

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

①1 N° de publication : **3 142 422**

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

②1 N° d'enregistrement national : **22 12347**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 60 W 10/20** (2023.01), B 60 W 30/12, B 60 W 40/  
072, B 60 W 40/109

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 Procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale, dispositif et véhicule associés.

②2 Date de dépôt : 25.11.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 31.05.24 Bulletin 24/22.

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

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *Renault s.a.s Société par action  
simplifiée* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BENAZIZ Marouane, KVIESKA  
Pedro, MENER Yohann, QUILLIARD Raphael et  
SALIOU Sebastien.

⑦3 Titulaire(s) : Renault s.a.s Société par action  
simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : JACOBACCI CORALIS HARLE.

**FR 3 142 422 - B1**



## **Description**

### **Titre de l'invention : Procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale, dispositif et véhicule associés.**

#### **Domaine technique de l'invention**

- [0001] La présente invention concerne de manière générale les aides à la conduite de véhicules automobiles.
- [0002] Elle s'applique plus particulièrement aux voitures et autres engins motorisés circulant sur routes, mais s'applique également à d'autres domaines tels que la robotique.
- [0003] L'invention concerne un procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation.
- [0004] Elle concerne également un dispositif d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile adapté à mettre en œuvre ledit procédé et un véhicule comportant un tel dispositif d'assistance au pilotage.

#### **Etat de la technique**

- [0005] Dans un souci de sécurisation des véhicules automobiles, des systèmes d'aide à la conduite voire des systèmes de conduite partiellement à totalement automatisée sont actuellement développés.
- [0006] Parmi ces systèmes, on trouve notamment un système autonome appelé « Traffic Jam Pilot » (TJP) développé par la demanderesse dont le but est d'aider les conducteurs, notamment dans les situations suivantes : voie rapide, autoroute, embouteillage à basse vitesse.
- [0007] Ce système présente un niveau 2 d'autonomie selon le standard de la Society of Automotive Engineers (SAE International) et comprend deux systèmes de contrôle du véhicule : un contrôle longitudinal et un contrôle latéral.
- [0008] Le contrôle longitudinal (ACC) garantit une distance de sécurité suffisante entre le véhicule et un véhicule cible en prenant en compte la vitesse des deux véhicules.
- [0009] Le contrôle latéral (aussi appelé Lane Centering Assist ou LCA) permet de guider le véhicule selon la trajectoire de la route et de l'environnement en modifiant l'angle volant du véhicule.
- [0010] Pour mettre en œuvre un tel système, le véhicule automobile est équipé d'une série de capteurs permettant d'acquérir des données caractérisant l'état du véhicule automobile et son environnement, et d'un calculateur programmé pour analyser ces données afin de générer des commandes pour ralentir si nécessaire le véhicule et le diriger dans sa voie de circulation.

[0011] Cependant, ces contrôles sont paramétrés afin de ne pas appliquer de mouvement trop brusque au véhicule, dans un souci de confort du conducteur et de ses passagers.

[0012] Ces contrôles ne sont donc pas optimisés pour la prise en compte d'une situation d'urgence tel qu'un malaise conducteur par exemple.

### **Présentation de l'invention**

[0013] Afin de remédier aux inconvénients précités de l'état de la technique, la présente invention propose une solution pour permettre de réaligner le véhicule simplement et rapidement parallèlement à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation.

[0014] Plus particulièrement, on propose selon l'invention un procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation, comportant des étapes suivantes :

- acquisition des valeurs initiales d'un angle de cap et d'une vitesse du véhicule automobile,
- détermination d'une valeur maximale d'un angle volant générant une accélération latérale maximale prédéterminée en tenant compte de la valeur initiale de la vitesse du véhicule automobile,
- détermination d'une consigne d'angle volant en fonction du temps comprenant au moins:

une première partie de consigne modifiant l'angle volant pour réduire l'angle de cap du véhicule jusqu'à une valeur cible déterminée en fonction de la valeur initiale de l'angle de cap et de la valeur maximale de l'angle volant, et une deuxième partie de consigne d'angle volant modifiant l'angle de cap du véhicule jusqu'à l'annuler.

[0015] Ainsi, grâce à l'invention, il est possible de déterminer l'évolution d'une consigne d'angle volant dans le temps en fonction des conditions initiales du véhicule et de son environnement au moment de l'activation du procédé permettant de réaligner rapidement et simplement le véhicule avec une trajectoire idéale prédéterminée, c'est-à-dire le ramener vers une trajectoire parallèle à la trajectoire idéale prédéterminée. En d'autres termes l'évolution dans le temps de la consigne d'angle volant déterminée selon l'invention permet d'annuler rapidement l'angle de cap entre un axe longitudinal du véhicule et la trajectoire idéale.

[0016] Ce procédé peut notamment être mis en œuvre sur tout véhicule équipé de capteurs permettant d'acquérir les données relatives à l'environnement du véhicule à chaque instant, tels que radar et caméra déjà utilisés dans le système TJP.

[0017] De manière particulièrement avantageuse, ce procédé peut être mis en œuvre dans le cadre d'une procédure de mise en sécurité le véhicule lorsqu'une situation de « non-activité » du conducteur est détectée par d'autres capteurs du véhicule.

[0018] De manière préférentielle, la consigne calculée selon le procédé de l'invention

s'ajoute à la consigne d'angle volant déterminée classiquement par le régulateur assurant le contrôle latérale LCA. En variante, cette consigne peut être prise en compte seule pour modifier l'angle du volant.

- [0019] Dans tous les cas, selon le procédé de l'invention, la consigne d'angle volant déterminée est prise en compte pour modifier l'angle volant du véhicule, par exemple en contrôlant un actionneur de direction assistée de manière à appliquer la consigne au volant.
- [0020] De préférence, grâce au procédé selon l'invention, la consigne d'angle volant déterminée permet d'augmenter la vitesse de lacet jusqu'à la valeur cible d'angle de cap puis de réduire la vitesse de lacet jusqu'à l'annulation de l'angle de cap. De préférence, l'angle de cap est annulé avec une vitesse de lacet nulle.
- [0021] La première partie de la consigne d'angle volant fait tourner le volant dans un sens, tandis que la deuxième partie de la consigne d'angle volant fait tourner le volant dans l'autre sens.
- [0022] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :
- pour déterminer la valeur maximale de l'angle volant : on détermine une valeur maximale d'une vitesse de lacet du véhicule en fonction de l'accélération latérale maximale du véhicule et de la valeur initiale de la vitesse du véhicule, et on détermine la valeur maximale de l'angle volant en fonction de la valeur maximale de la vitesse de lacet, de la valeur initiale de la vitesse du véhicule et de grandeurs caractéristiques du véhicule ;
  - on impose une consigne d'angle volant variant dans le temps selon une fonction mathématique prédéterminée ;
  - lesdites première et deuxième parties de consigne d'angle volant varient chacune selon une fonction affine du temps ;
  - les fonctions affines du temps selon lesquelles varient les première et deuxième parties de consigne sont deux fonctions affines dont les pentes présentent des valeurs absolues égales et des signes opposés ;
  - la valeur absolue de la pente de chacune des première et deuxième fonctions affines est égale à une vitesse de rotation du volant maximale prédéterminée ;
  - la valeur cible déterminée de l'angle de cap est égale à une fraction de l'angle de cap initiale ou à une valeur d'angle de cap atteinte lorsque l'angle volant atteint la valeur maximale d'angle volant ;
  - lorsque l'angle volant atteint ladite valeur maximale d'angle volant au cours de la première partie de consigne, on détermine une troisième partie de consigne intermédiaire selon laquelle l'angle volant est maintenu égal à la valeur maximale de

l'angle volant pendant une durée déterminée en fonction de la valeur initiale de l'angle de cap et de la valeur maximale de la vitesse de lacet.

[0023] L'invention concerne également un dispositif d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation, comportant un calculateur programmé pour mettre en œuvre le procédé décrit précédemment.

[0024] L'invention concerne également un véhicule automobile comportant un dispositif d'assistance au pilotage tel que décrit précédemment et un actionneur de direction assistée, dans lequel ledit calculateur du dispositif d'assistance est en outre programmé pour contrôler l'actionneur de direction assistée de manière à faire varier l'angle volant en tenant compte de ladite consigne.

