

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/194890 A1

(43) Date de la publication internationale
16 novembre 2017 (16.11.2017)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :
G06K 9/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/051143

(22) Date de dépôt international :
11 mai 2017 (11.05.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1654322 13 mai 2016 (13.05.2016) FR

(71) Déposant : INSTITUT VEDECOM [FR/FR] ; 77 rue des
Chantiers, 78000 VERSAILLES (FR).

(72) Inventeurs : REVILLOU, Marc ; 20 rue des Filmins,
92330 Sceaux (FR). RAHAL, Mohamed Cherif ; 64 Rue
Salvador Allende, 92000 Nanterre (FR). GRUYER, Domi-
nique ; 7 résidence de la petite Mauldre, appt 175, 78650
Beynes (FR).

(74) Mandataire : MENES, Catherine ; Peugeot Citroen Au-
tomobiles SA, Propriété Industrielle, 18 rue des Fauvelles,
92250 La Garenne Colombes (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,
PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17(iv))

Publiée:

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

(54) Title: IMAGE PROCESSING METHOD FOR RECOGNISING GROUND MARKING AND SYSTEM FOR DETECTING GROUND MARKING

(54) Titre : PROCÉDÉ DE TRAITEMENT D'IMAGE POUR LA RECONNAISSANCE DE MARQUAGE AU SOL ET SYSTÈME POUR LA DÉTECTION DU MARQUAGE AU SOL

$$\min_{f \in B} \sum_{i=1}^n w_i (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_{x_1}^{x_n} (f''(x))^2 dx$$

(57) Abstract: - The present invention relates to an image processing method for recognising ground marking, comprising a step of receiving at least one image of the ground at the front and/or at the rear of the vehicle, characterised in that it comprises a step of calculating a digital image corresponding to a confidence map consisting of assigning, to each pixel of the acquired image, a value corresponding to the degree of confidence that said pixel belongs to an area of marking, then performing a marking detection step by minimising the function f of the following equation: - F is the regression function - x± corresponding to the x coordinate of the ith pixel crossed by the agent - y± corresponding to the y coordinate of the ith pixel crossed by the agent - w± corresponding to the grey value V± of the ith pixel crossed by the agent - B designates a function space, and - λ designates the smoothing parameter which is a function of the type of road.

(57) Abrégé : - La présente invention concerne un procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol comportant une étape de réception d'au moins une image du sol à l'avant et/ou à l'arrière d'un véhicule caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul d'une image numérique correspondant à une carte de confiance consistant à affecter à chaque pixel de l'image acquise une valeur correspondant au degré de confiance de l'appartenance de ce pixel à une zone de marquage, puis à procéder à une étape de détection de marquage par minimisation de la fonction f de l'équation suivante : - F est la fonction de régression - x± correspondant à la coordonnée selon x du ième pixel traversé par l'agent - y± correspondant à la coordonnée selon y du ième pixel traversé par l'agent - w± correspondant à la valeur de gris V± du ième pixel traversé par l'agent - B désigne un espace fonctionnel - λ désigne le paramètre de lissage qui est fonction du type de route.



WO 2017/194890 A1

**Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance
de marquage au sol et système pour la détection du
marquage au sol**

5 La présente invention revendique la priorité de la
demande française 1654322 déposée le 13 mai 2016 dont le
contenu (texte, dessins et revendications) est ici incorporé
par référence.

Domaine de l'invention

10

La présente invention concerne le domaine de la
reconnaissance du marquage au sol, notamment de marquage
routier ou de marquage sur des aires de stationnement de
véhicules.

15

On entend par « marquage » une ligne au sol de
couleur différente de la chaussée (une route ou une aire de
circulation ou de stationnement), et qui délimite un côté d'une
voie de circulation. La ligne au sol peut être continue ou
interrompue. On entend également par « marquage » le bord de la
20 chaussée, c'est-à-dire la frontière entre la surface destinée à
la circulation, par exemple en bitume, et le bas-côté.

20

Un procédé de détection de marquages routiers est
généralement utilisé pour assister le conducteur d'un véhicule
25 automobile, par exemple en émettant un signal sonore et/ou
lumineux quand le véhicule s'écarte d'une voie de circulation.
Il est également envisagé d'utiliser ce type de procédé pour le
contrôle automatique d'un véhicule automobile, par exemple en
contrôlant automatiquement la vitesse et/ou la direction du
30 véhicule en fonction de marquages routiers détectés.

30

Les applications concernent également la fourniture
d'informations à des systèmes d'aide à la conduite (Advanced
Driver Assistance Systems -ADAS) assistant le conducteur à
maintenir son véhicule dans sa voie de circulation à partir
35 d'une estimation temps réel des paramètres des bords de voie,
la conception de véhicule sans pilote, analyse du patrimoine
routier pour évaluer la qualité et l'éventuelle dégradation des
marquages existants, la constitution de bases de données géo-
référencées avancées, les limiteurs de vitesse adaptatifs,...

35

Les difficultés techniques pour le suivi et la reconnaissance de lignes de marquages routiers résultent des conditions d'acquisition des images embarquées, subissant les ombres projetées, les éblouissements, les occultations par des obstacles, etc.

Le document Ieng, Tarel et Charbonnier, « Estimation robuste pour la détection et le suivi par caméra », Traitement du signal vol. 21 n. 3, p. 205-226, 2004 décrit un procédé de détection d'un marquage routier dans une image. Dans ce procédé, on estime les paramètres d'une courbe représentative du marquage routier. Cette estimation est basée sur un ensemble de points extraits de l'image comme étant susceptibles de correspondre à une portion de marquage routier, et sur une fonction de bruit qui modélise la correspondance statistique entre les points extraits et le marquage routier.

