

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 061 885

21 N° d'enregistrement national : 17 50395

51 Int Cl⁸ : B 60 W 40/02 (2017.01), G 06 F 17/10

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.01.17.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.07.18 Bulletin 18/29.

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) : VALEO SCHALTER UND SENSO-
REN GMBH Société par actions simplifiée — DE.

72 Inventeur(s) : LIENNARD THOMAS et BENMO-
KHTAR RACHID.

73 Titulaire(s) : VALEO SCHALTER UND SENSOREN
GMBH Société par actions simplifiée.

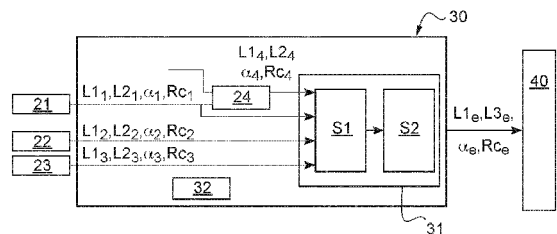
74 Mandataire(s) : VALEO COMFORT AND DRIVING
ASSISTANCE.

54 PROCÉDE DE DETERMINATION D'UNE CARACTERISTIQUE D'UN ENVIRONNEMENT D'UN VEHICULE PAR
FUSION DE DONNEES.

57 L'invention concerne un procédé de détermination de
la valeur estimée ($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) d'au moins un para-
mètre caractérisant une partie d'un environnement dans le-
quel évolue un véhicule automobile et/ou la position dudit
véhicule automobile dans ledit environnement, comprenant
des étapes de:

- a) acquisition de données relatives audit environnement
par au moins deux capteurs (21, 22, 23, 24) distincts,
- b) élaboration, pour chaque capteur, d'une première va-
leur ($L1_j, L2_j, \alpha_j, Rc_j$) de chaque paramètre, et
- c) combinaison desdites premières valeurs afin d'en dé-
duire la valeur estimée de chaque paramètre.

Selon l'invention, à l'étape c), on affecte à chaque pre-
mière valeur un degré de croyance fonction de la confiance
qu'on a dans le capteur associé, et on déduit la valeur esti-
mée de chaque paramètre en fonction de ce degré de
croyance.



FR 3 061 885 - A1



PROCEDE DE DETERMINATION D'UNE CARACTERISTIQUE D'UN ENVIRONNEMENT D'UN
VEHICULE PAR FUSION DE DONNEES

DOMAINE TECHNIQUE AUQUEL SE RAPPORTE L'INVENTION

5 La présente invention concerne de manière générale les aides à la conduite de véhicules automobiles.

Elle concerne plus particulièrement un procédé de détermination de la valeur estimée d'au moins un paramètre caractérisant une partie d'un environnement dans lequel évolue un véhicule automobile et/ou la position dudit
10 véhicule automobile dans ledit environnement, comprenant des étapes de :

a) acquisition de données relatives audit environnement par au moins deux capteurs distincts,

b) élaboration, pour chaque capteur, d'une première valeur de chaque paramètre, et

15 c) combinaison (ou « fusion ») desdites premières valeurs afin d'en déduire la valeur estimée de chaque paramètre.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans la détermination de paramètres caractérisant une voie de circulation.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

20 Pour faciliter et rendre plus sûre la conduite d'un véhicule automobile, il est connu d'équiper ce dernier de systèmes d'aide à la conduite. Il peut s'agir de systèmes permettant une conduite autonome du véhicule (sans intervention humaine), ou de systèmes permettant une conduite partiellement autonome du véhicule (typiquement de systèmes adaptés à prendre momentanément le
25 contrôle du véhicule pour replacer le véhicule au centre de sa voie de circulation).

Pour permettre à ces systèmes d'appréhender l'environnement autour du véhicule, on place sur ce dernier de nombreux capteurs tels que des caméras, des capteurs LIDAR, ou encore des capteurs virtuels. Un exemple de capteur virtuel serait un logiciel qui lirait des données acquises par d'autres capteurs du véhicule,
30 qui déterminerait sur cette base la position des voitures adjacents, et qui en déduirait la position de la voie de circulation par rapport au véhicule.

Chaque capteur présente ses qualités et ses défauts. Certains sont plus fiables que d'autres, certains sont plus affectés que d'autres par les conditions météorologiques, ...

Afin de réduire au mieux les erreurs de détection de l'environnement, il est alors connu de pratiquer une « fusion de données », c'est-à-dire de prendre en compte les données émises par plusieurs capteurs pour en déduire une seule et même donnée.

5 A titre d'exemple, on peut considérer un capteur-caméra, un capteur-LIDAR et un capteur virtuel qui repèrent les positions des bords de la voie de circulation empruntée par le véhicule. Alors, il est possible de combiner les données qui sont issues de ces trois capteurs et qui caractérisent les positions des bords de voie, de façon à obtenir une seule information plus fiable.

10 On utilise, pour combiner ces données, des calculs mathématiques qui se basent sur des théorèmes de probabilité. En pratique, le théorème de Bayes est le plus utilisé pour combiner les informations issues de différents capteurs.

Les inconvénients de ce théorème sont toutefois multiples lorsqu'on fusionne des données.

15 En effet, son utilisation nécessite tout d'abord de faire des hypothèses pour pallier le manque d'informations en entrée, lesquelles hypothèses génèrent des erreurs en sortie.

Son utilisation nécessite par ailleurs de considérer les capteurs de façon indépendante et elle ne permet pas de tenir compte d'une manière rigoureuse des erreurs pouvant affecter les données issues des capteurs.

20 Enfin, son utilisation ne permet de prendre en compte qu'uniquement les informations issues de capteurs dont on sait la fiabilité élevée, puisque l'usage de capteurs peu fiables fausserait nécessairement les résultats obtenus.