### **Description détaillée de l'invention**

[0025] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

[0026] Sur les dessins annexés :

[0027] [Fig.1] est une représentation du modèle « bicyclette » appliqué au véhicule automobile se déplaçant dans une voie de circulation;

[0028] [Fig.2] est un graphique illustrant l'évolution dans le temps de la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode de l'invention lorsque la valeur cible de l'angle volant n'atteint pas la valeur maximale d'angle volant, et l'évolution dans le temps d'un angle de cap théorique qui résulte de l'application de cette consigne au volant ;

[0029] [Fig.3] est un graphique illustrant l'évolution dans le temps de la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode de l'invention lorsque la valeur cible de l'angle volant est égale à la valeur maximale d'angle volant, et l'évolution dans le temps d'un angle de cap théorique qui résulte de l'application de cette consigne au volant ;

[0030] [Fig.4] est un graphique illustrant l'évolution dans le temps (en secondes) de la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode de l'invention lorsque la valeur cible de l'angle volant n'atteint pas la valeur maximale d'angle volant, l'évolution dans le temps de la consigne de vitesse de rotation du volant correspondante ainsi que l'évolution dans le temps d'un angle de cap simulé résultant ;

[0031] [Fig.5] est un graphique illustrant l'évolution dans le temps (en secondes) de la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode de l'invention lorsque la valeur cible de l'angle volant est égale à la valeur maximale d'angle volant, et l'évolution dans le temps de la consigne de vitesse de rotation du volant correspondante ainsi que l'évolution dans le temps d'un angle de cap simulé résultant ;

[0032] [Fig.6] est un graphique illustrant l'évolution dans le temps (en secondes) de la

consigne d'angle volant totale (courbe du haut) correspondant à la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode de l'invention et ajoutée à la consigne d'angle volant déterminée selon la méthode classique mise en œuvre par le système LCA (trait plein), l'évolution dans le temps de la consigne de vitesse de rotation du volant totale correspondante (trait plein, courbe du milieu) et l'évolution dans le temps de la distance latérale (écart) entre le véhicule et la trajectoire idéale lorsque cette consigne d'angle volant totale est appliquée (courbe du bas, trait plein) ; ces évolutions sont comparées aux évolutions dans le temps des consignes d'angle volant et de vitesse de rotation du volant déterminées par le système LCA seul (courbe en trait pointillé du haut et du milieu) et de l'évolution dans le temps de l'écart entre le véhicule et la trajectoire idéale résultant de l'application de cette consigne d'angle volant déterminée par le système LCA seul (trait pointillé de la courbe du bas).

- [0033] L'invention concerne un procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation et un dispositif pour le mettre en oeuvre.
- [0034] Dispositif
- [0035] Sur la [Fig.1], on a représenté un modèle du type « bicyclette » d'un véhicule automobile 10 sur une voie de circulation VC. Dans le cadre de ce modèle, le véhicule 10 est modélisé par un cadre et deux roues (comme pour une bicyclette) : la roue avant 11 directrice et la roue arrière 12 non directrice. La voie de circulation VC est ici délimitée par le bord de la route 21 d'un côté et une ligne discontinue 22 de l'autre.
- [0036] Ce véhicule automobile 10 s'étend selon un axe longitudinal X perpendiculaire aux axes communs des roues avant 11 et arrière 12. Il comporte un système de direction conventionnel permettant d'agir sur l'orientation des roues directrices de façon à pouvoir faire tourner le véhicule. Ce système de direction conventionnel comprend notamment un volant connecté à des biellettes afin de faire pivoter les roues directrices. Dans l'exemple considéré, il comporte également au moins un actionneur de direction assistée permettant d'agir sur l'orientation des roues directrices en fonction de l'orientation du volant et/ou en fonction d'une requête reçue d'un calculateur. Cet actionneur de direction assistée peut, pour cela, agir sur la colonne de direction du véhicule (qui est fixée au volant) ou sur une crémaillère (qui connecte la colonne de direction aux roues directrices). Bien entendu, l'actionneur pourrait être agencé de manière différente.
- [0037] Le calculateur est alors prévu pour piloter l'actionneur de direction assistée. Il comporte à cet effet au moins un processeur, au moins une mémoire et différentes interfaces d'entrée et de sortie.
- [0038] Grâce à ses interfaces d'entrée, le calculateur est adapté à recevoir des signaux d'entrée provenant de différents capteurs.

- [0039] Parmi ces capteurs, il est par exemple prévu une caméra frontale et/ou un radar, permettant de repérer la position du véhicule 10 par rapport à sa voie de circulation VC.
- [0040] Les capteurs peuvent également comprendre un capteur d'angle permettant de mesurer l'angle de braquage des roues avant 11 directrices.
- [0041] Les capteurs du véhicule 10 comprennent également de préférence des capteurs permettant de surveiller l'activité du conducteur et/ou son niveau d'attention. De tels capteurs peuvent par exemple comprendre une caméra orientée vers la tête du conducteur, ou des capteurs de pression situés dans le volant.
- [0042] Grâce à ses interfaces de sortie, le calculateur est adapté à transmettre une consigne d'angle volant à l'actionneur de direction assistée de manière à contrôler celui-ci pour qu'il modifie l'angle volant selon la consigne d'angle.
- [0043] Grâce à sa mémoire, le calculateur mémorise des données utilisées dans le cadre du procédé décrit ci-dessous. Il mémorise notamment une application informatique, constituée de programmes d'ordinateur comprenant des instructions dont l'exécution par le processeur permet la mise en œuvre par le calculateur du procédé selon l'invention décrit ci-après.
- [0044] Le calculateur programmé pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention forme ainsi un dispositif d'assistance au pilotage du véhicule selon l'invention.
- [0045] Le calculateur mémorise également des données et des programmes d'ordinateur déjà connus permettant la mise en œuvre d'autres procédés d'assistance à la conduite et de détection de l'activité du conducteur.
- [0046] Ces autres procédés concernent notamment le maintien du véhicule au centre de sa voie de circulation. Le calculateur programmé pour mettre en œuvre un procédé d'assistance au pilotage du type LCA forme un système LCA. La manière d'activer ce système LCA et de détecter une ligne centrale de la voie de circulation ne sera pas décrite ici.
- [0047] Ce système LCA est programmé par exemple pour mettre en œuvre une loi de commande de l'actionneur de direction assistée comprenant un premier élément de consigne calculé en boucle fermée et un deuxième élément de consigne déterminé par une boucle ouverte. La boucle ouverte a pour fonction de prendre en compte la courbure de la route et de compenser l'effet du virage sur les états et la commande. La boucle fermée a pour fonction de maintenir le véhicule au centre de sa voie de circulation alors que cette dernière est considérée droite, c'est-à-dire rectiligne. Les termes issus de ces deux boucles s'additionnent au moyen d'un sommateur.
- [0048] Le procédé de détection de l'activité du conducteur ne sera pas non plus décrit en détails ici. Néanmoins, ce procédé peut notamment reposer notamment sur la détection de mouvements ou d'actions du conducteur ou la surveillance de l'attention

(surveillance du mouvement des yeux, détection des yeux fermés, de la position de la tête par exemple) du conducteur et permet, généralement après un délai de confirmation prédéterminé, de détecter une situation d'urgence lié à un défaut d'activité du conducteur, par exemple lors d'un malaise du conducteur.