On a constaté cependant que les procédés de détection de marquages routiers connus offraient une fiabilité limitée. En particulier, en raison par exemple de l'état de la route, de l'éclairage, de la visibilité, de la présence d'éléments parasites, de l'absence de marquage routier ou de la présence de deux marquages routiers à proximité l'un de l'autre, les procédés de détection de marquages routiers connus peuvent fournir des résultats peu précis ou faux. De plus, les procédés de détection de marquages routiers ne sont d'aucune utilité dans le cas d'une route non marquée.

De façon générale, les procédés de reconnaissance du marquage au sol fonctionnent en deux étapes :

En premier lieu, on extrait les primitives de marquages routiers à partir d'informations caméras.

En second lieu, on analyse spatialement les primitives via des méthodes mathématiques (régression polynomiale, RANSAC, transformée de Hough) pour en extraire les voies de circulation. Ce modèle fut utilisé pour le développement de l'algorithme de détection multivoies du LIVIC.

Etat de la technique

On connaît dans l'état de la technique le brevet européen EP 1221643 décrivant un dispositif et procédé pour la reconnaissance des lignes de marquage routières. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- 5 - acquisition d'images de la route vers l'avant de véhicule;
- établissement d'une fenêtre de détection de voie de circulation sur les données d'images ;
- détection d'une marque de voie de circulation qui
10 passe au travers de la fenêtre de détection sur la base d'une information de luminance sur chaque point à l'intérieur de la fenêtre de détection de voie de circulation considérée;
- établissement d'une pluralité d'autres fenêtres de détection de voie de circulation;
- 15 - détection d'une intensité de bord à l'intérieur de chaque fenêtre de détection de bruit;
- modification d'une valeur de poids de chacune des fenêtres de détection de voie de circulation conformément à l'intensité de bord dans celle considérée des fenêtres de
20 détection de bruit; et
- calcul d'un profil de route en utilisant l'une quelconque des marques de circulation qui sont détectées et la valeur de poids modifiée.

On connaît aussi dans l'état de la technique
25 l'article suivant : AHARON BAR HILLEL ET AL: "Recent progress in road and lane detection: a survey", MACHINE VISION AND APPLICATIONS, vol. 25, no. 3, 1 April 2014 (2014-04-01), pages 727 - 745, XP055113665, ISSN: 0932-8092, DOI: 10.1007/s00138-011-0404-2.

30 Ce document décrit une solution pour la détection de lignes de marquage routier, principalement les lignes rectilignes, mettant en œuvre différentes alternatives, dont l'une, décrite page 738 propose l'utilisation de fonctions polynomiales de splines cubiques.

35 On connaît encore l'article BROGGI et al. 'an agent based evolutionary approach to path detection for off-road vehicle guidance », XP027922645, qui concerne un problème toutefois distinct, celui du guidage d'un véhicule tout terrain par rapport aux bords de la chaussée.

Inconvénients de l'art antérieur

Les solutions de l'art antérieur ne sont pas
5 totalement satisfaisantes. En particulier, elles sont mal
adaptées à la reconnaissance des topologies de changement de
rayon de courbure avec une accélération angulaire progressive
que l'on rencontre par exemple pour les marquages de voies de
sorties d'une voie principale. Ces zones de raccordement
10 continu entre droite et cercle, avec accélération angulaire
progressive, dite clothoïde sont mal reconnues par les
solutions de l'art antérieur parce que les traitements sont
basés sur des modèles géométriques adaptés à la reconnaissance
de lignes droites ou à courbure constante. Si l'on augmente
15 l'ordre polynomiale, le bruit augmente conduit à des pertes de
reconnaissance.

Les solutions décrites dans le document AHARRON et
al. mettant en œuvre des fonctions de régressions de type
spline cubique ne sont pas satisfaisantes car elles sont très
20 sensibles à la présence de points aberrants. Le manque de
robustesse de tels traitements est de ce fait incompatible avec
des applications de guidage d'un véhicule autonome.

25

Solution apportée par l'invention

Afin de remédier à ces inconvénients, l'invention
concerne un procédé de traitement d'image pour la
30 reconnaissance de marquage au sol selon la revendication
principale ainsi que des variantes objet des revendications
dépendantes.

Description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention

35

La présente invention sera mieux comprise à la
lecture de la description détaillée d'un exemple non limitatif
de l'invention qui suit, se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue schématique de l'architecture matérielle de l'invention

- la figure 2 représente une vue schématique de l'architecture fonctionnelle de l'invention

5 - la figure 3 représente un exemple de logigramme d'un module de détection de marquage

- la figure 4 représente un exemple de logigramme d'une simulation par agent de détection de marquage.

10 Architecture matérielle

La figure 1 représente une vue schématique de l'architecture matérielle d'un système de reconnaissance de marquage au sol selon un exemple de réalisation, installé dans
15 un véhicule automobile.

Le système comprend dans l'exemple décrit trois caméras (1 à 3), dont deux sont disposées à l'avant du véhicule, à droite et à gauche, et l'une est en position central à l'arrière du véhicule. L'angle de vue de chacune des
20 caméras (1 à 3) est plat, c'est-à-dire présente un champ plus large que haut.

Un commutateur réseau Ethernet (« switch » en anglais) (4) reçoit les signaux des caméras (1 à 3) et les transmet à un ordinateur (5). Ce ordinateur (5) assure le
25 traitement et la détection des marquages.

