de calage inférieur ou égal à un angle de calage seuil égal à un angle de calage optimal majoré de 5° , l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints de cardan (32, 33) autour du troisième axe de rotation (31) annulant une modulation de la
25 relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v) introduite par les joints de cardan (32, 33) ;
- la colonne de direction (20) comprend en outre des moyens de correction (36) configurés pour appliquer au tronçon supérieur (26) d'arbre un couple correctif (C_1) autour du premier axe de rotation (27), le couple correctif (C_1)
30 étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v),
- le dispositif de commande (50) est configuré pour :

- calculer un couple de volant (C_v) défini tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p + M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction, M étant égal au couple correctif (C_1) qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;
 - déterminer, à partir du couple de volant (C_v) ainsi calculé, l'intensité d'assistance (I_a) à appliquer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40).
- 5
- 10 2. Ensemble (100) pour véhicule automobile s'étendant suivant une direction d'extension longitudinale (X), comprenant :
- un boîtier de direction (10) comprenant une crémaillère (11) s'étendant suivant une direction transversale (Y) et destinée à être reliée à des roues (R) du véhicule automobile,
 - 15 - une colonne de direction (20) comprenant :
 - un pignon (23) configuré pour appliquer à ladite crémaillère (11) un couple de pignon (C_p) de sorte à entraîner en translation la crémaillère (11) suivant la direction transversale (Y) ;
 - un volant (22) configuré pour appliquer à la colonne de direction (20) un-couple de volant (C_v) ;
 - 20 ○ des premiers moyens de mesure (34) configurés pour mesurer un angle de rotation de la colonne de direction (α_v) par rapport à une position angulaire de référence correspondant à un angle nul de rotation du volant ou du pignon et dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite ;
 - 25 ○ des deuxièmes moyens de mesure (35) configurés pour mesurer le couple de pignon (C_p) ;
 - une direction assistée électrique (40) comprenant un moteur électrique (41) configuré pour convertir une intensité (I_a) d'un courant électrique délivrée au moteur électrique (41), dite intensité d'assistance, en un couple d'assistance (C_a) ou un effort d'assistance à appliquer sur la crémaillère (11) ;
 - 30 - un dispositif de commande (50) de la direction assistée configuré pour déterminer, au moins à partir du couple de pignon (C_p) mesuré, l'intensité

d'assistance (I_a) à délivrer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40) ;

- au moins un dispositif de modulation de la relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v), le couple de volant (C_v) étant égal au couple de pignon corrigé d'au moins un terme de modulation variable en fonction d'au moins l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;

l'ensemble étant caractérisé en ce que l'intensité d'assistance (I_a) est déterminée à partir du couple de volant (C_v) calculé au moins en fonction du couple de pignon (C_p) mesuré et du terme de modulation et en ce que :

- la colonne de direction (20) comprend un arbre de direction (21) divisé en au moins trois tronçons (26, 28, 30) articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan (32, 33) simples, un tronçon supérieur (26) s'étendant suivant un premier axe de rotation (27) et sur lequel est fixé le volant (22), un tronçon inférieur (28) s'étendant suivant un deuxième axe de rotation (29) et sur lequel le pignon (23) est monté solidaire en rotation autour du deuxième axe de rotation (29) et un tronçon intermédiaire (30) s'étendant suivant un troisième axe de rotation (31), le tronçon intermédiaire (30) étant relié à chacune de ses extrémités, au tronçon supérieur (26) et au tronçon inférieur (28) par l'intermédiaire d'un joint de cardan (32, 33) simple ;

- des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur (26) et le tronçon intermédiaire (30) d'une part et le tronçon intermédiaire (30) et le tronçon inférieur (28) d'autre part, ne sont pas égaux à 3° près ;
et/ou

les joints de cardan (32, 33) sont calés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du troisième axe de rotation (31) de sorte à former entre eux un angle de calage supérieur à un angle de calage seuil, l'angle de calage seuil étant égal à un angle de calage optimal majoré de 5° , l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints de cardan (32, 33) autour du troisième axe de rotation (31) annulant une modulation de la relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v) introduite par les joints de cardan (32, 33) ;

- le dispositif de commande (50) est configuré pour :