Ainsi, l'utilisation de ce théorème de Bayes ne permet pas d'obtenir des informations aussi fiables que souhaité pour permettre au véhicule d'évoluer de façon autonome, sans intervention humaine.

OBJET DE L'INVENTION

Afin de remédier aux inconvénients précités de l'état de la technique, la présente invention propose de fusionner les données issues de différents capteurs sur la base d'une nouvelle méthode qui tiendrait compte de « l'ignorance », c'est-à-dire de l'incertitude que l'on a de la validité de chaque information reçue des capteurs.

30 Plus particulièrement, on propose selon l'invention un procédé de détermination tel que défini dans l'introduction, dans lequel, à l'étape c), on affecte

à chaque première valeur un degré de croyance fonction de la confiance qu'on a dans le capteur associé, et on déduit la valeur estimée de chaque paramètre en fonction de ce degré de croyance.

Préférentiellement, la déduction de la valeur estimée de chaque paramètre en fonction du degré de croyance est réalisée en appliquant le théorème de Dempster-Shafer.

Ainsi, grâce à l'invention, il est possible de prendre en compte les données issues de tous les capteurs d'environnement équipant le véhicule, même de ceux dont la fiabilité est réputée réduite, en leur affectant un degré de confiance différent les uns des autres.

De ce fait, le résultat obtenu est plus fiable, notamment en cas de défaillance de l'un ou l'autre des capteurs.

Par ailleurs, grâce à l'invention, il est possible de modéliser plus précisément les erreurs pouvant affecter les données issues de chaque capteur, de façon à obtenir des résultats plus fiables encore.

D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé de détermination conforme à l'invention sont les suivantes :

- à l'étape c), le théorème de Dempster-Shafer fournit une distribution de probabilité discrétisée pour chaque paramètre et chaque distribution de probabilité discrétisée est ensuite filtrée au moyen d'un filtre de recherche utilisant la théorie des particules ;

- le filtrage comporte notamment une étape d'estimation d'un état de plusieurs particules représentatives de chaque paramètre, en fonction de la vitesse axiale et de la vitesse de lacet du véhicule automobile ;

- à l'étape b), on élabore une première valeur pour au moins deux paramètres distincts, et, à l'étape c), on combine lesdites premières valeurs afin d'en déduire la valeur estimée de chacun des deux paramètres ;

- le véhicule automobile roulant sur une voie de circulation, les paramètres sont la largeur de ladite voie de circulation, le rayon de courbure de ladite voie de circulation, l'écart latéral entre le véhicule automobile et l'un des bords de la voie de circulation, et l'angle d'attaque du véhicule automobile par rapport à la voie de circulation ;

- à l'étape a), si l'un des bords de la voie de circulation n'est pas détecté par l'un des capteurs, il est prévu une étape de reconstruction virtuelle de ce bord

de voie de circulation ;

- à l'étape a), les données relatives à l'environnement qui sont acquises par au moins deux des capteurs sont hétérogènes ;

5 - à l'étape, à l'étape c), on discrétise en intervalles les premières valeurs de chaque paramètre afin d'en déduire une densité de probabilité associée à chaque paramètre vu par chaque capteur, au moyen d'une fonction d'activation en forme de cloche ;

- la fonction d'activation varie de manière asymétrique ;

- la fonction d'activation varie de manière pyramidale ;

10 - à l'étape c), on utilise une transformation pignistique inverse pour transformer chaque densité de probabilité en un ensemble de masses de croyance que chaque paramètre est compris dans un intervalle donné ;

- à l'étape c), on applique une fonction de similitude à chaque ensemble de masses de croyance.

15 DESCRIPTION DETAILLEE D'UN EXEMPLE DE REALISATION

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.

Sur les dessins annexés :

20 - les figures 1A à 1D sont quatre vues illustrant la manière selon laquelle une voie de circulation sur laquelle roule un véhicule automobile est détectée par quatre capteurs distincts ;

- les figures 2A et 2B sont des vues de dessus d'un véhicule automobile roulant sur une route ;

25 - la figure 3 est un schéma illustrant des capteurs et un calculateur qui permettent de mettre en œuvre un procédé de détermination conforme à l'invention ;

- la figure 4 est un schéma illustrant une partie des étapes du procédé de détermination conforme à l'invention ; et

30 - les figures 5A et 5B représentent deux variantes de réalisation d'une fonction d'activation utilisée dans le procédé de détermination de la figure 3.

L'invention s'applique à tout type de véhicule automobile, pour autant que le véhicule soit équipé de plusieurs capteurs d'environnement et d'un calculateur adapté à traiter les informations issues de ces différents capteurs

d'environnement.

Elle s'applique avantageusement, mais pas uniquement, aux véhicules automobiles qualifiés « d'autonome », c'est-à-dire aux véhicules adaptés à suivre une voie de circulation, dans le trafic routier, sans intervention humaine.

5 L'invention propose une solution permettant de traiter les données issues des différents capteurs afin d'en déduire des informations fiables, par « fusion des données ».

De façon préférentielle, l'invention sera utilisée pour déterminer les valeurs de paramètres caractérisant une voie de circulation d'une route sur
10 laquelle évolue le véhicule automobile considéré. En variante, l'invention pourrait également s'appliquer à la détermination d'autres paramètres.

Pour bien illustrer le mode de réalisation de l'invention ici considéré, on a représenté sur les figures 2A et 2B deux portions d'une même route 10, une portion droite et une portion courbée.

15 On observe sur ces figures que la route 10 est ici définie entre deux accotements 11 mis en évidence par deux lignes continues de marquage au sol 12.

Cette route 10 comporte ici trois voies de circulation 13, 14, 15 délimitées par deux lignes discontinues de marquage au sol 16.