Un deuxième ordinateur (6) reçoit les informations relatives au marquage sous forme de splines et applique un algorithme de planification afin de guider le véhicule.

Les caméras (1 à 3) sont alimentées par une source
30 d'alimentation (7). Alternativement, les caméras (1 à 3) peuvent être alimentées directement par le câble réseau, par une technologie « Power Ethernet ».

La position et l'orientation de chacune des caméras (1 à 3) par rapport au référentiel lié à l'essieu arrière du
35 véhicule sont connues par un processus de calibration des caméras au moment du montage des caméras sur le véhicule.

Pour chacune des caméras (1 à 3), on détermine des paramètres intrinsèques correspondant directement au couple de modèle de caméra et d'objectif, et des paramètres extrinsèques

correspondant à la position et l'orientation par rapport à l'essieu arrière.

Le calculateur (5) reçoit également des signaux de services fournis par un capteur de position angulaire de la colonne de direction, et par un capteur détectant la vitesse de rotation des roues arrière. Ces informations sont transmises par le réseau CAN du véhicule via un circuit d'interfaçage (8).

Ces informations permettent de recalculer périodiquement la position des marquages détectés aux itérations précédentes, pour les mettre en correspondance avec la détection faite à l'itération courante.

Un lidar (9) constitué par un laser mobile assurant un balayage en direction de l'avant du véhicule pour détecter tout élément au dessus du plan de la route, et filtrer l'espace image pour éviter le traitement des zones au sol occultées par un obstacle ou un véhicule.

Architecture fonctionnelle

Les images acquises par les caméras (1 à 3) font l'objet d'un traitement d'images par un module (11) recevant également les informations provenant d'un module de masquage (12) traitant les informations transmises par le lidar (9).

Le module (11) calcule une carte de confiance sous la forme d'une image en niveau de gris, augmentant la luminosité des zones susceptibles de correspondre à un masquage ou réduisant la luminosité des pixels pour les zones dont la probabilité de correspondre à un marquage routier est faible.

En d'autre terme, chaque pixel de cette image présente un niveau représentatif de la probabilité d'appartenance à un marquage routier.

Opérateur de détecteur de marquage

Le calcul de cette carte de confiance est réalisé par des opérateurs de détection de marquages routiers

Les opérateurs de détection de marquages routiers ont pour objectif de créer une carte de confiance, utilisée ensuite par les agents traqueurs de marquages.

Opérateur de convolution

Le premier opérateur est basé sur une convolution entre le voisinage horizontale d'un pixel donné et d'un modèle parfait de marquage. La fonction f caractérisée par l'ensemble des pixels d'une ligne est convoluée avec la courbe g correspondant à une fonction porte. Cet opérateur est fonction de l , la largeur estimée du marquage routier qui correspondra à la largeur de la fonction porte. Cette convolution est définie comme suit :

$$l(y) = \frac{1}{S} \sum_{m=-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} (g(m) - f(m)) \cdot \begin{cases} \alpha, & g(m) = 0, \\ \frac{1-\alpha}{2}, & g(m) \neq 0, \end{cases}$$

10 avec

- Y correspondant à l'absices du pixel traité dans une ligne de l'image
- m correspondant à une variable de l'intégrale
- $l(y)$ correspondant au niveau de gris représentatif du degré de confiance du pixel
- α correspondant au ratio haut/bas de g
- S correspondant à un paramètre prédéterminé correspondant à une largeur nominale de marquage routier projeté dans l'espace image et centré autour de y

20

avec $g(m)$ définit comme suit :

$$g(m) = \begin{cases} 0, & m < -l \text{ or } m > 2l, \\ 255, & m \geq -l \text{ and } m \leq 2l. \end{cases}$$

Ce traitement réalisé par le module (11) permet donc de calculer la valeur de chaque pixel d'une image correspondant à une carte de confiance distinguant les zones présentant une forte probabilité d'appartenance à un marquage routier.

Ce traitement réalisé par le module (11) est inhibé dans les zones de l'image correspondant à une information de masquage fournit par le module de masquage (12).

35

A partir de cette image calculée par le module (11), un module de détection (13) applique un traitement par une méthode multi-agents détectant les splines correspondant aux marquages routiers.

5

Détermination du champ de perception d'un agent

Le modèle de perception d'un agent est basé sur un champ de perception triangulaire. Le champ de perception est défini par un sommet (point correspondant à la position de l'agent) et une base présentant une largeur $2.S$ (où S précédemment défini correspond à la largeur nominal d'un marquage projeté dans l'espace image), une profondeur L fonction de la distance à l'égo-véhicule (distance de la zone traitée par l'agent par rapport à un point de référence du véhicule). Ce triangle définit un vecteur V_{agent} correspondant à la direction de l'agent, correspondant à l'axe perpendiculaire à la base passant par le sommet.

Ce champ triangulaire est ensuite projeté dans l'espace image pour définir l'ensemble des pixels de l'image de confiance qui seront traités par l'agent.

Détermination du modèle de déplacement d'un agent

Le modèle de déplacement est déterminé par le calcul du barycentre du champ triangulaire précédemment défini, pondéré par la valeur des pixels de ce champ (éventuellement un seuillage bas est appliqué, pour éliminer des pixels de valeur trop faible).

Ce barycentre pondéré détermine un point cible visé par l'agent. On calcule l'angle entre le vecteur V_{agent} et le vecteur $V_{\text{déplacement}}$ défini par le sommet du triangle et les coordonnées du barycentre.

