

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.03.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.09.24 Bulletin 24/36.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *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 sim-
plifiée — FR.

72 Inventeur(s) : GIACCONE Thierry et GUEYE Abdou-
Salam.

73 Titulaire(s) : Renault s.a.s Société par action simpli-
fiée.

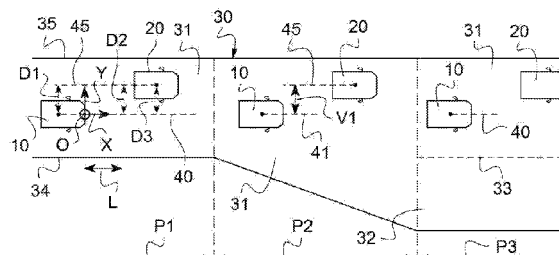
74 Mandataire(s) : JACOBACCI CORALIS HARLE.

54 procédé de pilotage d'un véhicule automobile.

57 L'invention concerne un procédé de pilotage d'un vé-
hicule automobile (10) circulant sur une voie de circulation
(31) d'une route, le véhicule comprenant un calculateur pro-
grammé pour mettre en œuvre : i) une fonction de suivi de
ligne comprenant la détermination d'une trajectoire de voie
de circulation (40) et le pilotage du véhicule automobile de
manière à suivre cette trajectoire; ii) une fonction de suivi
de cible comprenant la détermination d'une trajectoire de
cible (45) et le pilotage du véhicule automobile de manière
à suivre la cette trajectoire.

Selon l'invention le procédé comprend, une étape de
calcul, sur la base de la trajectoire de voie de circulation et
de la trajectoire de cible, d'un décalage spatial (D1, D2, D3)
représentatif d'une distance entre ces trajectoires, lorsque
la fonction de suivi est active, une étape de pilotage du vé-
hicule automobile en fonction dudit décalage spatial.

Figure pour l'abrégé : Fig. 3



Description

Titre de l'invention : procédé de pilotage d'un véhicule automobile

Domaine technique de l'invention

- [0001] La présente invention concerne de manière générale les aides à la conduite de véhicules automobiles.
- [0002] Elle concerne plus particulièrement un procédé de pilotage d'un véhicule automobile circulant sur une voie de circulation d'une route, le véhicule comprenant un calculateur programmé pour mettre en œuvre :
- i) une fonction de suivi de ligne comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de voie de circulation sur la base de données relatives à des lignes de bord délimitant la voie de circulation et le pilotage du véhicule automobile de manière à suivre la trajectoire de voie de circulation ;
 - ii) une fonction de suivi de cible comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de cible sur la base de données relatives à un véhicule tiers précédant le véhicule automobile sur la voie de circulation et le pilotage du véhicule automobile de manière à suivre la trajectoire de cible.
- [0003] L'invention concerne également un véhicule automobile adapté à mettre en œuvre un tel procédé. Elle s'applique plus particulièrement aux voitures et autres engins motorisés circulant sur routes.

Etat de la technique

- [0004] Dans un souci de sécurisation des véhicules automobiles, on équipe actuellement ces derniers de systèmes d'aide à la conduite voire de systèmes de conduite hautement automatisée.
- [0005] Les systèmes d'aide à la conduite comprennent classiquement une fonction dite de suivi de ligne permettant de guider automatiquement le véhicule dans sa voie de circulation sur la base de lignes de bord délimitant la voie de circulation. La fonction de suivi de ligne est généralement une fonction de centrage du véhicule automobile dans la voie de circulation, aussi appelée fonction d'assistance de centrage sur voie (plus connue sous l'acronyme anglais de LCA « Lane Centering Assistance »), qui est destinée à maintenir un véhicule au centre de la voie dans laquelle il circule.
- [0006] La fonction de centrage a besoin, pour fonctionner, de connaître la position des bords de la voie de circulation empruntée par le véhicule. Actuellement, il est connu pour cela d'utiliser un capteur, tel qu'une caméra, qui embarque des moyens de traitement d'images afin de déterminer la position de chacune des lignes de marquage des bords de voie. Le calculateur embarqué dans le véhicule peut alors en déduire la position de la ligne médiane de la voie de circulation empruntée, ce qui lui permet ensuite de

piloter de manière automatique le véhicule de telle sorte que ce dernier suive cette ligne médiane.

[0007] Malheureusement, cette détection ne donne pas toujours entière satisfaction. C'est notamment le cas lorsque la caméra ne parvient pas à détecter ces bords de voie (par exemple parce que les lignes de marquage sont effacées, ou parce que la luminosité est défavorable, ou encore parce que les lignes de marquage sont cachées par un camion qui précède le véhicule) ou lorsque les marquages sont absents (par exemple parce que la voie se divise en deux voies ou parce que deux voies fusionnent en une seule voie). La fonction de centrage ne peut alors plus fonctionner efficacement et doit être désactivée, ce qui est peu pratique pour le conducteur.

[0008] Pour pallier cette insuffisance, les systèmes d'aide à la conduite comprennent souvent une fonction dite de suivi de cible (communément appelée fonction « Autosteer »), qui consiste à repérer le véhicule tiers qui précède le véhicule considéré et à le suivre. Cette fonction permet par exemple à un conducteur de camion de suivre un autre camion en toute sécurité. En imitant la trajectoire de la cible, le véhicule reste théoriquement bien positionné dans la voie de circulation.

[0009] En pratique, le pilotage du véhicule automobile bascule de la fonction de suivi de ligne (qui reste le mode de fonctionnement par défaut lorsque les lignes sont détectées) à la fonction de suivi de cible lorsque le module de perception n'est plus en mesure de détecter les lignes.

[0010] Toutefois, ce basculement d'une fonction à l'autre peut conduire à des discontinuités dans le pilotage du véhicule. A titre d'exemple, lorsque la cible n'est pas centrée sur la voie de circulation et que le véhicule l'est, au moment où la fonction de suivi de cible s'active, le véhicule se décale brusquement sur la voie de circulation. En d'autres termes, le véhicule est susceptible de faire des écarts lors du basculement entre la fonction de suivi de ligne et la fonction de suivi de cible.

Présentation de l'invention

[0011] Dans ce contexte, la présente invention propose une transmission améliorée entre ces deux fonctions de suivi.

[0012] Plus, particulièrement, on propose selon l'invention un procédé de pilotage d'un véhicule automobile un calculateur tel que défini en introduction, le procédé comprenant, lorsque la fonction de suivi de ligne est activée et que la fonction de suivi de cible est désactivée puis que la fonction de suivi de cible doit être activée et la fonction de suivi de ligne doit être désactivée, une étape de calcul, par le calculateur, sur la base de la trajectoire de voie de circulation et de la trajectoire de cible, d'un décalage spatial représentatif d'une distance entre la trajectoire de voie de circulation et la trajectoire de cible puis, lorsque la fonction de suivi de cible est active, une étape

de pilotage du véhicule automobile en fonction dudit décalage spatial.