- [0049] Le procédé d'assistance au pilotage selon l'invention s'inscrit dans ce contexte. En effet le procédé selon l'invention est de préférence mis en œuvre lorsqu'une non-activité du conducteur est détectée.
- [0050] L'activation du dispositif d'assistance selon l'invention, et donc la mise en œuvre du procédé selon l'invention est de préférence indépendante d'un choix du conducteur, le dispositif d'assistance mettant en œuvre ce procédé étant de préférence actif par défaut.
- [0051] Ainsi après la détection d'une non-activité confirmée du conducteur, le procédé d'assistance selon l'invention est mis en œuvre afin de réaligner le véhicule automobile parallèlement à une trajectoire idéale, aussi appelée dans la suite « trajectoire de référence » Id dans la voie de circulation.
- [0052] Cette trajectoire de référence Id ([Fig.1]) coïncide de préférence avec la ligne centrale de la voie de circulation VC, c'est-à-dire qu'il s'agit de préférence de la trajectoire équidistante du bord de la route 21 et de la ligne discontinue 22 dans l'exemple schématique représenté sur la [Fig.1].
- [0053] On entend par réaligner le véhicule le fait de réorienter le véhicule de manière à ce que son axe longitudinal X soit parallèle à la tangente T à la trajectoire de référence Id au niveau du centre de gravité CG du véhicule, comme cela est détaillé ci-après. La mise en œuvre du procédé selon l'invention correspond à une manœuvre de réalignement.
- [0054] Une fois le véhicule 10 réaligné grâce au procédé selon l'invention, la consigne d'angle est par exemple calculée par le système LCA classique qui ramène le véhicule 10 vers le centre de la voie, c'est-à-dire fait se superposer l'axe longitudinal X du véhicule avec la tangente T à la ligne centrale de la voie de circulation. Cela fait coïncider sa trajectoire avec la ligne centrale de la voie de circulation VC.
- [0055] Le procédé d'assistance selon l'invention est utilisé dans le but d'arrêter le véhicule et de réguler sa position dans la voie lorsqu'une situation dans laquelle le conducteur n'exerce plus de contrôle du véhicule, par exemple à cause d'un malaise, est détectée. Dans ce contexte, le régulateur assurant le contrôle latéral, appelé ici système LCA, est utilisé pour réguler la position du véhicule dans la voie. La consigne d'angle déterminée par le procédé d'assistance selon l'invention s'ajoute ici à la consigne d'angle volant déterminée classiquement par le système LCA.
- [0056] Ainsi, le calculateur du dispositif d'assistance selon l'invention programmé pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention est de préférence également programmé pour mettre en œuvre le procédé d'assistance au pilotage du type LCA. Lorsque le

procédé pour réaligner le véhicule est mis en œuvre, le système LCA s'active et reste actif jusqu'à la fin de la manœuvre de réalignement.

[0057] Variables

[0058] Avant de décrire plus en détail le procédé selon l'invention, on peut introduire les différentes variables qui seront utilisées, dont certaines sont illustrées sur la [Fig.1].

[0059] Le centre de gravité du véhicule sera noté « CG ».

[0060] L'empattement du véhicule 10, c'est-à-dire la distance entre les axes des deux trains de roue, sera noté « L » et s'exprimera en mètres ([Fig.1]).

[0061] On pourra considérer un repère orthogonal (CG, X, Y, Z) attaché au véhicule. Son origine est confondue avec le centre de gravité CG. L'axe X correspond à l'axe longitudinal X du véhicule. L'axe Y correspond à l'axe latéral tourné vers la gauche du véhicule. Lorsque le véhicule roule sur une route horizontale, l'axe Z correspond à l'axe vertical. Plus généralement, cet axe Z est l'axe normal à la route.

[0062] L'angle volant noté «  $\delta_v$  » est l'angle de rotation du volant autour de la colonne de direction, la valeur de l'angle volant  $\delta_v$  étant nulle lorsque les roues sont alignées selon l'axe longitudinal X.

[0063] L'angle de braquage que font les roues avant 11 directrices avec l'axe longitudinal X du véhicule automobile 10 sera noté «  $\delta_r$  » et sera exprimé en rad.

[0064] On notera que l'angle volant  $\delta_v$  et l'angle de braquage  $\delta_r$  sont directement liés, avec un rapport de démultiplication K voire également une dynamique qui peut être modélisée comme étant du premier ou du deuxième ordre.

[0065] La vitesse longitudinale du véhicule, selon l'axe X, sera notée V et sera exprimée en m/s.

[0066] L'angle de cap entre l'axe X et la tangente T à la trajectoire de référence Id au niveau du centre de gravité CG sera noté «  $\theta$  » et sera exprimé en rad. En pratique, les angles entre le véhicule et les lignes de la voie, dont l'angle de cap, sont déduits des données enregistrées par une ou plusieurs caméras du véhicule.

[0067] La vitesse de lacet du véhicule 10, c'est-à-dire sa vitesse de rotation autour de l'axe Z, sera notée «  $d\theta/dt$  ».

[0068] La courbure de la trajectoire de référence Id de la voie de circulation VC est notée  $\rho$  (en  $m^{-1}$ ). Il s'agit de l'inverse de son rayon de courbure au niveau du centre de gravité CG du véhicule automobile 10.

[0069] Dans l'exemple développé par la suite, la trajectoire de référence Id est la ligne centrale de la voie de circulation définie entre le bord de la route 21 et le milieu de la route 22, marqué par une ligne discontinue sur la [Fig.1].

[0070] Procédé

[0071] Le procédé d'assistance au pilotage du véhicule automobile 10 selon l'invention est prévu pour permettre à ce véhicule 10 de se réorienter parallèlement à une trajectoire

de référence Id de sa voie de circulation, en mode autonome (sans intervention du conducteur). Il est par exemple mis en œuvre lorsqu'une inactivité du conducteur, par exemple due à un malaise du conducteur, est détectée.

- [0072] Afin de réaligner le véhicule 10 parallèlement à la trajectoire de référence Id, le dispositif d'assistance au pilotage génère la consigne d'angle au volant qui permet de ramener l'angle de cap du véhicule à zéro.
- [0073] Le cas échéant, lorsque le système LCA est actif, cette consigne d'angle au volant en boucle ouverte s'ajoute à la consigne d'angle classique du système LCA qui comprend le premier élément de consigne d'angle en boucle fermée et le deuxième élément de consigne d'angle en boucle ouverte lié à la courbure de la route, comme mentionné précédemment.
- [0074] De préférence, la consigne d'angle volant déterminé selon le procédé d'assistance au pilotage de l'invention est déterminée de manière à ramener le plus rapidement possible l'angle de cap du véhicule à zéro, tout en respectant les contraintes de vitesse maximale de rotation du volant et d'accélération latérale maximale du véhicule.
- [0075] La vitesse de rotation maximale du volant et l'accélération latérale maximale du véhicule due à la manœuvre de réaligement sont deux grandeurs prédéterminées qui sont prise en compte en tant que contraintes. En cas de virage, l'accélération latérale présente deux composantes qui s'additionnent et correspondent aux contributions de la manœuvre de réaligement pilotée par le dispositif d'assistance selon l'invention, d'une part, et du suivi du virage par le système LCA, d'autre part.
- [0076] La vitesse maximale de rotation du volant est déterminée de manière à limiter les risques de blessures du conducteur lorsque le volant tourne de manière autonome (sans action du conducteur) sous le contrôle de l'actionneur de direction assistée. Elle tient également compte des contraintes physiques de la direction limitant cette vitesse. Cette vitesse maximale de rotation du volant est par exemple égale à 100 degrés par seconde.
- [0077] L'accélération latérale du véhicule correspond à la composante de l'accélération du véhicule selon la direction de l'axe Y du repère attaché au véhicule.
- [0078] L'accélération latérale maximale du véhicule est la valeur maximale de l'accélération latérale du véhicule garantissant un confort de conduite pour le conducteur et/ou autorisant le conducteur à garder le contrôle du véhicule sans risquer une perte d'adhérence. Cette valeur maximale dépend de grandeurs caractéristiques du véhicule (poids, position du centre de gravité...) et également des limites de ressenti autorisé pour le conducteur pour son confort.
- [0079] L'accélération latérale maximale est prédéterminée de toute manière connue de l'Homme du métier. Elle est par exemple inférieure ou égale à  $3 \text{ m/s}^2$ , de préférence inférieure ou égale à  $2 \text{ m/s}^2$ , par exemple comprise en  $0,6$  et  $0,8 \text{ m/s}^2$ . Lors de la mise en œuvre du procédé de réaligement, l'accélération latérale maximale peut être inférieure

ou égale à  $10 \text{ m/s}^2$ .

[0080] Pour calculer la consigne d'angle en boucle ouverte, le procédé selon l'invention se base sur les équations de dynamique véhicule en virage établi. Les simulations effectuées par la Demanderesse montrent que le comportement du véhicule est cohérent par rapport à la trajectoire en faisant cette hypothèse, même lorsque le véhicule ne se trouve pas en régime de virage établi.

[0081] L'instant initial considéré est celui où le dispositif d'assistance selon l'invention est activé, par exemple à la suite de la détection d'un malaise du conducteur du véhicule.