Si l'ensemble des points contenus dans le champ de perception de l'agent est inférieur à la valeur seuil, le calcul du barycentre n'est pas possible.

Dans ce cas, la cible peut être déterminée à partir des informations provenant d'un ou plusieurs agents voisins. Cette situation se produit par exemple lorsque l'agent se

propage entre deux tirets, et qu'un agent voisin se propage dans un marquage continu. Dans ce cas, l'évolution de la direction d'évolution du premier agent est identique à celle du second agent.

5 Dans le cas où un agent ne peut pas calculer un barycentre, et ne dispose d'aucun agent voisin pouvant calculer un barycentre, l'angle de déplacement est inchangé, l'agent continuant à se déplacer dans la direction précédemment fixée.

10 L'agent est ensuite déplacé dans la direction correspond à cet angle, limité à une valeur prédéterminée. Cette valeur prédéterminée est fonction du type de route et du maximum de courbure envisagé pour la détection. Cette valeur peut être variable, en fonction d'une hypothèse sur la nature
15 de la voie sur laquelle circule le véhicule (valeur réduite si la voie est une autoroute, valeur plus importante si la voie est une route départementale).

La longueur de déplacement est constante, et correspond à la distance entre deux pixels.

20

Comportement de l'agent

L'agent alterne les étapes de perception et les étapes de déplacement, de manière itérative, jusqu'à ce qu'à la
25 ligne correspondant à l'horizon dans l'espace image.

A chaque point de passage de l'agent, on enregistre la valeur du pixel correspondant, et la position de l'agent sous forme d'un couple $[V_x, P_x]$ avec x variant entre le point de départ et le point d'arrivé de l'agent.

30

Sélection des agents

L'étape suivante consiste à sélectionner les agents dont le déplacement correspond à un marquage.

35 Pour cela, un ratio R_{route} est enregistré, pour chacun des types de marquage que l'on souhaite détecter. Par exemple, pour un marquage continu, le ratio est de 1.

Pour un marquage discontinu, le ratio est compris entre 0 et 1, en fonction de la modulation du marquage.

L'agent est conservé si :

- Si le ratio $R_{\text{agent } i}$ entre
 - o Les valeurs V_x de pixels supérieures à un seuil prédéterminé et
 - o Les valeurs V_x de pixels inférieures à un seuil prédéterminéEst inférieur au ratio R_{route} , avec une marge de tolérance prédéfinie
- Ou
- L'intensité moyenne V_x des pixels enregistrés par l'agent est supérieure à un seuil prédéterminé.

Création d'un agent

Les agents sont créés sur le bord bas, droite ou gauche de l'image, et se déplacent en direction du centre optique de l'image.

On distingue trois phases :

- la phase d'initialisation, où on envoie une pluralité de N agents séparés chacun d'une distance prédéterminée sur l'image de confiance
- une phase de réinitialisation, où on utilise les traces précédentes des agents sélectionnés, pour réinitialiser l'agent correspondant, à sa position de début de sa trace
- à chaque itération, création
 - o d'un agent à droite de l'agent le plus à droite sélectionné,
 - ou
 - o d'un agent à gauche de l'agent le plus à gauche sélectionné.

A chaque itération, on change de choix de coté.

Estimation de la forme du marquage routier

L'estimation de la forme du marquage routier, ou de la spline cubique du marquage est réalisée par un traitement consistant à calculer, à partir de tous les pixels traversés par l'agent, une spline cubique caractérisant le marquage.

La formule du spline cubique est calculée par minimisation de la fonction f de l'équation suivante :

$$\min_{f \in B} \sum_{i=1}^n w_i (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_{x_1}^{x_n} (f''(x))^2 dx$$

Où :

- x_i correspondant à la coordonnée selon x du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent

5 - y_i correspondant à la coordonnée selon y du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent

- w_i correspondant à la valeur de gris V_i du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent

- B désigne un espace fonctionnel,

10 - λ désigne un paramètre de lissage compris entre 0 et 0,15 et qui est fonction du type de route.

Le paramètre λ sera nul ou proche de zéro sur des routes essentiellement droites, par exemple une autoroute, et
15 proche de 0,1, pour les routes présentant des courbures fréquentes, par exemple des routes de montagne.

L'ajustement du paramètre λ peut être réalisé manuellement ou à partir de données provenant d'un système
20 externe, par exemple un équipement de géolocalisation (GPS).

Le résultat de ce traitement fournit la spline de lissage correspondant au marquage routier.

Présentation d'une variante de réalisation

25

La figure 3 représente un autre exemple de logigramme d'une solution de reconnaissance de marquages au sol selon l'invention, et plus précisément du module (13) de détection du marquage.

30 Le traitement s'applique sur les images de confiance calculées par le module (11).

La première étape (20) consiste à déterminer pour chaque tiret de marquage un ensemble de paramètres décrivant l'évolution maximale de leur position. Cette évolution prend en

compte l'erreur résultant du tangage du véhicule et des erreurs résultant de défauts de planéité du sol.

L'étape suivante (21) détermine s'il existait, lors de l'itération précédente, au moins un agent sélectionné, décrivant le marquage sur l'image de confiance précédente.

- S'il existait au moins un agent, l'étape suivante (22) consiste à étudier la cohérence spatiale des estimations de marquage afin de supprimer les agents non cohérents.

On ajoute ensuite à l'étape (23) un agent à droite ou à gauche de l'agent respectivement le plus à droite ou le plus à gauche de l'agent sélectionné lors de l'itération précédente.