- [0013] Ainsi, grâce à l'invention, la transition entre le pilotage via la fonction de suivi de ligne et le pilotage via la fonction de suivi de cible s'opère sans à-coup. En effet, la différence de trajectoire est anticipée lorsque la fonction de suivi de ligne est encore active en analysant la position du véhicule tiers sur la voie de circulation. Ainsi, grâce au calcul du décalage spatial, le calculateur peut compenser une discontinuité entre le guidage fourni par la fonction de suivi de ligne et celui fourni par la fonction de suivi de cible.
- [0014] Ainsi, à titre d'exemple, lors du basculement de la fonction de suivi de ligne à la fonction de suivi de cible, le calculateur peut suivre la trajectoire de cible compensée au moyen du décalage spatial de façon à conserver une continuité avec la trajectoire de suivi de voie. En d'autres termes, en appliquant le décalage spatial à la trajectoire de cible, le calculateur évite au véhicule de faire des écarts lors du basculement entre la fonction de suivi de ligne et la fonction de suivi de cible.
- [0015] De façon complémentaire, lors du basculement de la fonction de suivi de cible à la fonction de suivi de ligne, le calculateur prend aussi en compte le décalage spatial pour éviter ou du moins minimiser les écarts.
- [0016] De plus, le procédé selon l'invention permet d'améliorer la fonction de suivi de cible en prenant en compte, tout au long du suivi du véhicule tiers, le décalage spatial.
- [0017] Par exemple, en analysant des positions successives du véhicule tiers sur la voie de circulation, le calculateur peut détecter une trajectoire oscillante de ce dernier. Grâce au calcul du décalage spatial, le calculateur peut compenser ces oscillations de manière à rendre le pilotage du véhicule plus rectiligne que la trajectoire de cible lorsque la fonction de suivi de cible est active.
- [0018] En substance, le procédé selon l'invention permet donc de conserver des trajectoires consistantes entre la trajectoire de suivi de voie de circulation et la trajectoire de suivi de cible.
- [0019] 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 :
- lorsque la fonction de suivi est active, le pilotage du véhicule automobile en fonction dudit décalage spatial est effectué au moyen d'un réseau de neurones ;
 - le réseau de neurones est adapté à détecter des oscillations de la trajectoire de cible ou une différence entre une courbure de la trajectoire de cible et une courbure de la trajectoire de voie de circulation et, lorsque la fonction de suivi de cible est active, à déterminer une trajectoire adaptée atténuant les oscillations de la trajectoire de cible ou modifiant la courbure de la trajectoire de cible ;
 - le réseau de neurones est un réseau de neurones à propagation avant ou un réseau de

neurones récurrents ;

- le réseau de neurones est adapté à déterminer une compensation latérale variable sur la base du décalage spatial, et à corriger ou adapter la trajectoire de cible sur la base de la compensation latérale variable ;
- il est prévu une opération préalable de paramétrage du calculateur, comprenant : une étape d'élaboration d'une base de données associant des trajectoires types qu'un véhicule est susceptible d'effectuer et des profils types que les lignes de bord sont susceptibles de suivre à des valeurs théoriques de la compensation latérale variable ; une étape d'apprentissage du réseau de neurones au moyen de la base de données ; et une étape de sauvegarde du réseau de neurones dans le calculateur ;
- le calcul de la compensation latérale variable prend aussi en compte au moins l'un des paramètres suivants : le décalage spatial ; un déplacement instantané du véhicule automobile ; un déplacement instantané du véhicule tiers ; les données relatives aux lignes de bord ; des informations issues d'un système de navigation du véhicule automobile ; des informations contextuelles sur un état de la voie de circulation ;
- la trajectoire de cible est déterminée par un ajustement d'une fonction polynomiale sur une pluralité de positions du véhicule tiers ;
- le décalage spatial est calculé selon une direction latérale inclinée par rapport à la trajectoire de suivi de ligne.

[0020] L'invention propose également véhicule automobile circulant sur une voie de circulation d'une route, le véhicule comprenant un calculateur programmé pour mettre en œuvre les fonctions de suivis précités et pour implémenter un procédé de pilotage tel que décrit ci-dessus.

[0021] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

Description détaillée de l'invention

[0022] 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.

[0023] Sur les dessins annexés :

[0024] [Fig.1] est une vue schématique d'un véhicule automobile adapté à mettre en œuvre un procédé conforme à l'invention ;

[0025] [Fig.2] est un schéma illustrant des blocs algorithmiques d'un calculateur du véhicule automobile de la [Fig.1] ;

[0026] [Fig.3] est un schéma représentant à trois instants successifs le véhicule automobile de la [Fig.1], vu de dessus, et un véhicule qui le précède adoptant une trajectoire

rectiligne décentrée à gauche ;

- [0027] [Fig.4] est un schéma illustrant des blocs algorithmiques d'un réseau de neurones du calculateur de la [Fig.2] ;
- [0028] [Fig.5] est un schéma représentant à trois instants successifs le véhicule automobile de la [Fig.1], vu de dessus, et un véhicule qui le précède adoptant une trajectoire oscillante décentrée à gauche ;
- [0029] [Fig.6] est un schéma représentant à deux instants successifs le véhicule automobile de la [Fig.1], vu de dessus, et un véhicule qui le précède au cours d'un virage.
- [0030] Sur la [Fig.1], on a représenté un véhicule automobile 10 adapté à mettre en œuvre l'invention. Il s'agit ici d'une voiture. En variante, il pourrait s'agir d'un autre type de véhicule (camion, moto...).
- [0031] Sur cette figure, le véhicule automobile 10 roule sur une voie de circulation 31 d'une route 30. On observe que la route 30 présente deux lignes de marquage latérales 34, 35 (qui la délimitent) et une ligne de marquage centrale 33 délimitant deux voies de circulation 31, 32 de la route 30.
- [0032] Une voie de circulation est ici définie comme la partie d'une route sur laquelle le véhicule automobile est autorisé à circuler. Une telle voie de circulation est généralement délimitée entre des lignes de bord. Sur la [Fig.1], les lignes de bord comprennent la ligne de marquage latérale 35 de droite (par rapport au sens de mouvement du véhicule) et la ligne de marquage centrale 33.
- [0033] En variante, une voie de circulation peut aussi être délimitée, par exemple d'un côté seulement, par une structure telle qu'une barrière de sécurité, une grille ou des plots ou encore un relief du terrain comme un accotement. Dans le cadre de l'invention, cette délimitation, à partir du moment où elle s'étend continuellement, définit aussi une ligne de bord.
- [0034] Une route (ou chaussée) est quant à elle définie comme un ensemble de voies de circulation. Dans l'exemple illustratif de la [Fig.1], la route 30 comporte donc deux voies de circulation 31, 32 sur lesquelles les véhicules peuvent circuler dans le même sens.
- [0035] Sur la [Fig.3], on a représenté le véhicule automobile 10 et un véhicule tiers qui le précède sur la même voie de circulation 31 et cela sur trois portions P1, P2, P3 de la route 30 correspondant à trois instants successifs. Sur la première portion P1, les lignes de bord sont constituées des deux lignes de marquage latérale 34, 35. La deuxième portion P2 représente un élargissement de la voie de circulation, les lignes de marquage latérales 34, 35 s'écartant l'une de l'autre. Sur la troisième portion P3, le dédoublement de la voie de circulation est effectué et les lignes de bord sont constituées d'une ligne de marquage latéral 35 et de la ligne de marquage centrale 33.
- [0036] Le véhicule automobile 10 qui fait l'objet de la présente invention est donc celui qui suit l'autre. Il sera ci-après appelé véhicule-ego 10. Le véhicule tiers sera appelé

véhicule-cible 20.