- calculer un couple de volant (C_v) tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M est le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction, M étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant (22) ;
 - déterminer, à partir du couple de volant (C_v) ainsi calculé, l'intensité d'assistance (I_a) à appliquer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40).
- 5
- 10 3. Ensemble (100) pour véhicule automobile s'étendant suivant une direction d'extension longitudinale (X), comprenant :
- un boîtier de direction (10) comprenant une crémaillère (11) s'étendant suivant une direction transversale (Y) et destinée à être reliée à des roues (R) du véhicule automobile,
 - 15 - une colonne de direction (20) comprenant :
 - un pignon (23) configuré pour appliquer à ladite crémaillère (11) un couple de pignon (C_p) de sorte à entraîner en translation la crémaillère (11) suivant la direction transversale (Y) ;
 - un volant (22) configuré pour appliquer à la colonne de direction (20) un couple de volant (C_v) ;
 - 20 ○ des premiers moyens de mesure (34) configurés pour mesurer un angle de rotation de la colonne de direction (α_v) par rapport à une position angulaire de référence correspondant à un angle nul de rotation du volant ou du pignon et dans laquelle le véhicule automobile roule en ligne droite ;
 - 25 ○ des deuxièmes moyens de mesure (35) configurés pour mesurer le couple de pignon (C_p) ;
 - une direction assistée électrique (40) comprenant un moteur électrique (41) configuré pour convertir une intensité (I_a) d'un courant électrique délivrée au moteur électrique (41), dite intensité d'assistance, en un couple d'assistance (C_a) ou un effort d'assistance à appliquer sur la crémaillère (11) ;
 - 30 - un dispositif de commande (50) de la direction assistée configuré pour déterminer, au moins à partir du couple de pignon (C_p) mesuré, l'intensité

d'assistance (I_a) à délivrer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40) ;

- au moins un dispositif de modulation de la relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v), le couple de volant (C_v) étant égal au couple de pignon corrigé d'au moins un terme de modulation variable en fonction d'au moins l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;

l'ensemble étant caractérisé en ce que l'intensité d'assistance (I_a) est déterminée à partir du couple de volant (C_v) calculé au moins en fonction du couple de pignon (C_p) mesuré et du terme de modulation et en ce que :

- 10 - la colonne de direction (20) comprend des moyens de correction (36) configurés pour appliquer au tronçon supérieur (26) un couple correctif (C_1) autour du premier axe de rotation (27), le couple correctif (C_1) étant d'intensité variable en fonction de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;
- 15 - la colonne de direction (20) comprend un arbre de direction (21) divisé en divisé en au moins trois tronçons (26, 28, 30) articulés, lesdits tronçons étant accouplés par l'intermédiaire de joints de cardan (32, 33) simples, un tronçon supérieur (26) s'étendant suivant un premier axe de rotation (27) et sur lequel est fixé le volant (22), un tronçon inférieur (28) s'étendant
- 20 suivant un deuxième axe de rotation (29) et sur lequel le pignon (23) est monté solidaire en rotation autour du deuxième axe de rotation (29) et un tronçon intermédiaire (30) s'étendant suivant un troisième axe de rotation (31), le tronçon intermédiaire (30) étant relié à chacune de ses extrémité, au tronçon supérieur (26) et au tronçon inférieur (28) par l'intermédiaire
- 25 d'un joint de cardan (32, 33) simple ;
- des angles, dits angles de brisure, formés entre le tronçon supérieur (26) et le tronçon intermédiaire (30) d'une part et le tronçon intermédiaire (30) et le tronçon inférieur (28) d'autre part, ne sont pas égaux à 3° près ;
- et/ou
- 30 les joints de cardan (32, 33) sont calés angulairement l'un par rapport à l'autre autour du troisième axe de rotation (31) de sorte à former entre eux un angle de calage supérieur à un angle de calage seuil, l'angle de calage seuil étant égal à un angle de calage optimal majoré de 5° , l'angle de calage optimal correspondant à un angle de calage formé entre les joints

de cardan (32, 33) autour du troisième axe de rotation (31) annulant une modulation de la relation entre le couple de pignon (C_p) et le couple de volant (C_v) introduite par les joints de cardan (32, 33) ;

- le dispositif de commande (50) est configuré pour :

- 5 ○ calculer un couple de volant (C_v) tel que : $C_v(\alpha_v) = C_p \times M_1(\alpha_v) + M_2(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M_1 est un premier terme de modulation, M_2 est un deuxième terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction, M_1 étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant (22),
- 10 M_2 étant égal au couple correctif (C_1) qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;
- déterminer, à partir du couple de volant (C_v) ainsi calculé, l'intensité d'assistance (I_a) à appliquer au moteur électrique (41) de la direction
- 15 assistée électrique (40).

4. Ensemble (100) selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel :

- le terme de modulation M est défini tel que $M(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation prédéterminée,
- 20 ou
- le premier terme de modulation M_1 est défini tel que $M_1(\alpha_v) = 1 + A \times \sin(2 \times \alpha_v + \varphi)$, où A est une première constante de modulation prédéterminée non nulle et φ est une deuxième constante de modulation
- 25 prédéterminée.

5. Ensemble (100) selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel :

- le terme de modulation M est défini tel que $M(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation
- 30 prédéterminée,
- ou

- le premier terme de modulation M_1 est défini tel que $M_1(\alpha_v) = 1 + \sin(2 \times \alpha_v + \varphi) + \sin(4 \times \alpha_v + \varphi')$, où φ est une première constante de modulation prédéterminée et φ' est une deuxième constante de modulation prédéterminée.