[0082] A cet instant initial, le calculateur du dispositif d'assistance selon l'invention est programmé pour mettre en œuvre les étapes suivantes

- acquisition de valeurs initiales d'un angle de cap  $\theta_0$  et d'une vitesse initiale  $V_0$  du véhicule 10 automobile,
- détermination d'une valeur maximale d'un angle volant  $\delta v_{\max}$  générant une accélération latérale maximale  $A_{\max}$  prédéterminée en tenant compte de la valeur initiale  $V_0$  de la vitesse  $V$  du véhicule 10 automobile,
- détermination d'une consigne d'angle volant en fonction du temps comprenant au moins: une première partie de consigne  $\delta v_1(t)$  modifiant l'angle volant pour réduire l'angle de cap  $\theta$  du véhicule jusqu'à une valeur cible  $\theta_{\text{cible}}$  déterminée en fonction de la valeur initiale  $\theta_0$  de l'angle de cap  $\theta$  et de la valeur maximale  $\delta v_{\max}$  de l'angle volant et une deuxième partie de consigne d'angle volant modifiant l'angle de cap  $\theta$  du véhicule jusqu'à l'annuler.

[0083] A l'instant initial, l'angle de cap  $\theta$  du véhicule est égal à un angle de cap initial  $\theta_0$  et sa vitesse  $V$  est égale à une vitesse initiale  $V_0$  et supposée constante. La vitesse initiale du véhicule et l'angle de cap initial du véhicule sont estimés ou mesurés par tout moyen connu de l'Homme du métier. L'angle de cap initial est déduit des données enregistrées par la ou les caméras et la vitesse initiale est déterminée grâce à des capteurs du véhicule disposés sur ses roues.

[0084] Comme mentionné précédemment, l'accélération latérale maximale  $A_{\max}$  du véhicule due à la manœuvre de réalignement du véhicule est une grandeur prédéterminée et connue.

[0085] La vitesse de lacet initiale est supposée nulle. On suppose donc pour modéliser le comportement du véhicule que les roues sont initialement alignées selon l'axe longitudinal  $X$  du véhicule.

[0086] Pour déterminer la valeur maximale  $\delta v_{\max}$  de l'angle volant  $\delta v$ , le calculateur est programmé pour :

- déterminer une valeur maximale  $d\theta_{\max}$  de la vitesse de lacet  $d\theta/dt$  du véhicule 10 en fonction de l'accélération latérale maximale  $A_{\max}$  du véhicule et de la valeur initiale  $V_0$  de la vitesse du véhicule,

- déterminer la valeur maximale de l'angle volant  $\delta_{vmax}$  en fonction de la valeur maximale de la vitesse de lacet  $d\theta_{max}$ , de la valeur initiale  $V_0$  de la vitesse du véhicule et de grandeurs caractéristiques du véhicule.

- [0087] A la vitesse initiale  $V_0$ , la trajectoire du véhicule 10 ne doit pas dépasser une certaine courbure afin que l'accélération latérale  $A_y$  du véhicule ne dépasse pas l'accélération latérale maximale  $A_{ymax}$ . Dans un virage à rayon constant, l'accélération latérale  $A_y$  est liée à la vitesse de lacet  $d\theta/dt$  par la relation suivante :
- [0088]  $A_y = V_0 \cdot d\theta/dt$ .
- [0089] Ce qui donne pour la valeur maximale  $d\theta_{max}$  de la vitesse de lacet :  $d\theta_{max} = A_{ymax}/V_0$ .
- [0090] La valeur maximale de l'angle volant  $\delta_{vmax}$  est celle qui génère l'accélération latérale maximale  $A_{ymax}$  en régime de virage établi.
- [0091] En régime de virage établi, l'angle de braquage  $\delta_r$  des roues avant 11 directrices est lié à la courbure  $\rho$  de la trajectoire et à l'accélération latérale  $A_y$  par la relation suivante :
- [0092]  $\delta_r = L \cdot \rho + K \cdot A_y$ .
- [0093] Dans cette relation,  $L$  est la longueur de l'empattement du véhicule et  $K$  la valeur du gradient de sous-virage du véhicule. Ce sont des grandeurs caractéristiques du véhicule prédéterminées et connues.
- [0094] L'accélération latérale  $A_y$  est égale au carré de la vitesse multiplié par la courbure de la trajectoire, soit  $A_y = V_0^2 \cdot \rho$ , et on a :  $V_0 \cdot d\theta/dt = V_0^2 \cdot \rho$ .
- [0095] L'angle de braquage  $\delta_r$  peut être exprimé en fonction de la vitesse lacet et de la vitesse véhicule :  $\delta_r = d\theta/dt \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)$ .
- [0096] Comme l'angle volant  $\delta_v$  est égal à l'angle de braquage  $\delta_r$  multiplié par le rapport de démultiplication  $K_{red}$  de la direction assistée, on a :  $\delta_v = K_{red} \cdot d\theta/dt \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)$ .
- [0097] En régime établi, la valeur maximale  $\delta_{vmax}$  de l'angle volant qui génère l'accélération latérale maximale  $A_{ymax}$  vaut donc  $\delta_{vmax} = K_{red} \cdot d\theta_{max} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)$ .
- [0098] La vitesse de lacet peut alors être exprimée en fonction de l'angle volant par :  $d\theta/dt = \delta_v / [K_{red} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)]$ .
- [0099] Selon le procédé de l'invention, on impose que la consigne d'angle volant déterminée par le calculateur varie dans le temps selon une fonction mathématique prédéterminée.
- [0100] Cette fonction est continue. La première partie de consigne fait varier l'angle volant dans un sens (augmentation ou diminution), tandis que la deuxième partie de consigne fait varier l'angle volant dans le sens opposée (diminution ou augmentation).
- [0101] Cette fonction est par exemple une fonction continue. Il peut s'agir en particulier d'une fonction affine ou de manière plus générale, une fonction polynomiale.
- [0102] Il s'agit plus précisément d'une fonction affine ou polynomiale par morceaux.

- [0103] En pratique, dans l'exemple décrit ici, lesdites première et deuxième parties de consigne d'angle volant varient chacune selon une fonction affine du temps.
- [0104] La première partie de consigne d'angle volant à déterminer modifie l'angle volant pour réduire l'angle de cap  $\theta$  du véhicule jusqu'à une valeur cible  $\theta_{cible}$ .
- [0105] Cette première partie de consigne est linéaire car on a supposé les roues alignées à l'instant initial. La valeur initiale de l'angle volant est donc nulle.
- [0106] La valeur cible de l'angle de cap est déterminée en fonction de la valeur initiale  $\theta_0$  de l'angle de cap  $\theta$  et de la valeur maximale  $\delta v_{max}$  de l'angle volant. Elle peut aussi tenir compte de la fonction du temps imposée pour la variation de la consigne d'angle volant.
- [0107] Par exemple, la valeur cible  $\theta_{cible}$  de l'angle de cap est égale à une fraction de l'angle de cap initial ou à une valeur d'angle de cap atteinte lorsque l'angle volant atteint la valeur maximale d'angle volant.
- [0108] Plus précisément, la valeur  $\theta_{cible}$  est ajustée par un compromis entre efficacité et ressenti du conducteur et doit tenir compte de la valeur maximale d'angle volant afin que l'accélération latérale du véhicule reste inférieure ou égale à l'accélération latérale maximale. Dans le cadre de l'exemple proposé, une efficacité maximale est privilégiée, c'est-à-dire qu'un réalignement le plus rapide possible est recherché sans contrainte de ressenti.
- [0109] Une valeur cible  $\theta_{cible}$  peut alors être l'angle de cap initial divisé par 2, soit  $\theta_{cible} = \theta_0/2$ , qui permet théoriquement, avec la première partie de consigne variant linéairement, de réaliser le réalignement au plus vite.
- [0110] Cependant, cette valeur cible ne peut être atteinte que si elle est inférieure strictement à l'angle de cap atteint au moment où la valeur de l'angle volant est égale à la valeur maximale de l'angle volant.
- [0111] Ainsi, la valeur cible déterminée de l'angle de cap est égale à la fraction de l'angle de cap initiale si elle est inférieure strictement à l'angle de cap atteint au moment où la valeur de l'angle volant est égale à la valeur maximale de l'angle volant. Sinon la valeur cible est égale à la valeur d'angle de cap atteinte lorsque l'angle volant atteint la valeur maximale d'angle volant.
- [0112] Ainsi, dans l'exemple décrit ici,  $\delta v_1(t) = a.t$  et  $\theta_{cible} = \theta_0/2$ .
- [0113] En intégrant l'équation précédente donnant la vitesse de lacet en fonction de l'angle volant  $d\theta/dt = \delta v_1(t) / [K_{red.} (L/V_0 + K.V_0)] = d\theta/dt = a.t / [K_{red.} (L/V_0 + K.V_0)]$ , on a :
- [0114]  $\theta(t) = \frac{1}{2} a.t^2 / [K_{red.} (L/V_0 + K.V_0)] + \theta_0$ .
- [0115] Le calculateur est programmé pour déterminer l'instant  $t_{half}$  pour lequel l'angle de cap est égal à sa valeur cible, soit ici  $\theta(t) = \theta_0/2$ .
- [0116] On obtient l'équation suivante :

[0117] [Math.1]

$$t_{half} = \sqrt{\left[ -\theta_0 \cdot \frac{(K_{red} \cdot (L + K \cdot V_0^2))}{a \cdot V_0} \right]}$$

[0118] Lorsque  $\theta_0$  est positif, la variable  $a$  est négative et inversement.