- S'il n'existait aucun agent sélectionné, on initialise (24) une pluralité d'agents se propageant dans la direction du centre optique.

L'étape (25) consiste, pour chacun des agents, à estimer les agents voisins, avant la propagation des agents.

L'étape (26) consiste à lancer le processus de détection par agent des marquages décrit ci-après en référence à la figure 4.

L'étape (27) consiste à estimer les seuils de perception et de stabilité pour chacun des agents. Les seuils de perception sont calculés en estimant les tirets identifiés à l'aide de la trace de l'agent, et extrapolant la position et la longueur des tirets suivants.

En fonction de ces éléments, on ajuste le seuil de perception de l'agent pour la prochaine itération.

La stabilité est estimée en fonction du ratio entre le nombre de pixels dont la valeur est supérieure à une valeur seuil, et le nombre de pixels dont la valeur est inférieure à cette valeur seuil.

L'étape (28) consiste à supprimer les agents inappropriés, si la valeur de stabilité est inférieure à une valeur seuil, ou si la moyenne des valeurs des pixels de la trace est inférieure à une valeur seuil.

L'étape (29) concerne l'estimation de la vitesse moyenne du véhicule par rapport à l'axe de la route. Cette

estimation est issue du recalage temporel des traces des agents par une méthode de régression.

L'étape (30) de typage des marquages consiste à enregistrer dans une mémoire tampon les valeurs successives des premiers pixels de la trace des agents, et d'en déduire le type de marquage en les comparant à une bibliothèque de signature des différents types de marquage.

L'étape (31) consiste à réinitialiser les agents à l'intersection entre le champ de perception de la caméra (frustum de la caméra) et la spline cubique caractérisant le marquage.

L'étape (32) concerne le tri de gauche à droite des agents afin de calculer les voisins pour l'étape (25) de l'itération suivante.

L'étape (33) consiste à calculer la voie courante sur laquelle se situe le véhicule.

L'étape (34) consiste à supprimer les marquages au-delà des lignes infranchissables caractérisées lors de l'étape (30). Cette étape permet de réduire la puissance de calcul nécessaire et d'éviter un changement de voie inopiné en cas d'utilisation d'un pilote automatique.

Logigramme de la simulation multi-agent

La première étape (40) correspond à l'estimation de l'orientation de la route ; Elle est obtenue par une méthode de consensus sur la direction des agents.

L'étape (41) consiste à déterminer l'agent le plus en arrière, et à le déplacer (étape (42)) avec le modèle d'évolution précédemment défini.

L'étape (43) consiste à vérifier si l'agent a atteint la ligne d'horizon.

- s'il n'a pas atteint la ligne d'horizon, on reitère le processus à partir de l'étape (40)
- sinon, s'il a atteint la ligne d'horizon, on vérifie s'il respecte des seuils de stabilité comme décrit précédemment et si la moyenne de pixels sur la trace est conforme à la comparaison précédemment décrite.

On procède ensuite à une étape (44) de vérification. Si le résultat est négatif, on réinitialise l'agent au démarrage et on procède à une étape (45) de réitération du processus à partir de l'étape (40) en supprimant les moyens de coopération avec les agents voisins. L'agent est alors marqué avec un drapeau de réinitialisation. Un agent déjà réinitialisé ne peut pas être réinitialisé une seconde fois.

On procède ensuite (étape 46) à l'enregistrement des pixels de la trace de l'agent et on procède (étape 47) à l'estimation du déplacement du marquage entre l'itération courante et l'itération précédente, afin de permettre le traitement de l'étape (29) d'estimation de la vitesse moyenne par consensus.

L'étape (48) réalise une estimation, par comparaison de la trace de l'agent de l'itération précédente et de l'itération courante, d'une éventuelle situation de décrochage de l'agent. Le décrochage est défini comme une perte d'information (tiret de marquage) entre l'itération précédente et l'itération courante.

En cas de décrochage détecté lors de l'étape (on procède à une étape (49) de réitération du processus à partir de l'étape (40) en supprimant les moyens de coopération avec les agents voisins. L'agent est réinitialisé au début de la zone de décrochage détectée, et de réitération du processus à partir de l'étape (40)

Si tous les agents ont atteint la ligne d'horizon, le processus prend fin (étape (50)).

Revendications

1 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol comportant une étape de réception d'au moins une image du sol à l'avant et/ou à l'arrière d'un véhicule caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul d'une image numérique correspondant à une carte de confiance consistant à affecter à chaque pixel de l'image acquise une valeur correspondant au degré de confiance de l'appartenance de ce pixel à une zone de marquage, puis à procéder à une étape de détection de marquage par minimisation de la fonction f de l'équation suivante :

$$\min_{f \in B} \sum_{i=1}^n w_i (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_{x_1}^{x_n} (f''(x))^2 dx$$

Où :

- F est la fonction de régression
- x_i correspondant à la coordonnée selon x du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent
- y_i correspondant à la coordonnée selon y du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent
- w_i correspondant à la valeur de gris V_i du $i^{\text{ème}}$ pixel traversé par l'agent
- B désigne un espace fonctionnel
- λ désigne le paramètre de lissage qui est fonction du type de route.

2 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte des étapes d'ajustement du paramètre λ à partir de données provenant d'un système de géolocalisation.

3 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de réception d'au moins une image du sol à l'avant et/ou à l'arrière d'un véhicule caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de

masquage partielle de l'image acquise par les informations provenant d'un module de détection des éléments situés dans le champs des caméras au-dessus du niveau du sol.