- [0037] Le véhicule-cible 20 pourrait être de tout type. On considérera seulement qu'il est en mouvement et roule sur la même voie de circulation 31 que le véhicule-ego 10, en le précédant.
- [0038] Comme le montre la [Fig.1], le véhicule-ego 10 comporte classiquement un habitacle dans lequel se trouvent notamment un siège pour le conducteur 20 du véhicule et un volant 12.
- [0039] Ce véhicule-ego 10 comporte classiquement un groupe motopropulseur, un système de freinage et un système de direction permettant de faire tourner le véhicule. Classiquement, le système de direction comporte un actionneur de direction assistée pilotable électroniquement, le groupe motopropulseur comporte un actionneur de commande de moteur pilotable électroniquement, et le système de freinage comporte un actionneur de freinage pilotable électroniquement.
- [0040] Le véhicule-ego 10 comporte par ailleurs une unité électronique et/ou informatique de traitement, ci-après appelée calculateur 11, comprenant au moins un micro-processeur, au moins une mémoire et des interfaces d'entrée et de sortie. Le calculateur est embarqué dans le véhicule-ego 10.
- [0041] Grâce à ses interfaces d'entrée, le calculateur 11 est adapté à recevoir différentes données d'entrée qui proviennent de capteurs ou de calculateurs tiers.
- [0042] Parmi ces capteurs, il est par exemple prévu une caméra frontale permettant de repérer les lignes de bord de la voie de circulation 31 empruntée, et un télédécteur (RADAR et/ou LIDAR) permettant de repérer les objets de l'environnement du véhicule-ego 10 (notamment le véhicule-cible 20).
- [0043] Grâce à ses interfaces de sortie, le calculateur est adapté à commander l'actionneur de direction assistée, l'actionneur de commande de moteur, et l'actionneur de freinage.
- [0044] Grâce à sa mémoire, le calculateur mémorise une application informatique, constituée de programmes d'ordinateur comprenant des instructions dont l'exécution par le calculateur permet la mise en œuvre d'une fonction de suivi de ligne et une fonction de suivi de cible.
- [0045] Ici, la fonction de suivi de ligne est une fonction de centrage, appelée ci-après fonction LCA, conçue pour maintenir le véhicule-ego 10 au centre de sa voie de circulation 31.
- [0046] En variante, la fonction de suivi de ligne pourrait être une fonction de suivi d'une seule ligne de bord, i.e. d'une seule délimitation de la voie de circulation, conçue pour maintenir le véhicule-ego à une distance donnée de la ligne de bord.
- [0047] La fonction de suivi de cible, appelée ci-après fonction AUS, est conçue pour assurer le suivi du véhicule-cible 20.
- [0048] L'exécution des instructions par le calculateur 11 permet plus généralement la mise

en œuvre du procédé décrit ci-après.

- [0049] Pour résumer, la fonction LCA sera privilégiée pour piloter latéralement le véhicule-ego 10 afin de le centrer dans sa voie de circulation 31. La direction latérale est ici définie comme la direction gauche-droite du véhicule-ego 10 qui est orthogonale aux directions avant-arrière et haut-bas du véhicule-ego 10. La fonction AUS sera quant à elle utilisée lorsque les lignes de bord ne sont pas visibles ou pas exploitables si bien que la fonction LCA doit s'interrompre.
- [0050] Sur la [Fig.2], on a schématisé une partie de l'architecture logicielle du calculateur 11, qui permet de choisir quelle fonction activer, comment la mettre en œuvre et comment procéder aux transitions entre les fonctions.
- [0051] Un premier bloc B1 est conçu, lors d'une première étape, pour recevoir les données des capteurs. Ces données pourraient être déjà traitées par des processeurs embarqués dans les capteurs. Typiquement, la caméra pourrait embarquer un processeur adapté à établir les équations mathématiques des lignes de bord de voies.
- [0052] Toutefois, ici, on considérera qu'il s'agit de données brutes, non traitées. Lorsqu'il reçoit ces données, le calculateur 11 les fusionne, c'est-à-dire qu'il les traite de manière combinée de façon à en déduire des informations sur les lignes de bord (typiquement leurs équations) et des informations sur les objets présents dans l'environnement du véhicule-ego 10 (typiquement la position du véhicule-cible 20). L'opération de fusion peut typiquement consister à confronter les données de la caméra et du télédécteur afin d'obtenir de nouvelles données fiables et précises.
- [0053] Un second bloc B2 est adapté à déterminer, lors d'une deuxième étape, une trajectoire de voie de circulation 40 sur la base de premières données, fournies par le premier bloc B1, relatives aux lignes de bord délimitant la voie de circulation 31.
- [0054] Un troisième bloc B3 est adapté à déterminer, lors d'une troisième étape, une trajectoire de cible 45 sur la base de deuxièmes données, fournies par le premier bloc B1, relatives au véhicule-cible 20.
- [0055] Un quatrième bloc B4 est adapté à déterminer, sur la base de la trajectoire de voie de circulation 40 et de la trajectoire de cible 45, un décalage spatial D représentatif d'une distance latérale entre la trajectoire de voie de circulation 40 et la trajectoire de cible 45.
- [0056] Le quatrième bloc B4 est aussi conçu pour choisir quelle fonction activer parmi les fonctions LCA et AUS précitées.
- [0057] Quelle que soit la fonction de suivi sélectionnée, le quatrième bloc B4 est adapté à déterminer des grandeurs de pilotage relatives au véhicule-ego 10 comprenant par exemple : un écart avec la ligne médiane, un angle de cap, une courbure, une dérivée de courbure.
- [0058] Lorsque la fonction LCA est active, le quatrième bloc B4 utilise principalement les

données issues du deuxième bloc B2, pour déterminer les grandeurs de pilotage.

Lorsque la fonction AUS est active, le quatrième bloc B4 utilise à la fois les données issues du deuxième bloc B2 et du troisième bloc B3, pour déterminer les grandeurs de pilotage.

[0059] Typiquement, le quatrième bloc B4 privilégie la fonction LCA tant que les informations sur les lignes de bord de voie sont jugées fiables, et la fonction AUS sinon (pour autant qu'un véhicule-cible 20 précède le véhicule-ego 10).

[0060] Ainsi, de façon générale, le basculement entre les deux fonctions peut se faire sur la base des informations suivantes :

- une qualité de marquage des lignes de bord,
- un critère de visibilité de la route 30 par la caméra,
- une caractéristique géométrique de la voie de circulation 31, telle que sa largeur,
- une caractéristique dynamique du véhicule automobile 10 telle que sa vitesse,
- un critère de visibilité du véhicule-cible 20 par le télédéetecteur.

[0061] En pratique, la fonction LCA reste activée dès que les conditions le permettent, la fonction AUS prenant le relai de la fonction LCA lorsque les conditions ne sont plus favorables. Le quatrième bloc B4 est plus précisément en charge de déterminer quand utiliser la fonction AUS plutôt que la fonction LCA. En l'espèce, la fonction AUS ne peut être activée que s'il existe un véhicule tiers qui précède le véhicule-ego 10 sur la même voie de circulation.

[0062] Le quatrième bloc B4 envoie l'information sur la fonction de suivi à utiliser, ainsi que les grandeurs de pilotage, à un cinquième bloc B5 en charge de transmettre une consigne de pilotage à l'actionneur de direction assistée. Cette consigne de pilotage se présente ici sous la forme d'un angle à appliquer au volant ou aux roues.

[0063] On peut alors décrire plus en détail le procédé mis en œuvre par le calculateur 11 pour piloter de manière automatisée le véhicule-ego 10 dans sa voie de circulation 31 à l'aide des fonctions LCA et AUS. Ce procédé sera mis en œuvre en boucle, à pas de temps réguliers, i.e. avec un pas d'échantillonnage constant.

[0064] Pour déterminer la trajectoire de voie de circulation 40, le deuxième bloc B2 reçoit en entrée les premières données relatives aux lignes de bord délimitant la voie de circulation 31, qui comprennent notamment la position des lignes de bord dans un repère OXY attaché au véhicule-ego 10 (voir [Fig.3]).

[0065] Ce repère OXY est attaché au véhicule-ego 10 en ce sens que le centre O est situé au niveau du véhicule-ego 10, par exemple sur sa face avant, tel que représenté sur les figures 1 et 3, ou au niveau de son centre de gravité ou de son essieu arrière. L'axe des abscisses X est orienté vers l'avant, selon l'axe longitudinal du véhicule-ego 10. L'axe des ordonnées Y est orienté latéralement, vers la gauche, à angle droit de l'axe des abscisses X.

