

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 106 423

21 N° d'enregistrement national : 20 00561

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 06 F 17/10 (2019.12), G 06 F 15/00, G 01 S 17/88

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 21.01.20.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.07.21 Bulletin 21/29.

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) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE GmbH  
— DE.

72 Inventeur(s) : BOURDEU Alexandre, LUGEZ Boris et  
CARON Thibault.

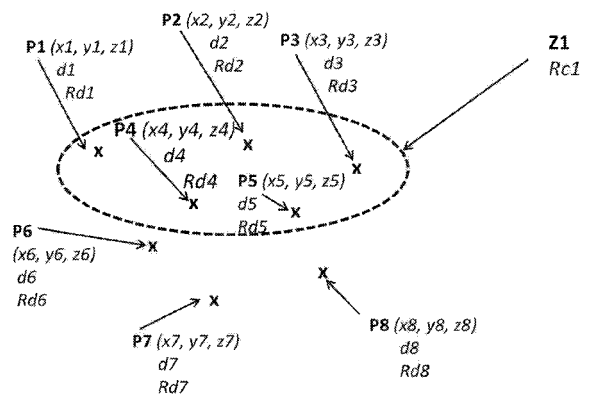
73 Titulaire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE GmbH.

74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE.

54 Procédé d'exploitation de données fournies par un lidar et calculateur associé.

57 Procédé d'exploitation de données fournies par un lidar comprenant :- l'obtention, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, de données représentatives d'une intensité diffuse et d'une distance entre le point de mesure et le lidar, - la détermination d'un angle d'incidence du lidar sur chaque point de mesure, - le calcul, pour chaque point de mesure, de la réflectivité à partir de l'angle d'incidence, la distance et de l'intensité diffuse, - l'identification de points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune pour former des zones de réflectivité commune (Z1), - la définition d'une fonction de coût pour au moins une zone de réflectivité commune (Z1), la fonction de coût comprenant une pluralité de termes relatifs à un point de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) et comprenant une première intensité diffuse obtenue à l'aide des données représentatives de l'intensité diffuse et une seconde intensité diffuse déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune, de l'angle et de la distance (dk) du point de mesure considéré, - la minimisation de la fonction de coût pour actualiser au moins l'un de l'angle ( $\theta_k$ ), la distance (dk) et la réflectivité (Rdk) au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) appartenant à une zone de réflectivité commune (Z1).

Figure de l'abrégé : Figure 2



FR 3 106 423 - A1



## Description

### Titre de l'invention : Procédé d'exploitation de données fournies par un lidar et calculateur associé

#### Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine des lidars et plus particulièrement l'exploitation des mesures de distance et d'intensité réfléchie par une surface fournies par un lidar (acronyme de « Light Detection And Ranging » ou « Laser Detection And Ranging » en anglais).

#### Technique antérieure

[0002] Les lidars permettent de mesurer le temps de parcours d'une impulsion lumineuse entre son émission et sa réception sur un capteur du lidar après réflexion sur une surface et par conséquent de déterminer la distance entre le lidar et le point de la surface concernée. Les lidars permettent aussi de mesurer l'intensité réfléchie par un point de la surface considérée par le biais d'un capteur dédié. A partir de ces mesures de distance, il est possible de déterminer la réflectivité de la surface concernée et l'angle entre le point de la surface considérée et le rayon de l'impulsion lumineuse.

[0003] De manière connue, l'intensité réfléchie  $I_r$  se compose d'une intensité ambiante  $I_a$ , d'une intensité diffuse  $I_d$  et d'une intensité spéculaire  $I_s$  tel que décrit dans le document « Evaluations of lidar reflectance amplitude sensitivity towards land cover conditions », H. HASEGAWA, Bulletin of the Geographical Survey Institute, Vol. 53, pp. 43-50, March 2006.

[0004] On constate que l'intensité spéculaire est négligeable lorsque l'angle d'incidence diffère de la normale à la surface, ce qui est généralement le cas. Ainsi, connaissant la valeur de l'intensité lumineuse ambiante  $I_a$ , il est possible de calculer la valeur de l'intensité diffusée  $I_d$  selon l'équation suivante :

[Math.1]

$$I_d = I_r - I_a.$$

[0005] On notera que l'intensité lumineuse ambiante  $I_a$  est constante pour l'ensemble des points de mesure alors que l'intensité diffuse  $I_d$  est de la forme :

[Math.2]

$$I_d = \frac{Rd \cos \theta}{d^2}$$

[0006] avec  $Rd$  le coefficient de diffusion, propre au matériau constituant la surface sur laquelle est réfléchi l'impulsion lumineuse, appelé par la suite réflectivité dans le reste de la présente divulgation,  $\theta$  l'angle d'incidence du faisceau lumineux émis par le lidar sur le point de la surface considéré,  $d$  la distance entre le lidar et le point de la surface

considéré.