- 5 4 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
- recevoir au moins une image du sol à l'avant et/ou à l'arrière d'un véhicule
- 10 - procéder à un prétraitement de l'image consistant à affecter à chaque pixel de ladite image un indicateur numérique représentatif de l'appartenance dudit pixel à un marquage
- initialiser un processus multi-agent consistant
- 15 à :
- propager une pluralité d'agents en partant des pixels de bords de l'image [un pixel] vers le centre optique de ladite image, chacun des agents étant associé à un champ de perception de N pixels voisins,
- 20 - à commander le déplacement de chacun desdits agents dans ledit champ de perception, dans la direction du barycentre dudit champs de perception pondéré par ledit indicateur numérique d'appartenance des pixels du champ
- à itérer pour chacun des agents cette étape
- 25 jusqu'aux bords de la bande de l'image contenant au moins un marquage
- à enregistrer pour chacun desdits agents les coordonnées des pixels parcourus ainsi que la valeur de l'indicateur numérique d'appartenance associé
- 30 - à sélectionner l'agent dont les valeurs numériques enregistrées sont maximales
- à enregistrer la séquence d'enregistrements de cet agent
- puis, après cette étape d'initialisation, pour
- 35 chaque nouvelle image,
- à ré-estimer la position de départ de chacun des agents en fonction de l'intersection entre l'estimation de marquage obtenue lors de l'itération précédente, et le bord de l'image

- à ré-initialiser les agents sélectionnés lors de l'étape précédente à ladite position de départ

puis :

5 - à propager l'ensemble desdits agents sélectionnés en partant desdites positions de départ

- à commander le déplacement de chacun desdits agents dans ledit champ de perception, dans la direction du barycentre dudit champs de perception pondéré par ledit

10 - à itérer pour chacun des agents cette étape jusqu'aux bords de la bande de l'image contenant au moins un marquage

- à enregistrer pour chacun desdits agents les coordonnées des pixels parcourus ainsi que la valeur de l'indicateur numérique d'appartenance associé

- à sélectionner l'agent dont les valeurs numériques enregistrées sont maximales

- à enregistrer la séquence d'enregistrements de cet agent pour la nouvelle image.

20

5 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de traitement consistant, pour chacun desdites enregistrements, à

25 appliquer un lissage par une méthode de spline cubique pondéré par la valeur dudit indicateur numérique d'appartenance.

6 - Procédé de traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'échange

30 d'information entre moyens de détection de marquage.

7 - Système pour la détection du marquage au sol comportant au moins une caméra (1 à 3) et un calculateur (5),

35 caractérisé en ce que ledit calculateur (5) exécute un programme commandant traitement d'image pour la reconnaissance de marquage au sol comportant une étape de réception d'au moins une image du sol à l'avant et/ou à l'arrière d'un véhicule caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul d'une

image numérique correspondant à une carte de confiance consistant à affecter à chaque pixel de l'image acquise une valeur correspondant au degré de confiance de l'appartenance de ce pixel à une zone de marquage, puis à procéder à une étape de
5 détection de marquage pour calculer une spline.

8 - Système pour la détection du marquage au sol selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comporte en outre un lidar (7) constitué par un laser mobile
10 assurant un balayage en direction de l'avant du véhicule pour détecter tout élément au-dessus du plan de la route, et filtrer l'espace image pour éviter le traitement des zones au sol occultées par un obstacle ou un véhicule.