- [0066] Le calculateur 11 détermine alors les équations des lignes de bord qui bordent sa voie de circulation 31. Il peut en déduire l'équation de la ligne médiane de sa voie de circulation 31. La ligne médiane est ici définie comme la ligne se trouvant à équidistance des deux lignes de bord, i.e. celle de gauche et celle de droite, délimitant la voie de circulation 31. La fonction LCA assurant le centrage du véhicule-ego 10 dans sa voie de circulation 31, cette équation de la ligne médiane caractérise donc ici la trajectoire de voie de circulation 40. En d'autres termes, la trajectoire de voie de circulation 40 est ici superposée à la ligne médiane. Ci-après, il sera alors fait référence seulement à la ligne médiane pour parler indistinctement de la ligne médiane et de la trajectoire de voie de circulation 40.
- [0067] De manière bien connue, le calculateur 11 mémorise un contrôleur qui permet, compte tenu de cette équation de la ligne médiane, de déterminer une consigne de pilotage de l'actionneur de direction assistée dans le cadre de la fonction LCA. Ce contrôleur est un opérateur mathématique qui reçoit en entrée différentes variables parmi lesquelles l'une au moins est fonction de la ligne médiane et qui fournit en sortie la consigne de pilotage pour suivre sur cette dernière.
- [0068] Ainsi, à l'état actif, la fonction LCA permet le pilotage du véhicule-ego 10 de manière à suivre la ligne médiane. Le calculateur 11, transmet alors la consigne de pilotage appropriée. A l'état inactif, la fonction LCA n'assure pas la détermination de la ligne médiane (par exemple dans une des lignes de bord n'est pas visible) et le calculateur 11 ne transmet alors aucune consigne de pilotage visant à maintenir le véhicule-ego 10 au centre de la voie de circulation 31.
- [0069] A l'état actif, la fonction AUS permet le pilotage du véhicule-ego 10 de manière à suivre le véhicule-cible 20. Comme expliqué ultérieurement, le calculateur 11, transmet alors la consigne de pilotage appropriée en prenant aussi en compte le décalage spatial D. A l'état inactif, la fonction AUS ne pilote pas le véhicule-ego 10 de manière à suivre le véhicule-cible 20. Ainsi, le calculateur 11 ne transmet alors aucune consigne de pilotage visant à suivre le véhicule-cible 20. Toutefois, même à l'état inactif, la fonction AUS permet de déterminer la trajectoire de cible 45, ce qui permet précisément de déterminer le décalage spatial D.
- [0070] Pour déterminer la trajectoire de cible 45, le troisième bloc B3 reçoit en entrée les deuxièmes données relatives au véhicule-cible 20 qui comprennent notamment la position du véhicule-cible 20 dans le repère OXY.
- [0071] On notera que cette position du véhicule-cible 20 sera enregistrée sous la forme de deux coordonnées (x, y) exprimées dans le repère OXY.
- [0072] Chaque position du véhicule-cible 20 est stockée dans la mémoire du calculateur 11. On pourra ici noter que seules les N dernières positions du véhicule-cible 20 resteront enregistrées dans cette mémoire (avec N une constante prédéterminé, préféren-

tiellement supérieure à 10). La plus ancienne position du véhicule-cible 20 sera donc supprimée à chaque fois qu'une nouvelle position sera enregistrée. En pratique, la partie de la mémoire du calculateur 11 associée au stockage de ces positions, ci-après appelée registre, présentera une taille fixe et prédéfinie.

[0073] Ce registre présente deux champs, l'un pour la coordonnée axiale et l'autre pour la coordonnée latérale de la position du véhicule-cible 20. Il comporte par ailleurs N enregistrements correspondant aux coordonnées du véhicule-cible 20 aux N pas de temps précédents.

[0074] Compte tenu des positions stockées dans le registre, le troisième bloc B3 du calculateur 11 est mesure de calculer les coefficients d'une fonction illustrant la trajectoire du véhicule-cible 20.

[0075] Ici, la fonction considérée est une fonction polynomiale. Elle est de préférence d'ordre 3. Ainsi, l'équation de la trajectoire du véhicule-cible 20 est définie comme suit :

[0076] [Math.1]

$$y = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3$$

[0077] L'objectif est donc de déterminer les valeurs des coefficients c_0, c_1, c_2, c_3 qui sont tels que la courbe polynomiale passe au plus près des N points enregistrés dans le registre. Ainsi, la trajectoire de cible 45 est déterminée par un ajustement d'une fonction polynomiale, c'est-à-dire en paramétrant les coefficients qui la définissent.

[0078] Pour cela, on pourrait utiliser une méthode de minimisation des moindres carrés.

[0079] Toutefois, la solution utilisée est ici différente.

[0080] On peut tout d'abord écrire, pour les N points de coordonnées (x_i, y_i) correspondants aux N dernières positions du véhicule-cible 20 dans le repère attaché au véhicule-ego 10:

[0081] [Math.2]

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^0 & x_1^1 & x_1^2 & x_1^3 \\ \vdots \\ x_N^0 & x_N^1 & x_N^2 & x_N^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix}$$

[0082] La variable x_i correspond la coordonnée longitudinale mesurée selon l'axe X du repère OXY. La variable y_i correspond à la coordonnée estimée du point i. Cette coordonnée estimée est calculée à chaque pas de temps et est enregistré dans un troisième champ du registre, en fonction des coordonnées latérales précédentes.

[0083] On peut également introduire la variable $\tilde{y}_i$ qui correspond à la coordonnée latérale mesurée du point i et les coefficients $\tilde{c}_0, \tilde{c}_1, \tilde{c}_2, \tilde{c}_3$ ($j=0, \dots, 3$) de la trajectoire qui sont également estimés à chaque pas de temps de manière à correspondre précisément à la trajectoire de cible 45.

[0084] Les coefficients $\bar{c}_0, \bar{c}_1, \bar{c}_2, \bar{c}_3$ sont plus particulièrement déterminés par l'équation suivante :

[0085] [Math.3]

$$\begin{bmatrix} \bar{c}_0 \\ \bar{c}_1 \\ \bar{c}_2 \\ \bar{c}_3 \end{bmatrix} = \underset{\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix}}{\operatorname{argmin}} (\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2)$$

[0086] Pour simplifier, on peut donc écrire :

[0087] [Math.4]

$$\begin{bmatrix} \bar{c}_0 \\ \bar{c}_1 \\ \bar{c}_2 \\ \bar{c}_3 \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T Y \text{ avec } Y = \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \vdots \\ \hat{y}_N \end{bmatrix} \text{ et } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix}$$

[0088] A ce stade le quatrième bloc B4 va pouvoir calculer le décalage spatial D.

[0089] Le décalage spatial D est ici une distance définie selon la direction latérale qui correspond ici également à la direction perpendiculaire à la ligne médiane (dans un plan parallèle à la route). Lorsque la fonction LCA est active et que le véhicule-ego 10 évolue le long de la ligne médiane, la direction latérale peut donc être approximée à l'axe des ordonnées Y au niveau du centre O du repère OXY.

[0090] Ici, le décalage spatial D est par exemple défini comme une distance, perpendiculairement à la ligne médiane, entre la ligne médiane et la trajectoire de cible 45. En variante, le décalage spatial D peut être défini selon une autre direction faisant un angle non-nul avec la ligne médiane, c'est-à-dire une direction distincte de la direction longitudinale. Dans tous les cas, le décalage spatial D est un décalage latéral dans le sens où il est représentatif d'un écart entre la trajectoire de voie de circulation 40 et la trajectoire de cible 45 selon une direction inclinée par rapport à l'axe longitudinal.

[0091] Comme le montre la [Fig.3], le décalage spatial D peut être calculé en un point le long de la ligne médiane (et donc long de la trajectoire de voie de circulation 40 qui lui est superposée). Le décalage spatial peut par exemple est calculé au niveau du centre de gravité du véhicule-ego 10, il est alors référencé D1 sur la [Fig.3]. Il peut aussi être calculé au niveau du centre de gravité du véhicule-cible 20, il est alors référencé D3 sur la [Fig.3]. Il peut encore être calculé à une distance de visée L prédéfinie ou variable à l'avant du véhicule-ego 10 et à l'arrière du véhicule-cible 20, il est alors référencé D2 sur la [Fig.3]. La distance de visée L varie par exemple en fonction de la vitesse du véhicule-ego 10.