- [0007] Il est donc possible de déterminer l'intensité ambiante  $I_a$  comme étant la composante continue de l'intensité réfléchie  $I_r$  mesurée par le capteur et donc de déterminer l'intensité diffuse  $I_d$ .
- [0008] Puis, connaissant l'angle d'incidence  $\theta$  et la distance  $d$ , il est possible de déterminer le coefficient de diffusion  $R_d$ , aussi appelé réflectivité, propre au matériau de la surface considérée.
- [0009] On notera que l'angle d'incidence  $\theta$  peut être déterminé de manière connue de l'homme du métier en calculant la normale à la surface au point de mesure considéré et en connaissant l'angle du faisceau émis par le lidar. L'orientation de la normale à la surface définie autour du point de mesure considéré est obtenue par exemple à l'aide des coordonnées tridimensionnelles  $(x, y, z)$  de trois points de mesure définissant une surface adjacente au point de mesure considéré. On notera que les coordonnées tridimensionnelles  $(x, y, z)$  des points de mesure sont déterminées à l'aide de la distance  $d$  entre le point de mesure considéré et le lidar et de l'angle du faisceau réfléchi par le point de mesure et reçu par le lidar.
- [0010] La distance  $d$  est déterminée par le lidar à partir de la mesure du temps de vol comme explicité précédemment.
- [0011] La réflectivité permet de discriminer ou d'identifier différentes surfaces car la réflectivité est propre à la matière constituant une surface. Les données concernant la distance et l'angle entre le lidar et le point de la surface considérés permettent de reconstituer la surface illuminée par le lidar.
- [0012] Dans d'autres applications, notamment dans le domaine automobile, les données concernant la réflectivité sont utilisées pour identifier ou discriminer différentes surfaces, lorsque ces surfaces sont constituées de matériaux différents. La distance associée à une surface trouve différentes applications notamment pour le suivi de véhicules ou le freinage d'urgence notamment.
- [0013] Malheureusement, les données mesurées par le lidar, à savoir l'intensité réfléchie et la distance sont entachées d'erreurs de mesures qui se répercutent sur l'estimation de l'angle et de la réflectivité et limitent la précision des différentes applications.

### **Résumé**

- [0014] La présente divulgation vise à remédier aux inconvénients précités.
- [0015] Un but de la présente invention est de pouvoir déterminer la distance et/ou l'angle fournis par le lidar avec une meilleure précision.
- [0016] Un but de la présente invention est de déterminer la réflectivité avec une meilleure précision.
- [0017] Il est proposé un calculateur configuré pour :
- obtenir, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, des données repré-

sentatives d'une intensité diffuse au niveau d'un point de mesure et d'une distance entre le point de mesure et le lidar,

- déterminer la direction normale à la surface tangente à chaque point de mesure et en déduire un angle d'incidence du lidar sur chaque point de mesure,
- calculer, pour chaque point de mesure, la réflectivité à partir de l'angle d'incidence, la distance et l'intensité diffuse.

[0018] Le calculateur est en outre configuré pour :

- identifier des points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune pour former des zones de réflectivité commune,
- définir une fonction de coût pour au moins une zone de réflectivité commune, la fonction de coût comprenant une pluralité de termes, chaque terme étant relatif à un point de mesure et comprenant une première intensité diffuse obtenue à l'aide des données représentatives de l'intensité diffuse et une seconde intensité diffuse déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune, de l'angle et de la distance du point de mesure considéré,
- minimiser la fonction de coût en mettant en œuvre un algorithme d'optimisation non-linéaire itératif pour actualiser au moins l'un de l'angle, la distance et la réflectivité au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure appartenant à une zone de réflectivité commune.

[0019] Selon un autre aspect, il est proposé un véhicule automobile pourvu d'un lidar et d'un calculateur tel que décrit précédemment.

[0020] Selon un autre aspect, il est proposé un procédé d'exploitation de données fournies par un lidar le procédé étant mis en œuvre par un calculateur et comprenant les étapes suivantes :

- obtention, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, des données représentatives d'une intensité diffuse au niveau d'un point de mesure et d'une distance entre le point de mesure et le lidar,
- détermination de la direction normale à la surface tangente à chaque point de mesure et déduction d'un angle d'incidence du lidar sur chaque point de mesure,
- calcul, pour chaque point de mesure, de la réflectivité à partir de l'angle d'incidence, la distance et de l'intensité diffuse,
- identification de points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune pour former des zones de réflectivité commune,
- définition d'une fonction de coût pour au moins une zone de réflectivité commune, la fonction de coût comprenant une pluralité de termes, chaque terme étant relatif à un point de mesure et comprenant une première intensité diffuse obtenue à l'aide des

données représentatives de l'intensité diffuse et une seconde intensité diffuse déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune, de l'angle et de la distance du point de mesure considéré,

- minimisation de la fonction de coût en mettant en œuvre un algorithme d'optimisation non-linéaire itératif pour actualiser au moins l'un de l'angle, la distance et la réflectivité au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure appartenant à une zone de réflectivité commune.

[0021] Selon un autre aspect, il est proposé un programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre de tout ou partie d'un procédé tel que défini dans les présentes lorsque ce programme est exécuté par un ordinateur.

[0022] Selon un autre aspect, il est proposé un support d'enregistrement non transitoire, lisible par un ordinateur, sur lequel est enregistré un tel programme.