[0119] L'angle au volant au moment où l'angle de cap est égal à sa valeur cible  $\theta_0/2$  est :

$$\delta v1(t_{half}) = a \cdot t_{half}$$

[0120] Le calculateur est par ailleurs programmé pour imposer une pente égale à la vitesse de rotation VRmax du volant maximale afin d'assurer un réalignement rapide du véhicule, soit  $a = VRmax$ . La vitesse de rotation du volant maximale VRmax est positive ou négative selon le sens de rotation du volant. Ici, le signe de la vitesse de rotation du volant est positif vers la gauche et négatif vers la droite. La variable  $a$  vaut :  $a = -\text{Sign}(\theta_0) \cdot VRmax$ .

[0121] La première partie de la consigne d'angle au volant est alors déterminée par le calculateur comme étant  $\delta v1(t) = VRmax \cdot t$  entre le moment d'activation du dispositif d'assistance  $t_0 = 0$  et l'instant calculé  $t_{half}$  :  $\delta v1(t) = VRmax \cdot t$  si  $0 < t < t_{half}$ .

[0122] Si l'angle au volant au moment où l'angle de cap est égal à sa valeur cible  $\delta v1(t_{half}) = VRmax \cdot t_{half}$  est inférieur à la valeur maximale d'angle au volant, la première partie de la consigne d'angle est appliquée jusqu'à l'instant  $t_{half}$ .

[0123] La variation de l'angle volant est ainsi réalisée au plus vite.

[0124] La deuxième partie de la consigne d'angle ramène l'angle volant à 0.

[0125] De préférence, les fonctions affines du temps selon lesquelles varient les première et deuxième parties de consigne sont deux fonctions affines dont les pentes présentent des valeurs absolues égales et des signes opposés.

[0126] En outre, l'évolution dans le temps de la consigne d'angle volant dans le temps est de préférence symétrique. De manière graphique, la courbe d'évolution dans le temps de la consigne d'angle volant est de préférence symétrique par rapport à une droite parallèle à l'axe des ordonnées passant par l'instant  $t_{half}$ .

[0127] En d'autres termes, la consigne d'angle volant varie de 0 à la valeur de consigne d'angle correspondant à la valeur cible d'angle de cap, puis de cette valeur correspondant à la valeur cible d'angle de cap jusqu'à 0 de manière symétrique.

[0128] Ainsi, la valeur absolue de la pente de la deuxième fonction linéaire utilisée pour la deuxième partie de la consigne d'angle au volant est égale à la vitesse de rotation du volant maximale prédéterminée. L'angle volant est ainsi ramené à 0 au plus vite.

[0129] En pratique, la valeur absolue de la pente reste ainsi égale à la vitesse de rotation maximale du volant : la variation de l'angle volant est assurée au plus vite.

[0130] On a ainsi :  $\delta v2(t) = -VRmax \cdot t + b$  si  $t_{half} < t < 2 \cdot t_{half}$ .

[0131] Le paramètre  $b$  est déterminé de manière à ce que la consigne d'angle volant reste continue. Ainsi  $\delta v2(t_{half}) = -VRmax \cdot t_{half} + b = \delta v1(t_{half}) = -VRmax \cdot t_{half}$ , et  $b = 2VRmax \cdot t_{half}$ .

- [0132] Enfin la consigne d'angle au volant est nulle pour  $t$  supérieur ou égale à  $2.t_{half}$ .
- [0133] Ce cas est représenté schématiquement sur la [Fig.2], qui montre la consigne d'angle au volant  $\delta v(t)$  en fonction du temps. Celle-ci est égale à la réunion des première et deuxième parties de consigne  $\delta v1(t)$ ,  $\delta v2(t)$ . La première partie de consigne C1 correspond à l'évolution  $\delta v1(t)=VR_{max}.t$  jusqu'à  $t_{half}$  et la deuxième partie de consigne C2 correspond à l'évolution  $\delta v2(t)=-VR_{max}.t+2VR_{max}.t_{half}$  jusqu'à  $2t_{half}$  (courbe du bas). En correspondance, la variation d'angle de cap  $\theta(t)$  est représenté : la première partie de la consigne d'angle au volant amène l'angle de cap à la valeur cible  $\theta_0/2$  (courbe C3), tandis que la deuxième partie de la consigne amène l'angle de cap à zéro (courbe C4).
- [0134] Grâce à la consigne d'angle au volant déterminée par le procédé selon l'invention, la vitesse de lacet initialement nulle est augmentée jusqu'à la valeur cible d'angle de cap puis diminuée jusqu'à annulation de l'angle de cap à vitesse de lacet nulle.
- [0135] L'angle volant, qui avait une valeur initiale nulle, est également ramené à 0 à l'issue de la manœuvre.
- [0136] Si, au cours de la mise en œuvre de la première partie de consigne, l'angle au volant atteint la valeur maximale d'angle au volant, le calculateur est programmé pour saturer l'angle volant, c'est-à-dire le maintenir égal à sa valeur maximale pendant une troisième partie de consigne intermédiaire.
- [0137] Dans ce cas, la première partie de la consigne d'angle est appliquée jusqu'à l'instant  $t_1$  auquel l'angle volant devient égal à sa valeur maximale. En d'autres termes, si :
- [0138] [Math.2]
- $$|\delta v(t_{half})| > |\delta v_{max}|$$
- [0139] le calculateur calcule l'instant  $t_1$  à partir duquel
- [0140] [Math.3]
- $$|\delta v(t_1)| = |\delta v_{max}|$$
- [0141] Soit avec  $\delta v1(t_1) = a.t_1 = d\theta_{max}.K_{red}.(L/V_0 + K.V_0)$ ,  $t_1 = 1/a.d\theta_{max}.K_{red}/V_0.(L + K.V_0^2)$ .
- [0142] La première partie de consigne d'angle au volant est alors :  $\delta v1(t) = VR_{max}.t$  pour  $0 < t < t_1$ , c'est-à-dire entre le moment d'activation du dispositif d'assistance  $t_0=0$  et l'instant calculé  $t_1$ .
- [0143] Le calculateur est programmé pour maintenir l'angle volant égal à sa valeur maximale pendant une durée déterminée en fonction en fonction de la valeur initiale de l'angle de cap  $\theta_0$  et de la valeur maximale de la vitesse de lacet  $d\theta_{max}$ . En d'autres termes, le calculateur est programmé pour déterminer une troisième partie de consigne constante égale à la valeur maximale de l'angle volant entre l'instant  $t_1$  et un autre instant calculé  $t_2$ . Après cet autre instant calculé  $t_2$ , le calculateur est programmé pour déterminer la deuxième partie de consigne.

[0144] L'angle de cap à l'instant  $t_1$  vaut :

$$[0145] \quad \theta(t_1) = \theta_1 = \frac{1}{2} \cdot d\theta_{\max}^2 \cdot \frac{1}{a \cdot K_{\text{red}} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)} + \theta_0.$$

[0146] L'évolution de l'angle de cap pendant la troisième partie intermédiaire de consigne d'angle volant constant égal à la valeur maximale de l'angle est obtenue en intégrant l'équation mentionnée précédemment :

$$[0147] \quad d\theta/dt = \delta v_3(t) / [K_{\text{red}} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)].$$

[0148] Si on impose un angle volant constant égal à sa valeur maximale  $\delta v_{\max}$  l'intégrale de la fonction est égale à la constante fois la variation de temps :

$$[0149] \quad \theta(t) = \delta v_{\max} / [K_{\text{red}} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)] \cdot (t - t_1) + \theta_1.$$

[0150] Le terme  $\delta v_{\max} / [K_{\text{red}} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0)]$  correspond à la vitesse de lacet maximale  $d\theta_{\max}$  pour un angle volant maximum donné.