[0092] Le décalage spatial D est par exemple calculé comme une différence d'ordonnée entre un point de la ligne médiane et un point de la trajectoire de cible 45 qui partage la même abscisse que ledit point de la ligne médiane. Le décalage spatial D est alors une

valeur de distance.

- [0093] De préférence, le décalage spatial D est calculé en une pluralité de points le long de la ligne médiane au cours du temps. Il est plus particulièrement calculé une fois à chaque pas de temps. Le décalage spatial D comprend alors un ensemble de valeurs de distance, chaque valeur correspondant à une différence d'ordonnées et étant associée de façon bijective à une abscisse dans le repère OXY. En pratique, le décalage spatial D est ici calculé pour les N positions enregistrées du véhicule-cible 20.
- [0094] Les valeurs de distance comprises dans le décalage spatial D sont ici positives lorsque la trajectoire de cible 45 est située à gauche de la ligne médiane, comme représenté en [Fig.3], et négatives lorsque la trajectoire de cible 45 est située à droite de la ligne médiane. Cette convention dépend de l'orientation choisie pour le repère OXY.
- [0095] Dans un premier mode de réalisation, lorsque la fonction AUS s'active, le pilotage du véhicule-ego 10 en fonction du décalage spatial D comprend le suivi de la trajectoire de cible 45 à laquelle est retranché le décalage spatial D. Il est plus spécifiquement retranché la valeur ou une des valeurs comprises dans le décalage spatial D. Lorsque le véhicule-cible 20 est décentré à gauche, le décalage spatial D est positif et le retrancher induit un décalage vers la droite. Inversement, Lorsque le véhicule-cible est décentré à droite, le décalage spatial D est négatif et le retrancher induit un décalage vers la gauche.
- [0096] L'idée, dans ce premier mode de réalisation, est ainsi d'appliquer une compensation latérale de valeur fixe à la trajectoire de cible 45.
- [0097] Ce premier mode de réalisation est plus particulièrement illustré en [Fig.3]. Il fonctionne notamment de façon efficace lorsque le véhicule-cible 20 suit une trajectoire parallèle à la voie de circulation 31. Dans cet exemple, le véhicule-cible 20 reste décentré à gauche.
- [0098] Sur la [Fig.3], sur une première portion P1 de la route 30, donc pendant une première période, la fonction LCA est activée et la fonction AUS est désactivée. Sur cette première portion P1, le décalage spatial est calculé, par exemple celui référencé D3 au niveau du véhicule-cible 20.
- [0099] Sur une deuxième portion P2 de la route, la voie de circulation 31 du véhicule-ego 10 s'élargie. Le pilotage du véhicule-ego 10 bascule alors de la fonction LCA à la fonction AUS : la fonction LCA doit être désactivée et la fonction AUS doit être activée.
- [0100] Comme illustré sur cette deuxième portion P2, lorsque la fonction AUS est active, le pilotage du véhicule-ego 10 selon la trajectoire de cible 45 est effectuée en prenant en compte le décalage spatial D.
- [0101] On observe bien, au passage de la première portion P1 à la deuxième portion P2, que le véhicule-ego 10 adopte une trajectoire consistante, i.e. sans rupture de pente. Dit

autrement, le véhicule-ego 10 garde une trajectoire rectiligne lors de la transition entre la fonction LCA et la fonction AUS.

- [0102] Sur cette figure, on comprend bien que sans prendre en compte le décalage spatial, le véhicule-ego 10 aurait effectué un écart potentiellement dangereux pour se mettre à suivre le véhicule-cible 20 lors du passage de la première portion P1 à la deuxième portion P2.
- [0103] Avantagusement, le décalage spatial D est pris en compte pendant toute la période où la fonction AUS est active (ce qui correspond à la deuxième portion P2). Sur la deuxième portion P2, le véhicule-ego 10 suit alors une trajectoire adaptée 41 rectiligne dans la continuité de la ligne médiane de la première portion P1. Pour cela, de façon schématique, le calculateur 11 applique une valeur V1 de compensation latérale fixe, qui est ici égale à la valeur décalage spatial D3, à la trajectoire de cible 45.
- [0104] Enfin, le passage de la deuxième portion P2 à la troisième portion P3 illustre le basculement de la fonction AUS à la fonction LCA. En effet, comme visible sur la [Fig.3], une nouvelle ligne de bord, ici la ligne de marquage centrale 33, apparaît une fois le dédoublement de voie terminée. La fonction LCA peut donc à nouveau fonctionner et le véhicule-ego suit la ligne médiane.
- [0105] Dans un deuxième mode de réalisation, lorsque la fonction LCA s'active, le pilotage du véhicule-ego 10 en fonction du décalage spatial D comprend l'utilisation d'une compensation latérale variable déterminée sur la base du décalage spatial D. On entend par le terme « variable » que la compensation latérale variable varie dans le temps ou selon l'axe des ordonnées X, c'est-à-dire avec l'avancée du véhicule-ego 10. La trajectoire de cible 45 est alors adaptée plus finement qu'avec une compensation latérale de valeur fixe.
- [0106] De préférence, dans ce deuxième mode de réalisation, le décalage spatial D comprend une pluralité de valeurs de distance qui se suivent temporellement et qui sont prises en compte par le calculateur 11.
- [0107] L'idée de ce deuxième mode de réalisation est de déterminer la trajectoire de cible 45, alors que la fonction LCA est encore active, de manière à prendre en compte le contexte routier et le type de conduite du véhicule cible 20. Pour cela, le quatrième bloc B4, dont un exemple d'architecture est représenté schématiquement en [Fig.4], comprend ici un réseau de neurones.
- [0108] Le réseau de neurones est schématisé par un premier sous-bloc B41. Le premier sous-bloc B41 est adapté à déterminer compensation latérale variable. Il transmet en sortie la compensation latérale variable à un deuxième sous-bloc B42. Le sous-bloc B41 présente ici plusieurs couches de neurones, par exemple de 4 à 6 couches. Le réseau de neurones est par exemple un réseau à propagation avant ou un réseau de neurones récurrents.

- [0109] Le réseau de neurones qui reçoit notamment en entrée le décalage spatial D. Le réseau de neurones reçoit aussi en entrée la position du véhicule-cible 20, la vitesse du véhicule cible 20, et les équations des lignes de bord, exprimées dans le repère attaché au véhicule-ego. Le premier sous-bloc B41 reçoit aussi en entrée des données représentatives du déplacement instantané du véhicule-ego 10 ou des informations issues d'un système de navigation du véhicule-ego 10.
- [0110] Le réseau de neurones (premier sous-bloc B41) reçoit aussi en entrée des informations contextuelles sur un état de la voie de circulation 31 ou sur un comportement du véhicule-cible 20. Ces informations contextuelles comprennent par exemple la largeur de la voie de circulation 31, la présence de travaux sur la voie de circulation 31, des indications détectées sur des panneaux routiers ou une infirmation sur un changement de voie du véhicule-cible 20. Ainsi, par exemple, lorsque les informations contextuelles indiquent un rétrécissement temporaire de la voie, le réseau de neurones peut déterminer la compensation latérale variable de manière réduire la correction de trajectoire. En effet, appliquer une compensation latérale trop grande risquerait de faire sortir le véhicule-ego 10 de la voie de circulation 31.
- [0111] Ce deuxième sous-bloc B42 permet une consolidation en comparant la compensation latérale variable à la position du véhicule-cible 20 ou à la cible trajectoire de cible 45.
- [0112] Le quatrième bloc B4 comprend ensuite un troisième sous-bloc B43 adapté à prendre en compte la compensation latérale variable lorsque la fonction AUS.
- [0113] En sortie, le troisième sous-bloc B43 envoie les informations sur les grandeurs de pilotage au cinquième bloc B5 qui transmet ensuite une consigne de pilotage à l'actionneur de direction assistée.
- [0114] Ici, l'apprentissage du réseau de neurones est effectué en amont de son enregistrement sur le calculateur 11. En variante, l'apprentissage pourrait être effectué en temps réel, notamment au cours de la conduite du véhicule-ego, ce qui permet d'adapter le réseau de neurones aux préférences de l'utilisateur. Toutefois, ici, l'apprentissage en amont permet, par rapport l'apprentissage en temps réel, de limiter la puissance de calcul nécessaire et de simplifier l'architecture du réseau de neurones.
- [0115] Ici, le procédé comprend une étape d'élaboration d'une base de données de trajectoires types que le véhicule-cible 20 est susceptible d'effectuer et de profils types que les lignes de bord sont susceptibles de suivre.
- [0116] Les trajectoires types que le véhicule-cible 20 est susceptible d'effectuer sont représentatives de comportements de conduite. Elles comprennent par exemple des trajectoires alignées sur la ligne médiane, des trajectoires décalées par rapport à la ligne médiane, des trajectoires oscillantes par exemple autour de la ligne médiane, des trajectoires centrées en virage, des trajectoire tendues en virages, etc.
- [0117] Les profils types que les lignes de bord sont susceptibles de suivre sont repré-