[0023] Les caractéristiques exposées dans les paragraphes suivants peuvent, optionnellement, être mises en œuvre. Elles peuvent être mises en œuvre indépendamment les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

[0024] - les points de mesure appartenant à des zones de réflectivité commune ont en outre des angles d'incidence compris dans une plage de valeurs autorisées ;

[0025] - l'intensité diffuse, l'angle et la distance sont reliés par une fonction de calcul de l'intensité diffuse et la seconde intensité diffuse est déterminée à l'aide de ladite fonction ;

[0026] - la fonction de calcul de l'intensité diffuse s'écrit sous la forme :

[Math.2]

$$Id = \frac{Rd \cos \theta}{d^2}$$

[0027] dans lequel Id est l'intensité diffuse, Rd la réflectivité,  $\theta$  l'angle d'incidence et d la distance ;

[0028] - la fonction de coût correspond à la somme des différents termes relatifs à un point de mesure ;

[0029] - la fonction de coût fc s'écrit, pour une zone de réflectivité commune Rc considérée :

[Math.3]

$$fc = \sum_{k=1}^N \left| Id_k - \frac{Rc \cos \theta_k}{d_k^2} \right|$$

[0030] avec  $Id_k$  l'intensité diffuse,  $d_k$  la distance et  $\theta_k$  l'angle d'incidence pour un point de mesure considéré d'indice k appartenant à la zone de réflectivité commune considérée, et

N correspond au nombre de points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune considérée.

[0031] De manière avantageuse, l'identification d'une zone de réflectivité commune permet d'utiliser cette valeur de réflectivité commune pour définir la fonction de coût. L'optimisation permet de déterminer au moins l'un des paramètres choisis parmi l'angle d'incidence, la réflectivité et la distance pour chacun des points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune. L'utilisation de la valeur de la réflectivité commune dans la fonction de coût permet d'utiliser une unique valeur et donc de retirer des incertitudes de mesure.

[0032] On notera que selon les applications visées, un ou plusieurs de ces paramètres peuvent être actualisés afin d'améliorer leur précision.

### **Brève description des dessins**

[0033] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

[fig.1] La figure 1 illustre différentes étapes d'un procédé d'exploitation des données fournies par un lidar selon un mode de réalisation.

[fig.2] La figure 2 illustre schématiquement une zone de réflectivité commune.

[fig.3] La figure 3 illustre un exemple de mise en œuvre du procédé d'exploitation des données fournies par un lidar selon un mode de réalisation.

### **Description des modes de réalisation**

[0034] Les dessins et la description ci-après contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à mieux faire comprendre la présente divulgation, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

[0035] La figure 1 illustre différentes étapes d'un procédé d'exploitation de données fournies par un lidar mis en œuvre par un ordinateur, selon un mode de réalisation.

[0036] Le procédé comporte une étape S10 d'obtention, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, de données représentatives d'une intensité diffuse  $I_d$  au niveau d'un point de mesure et d'une distance  $d$  entre le point de mesure et le lidar.

[0037] Comme décrit précédemment dans la partie introductive, le lidar mesure l'intensité réfléchie  $I_r$  par un point de mesure se trouvant sur une surface réfléchissante et le temps de parcours d'une impulsion lumineuse réfléchie au niveau du point de mesure. A partir de ces données de mesure, le calculateur du lidar est capable de déterminer la distance  $d$  entre chaque point de mesure et le lidar ainsi que l'intensité ambiante  $I_a$  et l'intensité diffuse  $I_d$  par soustraction de l'intensité ambiante  $I_a$  à l'intensité réfléchie  $I_r$ . Il est également capable de déterminer les coordonnées tridimensionnelles de chaque point de mesure à partir de la distance  $d$  entre chaque point de mesure et le lidar et de la valeur de l'angle du faisceau réfléchi par le point de mesure et reçu par le lidar.

[0038] Selon le type de traitement de données réalisées par le lidar, les données représentatives d'une intensité diffuse  $I_d$  obtenues par le calculateur peuvent correspondre

soit à l'intensité diffuse  $I_d$ , soit à l'intensité réfléchie  $I_r$  et éventuellement à l'intensité ambiante  $I_a$ . De même, les données représentatives de la distance peuvent correspondre directement à la distance  $d$  déterminée par le lidar, au temps de parcours mesuré ou encore aux coordonnées tridimensionnelles  $(x,y,z)$  des points de mesure déterminées par le lidar.

[0039] Dans un mode de réalisation, les données représentatives d'une intensité diffuse  $I_d$  au niveau d'un point de mesure et d'une distance  $d$  entre le point de mesure et le lidar sont reçues par le calculateur, si le calculateur mettant en œuvre le procédé est distinct du calculateur du lidar.

[0040] Dans un autre mode de réalisation, l'intégralité du procédé décrit ici est mise en œuvre par le calculateur du lidar. L'étape d'obtention S10 correspond alors à la détermination de l'intensité diffuse  $I_d$  et de la distance  $d$  entre le point de mesure considéré et le lidar.

[0041] Dans un mode de réalisation particulier, les données représentatives d'une intensité diffuse  $I_d$  et d'une distance  $d$  entre le point de mesure et le lidar sont obtenues par réception d'une image et d'une structure de données.