20 Le véhicule automobile 20 considéré est ici représenté sur la voie de circulation 14 du milieu.

L'invention cherche à détermine de façon fiable et robuste des paramètres caractérisant cette voie de circulation 14 et la position du véhicule automobile 20 sur cette voie de circulation 14. Ces paramètres sont ici au nombre
25 de quatre, à savoir :

- la largeur L1 de la voie de circulation 14 (figure 2A),
- l'écart latéral L2 entre le milieu du véhicule automobile 20 et l'un des bords de la voie de circulation 14, lequel bord est ici considéré comme étant confondu avec la ligne discontinue de marquage au sol 16 de droite (figure 2A),
- 30 - le rayon de courbure R_c moyen de la voie de circulation 14, c'est-à-dire le rayon de courbure de la courbe moyenne 17 (celle passant au milieu de la voie de circulation 14) au niveau du centre du véhicule automobile 20 (figure 2B), et
- l'angle d'attaque α du véhicule, formé entre l'axe longitudinal du véhicule automobile 20 et la tangente à la courbe moyenne 17 au niveau du

centre du véhicule automobile 20 (figure 2B).

Les capteurs d'environnement que le véhicule automobile 20 embarque sont hétérogènes en ce sens qu'au moins deux d'entre eux réalisent des mesures de natures différentes. Ici, parmi ces capteurs d'environnement, on distingue au

5 moins :

- un capteur d'images,
- un capteur de distances, et
- un capteur virtuel.

Chaque capteur est ici choisi de façon à ce que les données qu'il mesure

10 permettent, à elles seules, d'estimer les valeurs des quatre paramètres $L1$, $L2$, α , Rc précités.

Ici, comme le montre la figure 3, le véhicule automobile 20 embarque au moins deux caméras orientées vers l'avant, dont une caméra à grand angle 21 (c'est-à-dire à focale courte) et une caméra à focale plus longue 22. Ces caméras

15 sont adaptées à acquérir des images de l'environnement à l'avant du véhicule.

Il embarque également un capteur LIDAR 23 qui est adapté à mesurer des distances et à en déduire une forme de la géométrie de l'environnement à l'avant et/ou sur les côtés du véhicule. Ce capteur LIDAR 23 est notamment adapté à détecter les positions et formes des lignes de marquage au sol 12, 16.

Le véhicule automobile 20 embarque également un capteur virtuel 24 (ou « capteur logiciel») qui est formé par un processeur adapté à déterminer, compte tenu d'informations fournies par d'autres capteurs (notamment par le capteur LIDAR 23), les positions des bords de la voie de circulation. Ici, ce capteur virtuel 24 se base pour cela sur la position des véhicules automobiles environnants, en

20 partant du principe que chacun de ces véhicules roule sur une voie de circulation.

Dans le mode de réalisation ici décrit, on considérera que les quatre capteurs 21, 22, 23, 24 sont « intelligents », c'est-à-dire qu'ils sont chacun équipés d'une unité de traitement informatique des données qu'ils perçoivent. On considérera ainsi que chacun des quatre capteurs 21, 22, 23, 24 est adapté à

25 déterminer une première valeur $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i (avec i allant respectivement de 1 à 4) pour chacun des paramètres $L1$, $L2$, α , Rc .

Si les quatre capteurs fournissaient des données exactes, les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i issues de ces 4 capteurs seraient rigoureusement

identiques. Toutefois, chaque capteur est susceptible de générer des erreurs.

En combinant les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i issues des quatre capteurs par « fusion de données », on cherche donc à obtenir des valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e pour les paramètres $L1$, $L2$, α , Rc qui soient les plus exactes possibles.

Pour illustrer les erreurs que les capteurs sont capables de fournir, on a représenté sur les figures 1A à 1D quatre illustrations des bords de voie 18_1 , 18_2 , 18_3 , 18_4 tels qu'ils sont détectés, à un même instant t , par les quatre capteurs (par la caméra à focale longue 21 sur la figure 1A, par la caméra à focale courte 22 sur la figure 1B, par le capteur LIDAR 23 sur la figure 1C, et par le capteur virtuel 24 sur la figure 1D).

On y observe que les positions et formes des bords de voie 18_1 , 18_2 , 18_3 , 18_4 respectivement détectés par les quatre capteurs diffèrent. Il s'ensuit que les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i issues des quatre capteurs 21, 22, 23, 24 vont également différer.

Le procédé permettant de fusionner ces premières valeurs va donc avoir pour objectif de distinguer les premières valeurs les plus fiables et de leur donner un poids plus important dans le calcul des valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e .

Ce procédé est mis en œuvre par l'un des calculateurs embarqués dans le véhicule.

Comme le montre la figure 3, ce calculateur 30 comprend classiquement des interfaces d'entrée, un processeur 31, une unité de mémorisation 32, et des interfaces de sortie.

Les interfaces d'entrée permettent au calculateur 30 de recevoir les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i des paramètres élaborées par les trois capteurs physiques 21, 22, 23.

La mémoire 32, par exemple une mémoire non-volatile réinscriptible ou un disque dur, enregistre des programmes d'ordinateur comprenant des instructions dont l'exécution par le processeur 31 permet la mise en œuvre par le calculateur 30 du procédé décrit ci-après.

Les interfaces de sortie permettent au calculateur 30 de fournir les valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e des paramètres $L1$, $L2$, α , Rc à une unité de pilotage autonome 40 du véhicule automobile.

Comme cela apparait sur la figure 3, le capteur virtuel 24 est ici porté par le calculateur 30.

Comme cela apparait sur la figure 3, le procédé de détermination des valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e des paramètres $L1$, $L2$, α , Rc comporte deux 5 étapes principales, dont une étape S1 de fusion des données au moyen d'une opération combinatoire basée sur le modèle de Dempster-Shafer, et une étape S2 de filtrage des données issues de ce modèle.