sentatives de contextes routiers, notamment relatifs à la voie de circulation 31. Ils comprennent par exemple les profils de lignes de bord associées à des sections droites de la voie de circulation 31, des sections en virage de la voie de circulation 31, des dédoublements ou des fusions de voie de circulation 31, etc.

- [0118] Une fois la base de données de trajectoires types du véhicule-cible 20 et de profils types des lignes de bord élaborés, ce qui revient à déterminer des décalages latéraux types, une compensation latérale variable théorique est associée à chaque groupe constitué d'une trajectoire type et d'un profil type. Les compensations latérales variables théoriques sont par exemple déterminées de manière à obtenir un pilotage sécurisé. Le procédé comprend alors une étape d'apprentissage du réseau de neurones au moyen de la base de données et des compensations latérales variables théoriques. En d'autres termes, les trajectoires types et les profils types sont les entrées et les compensations latérales variables théoriques les sorties sur lesquelles est effectué l'apprentissage du réseau de neurones. Cet apprentissage supervisé permet de répondre efficacement aux différents contextes routiers pouvant survenir.
- [0119] Enfin, le procédé comprend une étape de sauvegarde du réseau de neurones dans la mémoire du calculateur 11.
- [0120] Grâce au réseau de neurones, le calculateur 11 peut analyser la trajectoire de cible 45 en la comparant à la ligne médiane et ainsi apprendre à corriger ou adapter la trajectoire de cible 45 lorsque la fonction AUS s'active et que la fonction LCA se désactive. Corriger ou adapter la trajectoire de cible 45 lorsque la fonction AUS est active permet par exemple de rendre le pilotage plus sûr ou encore de rendre le pilotage davantage conforme aux préférences du conducteur du véhicule-ego 10.
- [0121] Dans ce deuxième mode de réalisation, en plus de prévenir les écarts lors des transitions entre les fonctions LCA et AUS (comme dans le premier mode de réalisation), le calculateur 11 peut donc adapter le suivi du véhicule-cible 20 sur la base de l'apprentissage effectué pendant que la fonction LCA est active. Avantagusement, le décalage spatial D est donc pris en compte pendant toute la période où la fonction AUS est active. Cela permet d'améliorer la sécurité et le confort des passagers du véhicule-ego 10.
- [0122] La correction, ou l'adaptation, par le calculateur 11 de la trajectoire de cible 45 sur la base de la compensation latérale variable, lorsque la fonction AUS est active, est illustrée par deux exemples en figures 5 et 6.
- [0123] Sur la [Fig.5], le véhicule-cible 20 présente une trajectoire oscillante. Dans la première portion P1, le calculateur 11 est adapté à détecter ces oscillations en comparant la trajectoire de cible 45 à la ligne médiane. Le calculateur 11 est alors programmé pour atténuer les oscillations du véhicule-cible 20 sur la deuxième portion P2, c'est-à-dire lorsque le pilotage se fait par la fonction AUS.

- [0124] Sur la [Fig.5], quatre valeurs $D1'$, $D2'$, $D3'$, $D4'$ de décalage spatial sont illustrées sur la première portion P1. On comprend que le calculateur 11, sur la base de ces valeurs, peut analyser les oscillations de la trajectoire cible 45, par exemple une période moyenne et une amplitude moyenne des oscillations.
- [0125] Ainsi, comme le montre la [Fig.5], grâce au réseau de neurones, le véhicule-ego 10 suit une trajectoire adaptée 41 rectiligne sur la deuxième portion P2 bien que la fonction AUS soit active et que le véhicule-cible 20 adopte une trajectoire oscillante. Pour cela, des valeurs de compensation latérale variable différentes sont appliquées en différents points de la trajectoire de cible 45. Ici, de façon schématique, cinq valeurs $V1'$, $V2'$, $V3'$, $V4'$, $V5'$ de compensation latérale sont par exemple représentées en cinq points de la trajectoire de cible 45.
- [0126] De plus, le réseau de neurones peut déterminer quelle valeur du décalage spatial doit être prise en compte au moment du basculement de la fonction LCA vers la fonction AUS, par exemple en fonction de la moyenne période des oscillations, pour prévenir un écart du véhicule-ego 10.
- [0127] Enfin, le passage de la deuxième portion P2 à la troisième portion P3 illustre le basculement de la fonction AUS à la fonction LCA. En effet, comme visible sur la [Fig.3], une nouvelle ligne de bord, ici la ligne de marquage centrale 33, apparaît une fois le dédoublement de voie terminée. La fonction LCA peut donc à nouveau fonctionner et le véhicule-ego 10 suit la ligne médiane.
- [0128] Sur la [Fig.6], le véhicule-cible 20 présente une trajectoire en virage dont la courbure est plus grande que celle de la voie de circulation 31. Dans la première portion P1, le calculateur 11 est adapté à déterminer une différence entre une courbure de la trajectoire de cible 45 et une courbure de la ligne médiane. Sur la [Fig.6], deux valeurs $D1''$, $D2''$ de décalage spatial sont illustrées.
- [0129] Le calculateur 11 peut alors déterminer une transformée conçue pour adapter la courbure de la trajectoire de cible 45 sur la deuxième portion P2, c'est-à-dire lorsque le pilotage se fait par la fonction AUS, par exemple pour que le véhicule-ego 10 prenne un virage moins serré. Ainsi, comme le montre la [Fig.6], grâce au réseau de neurones, le véhicule-ego 10 suit une trajectoire adaptée 41 globalement parallèle aux lignes de bord bien que la fonction AUS soit active et que le véhicule-cible 20 passe proche de l'intérieur du virage. Pour cela, des valeurs de compensation latérale différentes sont appliquées en différents points de la trajectoire de cible 45. Ici, de façon schématique, deux valeurs $V1''$, $V2''$ de compensation latérale variable sont par exemple représentées en deux points de la trajectoire de cible 45.
- [0130] Le réseau de neurones peut prendre en compte les préférences du conducteur et par exemple apprendre que celui-ci préfère une conduite sportive pour déterminer compensation latérale variable. Lorsque la fonction AUS est activée, le calculateur 11 peut

alors piloter le véhicule-ego 10 pour le faire passer à l'intérieur du virage bien que le véhicule-cible 20 reste centré entre les lignes de bord.