[0042] L'image comprend la mesure de l'intensité réfléchie  $I_r$  pour différents points de mesure et la structure de données comprend les coordonnées tridimensionnelles  $(x,y,z)$  de chaque point de mesure. La distance  $d$  entre le point de mesure de coordonnées tridimensionnelles  $(x,y,z)$  et le lidar est alors déterminé à l'aide de la formule suivante :

[Math.4]

$$d = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$$

[0043] Ensuite, lors d'une étape S20, le calculateur détermine la direction normale à la surface tangente à chaque point de mesure et en déduit l'angle d'incidence  $\theta$  du lidar sur chaque point de mesure connaissant la direction du faisceau lumineux émis par le lidar et dirigé vers le point de mesure considéré comme décrit précédemment dans la partie introductive par exemple.

[0044] Lors d'une étape S30, le calculateur calcule, pour chaque point de mesure, la réflectivité  $R_d$  à partir de l'angle d'incidence  $\theta$  déterminé lors de l'étape S20, de la distance  $d$  et de l'intensité diffuse  $I_d$ . Comme décrit précédemment, la distance  $d$  et l'intensité diffuse  $I_d$  sont, soit obtenues directement par le calculateur lors de l'étape S10, soit déterminées à partir des données obtenues lors d'une étape supplémentaire lorsque le calculateur mettant en œuvre le procédé est distinct de celui du lidar.

[0045] Selon un mode de réalisation, la réflectivité  $R_d$  est calculée à l'aide de la fonction de calcul de l'intensité diffuse suivante :

[Math.2]

$$I_d = \frac{R_d \cos \theta}{d^2}$$

[0046] Selon un autre mode de réalisation, la réflectivité  $R_d$  est calculée à l'aide de la fonction de calcul de l'intensité diffuse suivante :

[Math.5]

$$I_d = \frac{R_d \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right)}{d^2}$$

[0047] avec  $R_d$  la réflectivité du matériau constituant la surface sur laquelle est réfléchi l'impulsion lumineuse au point de mesure considéré,  $\theta$  l'angle d'incidence du faisceau lumineux émis par le lidar sur le point de la surface considéré déterminé lors de l'étape S20 et  $d$  la distance entre le lidar et le point de mesure considéré.

[0048] Lors d'une étape S40, des points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune  $R_c$  sont identifiés pour former des zones de réflectivité commune.

[0049] Un exemple de zone de réflectivité commune est illustré sur la figure 2. Sur cette figure, des points de mesure P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 ont des coordonnées  $(x_1, y_1, z_1)$ ,  $(x_2, y_2, z_2)$ ,  $(x_3, y_3, z_3)$ ,  $(x_4, y_4, z_4)$ ,  $(x_5, y_5, z_5)$ ,  $(x_6, y_6, z_6)$ ,  $(x_7, y_7, z_7)$ ,  $(x_8, y_8, z_8)$ , se trouvent à une distance  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8$  du lidar et ont une réflectivité  $R_{d1}, R_{d2}, R_{d3}, R_{d4}, R_{d5}, R_{d6}, R_{d7}, R_{d8}$ , respectivement.

[0050] Comme illustré sur la figure 2, les points de mesure P1, P2, P3, P4, P5 sont spatialement voisins en prenant en compte leurs coordonnées  $(x_1, y_1, z_1)$ ,  $(x_2, y_2, z_2)$ ,  $(x_3, y_3, z_3)$ ,  $(x_4, y_4, z_4)$ ,  $(x_5, y_5, z_5)$ . On notera que les distances  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  associées à ces points ne sont pas prises en compte, des points se situant à une même distance du lidar n'étant pas nécessairement spatialement voisins. On notera que les points P1, P2, P3, P4, P5 ont des réflectivités  $R_{d1}, R_{d2}, R_{d3}, R_{d4}$  et  $R_{d5}$  se situant dans la plage de valeurs  $R_{c1} \pm \Delta$ , par exemple,  $R_{c1}$  étant une valeur de réflectivité commune et  $\Delta$  une valeur prédéterminée. En particulier, les points P1, P2, P3, P4, P5 appartiennent donc à une zone Z1 de réflectivité commune  $R_{c1}$ .

[0051] Lors d'une étape S50, une fonction de coût est définie pour au moins une zone de réflectivité commune, par exemple, pour la zone Z1. La fonction de coût comprend une pluralité de termes  $T_k$ . Chaque terme est relatif à un point de mesure, ici P1, P2, P3, P4, P5 et comprend une première intensité diffuse  $I_{d_k}$ , ici  $I_{d1}, I_{d2}, I_{d3}, I_{d4}, I_{d5}$ , correspondant à l'intensité diffuse déterminée à partir de l'intensité réfléchi  $I_r$  mesurée par le lidar et de l'intensité ambiante  $I_a$  et une seconde intensité diffuse théorique déterminée à l'aide de la fonction de calcul de l'intensité diffuse telle que définie précédemment [Math. 2] ou [Math. 5].

[0052] En particulier, la valeur de l'intensité théorique est déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune  $R_c$ , ici  $R_{c1}$ , de l'angle  $\theta_k$  et de la distance  $d_k$  du point de mesure considéré identifié ici par l'indice  $k$ ,  $k$  appartenant à  $\{1, \dots, 5\}$  dans

l'exemple de la figure 2.