Pour bien expliquer la manière selon laquelle ces deux étapes fonctionnent, on peut décrire en détail un mode de réalisation de ce procédé de 10 détermination.

On notera tout d'abord que ce procédé de détermination sera mis en œuvre en boucle par le calculateur 30, à pas de temps réguliers.

Au cours d'une première étape, le calculateur 30 lit les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i issues des quatre capteurs 21, 22, 23, 24.

On notera à ce stade que si l'un et/ou l'autre des capteurs n'est en 15 mesure de détecter que l'un des bords de la voie de circulation 14 (par exemple parce que les marquages de l'autre bord sont effacés ou inexistant), on propose de reconstruire l'autre des bords, en fonction par exemple de la position de l'autre des bords et d'une estimation de la largeur de la voie de circulation 14. Cette 20 estimation de la largeur de la voie de circulation 14 peut être obtenue de diverses manières, par exemple :

- en se basant sur la dernière mesure effectuée de la largeur de la voie de circulation, ou

- en se basant sur la connaissance du type de route sur laquelle le 25 véhicule roule (grâce par exemple à un dispositif de géolocalisation), puisqu'on sait par exemple que la largeur standard d'une voie de circulation est de 3,5 mètres sur autoroute et route nationale, et de 3 mètres sur route départementale et sur route communale, ou

- en se basant sur toute autre information possible.

30 Ainsi, chaque capteur 21, 22, 23, 24 est en mesure de fournir les premières valeurs $L1_i$, $L2_i$, α_i , Rc_i des quatre paramètres.

Ces premières valeurs forment des variables continues alors que le modèle de Dempster-Shafer nécessite de travailler sur des variables discrètes.

Le procédé selon l'invention propose alors une méthode de discrétisation des premières valeurs permettant ensuite au calculateur de travailler sur des intervalles.

On utilise à cet effet, au cours d'une première étape E1, un système de
5 modélisation des données utilisant une fonction d'activation Ψ en forme de cloche (voir figures 5A et 5B).

Cette fonction d'activation Ψ permet de modéliser les erreurs susceptibles d'affecter les données issues de chaque capteur.

Il est donc prévu une fonction d'activation Ψ distincte pour chaque
10 capteur 21, 22, 23, 24.

Cette fonction d'activation Ψ varie entre 0 et 1, en fonction d'un écart-type σ . Elle présente nécessairement une forme de cloche, avec une valeur maximum lorsque l'écart-type σ est égal à 0 et une valeur nulle de chaque côté (pour une valeur l'écart-type σ négatif et pour une valeur d'écart-type σ positif).

Cette fonction d'activation Ψ pourrait classiquement présenter une forme
15 de gaussienne. Elle présentera toutefois ici, pour une meilleure modélisation des erreurs affectant les données issues des capteurs, une forme de dièdre (c'est-à-dire une forme pyramidale).

Cette fonction d'activation Ψ pourrait présenter deux côtés symétriques
20 (voir figure 5A).

Toutefois, ici, pour modéliser au mieux les erreurs affectant les données issues des capteurs, cette fonction d'activation Ψ pourra présenter une forme dissymétrique (voir figure 5B). Ainsi cette fonction permettra-t-elle par exemple de
25 tenir compte de la position de chaque capteur sur le véhicule et donc du fait que les résultats des mesures que le capteur effectue sont meilleures d'un côté que de l'autre du véhicule.

Ainsi, plus l'incertitude associée au capteur sera grande d'un côté et/ou de l'autre du véhicule, plus le côté correspondant du dièdre sera allongé.

La forme exacte de cette fonction d'activation Ψ sera choisie lors de la
30 conception du véhicule, en fonction du capteur utilisé.

De manière préférentielle, les résultats obtenus grâce à ces fonctions d'activation Ψ pourront être pondérés par un coefficient d'affaiblissement compris entre 0 et 1, dont la valeur sera fonction du degré de croyance que l'on a dans

chaque capteur. Ce coefficient pourra être obtenu de manière empirique, mais il pourrait également être obtenu par auto-apprentissage (communément appelé « machine-learning »).

5 A l'issue de cette étape E1, le calculateur 30 obtient une densité de probabilité pour chaque paramètre.

Au cours d'une seconde étape E2 (appartenant à l'étape S1 de fusion des données), le calculateur 30 va transformer cette densité de probabilité en un ensemble de masses (ou « degrés de croyance ») par intervalle.

10 Pour bien comprendre cette étape E2, on peut donner l'exemple suivant : au cours de cette étape E2, le calculateur 30 va pouvoir affecter au paramètre « largeur de voie L1 » une masse pour chaque intervalle de largeur de voie, il va pouvoir affecter au paramètre « écart latérale L2 » une masse pour chaque intervalle d'écart latéral, ...

15 Pour cela, le calculateur 30 utilise une transformation pignistique inverse. Une telle transformation est bien connue de l'homme du métier et ne sera donc pas ici décrite en détail.

A l'issue de cette étape E2, le calculateur 30 obtient des ensembles de masses pour chaque paramètre et pour chaque capteur.

20 On pourrait alors prévoir de combiner directement les quatre ensembles de masses issus de chaque paramètre pour en déduire une valeur estimée de ce paramètre. Toutefois, une telle opération nécessiterait de travailler sur les intersections de ces ensembles et elle requerrait donc beaucoup de ressources calculatoires et informatiques.

25 Pour réduire les temps de calcul, au cours d'une étape E3, le calculateur 30 va alors réduire le nombre de données à traiter en utilisant une fonction de similitude dite de commonalité (« commonality » en anglais).

Le calculateur 30 va ainsi plus précisément appliquer cette fonction de similitude à chacun des seize ensembles de masses obtenus.