[0131] La présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à l'invention.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de pilotage d'un véhicule automobile (10) circulant sur une voie de circulation (31) d'une route, le véhicule comprenant un calculateur (11) programmé pour mettre en œuvre :
- i) une fonction de suivi de ligne comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de voie de circulation (40) sur la base de données relatives à des lignes de bord délimitant la voie de circulation (31) et le pilotage du véhicule automobile (10) de manière à suivre la trajectoire de voie de circulation (40) ;
 - ii) une fonction de suivi de cible comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de cible (45) sur la base de données relatives à un véhicule tiers (20) précédent le véhicule automobile (10) sur la voie de circulation (31) et le pilotage du véhicule automobile (10) de manière à suivre la trajectoire de cible (45) ;
- caractérisé en ce que le procédé comprend, lorsque la fonction de suivi de ligne est activée et que la fonction de suivi de cible est désactivée puis que la fonction de suivi de cible doit être activée et la fonction de suivi de ligne doit être désactivée, une étape de calcul, par le calculateur (11), sur la base de la trajectoire de voie de circulation (40) et de la trajectoire de cible (45), d'un décalage spatial (D, D1, D2, D3, D1', D2', D3', D4') représentatif d'une distance entre la trajectoire de voie de circulation (40) et la trajectoire de cible (45) puis, lorsque la fonction de suivi de cible est active, une étape de pilotage du véhicule automobile (10) en fonction dudit décalage spatial (D, D1, D2, D3, D1', D2', D3', D4').
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lorsque la fonction de suivi est active, le pilotage du véhicule automobile (10) en fonction dudit décalage spatial (D, D1, D2, D3, D1', D2', D3', D4') est effectué au moyen d'un réseau de neurones.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel le réseau de neurones est adapté à détecter des oscillations de la trajectoire de cible (45) ou une différence entre une courbure de la trajectoire de cible (45) et une courbure de la trajectoire de voie de circulation (40) et, lorsque la fonction de suivi de cible est active, à déterminer une trajectoire adaptée (41) atténuant les oscillations de la trajectoire de cible (45) ou modifiant la courbure de la trajectoire de cible (45).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel le réseau de neurones

est un réseau de neurones à propagation avant ou un réseau de neurones récurrents.

- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel le réseau de neurones est adapté à déterminer une compensation latérale variable ($V1'$, $V2'$, $V3'$, $V4'$, $V5'$, $V1''$, $V2''$) sur la base du décalage spatial (D , $D1$, $D2$, $D3$, $D1'$, $D2'$, $D3'$, $D4'$), et à corriger ou adapter la trajectoire de cible (45) sur la base de la compensation latérale variable ($V1'$, $V2'$, $V3'$, $V4'$, $V5'$, $V1''$, $V2''$).
- [Revendication 6] Procédé de pilotage selon la revendication 5, dans lequel il est prévu une opération préalable de paramétrage du calculateur (11), comprenant :
- une étape d'élaboration d'une base de données associant des trajectoires types qu'un véhicule est susceptible d'effectuer et des profils types que les lignes de bord sont susceptibles de suivre à des valeurs théoriques de la compensation latérale variable ($V1'$, $V2'$, $V3'$, $V4'$, $V5'$, $V1''$, $V2''$) ;
 - une étape d'apprentissage du réseau de neurones au moyen de la base de données ; et
 - une étape de sauvegarde du réseau de neurones dans le calculateur (11).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendications 5 ou 6, dans lequel le calcul de la compensation latérale variable ($V1'$, $V2'$, $V3'$, $V4'$, $V5'$, $V1''$, $V2''$) prend aussi en compte au moins l'un des paramètres suivants :
- le décalage spatial (D , $D1$, $D2$, $D3$, $D1'$, $D2'$, $D3'$, $D4'$) ;
 - un déplacement instantané du véhicule automobile (10) ;
 - un déplacement instantané du véhicule tiers (20) ;
 - les données relatives aux lignes de bord ;
 - des informations issues d'un système de navigation du véhicule automobile (10) ;
 - des informations contextuelles sur un état de la voie de circulation (31).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la trajectoire de cible (45) est déterminée par un ajustement d'une fonction polynomiale sur une pluralité de positions du véhicule tiers (20).
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le décalage spatial (D , $D1$, $D2$, $D3$, $D1'$, $D2'$, $D3'$, $D4'$) est calculé selon une direction latérale inclinée par rapport à la trajectoire de suivi de ligne.
- [Revendication 10] Véhicule automobile (10) circulant sur une voie de circulation (31) d'une route, le véhicule comprenant un calculateur (11) programmé

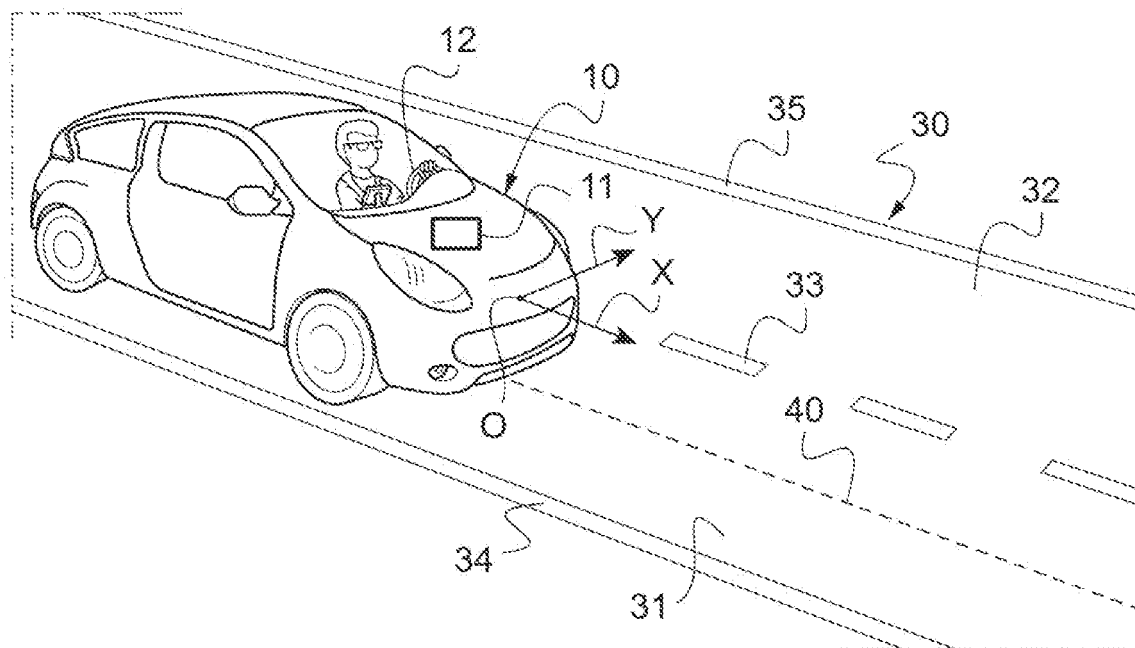
pour mettre en œuvre :

i) une fonction de suivi de ligne comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de voie de circulation (40) sur la base de données relatives à des lignes de bord délimitant la voie de circulation (31) et le pilotage du véhicule automobile (10) de manière à suivre la trajectoire de voie de circulation (40) ;

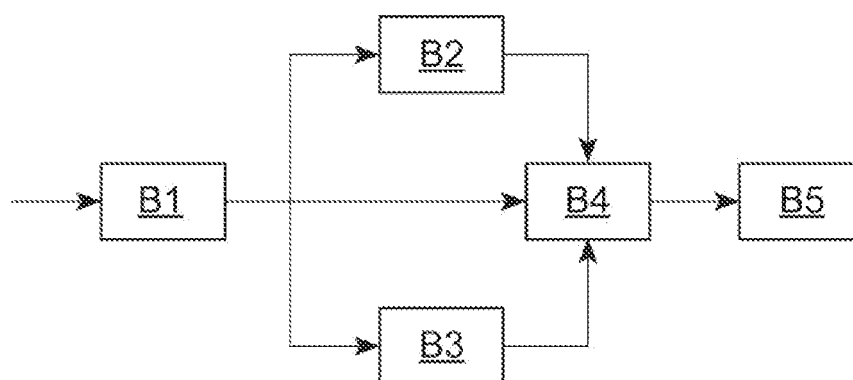
ii) une fonction de suivi de cible comprenant, à l'état actif, la détermination d'une trajectoire de cible (45) sur la base de données relatives à un véhicule tiers (20) précédant le véhicule automobile (10) sur la voie de circulation (31) et le pilotage du véhicule automobile (10) de manière à suivre la trajectoire de cible (45) ;

caractérisé en ce que le calculateur (11) est programmé pour implémenter un procédé de pilotage selon l'une des revendications 1 à 9.