[0053] Dans un mode de réalisation,

[Math.6]

$$T_k = \left| I d_k - \frac{R c \cos \theta_k}{d_k^2} \right|$$

[0054] lorsque la fonction de calcul de l'intensité diffuse [Math. 2] est utilisée.

[0055] Ainsi, la valeur de la réflectivité prise en compte pour chacun des points de mesure ne correspond pas à la réflectivité  $Rd_k$  calculée dans l'étape S30 mais à la réflectivité commune  $Rc$  pour la zone de réflectivité commune considérée.

[0056] Dans un mode de réalisation particulier, la fonction de coût correspond à la somme des différents termes relatifs à un point de mesure  $T_k$ , ici P1, P2, P3, P4, P5.

[0057] Ainsi, la fonction de coût  $fc$  s'écrit,

[Math.7]

$$fc = \sum_{k=1}^N T_k$$

[0058] L'indice  $k$  permet d'identifier les points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune considérée et  $N$  correspond au nombre de points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune considérée.

[0059] Dans un mode de réalisation, la fonction de coût  $fc$ , lorsque la fonction [Math. 2] est utilisée, a pour forme :

[Math.3]

$$fc = \sum_{k=1}^N \left| I d_k - \frac{R c \cos \theta_k}{d_k^2} \right|$$

[0060] Dans l'exemple pris ici, pour la zone Z1,  $Rc = Rc1$  et  $N = 5$ .

[0061] Lors de l'étape S60, on minimise la fonction de coût  $fc$  en mettant en œuvre un algorithme d'optimisation non-linéaire itératif pour actualiser au moins l'un de l'angle  $\theta_k$ , la distance  $d_k$  et la réflectivité  $Rd_k$  au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure  $P_k$  appartenant à une zone de réflectivité commune, ici les points de mesure P1, P2, P3, P4, P5 ayant une réflectivité commune  $Rc1$ .

[0062] On notera que, lorsque la réflectivité  $Rd_k$  est optimisée, la valeur initiale, au début de l'optimisation, est la réflectivité commune  $Rc$  mais que, lors de l'optimisation, cette valeur est actualisée. Lorsque la réflectivité n'est pas optimisée, la valeur  $Rc$  reste inchangée.

[0063] A l'issue de l'étape S60, on obtient donc des valeurs d'angle d'incidence  $\theta_k$ , de distance  $d_k$  et/ou de réflectivité  $Rd_k$ , pour chacun des points de mesure  $P_k$  considérés, actualisées et donc plus précises.

[0064] Dans un mode de réalisation, les points de mesure appartenant à des zones de réflectivité commune ont en outre des angles d'incidence compris dans une plage de

valeurs autorisées.

- [0065] Cette plage de valeurs autorisée peut être utilisée pour contraindre les valeurs d'angle d'incidence utilisés par l'algorithme d'optimisation non-linéaire itératif. L'algorithme d'optimisation non-linéaire itératif converge ainsi plus rapidement.
- [0066] La figure 3 représente schématiquement un véhicule automobile 1 comprenant un lidar 2. Comme discuté précédemment, le lidar 2 est configuré pour émettre un faisceau lumineux comprenant une impulsion lumineuse et pour mesurer le temps de vol et donc la distance entre un point de mesure et le lidar ainsi que l'intensité réfléchie par le point de mesure par le biais d'un capteur adapté. Le lidar 2 comprend donc un calculateur 3 configuré pour traiter les données fournies par le capteur et commander le faisceau lumineux afin de déterminer la distance  $d$  et l'intensité réfléchie  $I_r$ , voire l'intensité ambiante  $I_a$  et l'intensité diffuse  $I_d$ , pour chacun des points de mesure. Le calculateur 3 est aussi configuré pour déterminer l'angle du faisceau réfléchi par le point de mesure et reçu par le lidar pour chaque point de mesure et déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points de mesure.
- [0067] Dans un mode de réalisation, le procédé décrit en référence à la figure 1 est mis en œuvre par le calculateur 3 du lidar 2. Ainsi, lors de l'étape S10, les données représentatives de l'intensité diffuse  $I_d$  au niveau du point de mesure et de la distance  $d$  entre le point de mesure et le lidar sont déterminées par le calculateur 3 et gardées en mémoire pour être utilisées lors de la mise en œuvre des étapes S20 à S60. Les coordonnées tridimensionnelles  $(x,y,z)$  de chaque point de mesure sont également déterminées par le calculateur 3 et gardées en mémoire pour être réutilisées lors de la mise en œuvre du procédé.
- [0068] Dans un autre mode de réalisation représenté en pointillés sur la figure 3, le procédé décrit en référence à la figure 1 est mis en œuvre par un calculateur 10 distinct du calculateur 3 présent dans le lidar. Dans ce cas, lors de l'étape S10, les données représentatives de l'intensité diffuse  $I_d$  au niveau du point de mesure et la distance  $d$  entre le point de mesure et le lidar déterminées par le calculateur 3 pour une pluralité de points de mesure du lidar sont transmises au calculateur 10. Dans un mode de réalisation préféré, l'intensité  $I_r$  mesurée pour chaque point de mesure par le capteur ainsi que les coordonnées tridimensionnelles des points de mesure correspondants sont alors transmis au calculateur 10.