30 La commonalité est une fonction en bijection avec la fonction de masse, qui permet un calcul simple dans l'étape de combinaison. Elle n'apporte pas d'informations supplémentaires mais elle est utilisée à des fins calculatoires.

L'intérêt se traduit par une combinaison de produit de commonalités au lieu d'une convolution de fonctions de masses.

Puis, selon la théorie de Dempster-Shafer, aux cours d'une étape E4 (appartenant à l'étape S1 de fusion des données), on utilise une combinaison conjonctive pour combiner les quatre quadruplets de résultats obtenus.

5 Ce calcul peut par exemple être effectué en utilisant des produits de convolution.

Grâce à ces opérations, le calculateur 30 est en mesure de combiner et de normaliser les résultats des fonctions de similitude et il est en outre capable de déterminer un taux de conflit entre les différents capteurs. Ce taux de conflit pourra par exemple être ensuite exploité pour détecter une défaillance d'un
10 capteur.

Le résultat obtenu est ensuite transformé, grâce à une opération pignistique, en une distribution de probabilité.

Ainsi, à l'issue de ces quatre étapes E1 à E4, la fusion des données permet d'obtenir quatre ensembles de distributions de probabilités discrétisés pour
15 les quatre paramètres L1, L2, α , Rc.

Le calculateur 30 va alors, au cours de l'étape S2 (figure 3), appliquer à ces données une opération de détection de l'état du système au moyen d'un filtre utilisant la théorie des particules.

20 Le calculateur 30 peut pour cela utiliser la méthode de Monte-Carlo qui vise à calculer une valeur numérique approchée en utilisant des procédés probabilistes.

Dans ce modèle, chaque particule considérée correspond à un état possible du système, c'est-à-dire à un quadruplet comprenant une valeur pour chacun des quatre paramètres L1, L2, α , Rc.

25 On utilise un nombre de particules qui doit être élevé pour assurer la convergence du système vers une valeur fiable. Ce nombre ne doit toutefois pas être trop élevé pour ne pas nécessiter trop de ressources de calcul informatique. Il est ici supérieur à 100 et peut par exemple être choisi égal à 1000 particules.

Cette étape S2 comporte cinq opérations successives.

30 La première opération consiste à modifier l'état des particules en fonction de la vitesse longitudinale et de la vitesse angulaire de lacet du véhicule sur la route empruntée.

L'évolution de la perception est calculée à partir d'un modèle de mouvement du véhicule, supposant que le véhicule se déplace sur une trajectoire

circulaire à vitesse constante.

La seconde opération consiste à mettre à jour les poids associés à chaque particule en fonction d'un niveau de correspondance qui lie la particule considérée avec la sortie de la fusion (étape S1).

5 La troisième étape consiste à ré-échantillonner les particules en vue du prochain pas de temps au cours duquel l'ensemble du procédé sera répété. Le but est de garder une répartition équitable entre les poids des particules.

Pour effectuer ce ré-échantillonnage, on tire au sort les particules en donnant aux particules qui ont un poids élevée une chance plus importante d'être
10 sélectionnée, puis on les combine de façon à créer de nouvelles particules. On supprime par ailleurs les particules dont les poids sont les plus faibles. L'objectif étant d'avoir un nombre de particules constant d'un pas de temps à l'autre.

Au cours de la quatrième étape, on calcule une valeur moyenne de l'état des particules et un écart-type afin de contrôler qu'il y a bien eu convergence.

15 On peut par exemple considérer qu'il y a convergence du système si l'écart-type est inférieur à un seuil prédéterminé.

La valeur moyenne est alors utilisée pour obtenir les valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e des quatre paramètres.

20 Enfin, les valeurs estimées $L1_e$, $L2_e$, α_e , Rc_e des quatre paramètres sont transmises à l'unité de pilotage autonome 40 du véhicule automobile.

On constate alors que grâce à l'invention, le véhicule perçoit mieux les virages et commence à tourner dès l'entrée dans le virage sans retard, ce qui confère une meilleure tenue de route au véhicule automobile.

25 La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais l'homme du métier saura y apporter toute variante conforme à l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination de la valeur estimée ($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) d'au moins un paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) caractérisant une partie d'un environnement dans lequel évolue un véhicule automobile (20) et/ou la position dudit véhicule automobile (20) dans ledit environnement, comprenant des étapes de :
- 5
- a) acquisition de données relatives audit environnement par au moins deux capteurs (21, 22, 23, 24) distincts,
 - b) élaboration, pour chaque capteur (21, 22, 23, 24), d'une première valeur ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$), et
 - c) combinaison desdites premières valeurs ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) afin d'en déduire la valeur estimée ($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$), caractérisé en ce que à l'étape c), on affecte à chaque première valeur ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) un degré de croyance fonction de la confiance qu'on a dans le capteur associé (21, 22, 23, 24), et on déduit la valeur estimée ($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) en fonction de ce degré de croyance.
- 10
2. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel la déduction de la valeur estimée ($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) en fonction du degré de croyance est réalisée en appliquant le théorème de Dempster-Shafer.
- 20
3. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel, à l'étape c), le théorème de Dempster-Shafer fournit une distribution de probabilité discrétisée pour chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) et dans lequel chaque distribution de probabilité discrétisée est ensuite filtrée au moyen d'un filtre de recherche utilisant la théorie des particules.
- 25
4. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel le filtrage comporte notamment une étape d'estimation d'un état de plusieurs particules représentatives de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$), en fonction de la vitesse axiale et de la vitesse de lacet du véhicule automobile.
- 30
5. Procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape b), on élabore une première valeur ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) pour au moins deux paramètres ($L1, L2, \alpha, Rc$) distincts, et, à l'étape c), on combine lesdites premières valeurs ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) afin d'en déduire la valeur estimée

($L1_e, L2_e, \alpha_e, Rc_e$) de chacun des deux paramètres ($L1, L2, \alpha, Rc$).

6. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel, le véhicule automobile (20) roulant sur une voie de circulation (14), les paramètres sont la largeur ($L1$) de ladite voie de circulation (14), le rayon de courbure (Rc) de ladite voie de circulation (14), l'écart latéral ($L2$) entre le véhicule automobile (20) et l'un des bords de la voie de circulation (14), et l'angle d'attaque (α) du véhicule automobile (20) par rapport à la voie de circulation (14).

7. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel, à l'étape a), si l'un des bords de la voie de circulation (14) n'est pas détecté par l'un des capteurs (21, 22, 23, 24), il est prévu une étape de reconstruction virtuelle de ce bord de voie de circulation (14).

8. Procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape a), les données relatives à l'environnement qui sont acquises par au moins deux des capteurs (21, 22, 23, 24) sont hétérogènes.

9. Procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape, à l'étape c), on discrétise en intervalles les premières valeurs ($L1_i, L2_i, \alpha_i, Rc_i$) de chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) afin d'en déduire une densité de probabilité associée à chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) vu par chaque capteur (21, 22, 23, 24), au moyen d'une fonction d'activation (Ψ) en forme de cloche.

10. Procédé de détermination selon la revendication précédente, dans lequel la fonction d'activation varie (Ψ) de manière asymétrique.

11. Procédé de détermination selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel la fonction d'activation (Ψ) varie de manière pyramidale.

12. Procédé de détermination selon l'une des trois revendications précédentes, dans lequel, à l'étape c), on utilise une transformation pignistique inverse pour transformer chaque densité de probabilité en un ensemble de masses de croyance que chaque paramètre ($L1, L2, \alpha, Rc$) est compris dans un intervalle donné.

13. Procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape c), on applique une fonction de similitude à chaque ensemble de masses de croyance.