5

6. Ensemble (100) selon la revendication 1 ou la revendication 3 ou l'une quelconque des revendications 4 ou 5 en combinaison avec la revendication 3, dans lequel, pour le calcul du couple de volant (C_v), le couple correctif (C_1) est une fonction périodique de période un tour de volant (22), qui est approché par un couple correctif estimé (C_1') défini tel que : $C_1'(\alpha_v) = K \times \cos(\alpha_v) \times F_1 \times F_2$, où K est une constante de correction prédéterminée non nulle, F_1 est un premier coefficient d'atténuation non nul et F_2 est un deuxième coefficient d'atténuation non nul.

15

7. Ensemble (100) selon la revendication 6, comprenant des troisièmes moyens de mesure (60) configurés pour mesurer une vitesse du véhicule automobile (V_{veh}), le premier coefficient d'atténuation (F_1) étant défini de sorte à diminuer de manière continue de 1 à 0 lorsque la vitesse du véhicule automobile (V_{veh}) augmente.

20

8. Ensemble (100) selon la revendication 7, dans lequel le premier coefficient d'atténuation (F_1) est défini tel que : $F_1 = 1 - \frac{2}{\pi} \arctan(V_{veh}/V_{veh/lim})$, où $V_{veh/lim}$ correspond à une vitesse limite du véhicule automobile prédéterminée et V_{veh} correspond à la vitesse mesurée du véhicule automobile.

25

9. Ensemble (100) selon l'une des revendications 6 à 8, comprenant des quatrièmes moyens de mesure (70) configurés pour mesurer une vitesse de braquage des roues (V_b) du véhicule automobile, le deuxième coefficient d'atténuation (F_2) étant défini de sorte à augmenter de manière continue de 0 à 1 lorsque la vitesse de braquage des roues (V_b) augmente.

30

10. Ensemble (100) selon la revendication 9, dans lequel le deuxième coefficient d'atténuation (F_2) est défini tel que : $F_2 = \frac{2}{\pi} \arctan(V_b/V_{b/lim})$, où $V_{b/lim}$ correspond à

une vitesse limite de braquage des roues prédéterminée et V_b correspond à la vitesse mesurée de braquage des roues du véhicule automobile.

11. Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel

- 5 - l'angle de rotation de la colonne de direction correspond à un angle de rotation du volant (α_v) ou à l'angle de rotation du pignon,
ou
- l'angle de rotation de la colonne de direction correspond à un angle de rotation du pignon.

10

12. Ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel l'intensité d'assistance (I_a) est déterminée de sorte que le couple de volant (C_v) demeure inférieur ou égal à une borne prédéterminée.

15 13. Véhicule automobile comprenant un ensemble (100) selon l'une des revendications 1 à 12.

14. Procédé (200) pour piloter une direction assistée électrique (40) d'un ensemble (100) pour véhicule automobile selon l'une des revendications 1 à 12, comprenant

20 les étapes de :

a) mesure (201) de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) et du couple de pignon (C_p) ;

b) calcul (202), au moins en fonction du couple de pignon (C_p) mesuré et du terme de modulation, du couple de volant (C_v), le couple de volant (C_v) étant défini tel que :

25

- $C_v(\alpha_v) = C_p + M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction,

M étant égal au couple correctif (C_1) qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;

30

ou

- $C_v(\alpha_v) = C_p \times M(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M est le terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction,

M étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant (22) ;

ou

- $C_v(\alpha_v) = C_p \times M_1(\alpha_v) + M_2(\alpha_v)$, où C_p est le couple de pignon mesuré, M_1 est un premier terme de modulation, M_2 est un deuxième terme de modulation, et α_v est l'angle de rotation de la colonne de direction,

M_1 étant une fonction périodique de l'angle de rotation de la colonne de direction de période d'un demi-tour de volant (22),

M_2 étant égal au couple correctif (C_1) qui est une fonction prédéterminée de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) ;

c) détermination (203), à partir du couple de volant (C_v) ainsi calculé, de l'intensité d'assistance (I_a) à délivrer au moteur électrique (41) de la direction assistée électrique (40) ;

d) délivrance (204) de l'intensité d'assistance (I_a) ainsi déterminée, de sorte à appliquer à la crémaillère (11) un couple d'assistance (C_a) ou un effort d'assistance tenant compte de l'angle de rotation de la colonne de direction (α_v) et du couple de pignon (C_p).

15. Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme conçues pour exécuter des étapes a) à c) du procédé selon la revendication 14,

lorsque le programme est exécuté sur un ordinateur.