### **Application industrielle**

- [0069] Les données fournies par les lidars sont utilisées dans de nombreuses applications, notamment dans le domaine de l'automobile et de l'imagerie aérienne. Dans le domaine automobile, ces données permettent l'identification de différents types d'objets à partir de la réflectivité et éventuellement de l'angle d'incidence, ainsi que

leur distance par des systèmes d'assistance à la conduite appelés communément ADAS (« Advanced Driver Assistance System » en anglais). Cela est particulièrement utile pour des applications telles que le freinage d'urgence, le suivi de véhicules ou encore la détection de changement de ligne par exemple.

[0070] La présente divulgation ne se limite pas aux différents modes de réalisation décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre de la protection recherchée.

## Revendications

- [Revendication 1]      Calculateur (3 ; 10) configuré pour :
- obtenir, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, des données représentatives d'une intensité diffuse ( $I_d$ ) au niveau d'un point de mesure et d'une distance ( $d$ ) entre le point de mesure et le lidar (S10),
  - déterminer la direction normale à la surface tangente à chaque point de mesure et en déduire un angle d'incidence ( $\theta$ ) du lidar sur chaque point de mesure (S20),
  - calculer, pour chaque point de mesure, la réflectivité ( $R_d$ ) à partir de l'angle d'incidence ( $\theta$ ), la distance ( $d$ ) et l'intensité diffuse ( $I_d$ ) (S30), caractérisé en ce que, le calculateur (3 ; 10) est en outre configuré pour :
  - identifier des points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune ( $R_c$ ) pour former des zones de réflectivité commune (Z1) (S40),
  - définir une fonction de coût ( $f_c$ ) pour au moins une zone de réflectivité commune (Z1), la fonction de coût ( $f_c$ ) comprenant une pluralité de termes ( $T_k$ ), chaque terme étant relatif à un point de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) et comprenant une première intensité diffuse ( $I_{d_k}$ ) obtenue à l'aide des données représentatives de l'intensité diffuse et une seconde intensité diffuse déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune ( $R_c$ ), de l'angle ( $\theta_k$ ) et de la distance ( $d_k$ ) du point de mesure considéré (S50),
  - minimiser la fonction de coût ( $f_c$ ) en mettant en œuvre un algorithme d'optimisation non-linéaire itératif pour actualiser au moins l'un de l'angle ( $\theta_k$ ), la distance ( $d_k$ ) et la réflectivité ( $R_{d_k}$ ) au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) appartenant à une zone de réflectivité commune (Z1) (S60).
- [Revendication 2]      Calculateur (3 ; 10) selon la revendication 1, dans lequel les points de mesure (P1, P2 ; P3, P4 ; P5) appartenant à des zones de réflectivité commune (Z1) ont en outre des angles d'incidence ( $\theta_k$ ) compris dans une plage de valeurs autorisées.
- [Revendication 3]      Calculateur (3 ; 10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'intensité diffuse ( $I_d$ ), l'angle ( $\theta$ ) et la distance ( $d$ ) sont reliés par une fonction de calcul de l'intensité diffuse et la seconde intensité diffuse est déterminée à l'aide de ladite fonction.
- [Revendication 4]      Calculateur (3 ; 10) selon la revendication 3, dans lequel la fonction de

calcul de l'intensité diffuse s'écrit sous la forme :

[Math.2]

$$Id = \frac{Rd \cos \theta}{d^2}$$

dans lequel Id est l'intensité diffuse, Rd la réflectivité,  $\theta$  l'angle d'incidence et d la distance.

[Revendication 5] Calculateur (3 ; 10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la fonction de coût correspond à la somme des différents termes ( $T_k$ ) relatifs à un point de mesure (P1, P2, P3, P4, P5).

[Revendication 6] Calculateur (3 ; 10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 5, dans lequel la fonction de coût  $f_c$  s'écrit, pour une zone de réflectivité commune Rc considérée :

[Math.3]

$$f_c = \sum_{k=1}^N \left| Id_k - \frac{Rc \cos \theta_k}{d_k^2} \right|$$

avec  $Id_k$  l'intensité diffuse,  $d_k$  la distance et  $\theta_k$  l'angle d'incidence pour un point de mesure considéré d'indice k appartenant à la zone de réflectivité commune considérée, et

N correspond au nombre de points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune considérée.

[Revendication 7] Véhicule (1) automobile pourvu d'un lidar (2) et d'un calculateur (3 ; 10) selon l'une des revendications précédentes.

[Revendication 8] Procédé d'exploitation de données fournies par un lidar, le procédé étant mis en œuvre par un calculateur et comprenant les étapes suivantes :

- obtention, pour une pluralité de points de mesure d'un lidar, des données représentatives d'une intensité diffuse (Id) au niveau d'un point de mesure et d'une distance (d) entre le point de mesure et le lidar (S10),
- détermination de la direction normale à la surface tangente à chaque point de mesure et déduction d'un angle d'incidence ( $\theta$ ) du lidar sur chaque point de mesure (S20),
- calcul, pour chaque point de mesure, de la réflectivité ( $R_d$ ) à partir de l'angle d'incidence ( $\theta$ ), la distance (d) et de l'intensité diffuse (Id) (S30),
- identification de points de mesure spatialement voisins ayant une réflectivité comprise dans une plage de valeurs déterminée centrée sur une valeur de réflectivité commune (Rc) pour former des zones de réflectivité commune (Z1) (S40),