Fig.1A

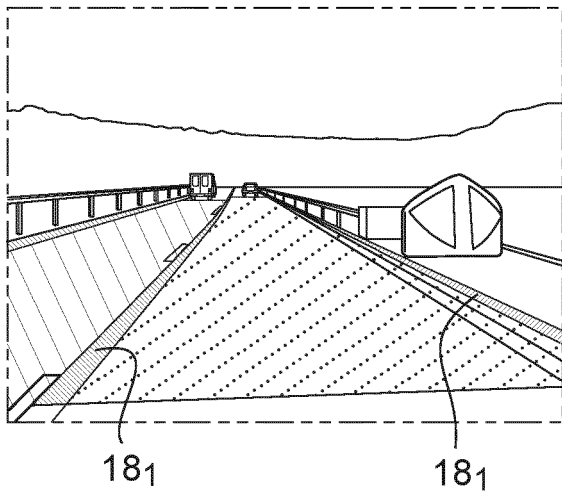


Fig.1B

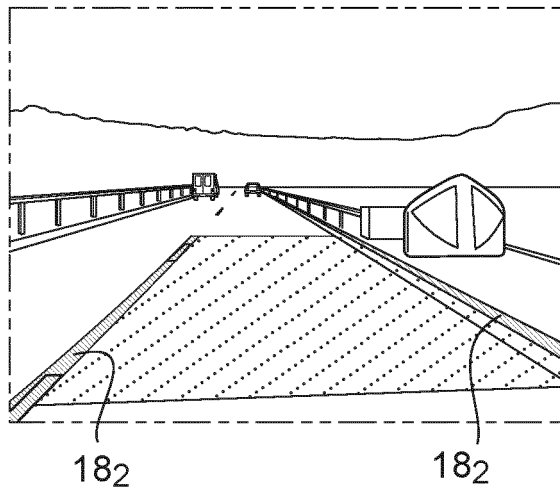


Fig.1C

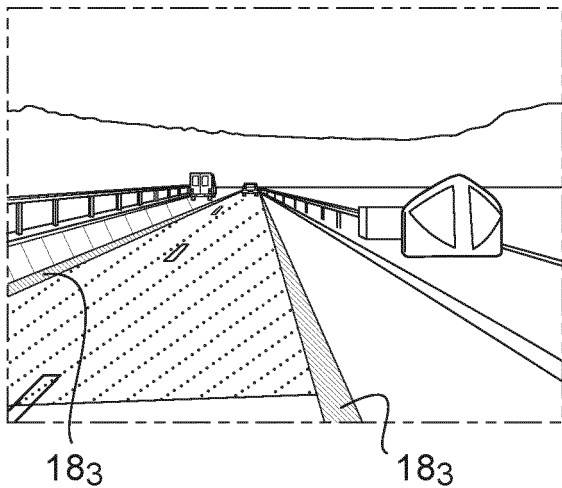
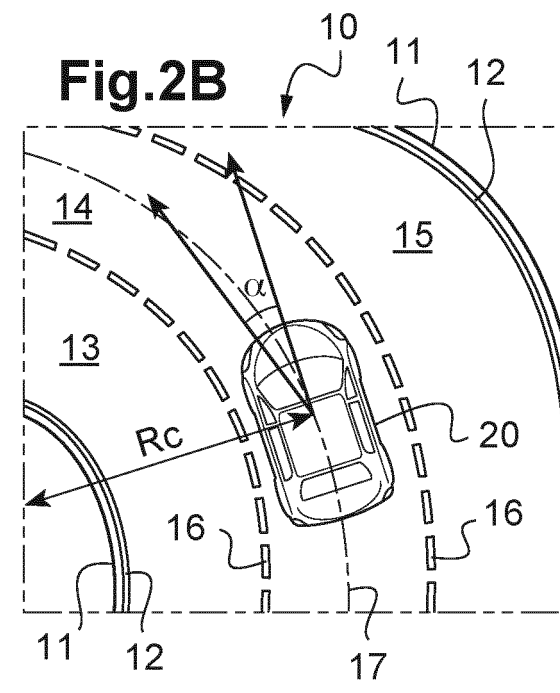
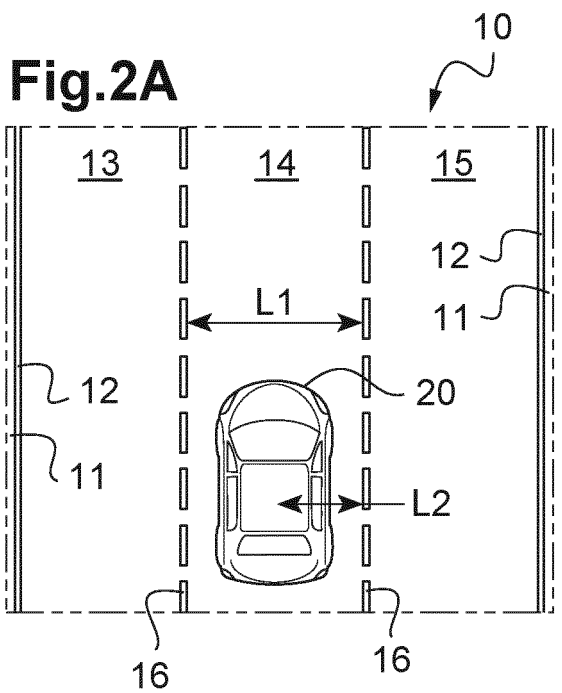
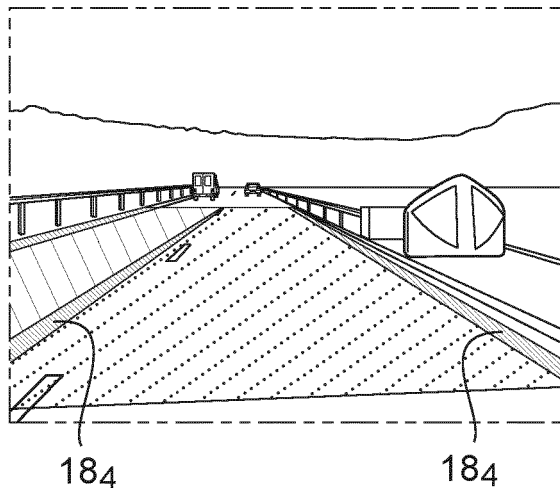