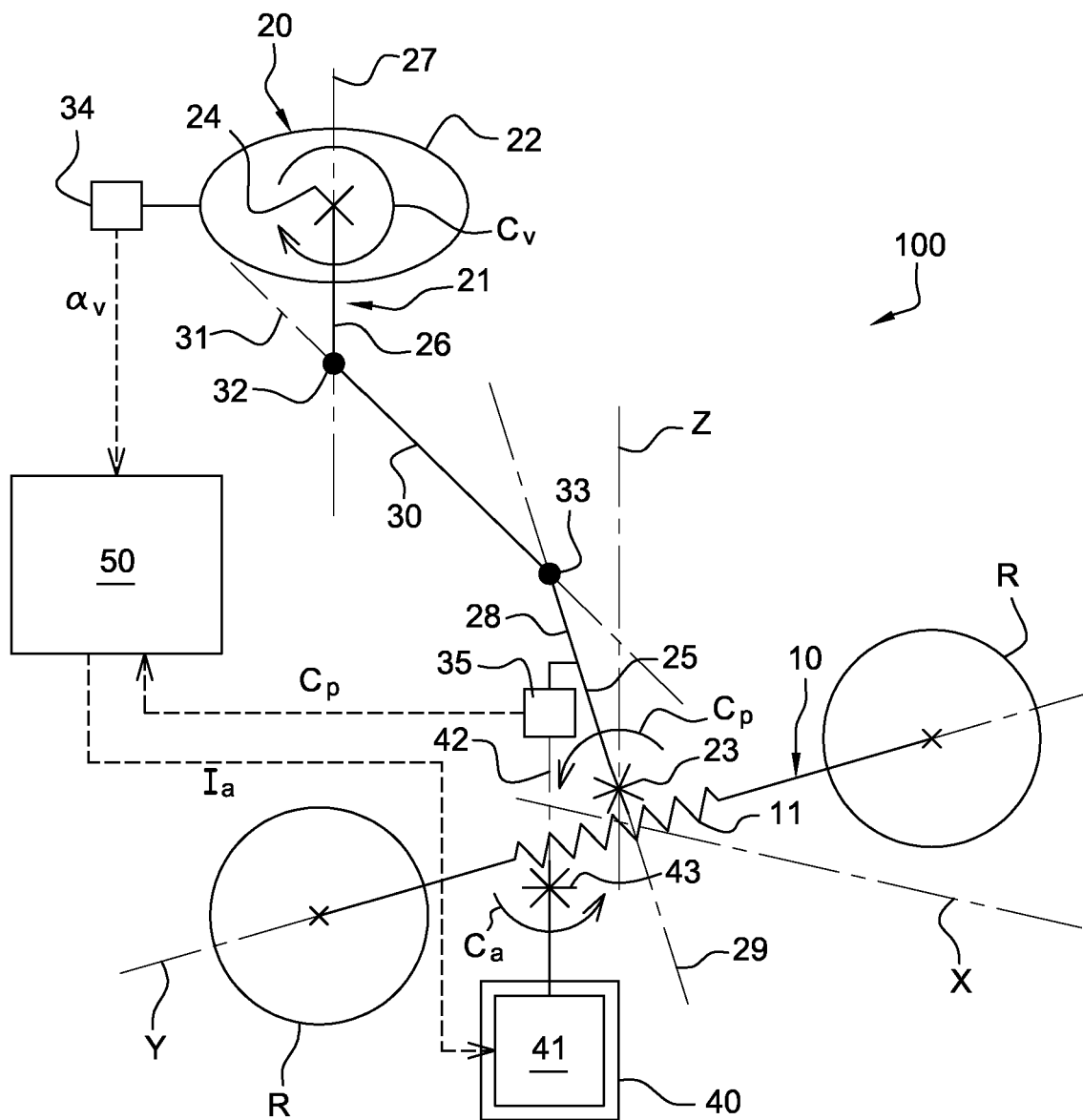


Fig. 1

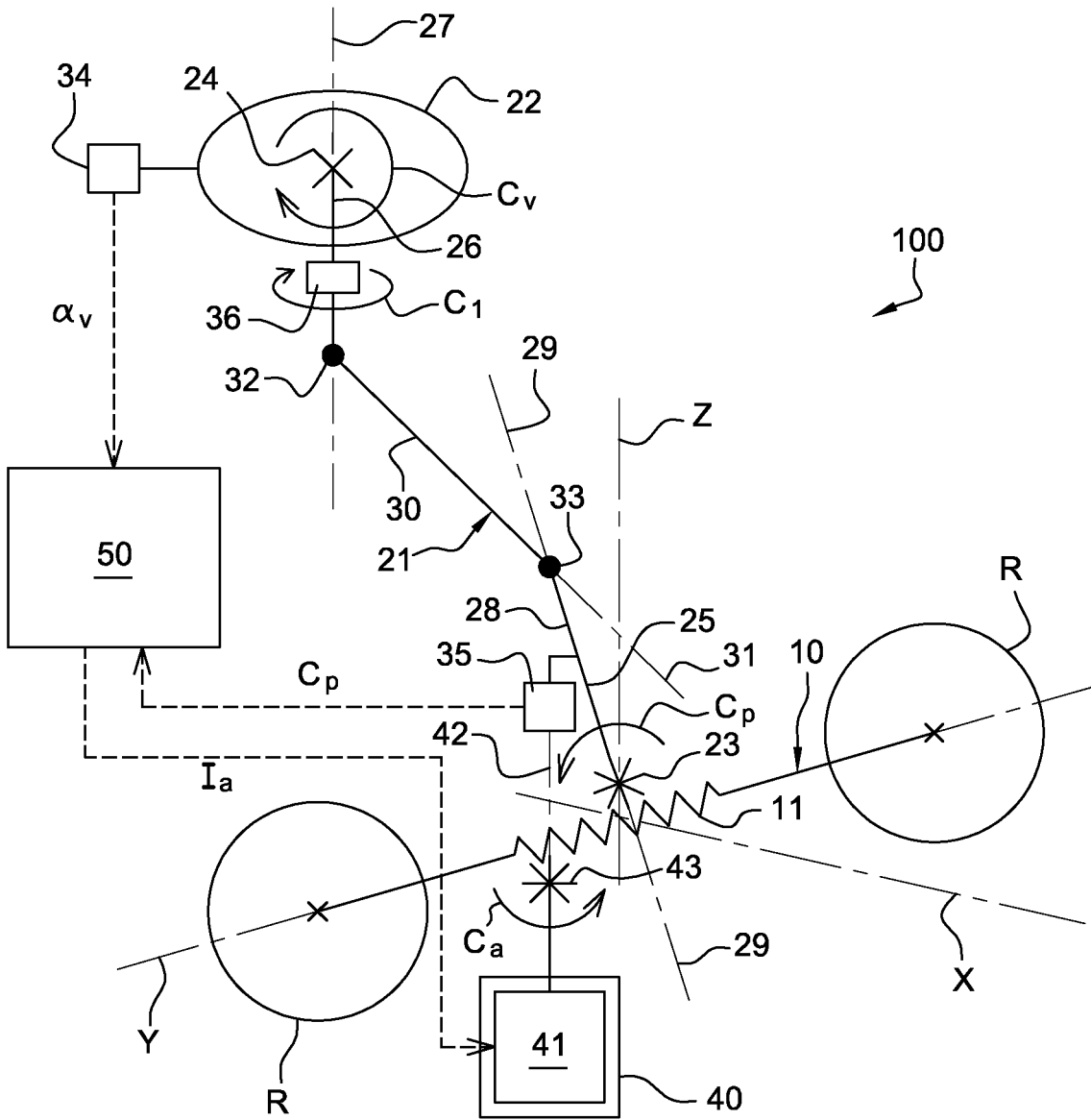


Fig. 2

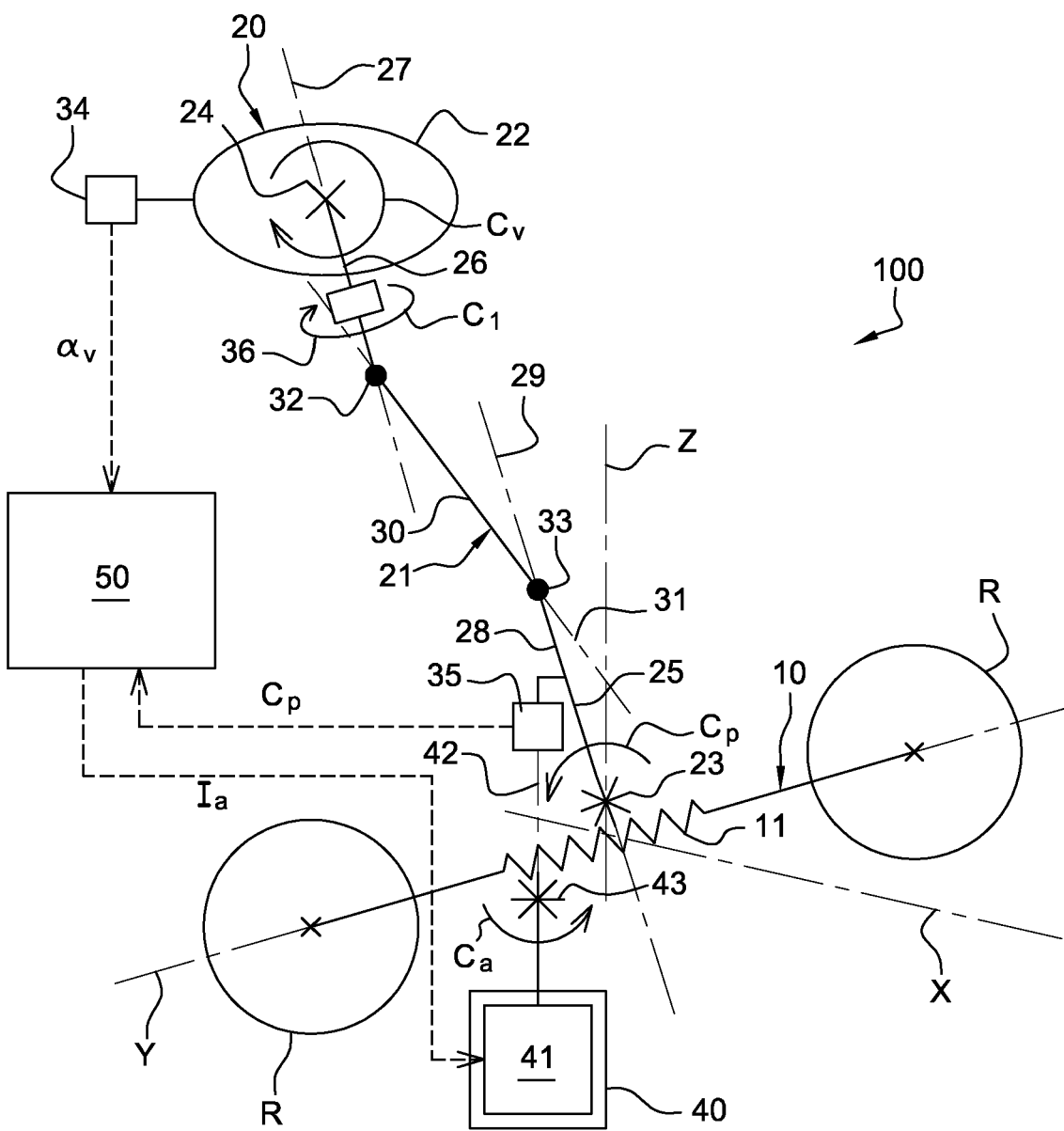


Fig. 3

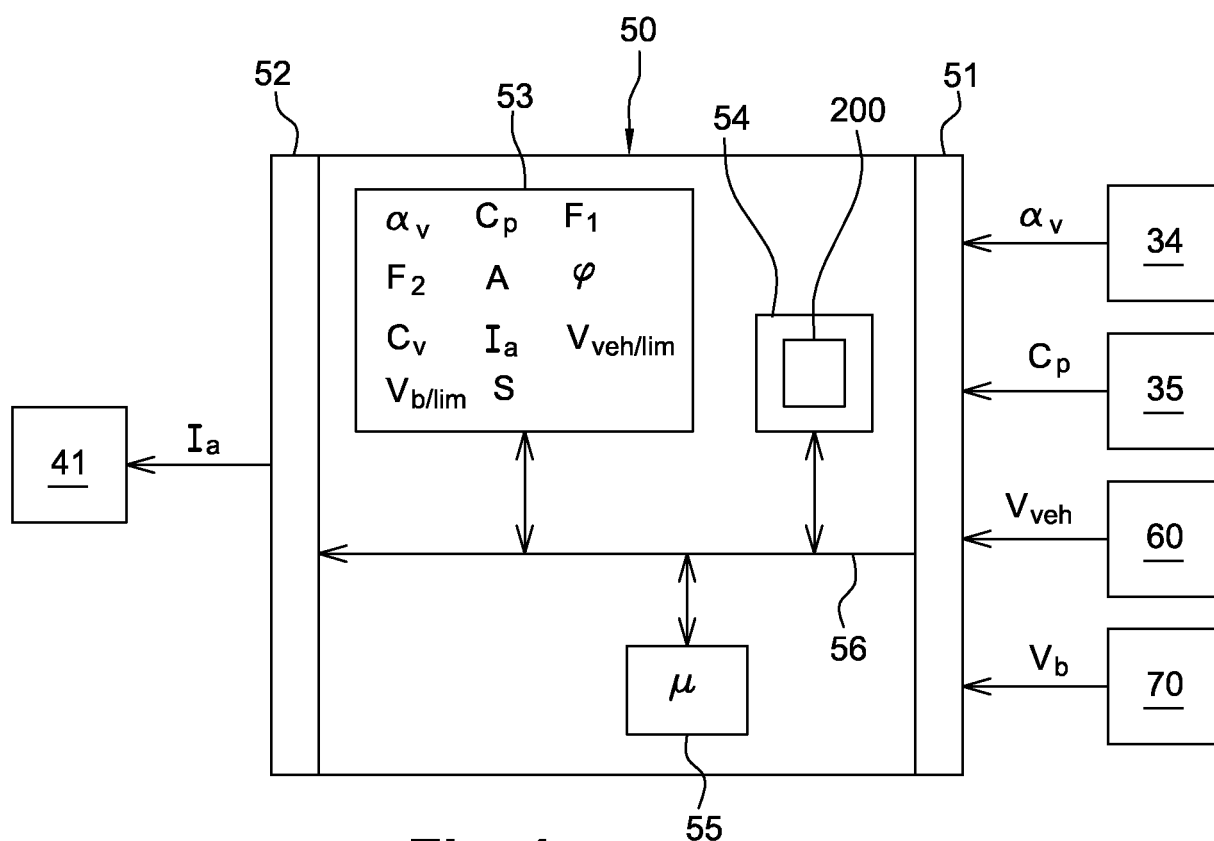


Fig. 4