- définition d'une fonction de coût (fc) pour au moins une zone de réflectivité commune (Z1), la fonction de coût (fc) comprenant une pluralité de termes (Tk), chaque terme étant relatif à un point de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) et comprenant une première intensité diffuse (Id<sub>k</sub>) obtenue à l'aide des données représentatives de l'intensité diffuse et une seconde intensité diffuse déterminée en fonction de la valeur de réflectivité commune (Rc), de l'angle (θ<sub>k</sub>) et de la distance (d<sub>k</sub>) du point de mesure considéré,

- minimisation de la fonction de coût (fc) en mettant en œuvre un algorithme d'optimisation non-linéaire itératif pour actualiser au moins l'un de l'angle (θ<sub>k</sub>), la distance (d<sub>k</sub>) et la réflectivité (Rd<sub>k</sub>) au niveau du point de mesure, pour chacun des points de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) appartenant à une zone de réflectivité commune (Z1) (S60).

[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel les points de mesure (P1, P2, P3, P4, P5) appartenant à des zones de réflectivité commune (Z1) ont en outre des angles d'incidence (θ<sub>k</sub>) compris dans une plage de valeurs autorisées.

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel l'intensité diffuse (Id), l'angle (θ) et la distance (d) sont reliés par une fonction de calcul de l'intensité diffuse et la seconde intensité diffuse est déterminée à l'aide de ladite fonction.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel la fonction de calcul de l'intensité diffuse s'écrit sous la forme :

[Math.2]

$$Id = \frac{Rd \cos \theta}{d^2}$$

dans lequel Id est l'intensité diffuse, Rd la réflectivité, θ l'angle d'incidence et d la distance.

[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, dans lequel la fonction de coût correspond à la somme des différents termes (Tk) relatifs à un point de mesure (P1, P2, P3, P4, P5).

[Revendication 13] Procédé selon la revendication 12, dans lequel la fonction de coût fc s'écrit, pour une zone de réflectivité commune Rc considérée :

[Math.3]

$$fc = \sum_{k=1}^N \left| Id_k - \frac{Rc \cos \theta_k}{d_k^2} \right|$$

avec Id<sub>k</sub> l'intensité diffuse et θ<sub>k</sub> l'angle d'incidence pour un point de mesure considéré d'indice k appartenant à la zone de réflectivité

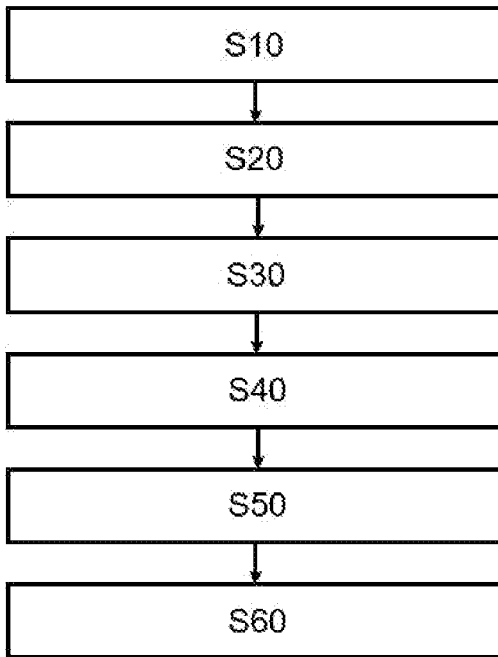
commune considérée, et

N correspond au nombre de points de mesure appartenant à la zone de réflectivité commune considérée.

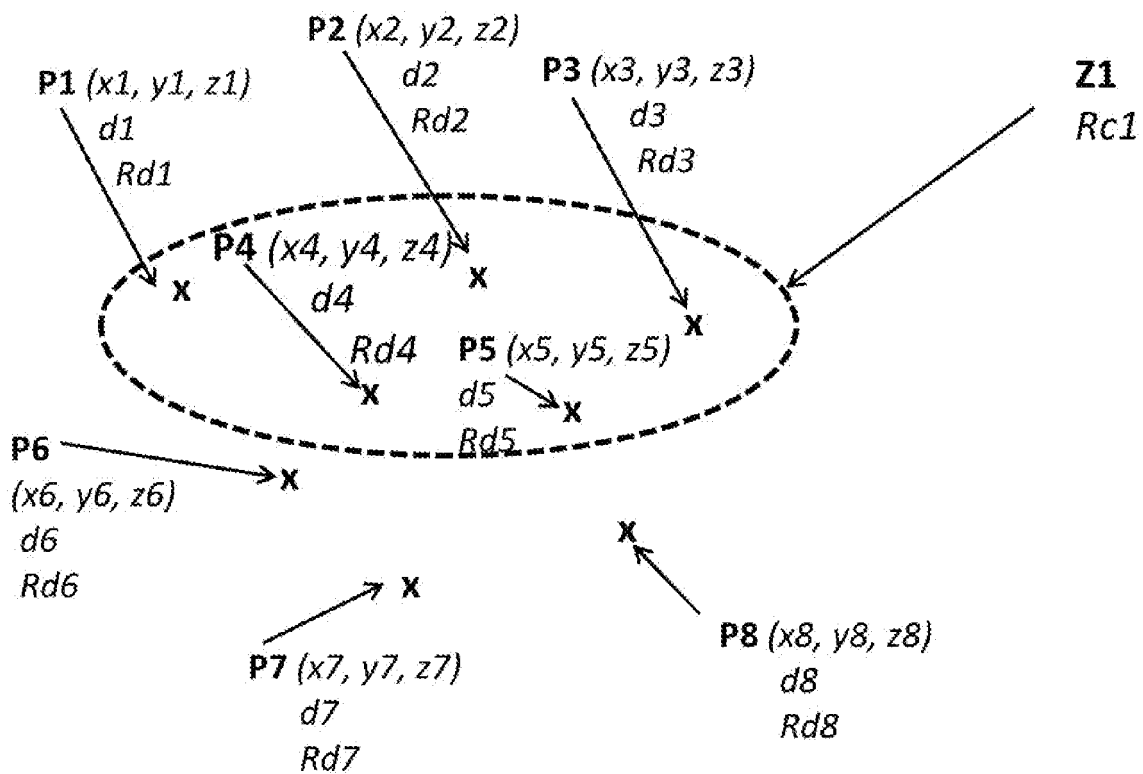
[Revendication 14] Programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 13 lorsque ce programme est exécuté par un calculateur.