[0151] Comme mentionné précédemment, les fonctions affines du temps selon lesquelles varient les première et deuxième parties de consigne sont deux fonctions affines dont les pentes présentent des valeurs absolues égales et des signes opposés. Cela permet de faire varier au plus vite l'angle volant. La réorientation du véhicule est ainsi effectuée de la manière la plus rapide possible.

[0152] L'évolution de la consigne d'angle volant dans le temps présente alors une forme symétrique.

[0153] Compte tenu du fait que les valeurs absolues des pentes sont égales, la réduction d'angle de cap lors de la mise en œuvre de la deuxième partie de consigne est égale à la différence entre l'angle de cap initial  $\theta_0$  et l'angle de cap  $\theta_1$  atteint à la fin de la première partie de la consigne.

$$[0154] \quad \text{Soit : } \theta(t_2) = \theta_2 = \theta_0 - \theta_1.$$

$$[0155] \quad \text{On obtient : } \theta_2 = d\theta_{\max} \cdot (t_2 - t_1) + \theta_1 = \theta_0 - \theta_1, \text{ soit } t_2 = (\theta_0 - 2\theta_1) / d\theta_{\max} + t_1.$$

[0156] Ainsi, la troisième partie de consigne d'angle volant est ici  $\delta v_3(t) = \delta v_{\max} = K_{\text{red}} \cdot d\theta_{\max} \cdot (L/V_0 + K \cdot V_0) = A_{\text{ymax}} \cdot K_{\text{red}} \cdot (L/V_0^2 + K)$  pour  $t_1 \leq t < t_2$ , c'est-à-dire entre l'instant  $t_1$  auquel l'angle volant devient égal à sa valeur maximale et l'instant  $t_2$  calculé.

[0157] Pendant la troisième partie de consigne, l'angle volant est maintenu égal à la valeur maximale de l'angle volant pendant la durée  $t_2 - t_1$  qui dépend de la valeur initiale de l'angle de cap  $\theta_0$  et de la valeur maximale de la vitesse de lacet  $d\theta_{\max}$ . Elle dépend également de la valeur de l'angle de cap  $\theta_1$  lorsque l'angle volant atteint sa valeur maximale. Cette durée est déterminée de manière à ce que le retour de l'angle volant à zéro après la première et la troisième partie de consigne, c'est-à-dire lors de la mise en œuvre de la deuxième partie de consigne, se fasse sur une durée identique à celle de la mise en œuvre de la première partie de consigne.

[0158] L'angle de cap est ainsi ramené à zéro à l'instant  $t_3 = t_2 + t_1$ . La deuxième partie de consigne d'angle volant, symétrique à la première est ainsi  $\delta v_2(t) = -VR_{\max} \cdot t + c$  entre les instants calculés  $t_2$  et  $t_3$  avec  $c = VR_{\max} \cdot t_3$ . La consigne est nulle au-delà de

l'instant  $t_3$ .

[0159] Ce cas est représenté schématiquement sur la [Fig.3], qui montre la consigne d'angle au volant  $\delta v(t)$  en fonction du temps. La courbe représentative de la consigne d'angle au volant  $\delta v(t)$  en fonction du temps est la réunion de trois parties de courbes C1', C2', C5' représentatives respectivement des première, deuxième et troisième parties de consigne  $\delta v_1(t)$ ,  $\delta v_2(t)$ ,  $\delta v_3(t)$ . La première partie de courbe C1' correspond à l'évolution de la première partie de consigne  $\delta v_1(t) = VR_{max}.t$  jusqu'à  $t_1$  et la deuxième partie de courbe C2' correspond à l'évolution de la deuxième partie de consigne  $\delta v_2(t) = -VR_{max}.t + c$  entre  $t_2$  et  $t_3$  (courbe du bas). La troisième partie de courbe C5' correspond au maintien de l'angle volant à sa valeur maximale entre les instants  $t_1$  et  $t_2$  par la troisième partie de consigne. En correspondance, la variation d'angle de cap  $\theta(t)$  est représentée par une courbe formée par la réunion de trois portions de courbe C3', C6' et C4' : la première partie de la consigne d'angle au volant amène l'angle de cap à la valeur cible  $\theta_1$  (variation d'angle de cap représentée par la portion de courbe C3') avec une vitesse de cap qui augmente jusqu'à sa valeur maximale, tandis que la troisième partie de consigne correspond à une décroissance linéaire de pente égale à la vitesse de lacet maximale (variation d'angle de cap représentée par la portion de courbe C6') et la deuxième partie de la consigne amène l'angle de cap à zéro (variation d'angle de cap représentée par la portion de courbe C4') en réduisant la vitesse de lacet. L'angle de cap est annulé à vitesse de lacet nulle. L'angle volant, qui avait une valeur initiale nulle, est également ramené à 0 à l'issue de la manœuvre.

[0160] Les figures 4, 5 et 6 présentent des résultats de simulation du comportement d'un véhicule soumis à la consigne d'angle volant déterminée selon le procédé d'assistance au pilotage de l'invention décrite ci-dessus.

[0161] La [Fig.4] montre le résultat d'une simulation dans laquelle la boucle fermée du système LCA est désactivée. Ces résultats montrent que la consigne d'angle volant générée selon le procédé de l'invention (représentée par la courbe C11) suffit à elle seule à réaligner le véhicule, c'est-à-dire à annuler son angle de cap (représenté par la courbe C10). La mise en œuvre du procédé selon l'invention est déclenchée à  $t_0 = 12$  secondes. L'angle de cap initial est  $\theta_0 = 2$  degrés, la vitesse initiale supposée constante est égale à 90 km/h. La valeur de l'accélération latérale maximale pour cette simulation est égale à  $10 \text{ m/s}^2$ . A  $t = 13$  secondes, l'angle de cap est quasiment nul ce qui veut dire que le véhicule est réaligné parallèlement à la trajectoire de référence. La courbe C12 montre l'évolution de la consigne de vitesse de rotation du volant. La vitesse de rotation du volant maximale est ici 100 degrés/s. En pratique, cette courbe C12 est la dérivée de la consigne d'angle volant qui permet de vérifier la vitesse de rotation du volant maximale imposée.

[0162] La [Fig.5] montre le résultat d'une autre simulation dans une situation similaire. La

boucle fermée du système LCA est désactivée . La valeur de l'accélération latérale maximale est réduite par rapport à l'exemple de la [Fig.4] de manière à ce que la saturation de l'angle volant soit nécessaire. La mise en œuvre du procédé selon l'invention est déclenchée à  $t_0 = 13,5$  secondes. L'angle de cap initial est  $\theta_0 = 2$  degrés, la vitesse initiale supposée constante est égale à 80 km/h. L'accélération latérale maximale est égale à 2 m/s<sup>2</sup>. A  $t = 14,5$  secondes, l'angle de cap est très proche de 0. La consigne d'angle volant calculée (courbe C14) uniquement par le procédé selon l'invention permet donc de ramener l'angle de cap (courbe C13) proche de zéro. La courbe C15 montre l'évolution de la consigne de vitesse de rotation du volant. La vitesse de rotation du volant maximale est ici 100 degrés/s.

[0163] La [Fig.6] montre les résultats de simulations comparatives avec et sans le procédé selon l'invention. Les résultats de la simulation lorsque le procédé selon l'invention est mis en œuvre avec le système LCA classique actif sont représentés en traits pleins. Les résultats de la simulation lorsque le procédé selon l'invention n'est pas mis en œuvre sont représentés en traits pointillés. La simulation correspond alors dans ce dernier cas aux résultats obtenus uniquement grâce au système LCA classique.