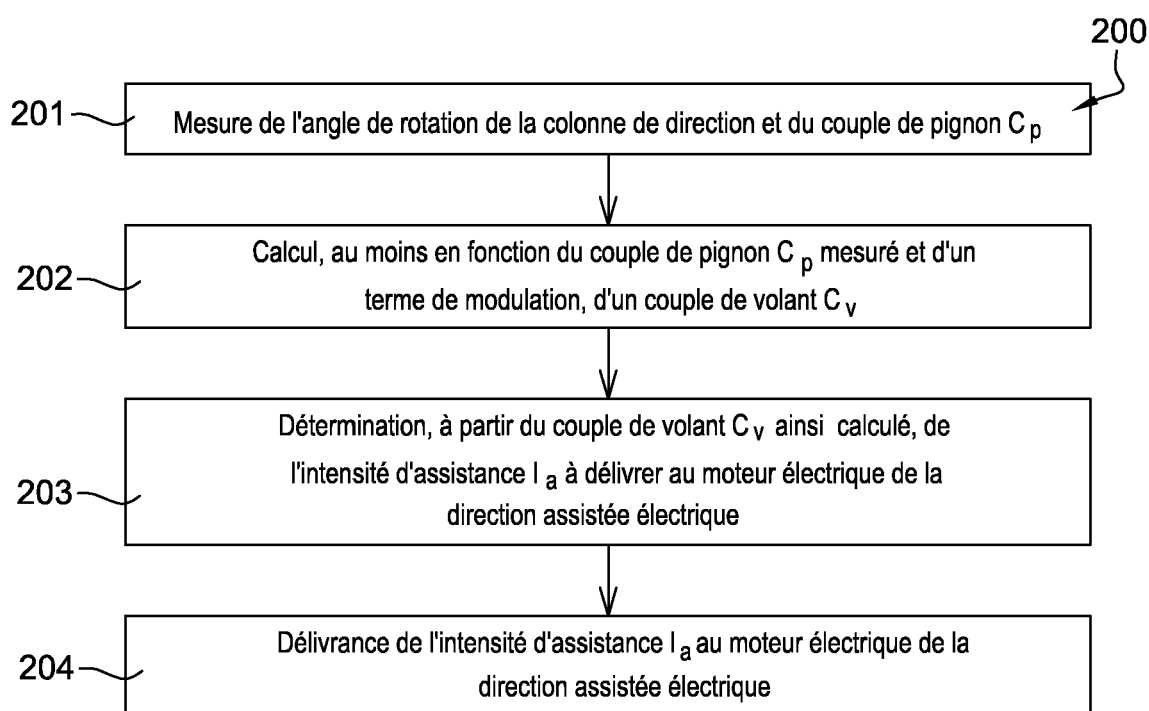


Fig. 5

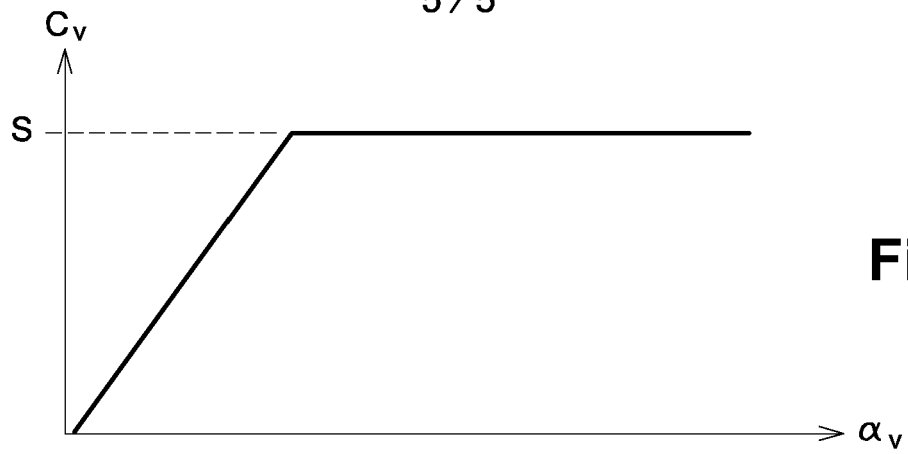


Fig. 6

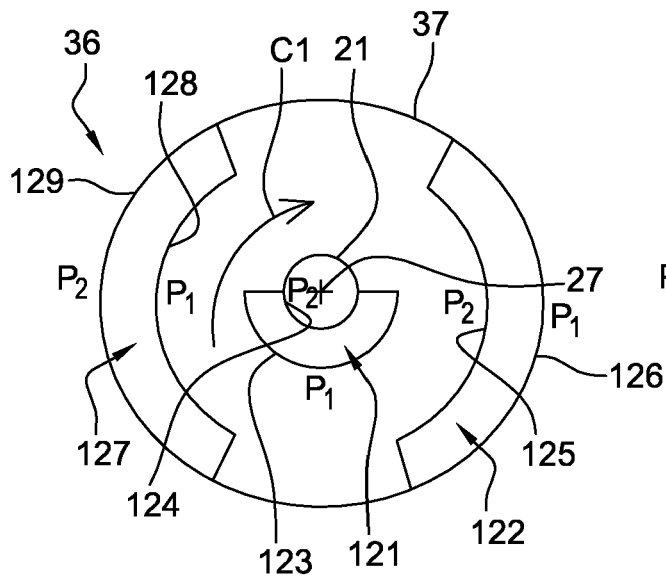


Fig. 7a

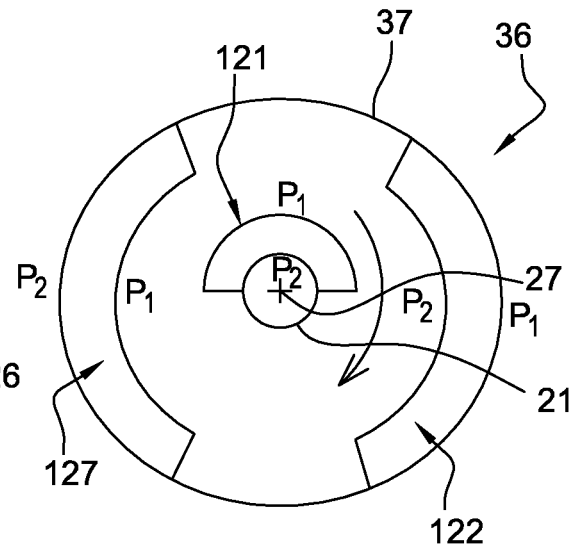


Fig. 7b