15

Fig. 1

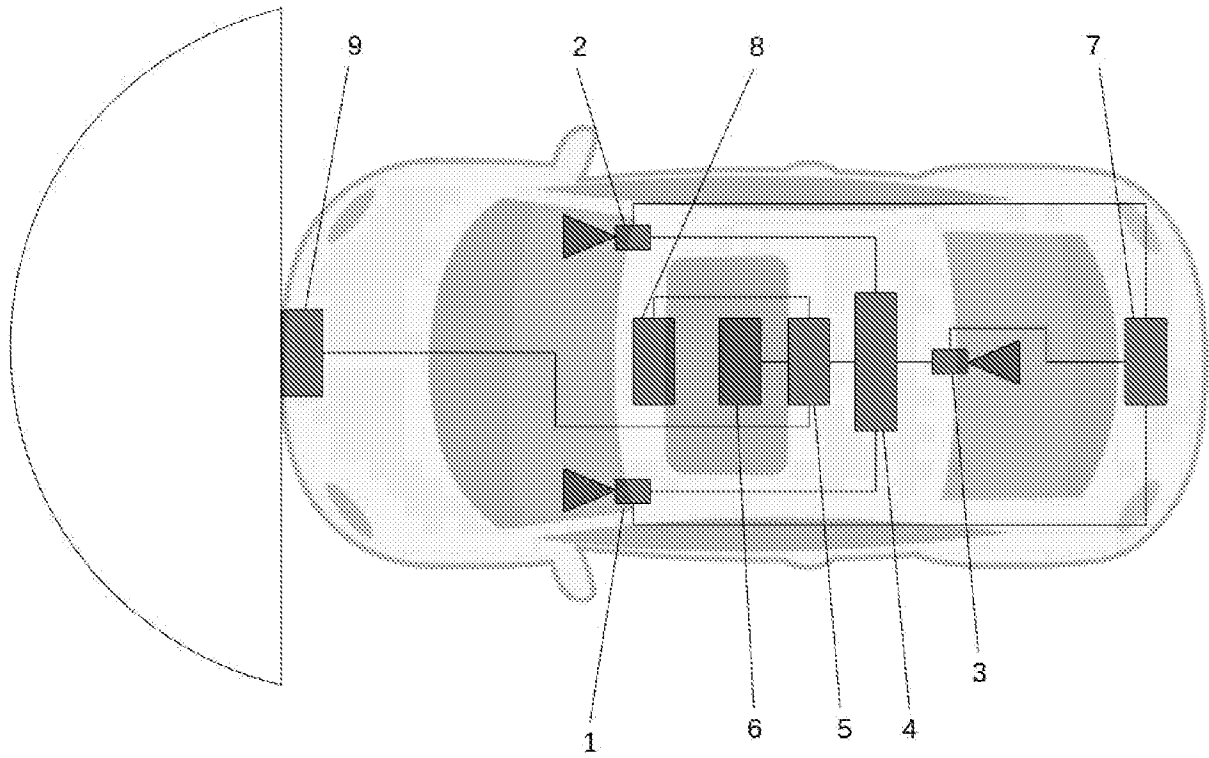


Fig. 2

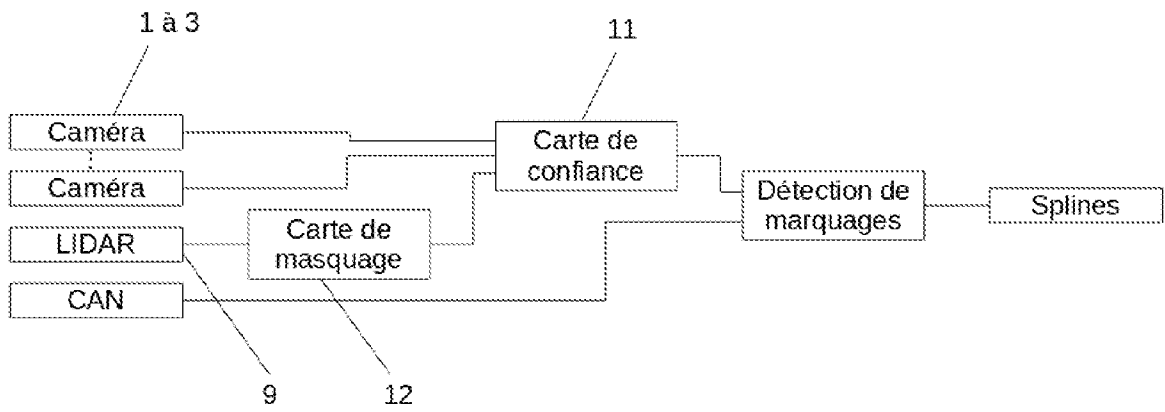


Fig. 3

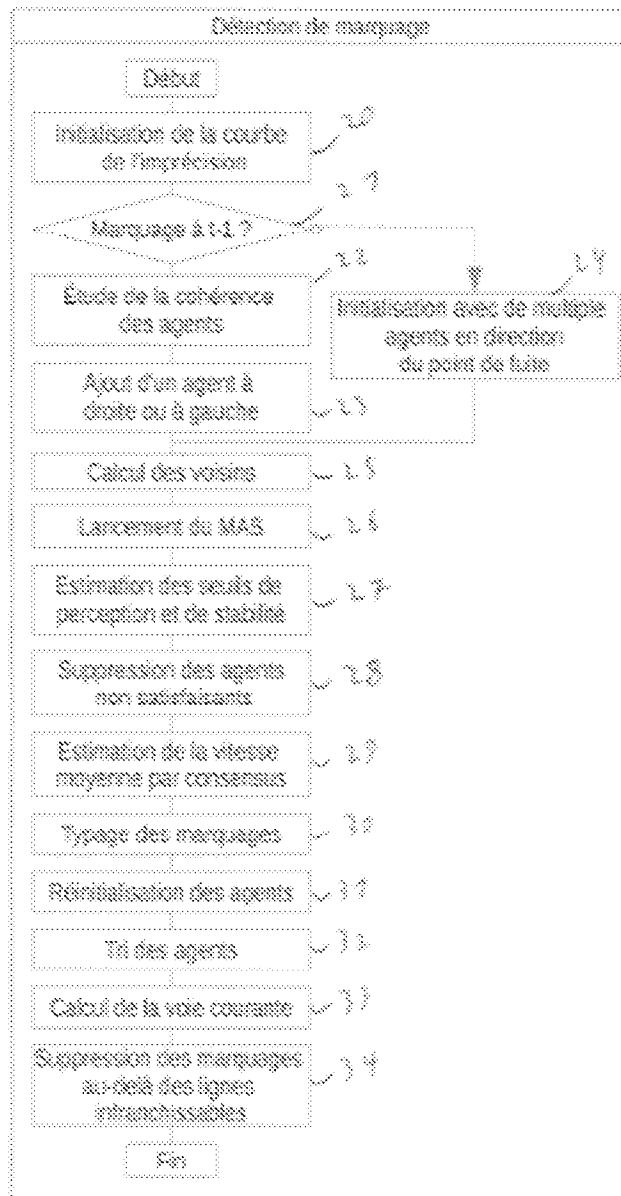
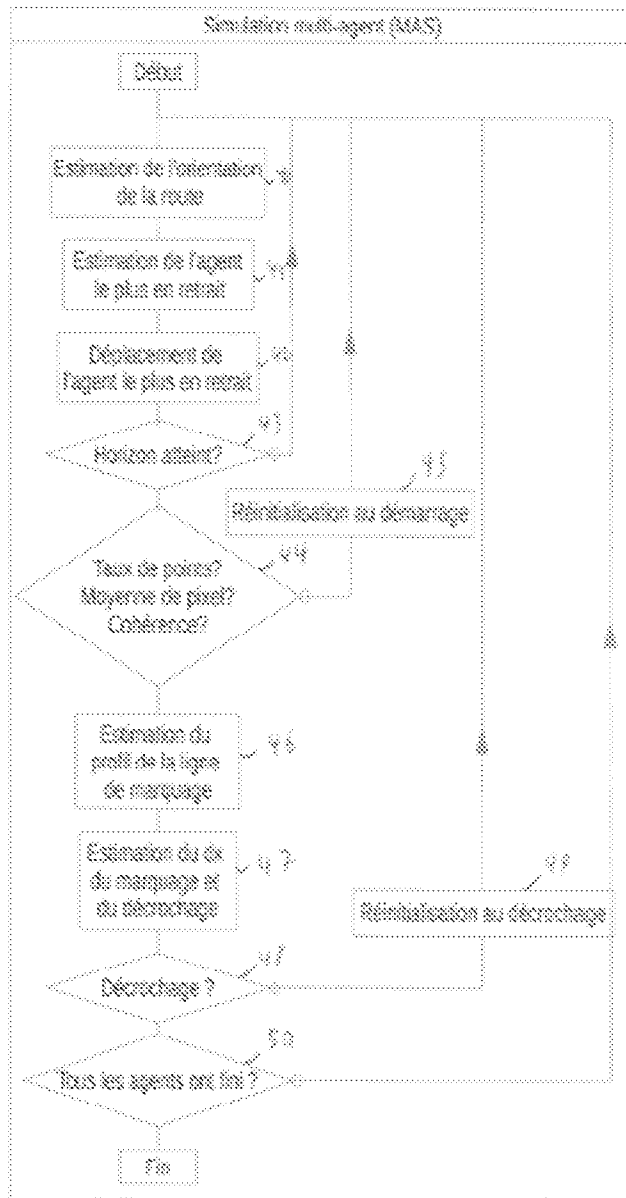