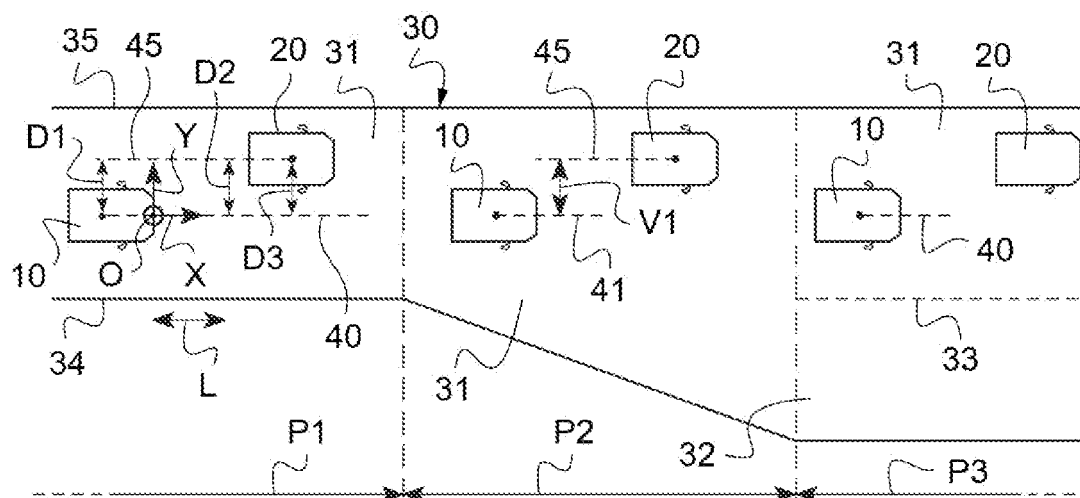
[Fig. 1]



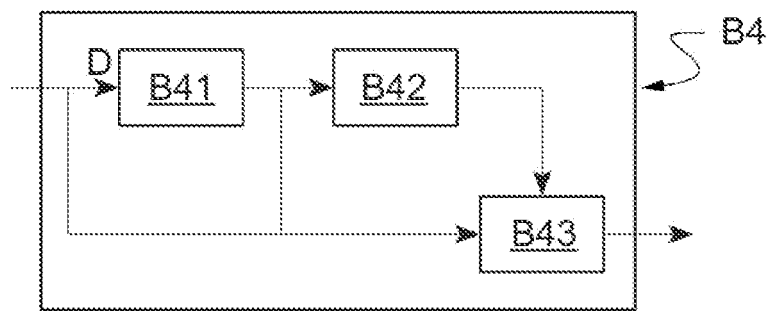
[Fig. 2]



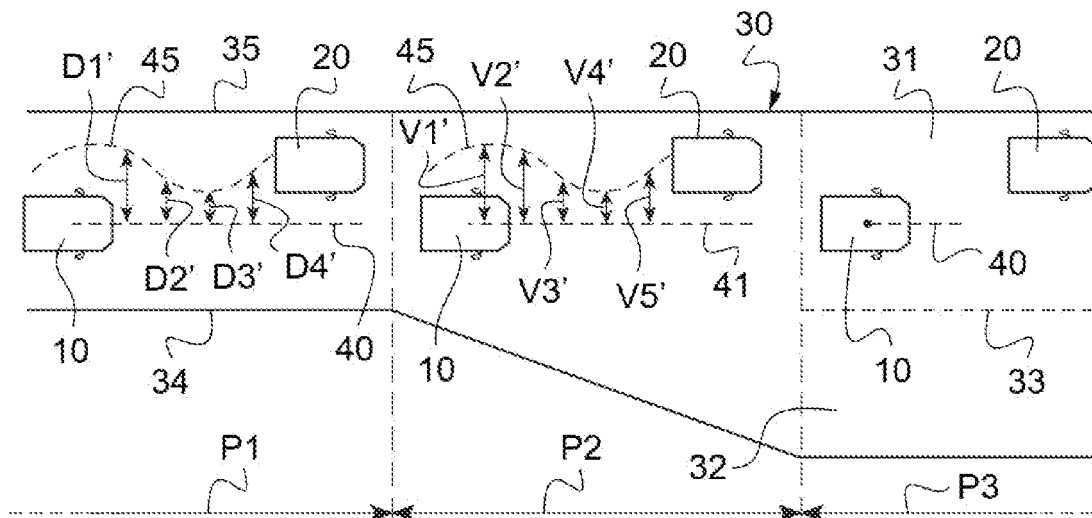
[Fig. 3]



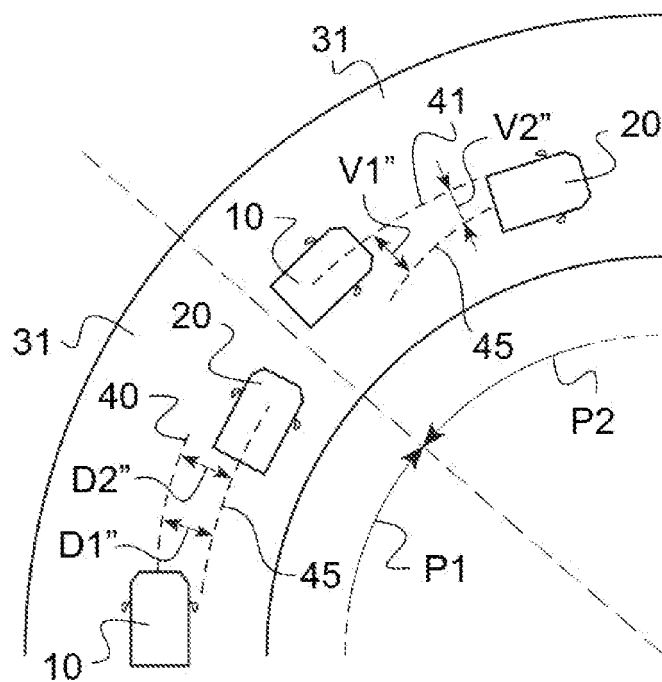
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 916605
FR 2301995

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2015/307095 A1 (ASO KAZUAKI [JP]) 29 octobre 2015 (2015-10-29)	1, 2, 4, 5, 7-10	B60W 30/10 G05B 13/02
A	* alinéas [0005] - [0007], [0023]; figures 1, 3-5 * -----	3, 6	G05D 1/02 G06N 3/02 G06V 20/56
X	JP 2000 020896 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 21 janvier 2000 (2000-01-21)	1, 8-10	
A	* alinéas [0005] - [0010], [0014] - [0025], [0038] - [0041]; revendication 1 * -----	3, 5, 7	
A	CN 112 172 813 A (CHANGAN UNIV) 5 janvier 2021 (2021-01-05) * Section "Background technique"; figure 2 * -----	2, 4	
A	US 2020/010084 A1 (PATHAK SHASHANK [DE] ET AL) 9 janvier 2020 (2020-01-09) * alinéas [0015], [0016] * -----	2, 4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B60W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 septembre 2023		Elbel, Benedikte	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2301995 FA 916605**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-09-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015307095 A1		29-10-2015	CN 105015547 A	04-11-2015
			EP 2939894 A2	04-11-2015
			JP 5991340 B2	14-09-2016
			JP 2015210720 A	24-11-2015
			US 2015307095 A1	29-10-2015

JP 2000020896 A		21-01-2000	JP 3336961 B2	21-10-2002
			JP 2000020896 A	21-01-2000

CN 112172813 A		05-01-2021	AUCUN	

US 2020010084 A1		09-01-2020	EP 3594770 A1	15-01-2020
			US 2020010084 A1	09-01-2020