[Revendication 15] Support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 14 lorsque ce programme est exécuté par un calculateur.

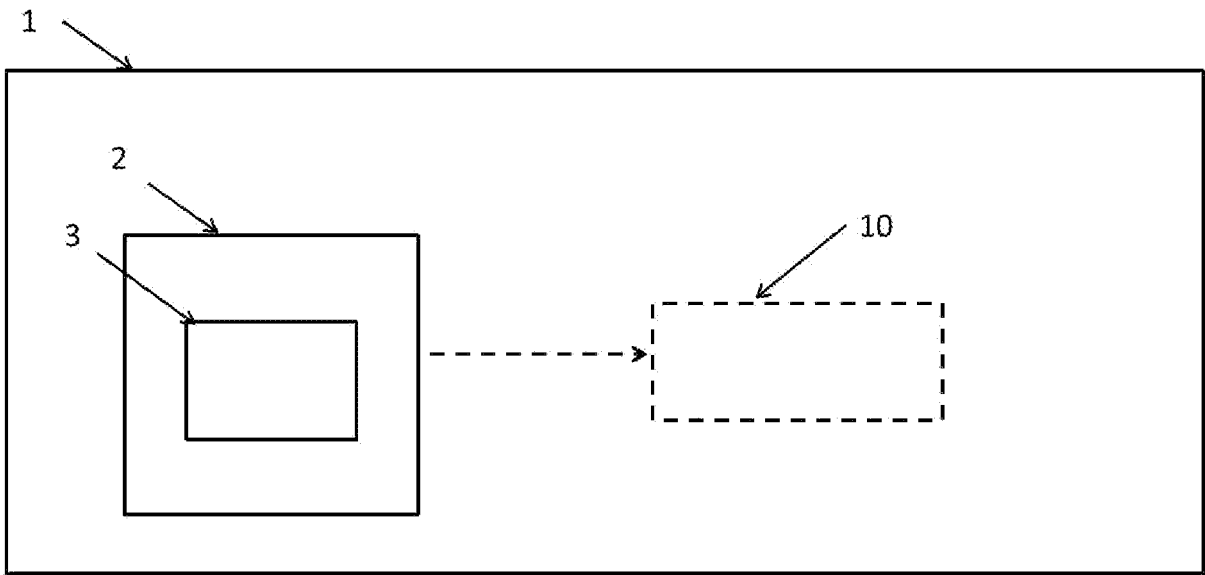
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 880588  
FR 2000561

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	ARVIND JAYARAMAN ET AL: "Creating 3D Virtual Driving Environments for Simulation-Aided Development of Autonomous Driving and Active Safety", KONFERENZBEITRAG ''IBEC 2003'' UND SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2002-01-20 48, vol. 1, 28 mars 2017 (2017-03-28), XP055518353, US ISSN: 0148-7191, DOI: 10.4271/2017-01-0107 * abrégé *	1-15	G06F17/10 G06F15/00 G01S17/88
A	US 2017/322309 A1 (GODBAZ JOHN PETER [US] ET AL) 9 novembre 2017 (2017-11-09) * abrégé; figures 1,3a,3b,6,9 *	1-15	
A	WILLIAM A P SMITH ET AL: "Specular and diffuse reflectance in microfacet models", IMAGE PROCESSING (ICIP), 2009 16TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 7 novembre 2009 (2009-11-07), pages 3781-3784, XP031629009, ISBN: 978-1-4244-5653-6 * abrégé *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2020		Mercier, Francois	
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2000561 FA 880588**

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 **01-12-2020**  
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 2017322309 A1	09-11-2017	US 2017322309 A1	09-11-2017
		US 2017322310 A1	09-11-2017
		US 2017323429 A1	09-11-2017
		WO 2017196590 A1	16-11-2017
		WO 2017196591 A1	16-11-2017
		WO 2017196690 A1	16-11-2017
-----			