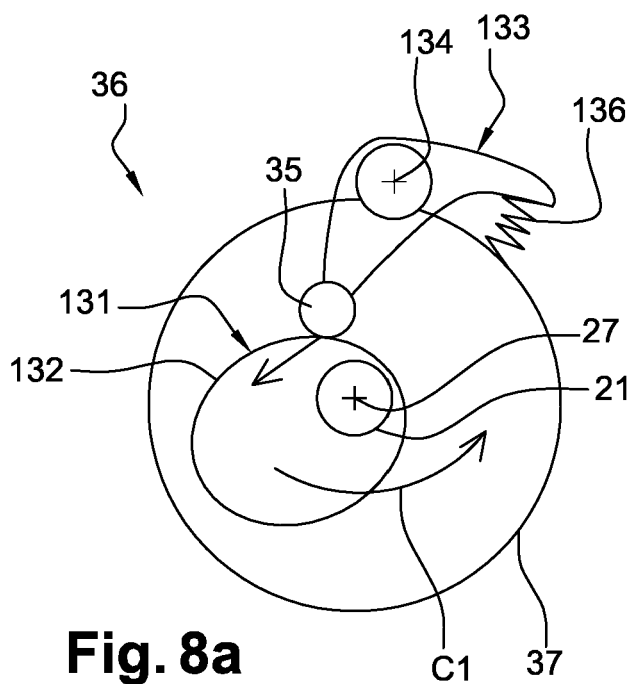


Fig. 8a

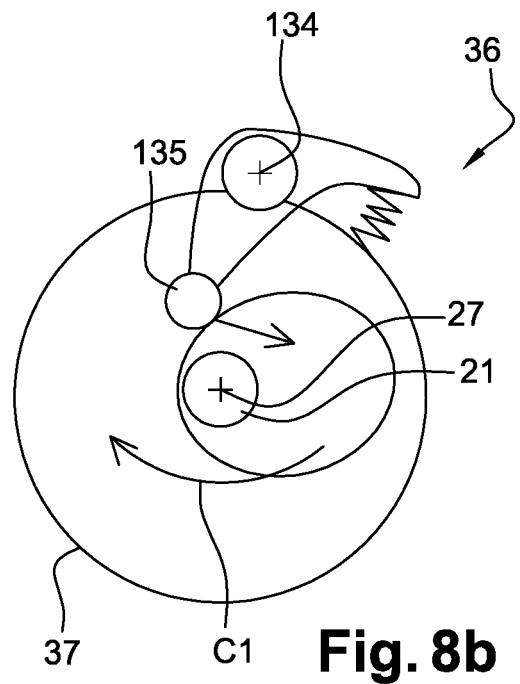


Fig. 8b

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

US 2007/107977 A1 (SHIBATA KENJI [JP]) 17 mai 2007 (2007-05-17)

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

JP H09 254804 A (UNISIA JECS CORP) 30 septembre 1997 (1997-09-30)

US 2003/042067 A1 (YANAKA AKIHIRO [JP]) 6 mars 2003 (2003-03-06)

EP 1 234 746 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 28 août 2002 (2002-08-28)

JP 2008 174047 A (NSK LTD) 31 juillet 2008 (2008-07-31)

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

NEANT