[0164] En pratique, les consignes d'angle au volant générées par le procédé selon l'invention et par le système LCA passent par un limiteur de pente et une saturation. Les courbes représentées montrent les résultats de simulations de la consigne d'angle et de vitesse de rotation du volant après ce passage par le limiteur de pente et la saturation. La courbe C161 correspond à la consigne d'angle volant totale générée par le système LCA seul, après saturation et limitation de vitesse. La courbe C162 correspond à la consigne d'angle volant totale générée par le procédé selon l'invention ajoutée à la consigne d'angle volant générée par le système LCA, après saturation et limitation de vitesse. On constate en comparant les courbes d'écarts à la trajectoire idéale obtenues avec (trait plein) et sans (trait pointillé) la mise en œuvre du procédé selon l'invention que l'utilisation du procédé selon l'invention permet de ramener l'angle de cap plus rapidement à zéro avec des écarts à la trajectoire idéale plus faibles.

[0165] L'invention concerne en outre le véhicule automobile 10 comportant le dispositif d'assistance au pilotage et l'actionneur de direction assistée décrits ci-dessus, dans lequel ledit calculateur du dispositif d'assistance est programmé pour contrôler l'actionneur de direction assistée de manière à faire varier l'angle volant en tenant compte de ladite consigne.

[0166] Le procédé et le dispositif d'assistance selon l'invention présentent l'avantage de permettre un réaligement très rapide du véhicule parallèlement à la trajectoire idéale considérée, par exemple la ligne centrale de la voie de circulation. Ce réaligement respecte les valeurs maximales d'angle volant et de vitesse de rotation d'angle volant prédéterminées pour le véhicule tout en assurant une rapidité d'exécution optimisée.

Après le réalignement réalisé par le procédé et le dispositif selon l'invention, d'autres procédés et systèmes d'assistance au pilotage classiques du véhicule prennent la relève, notamment pour ramener le véhicule au centre de la voie, c'est-à-dire avec un axe longitudinal tangent à la ligne centrale de la voie de circulation, et éventuellement arrêter le véhicule en situation d'urgence.

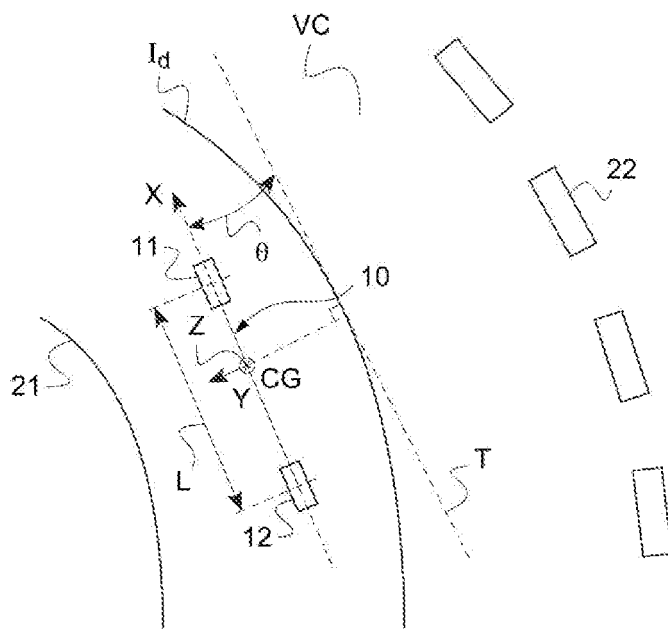
## Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'assistance au pilotage d'un véhicule (10) automobile pour le réaligner parallèlement à une trajectoire idéale ( $I_d$ ) dans sa voie de circulation (VC), comportant des étapes suivantes :
- acquisition des valeurs initiales d'un angle de cap ( $\theta_0$ ) et d'une vitesse ( $V_0$ ) du véhicule (10) automobile,
  - détermination d'une valeur maximale ( $\delta v_{max}$ ) d'un angle volant générant une accélération latérale maximale ( $A_{y_{max}}$ ) prédéterminée en tenant compte de la valeur initiale ( $V_0$ ) de la vitesse du véhicule (10) automobile,
  - détermination d'une consigne d'angle volant ( $\delta v(t)$ ) en fonction du temps comprenant au moins :
    - une première partie de consigne ( $\delta v_1(t)$ ) modifiant l'angle volant pour réduire l'angle de cap ( $\theta$ ) du véhicule jusqu'à une valeur cible ( $\theta_{cible}$ ) déterminée en fonction de la valeur initiale ( $\theta_0$ ) de l'angle de cap et de la valeur maximale ( $\delta v_{max}$ ) de l'angle volant, et
    - une deuxième partie de consigne ( $\delta v_2(t)$ ) d'angle volant modifiant l'angle de cap ( $\theta$ ) du véhicule jusqu'à l'annuler,
  - contrôle d'un actionneur de direction assistée de manière à faire varier l'angle volant en tenant compte de ladite consigne d'angle volant ( $\delta v(t)$ ) déterminée.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, selon lequel, pour déterminer la valeur maximal ( $\delta v_{max}$ ) de l'angle volant :
- on détermine une valeur maximale ( $d\theta_{max}$ ) d'une vitesse de lacet du véhicule en fonction de l'accélération latérale maximale ( $A_{y_{max}}$ ) du véhicule (10) et de la valeur initiale de la vitesse du véhicule (10),
  - on détermine la valeur maximale ( $\delta v_{max}$ ) de l'angle volant en fonction de la valeur maximale ( $d\theta_{max}$ ) de la vitesse de lacet, de la valeur initiale ( $V_0$ ) de la vitesse du véhicule et de grandeurs caractéristiques du véhicule.
- [Revendication 3] Procédé de pilotage selon l'une des revendications 1 et 2, selon lequel on impose une consigne d'angle volant variant dans le temps selon une fonction mathématique prédéterminée.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, selon lequel lesdites première et deuxième parties de consigne d'angle volant varient chacune selon une fonction affine du temps.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, selon lequel les fonctions affines du

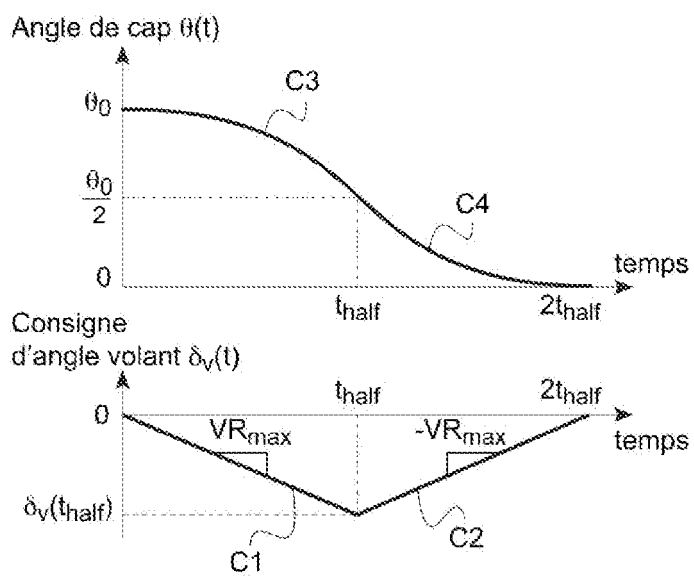
temps selon lesquelles varient les première et deuxième parties de consigne sont deux fonctions affines dont les pentes présentent des valeurs absolues égales et des signes opposés.

- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, selon lequel la valeur absolue de la pente de chacune des première et deuxième fonctions affines est égale à une vitesse de rotation du volant maximale ( $VR_{max}$ ) prédéterminée.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, selon lequel la valeur cible ( $\theta_{cible}$ ) déterminée de l'angle de cap est égale à une fraction de l'angle de cap initiale ou à une valeur d'angle de cap atteinte lorsque l'angle volant atteint la valeur maximale d'angle volant.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, selon lequel lorsque l'angle volant atteint ladite valeur maximale ( $\delta v_{max}$ ) d'angle volant au cours de la première partie de consigne, on détermine une troisième partie ( $\delta v_3(t)$ ) de consigne intermédiaire selon laquelle l'angle volant est maintenu égal à la valeur maximale de l'angle volant pendant une durée déterminée en fonction de la valeur initiale ( $\theta_0$ ) de l'angle de cap et de la valeur maximale ( $d\theta_{max}$ ) de la vitesse de lacet.
- [Revendication 9] Dispositif d'assistance au pilotage d'un véhicule automobile (10) pour le réaligner par rapport à une trajectoire idéale dans sa voie de circulation (30), comportant un calculateur programmé pour mettre en œuvre le procédé de l'une des revendications 1 à 8.
- [Revendication 10] Véhicule automobile (10) comportant un dispositif d'assistance au pilotage selon la revendication 9 et un actionneur de direction assistée, dans lequel ledit calculateur du dispositif d'assistance est programmé pour contrôler cet actionneur de direction assistée.