Fig.1D



2/2

Fig.3

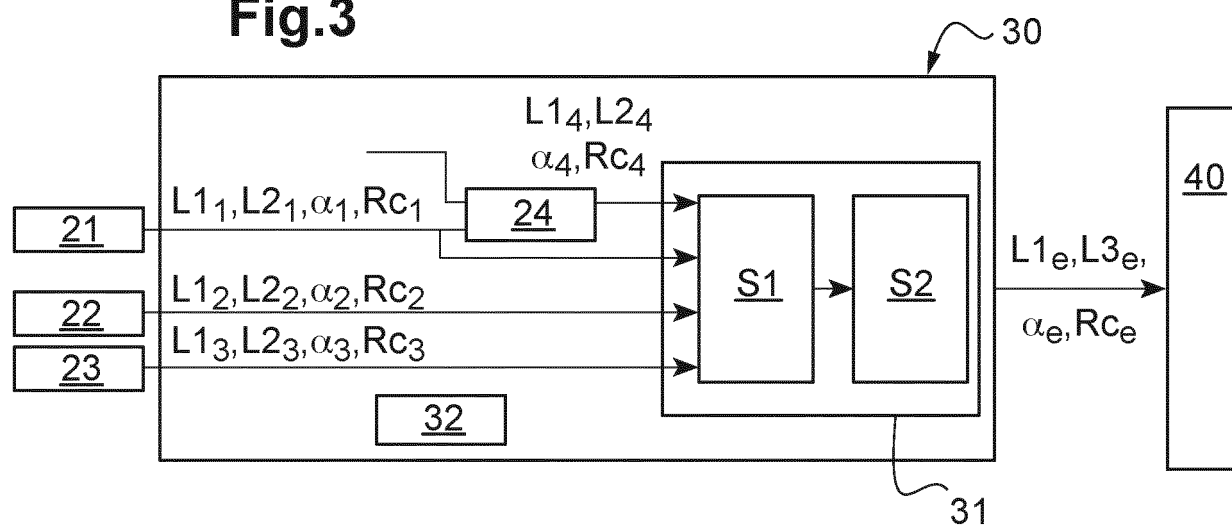


Fig.4

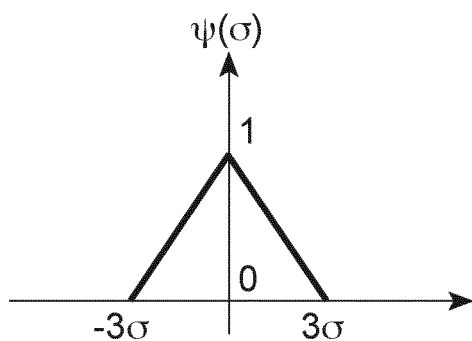
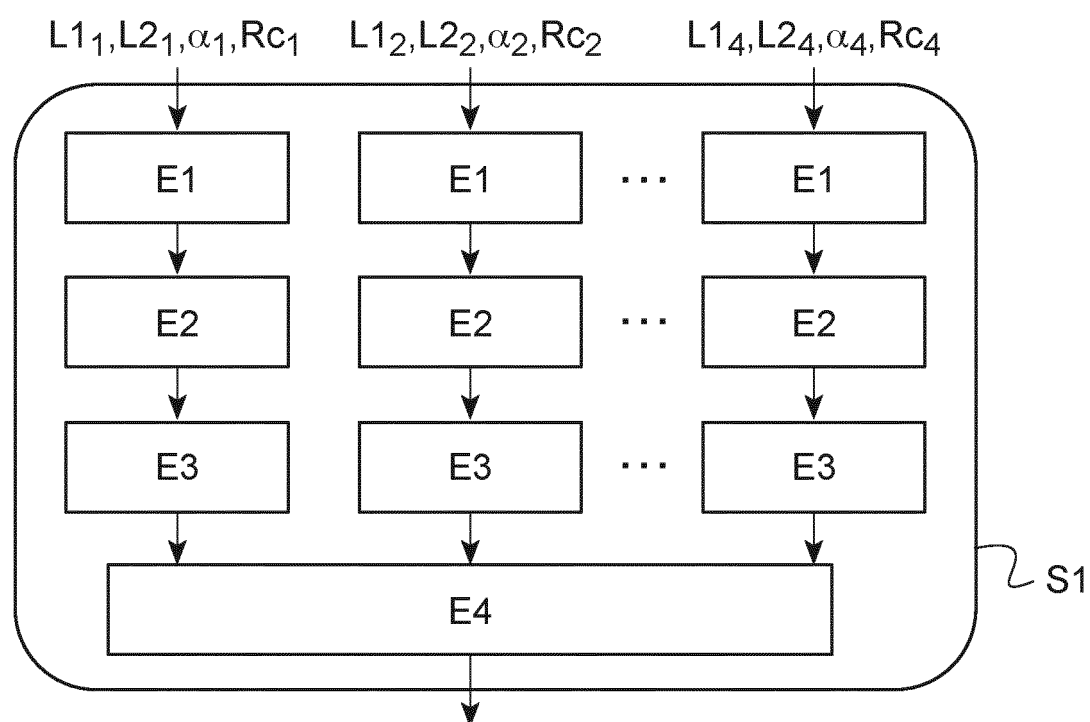


Fig.5A

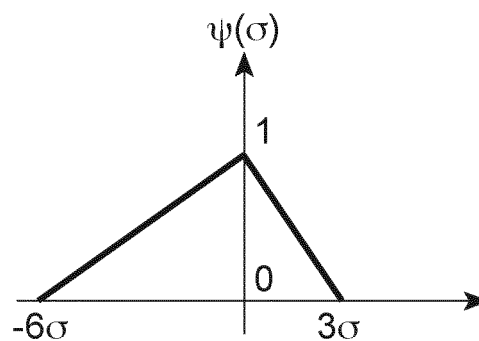


Fig.5B


**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement
nationalétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFA 835665
FR 1750395

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	APOSTOLOFF N ET AL: "Vision In and Out of vehicles: Integrated Driver and Road Scene Monitoring", INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS RESEARCH, SAGE SCIENCE PRESS, THOUSAND OAKS, US, vol. 23, no. 5, 1 mai 2004 (2004-05-01), pages 513-538, XP002515329, ISSN: 0278-3649, DOI: 10.1177/0278364904042206 * sect.2-4; figures 4,6 *	1-13	B60W40/02 G06F17/10
A	XIAOXIANG LIU ET AL: "Multisensor joint tracking and identification using particle filter and Dempster-Shafer fusion", INFORMATION FUSION (FUSION), 2012 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 9 juillet 2012 (2012-07-09), pages 902-909, XP032228514, ISBN: 978-1-4673-0417-7 * sect.I, II, IV *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	Bethany G Foley: "A Dempster-Shafer Method for Multi-Sensor Fusion THESIS AIR FORCE INSTITUTE OF TECHNOLOGY", Air Force Institute of Technology, 1 mars 2012 (2012-03-01), XP055412212, Extrait de l'Internet: URL:http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u 2/a557749.pdf [extrait le 2017-10-03] * Pages 1, 14, 68; pages 1, 14, 6 *	1-13	G06K G06T G05D B62D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 octobre 2017		Darolti, Cristina	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 835665
FR 1750395

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		
A	J.C. MCCALL ET AL: "Video-Based Lane Estimation and Tracking for Driver Assistance: Survey, System, and Evaluation", IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, vol. 7, no. 1, 1 mars 2006 (2006-03-01), pages 20-37, XP055020721, ISSN: 1524-9050, DOI: 10.1109/TITS.2006.869595 * sect.IV.A; figures 2, 6 *	1-13	
A	Christopher K. Eveland: "Particle Filtering with Evidential Reasoning" In: "Network and Parallel Computing", 1 janvier 2002 (2002-01-01), Springer International Publishing, Cham 032548, XP055412182, ISSN: 0302-9743 ISBN: 978-3-642-17571-8 vol. 2238, pages 305-316, DOI: 10.1007/3-540-45993-6_17, * Pages 305-310 *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	Panagiotis Lytrivis ET AL: "Sensor Data Fusion in Automotive Applications", Sensor and Data Fusion, 1 janvier 2009 (2009-01-01), pages 123-138, XP055413565, Extrait de l'Internet: URL:http://alvarestech.com/temp/RoboAseaIR B6S2-Fiat/www.fit.hcmup.edu.vn/~hungnv/tea ching/Robotics/Sensor_Data_Fusion.pdf [extrait le 2017-10-09] * sect.4.6. *	1,2,5,6, 8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 octobre 2017		Darolti, Cristina	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 835665
FR 1750395

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		
A	ALBERT S HUANG ET AL: "Finding multiple lanes in urban road networks with vision and lidar", AUTONOMOUS ROBOTS, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, B0, vol. 26, no. 2-3, 24 mars 2009 (2009-03-24), pages 103-122, XP019670021, ISSN: 1573-7527 * sect.2.1.5; figure 2 * -----	7,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		10 octobre 2017	Darolti, Cristina
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			