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/051143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06K9/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06K
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Jérôme Perrin, Marc Revilloud: "Délégation de conduite & véhicules autonomes", 20 December 2013 (2013-12-20), XP055342610, Retrieved from the Internet: URL:http://www.vedecom.fr/images/lettres/1 etre_vedecom_6_decembre_2013.pdf [retrieved on 2017-02-06]	7,8
A	page 8, section "Architecture de perception coopérative pour une détection et un suivi multivoies" ----- -/--	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 June 2017	Date of mailing of the international search report 11/07/2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Angelopoulou, Maria
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/051143

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	AHARON BAR HILLEL ET AL: "Recent progress in road and lane detection: a survey", MACHINE VISION AND APPLICATIONS, vol. 25, no. 3, 1 April 2014 (2014-04-01), pages 727-745, XP055113665, ISSN: 0932-8092, DOI: 10.1007/s00138-011-0404-2 section 4.3 section "LIDAR"; page 731	1-8
A	----- BROGGI A ET AL: "An agent based evolutionary approach to path detection for off-road vehicle guidance", PATTERN RECOGNITION LETTERS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 27, no. 11, 1 August 2006 (2006-08-01), pages 1164-1173, XP027922645, ISSN: 0167-8655 [retrieved on 2006-08-01] sections 2-4 figures 7-9	1-8
X,P	----- REVILLOUD M ET AL: "A new multi-agent approach for lane detection and tracking", 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA), IEEE, 16 May 2016 (2016-05-16), pages 3147-3153, XP032908552, DOI: 10.1109/ICRA.2016.7487482 [retrieved on 2016-06-08] abstract section III - section IV section VI -----	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/051143

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06K9/00 ADD.				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G06K				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	Jérôme Perrin, Marc Revilloud: "Délégation de conduite & véhicules autonomes", 20 décembre 2013 (2013-12-20), XP055342610, Extrait de l'Internet: URL: http://www.vedecom.fr/images/lettres/1etre_vedecom_6_decembre_2013.pdf [extrait le 2017-02-06]	7,8		
A	page 8, section "Architecture de perception coopérative pour une détection et un suivi multivoies" ----- -/--	1-6		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents				
<input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe				
* Catégories spéciales de documents cités:				
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </td> </tr> </table>			<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 23 juin 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 11/07/2017		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Angelopoulou, Maria		

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	AHARON BAR HILLEL ET AL: "Recent progress in road and lane detection: a survey", MACHINE VISION AND APPLICATIONS, vol. 25, no. 3, 1 avril 2014 (2014-04-01), pages 727-745, XP055113665, ISSN: 0932-8092, DOI: 10.1007/s00138-011-0404-2 section 4.3 section "LIDAR"; page 731	1-8
A	----- BROGGI A ET AL: "An agent based evolutionary approach to path detection for off-road vehicle guidance", PATTERN RECOGNITION LETTERS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 27, no. 11, 1 août 2006 (2006-08-01), pages 1164-1173, XP027922645, ISSN: 0167-8655 [extrait le 2006-08-01] sections 2-4 figures 7-9	1-8
X,P	----- REVILLOUD M ET AL: "A new multi-agent approach for lane detection and tracking", 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA), IEEE, 16 mai 2016 (2016-05-16), pages 3147-3153, XP032908552, DOI: 10.1109/ICRA.2016.7487482 [extrait le 2016-06-08] abrégé section III - section IV section VI	1-6