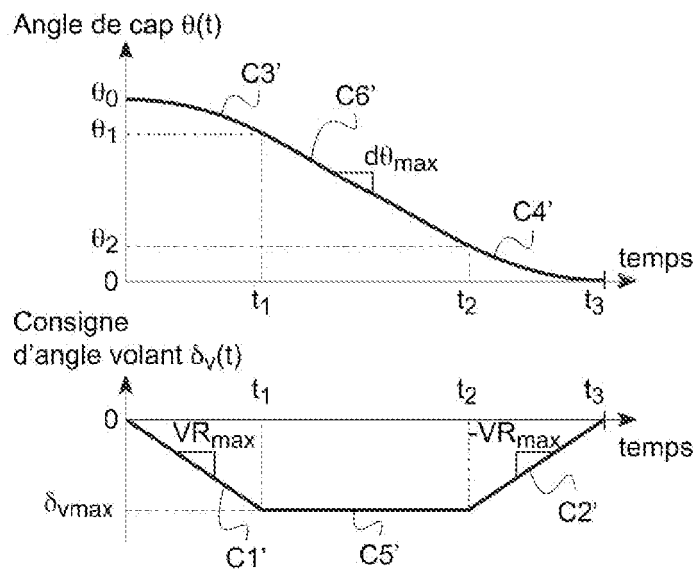
[Fig. 1]



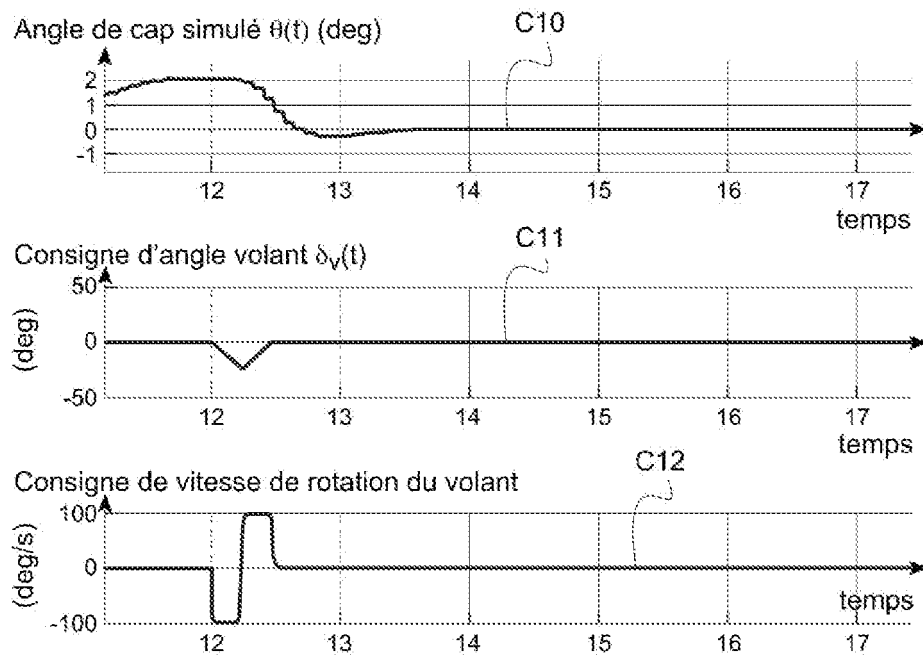
[Fig. 2]



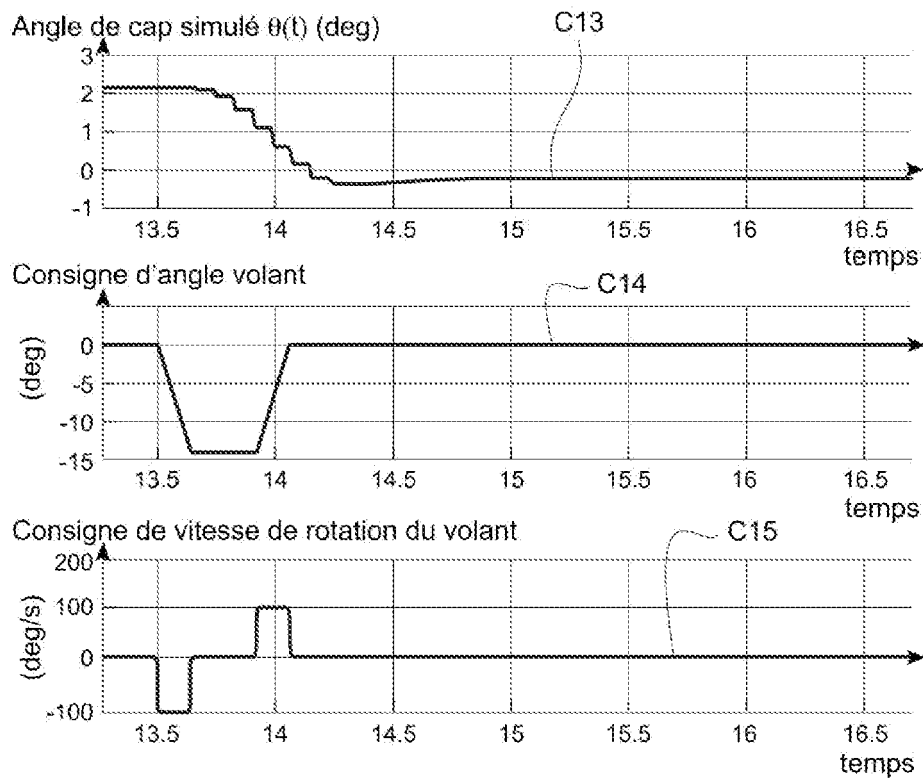
[Fig. 3]



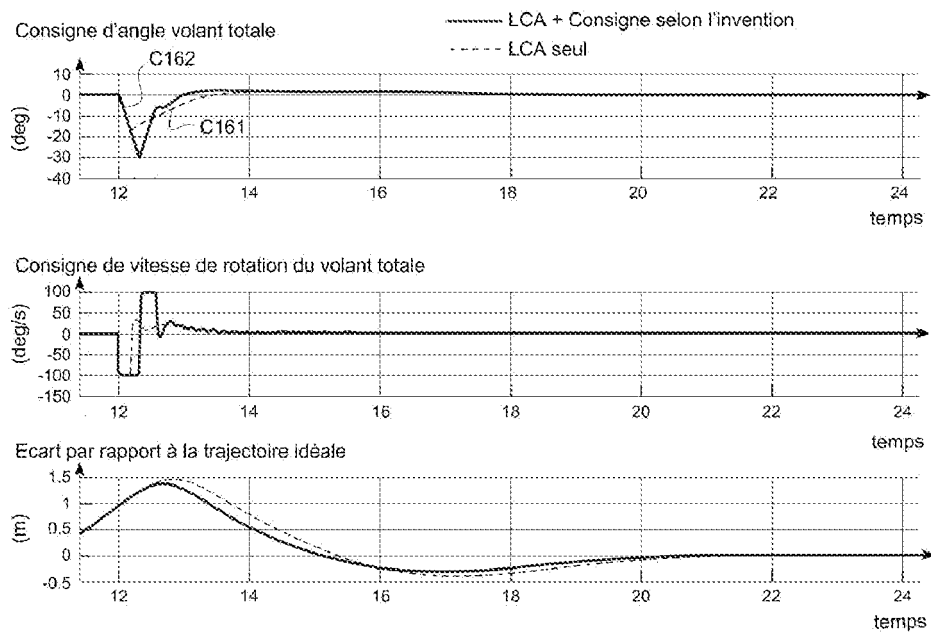
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



# RAPPORT DE RECHERCHE

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

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

US 2020/254996 A1 (KASHIWAMURA SATOSHI  
[JP]) 13 août 2020 (2020-08-13)

US 2021/094611 A1 (KIM TAE HONG [KR])  
1 avril 2021 (2021-04-01)

US 2012/123643 A1 (LIMPIBUNTERING  
THEERAWAT [JP] ET AL)  
17 mai 2012 (2012-05-17)

EP 3 932 762 A1 (GREAT WALL MOTOR CO LTD  
[CN]) 5 janvier 2022 (2022-01-05)

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

NEANT