

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 149 390

21 N° d'enregistrement national : 23 05420

51 Int Cl⁸ : G 01 S 17/00 (2023.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.05.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.12.24 Bulletin 24/49.

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 Autonomous Mobility Ger-
many GmbH GmbH — DE.

72 Inventeur(s) : SPORTES Harrison et LUGEZ Boris.

73 Titulaire(s) : Continental Autonomous Mobility Ger-
many GmbH GmbH.

74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE
FRANCE.

54 Procédé d'estimation des dimensions d'un objet à partir de points acquis par un capteur lidar.

57 Des exemples présentent un procédé (100) d'au
moins une dimension appartenant à une surface de ré-
flexion d'un objet comprenant :

une acquisition (110) par un lidar d'un ensemble de
points ;

une sélection (120) faisceaux lumineux d'un groupe de
points d'un même objet ;

une estimation (130), à partir des coordonnées tridimen-
sionnelles des points, des valeurs d'une première et d'une
deuxième dimensions de l'objet ;

une estimation (140), à partir des valeurs d'intensités
des points, d'une valeur de réflectivité de l'objet ; puis
pour au moins un point spécifique du groupe :

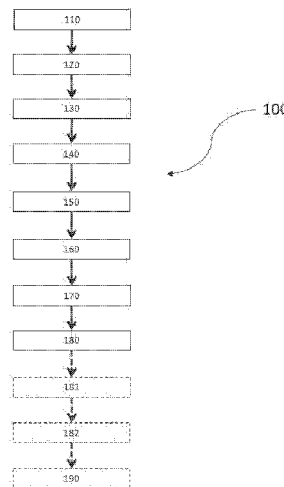
une estimation (150) d'une section d'un faisceau
lumineux ;

une estimation (160) d'une valeur d'intensité théorique
reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau ;

une détermination (170) d'une erreur d'intensité asso-
ciée au point spécifique à partir d'une différence entre l'in-
tensité théorique estimée et l'intensité mesurée ; et

une correction (180) de l'estimation de la valeur de la
première dimension à partir de l'erreur d'intensité.

Figure de l'abrégé : [Fig. 3]



FR 3 149 390 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'estimation des dimensions d'un objet à partir de points acquis par un capteur lidar

Domaine technique

[0001] La présente divulgation concerne le domaine du traitement de données acquises par un capteur lidar.

Technique antérieure

[0002] Un capteur lidar (Light Detection And Ranging en anglais) est un capteur émettant des ondes lumineuses et déterminant, à partir de la réflexion de ces ondes lumineuses, une matrice de points représentant un environnement du lidar.

[0003] Un capteur lidar peut être utilisé pour effectuer des mesures d'un objet de son environnement par l'acquisition d'un nuage de points représentant l'environnement du capteur lidar, l'objet étant alors représenté par une pluralité de points dans le nuage de points. Notamment, lorsque le capteur lidar est embarqué sur un véhicule, il peut par exemple être utilisé pour détecter des objets présents sur la route. Dans le cadre de fonctions d'aides à la conduite, en particulier de fonctions de conduite autonome, détecter et déterminer les dimensions d'un objet présent sur la route permet au véhicule de réagir en conséquence. En particulier, lorsqu'il s'agit d'un petit objet, les dimensions précises de cet objet peuvent permettre de déterminer si le véhicule peut ou non passer au-dessus de l'objet sans risquer une collision.

[0004] Toutefois, la détermination des dimensions des objets, et plus particulièrement de petits objets situés à plusieurs dizaines de mètres du véhicule, est limitée par la résolution du capteur lidar, de sorte que les objets peuvent parfois être sous ou surdimensionnés.

[0005] La présente divulgation vient améliorer cette situation.

Résumé

[0006] A cet égard, il est proposé un procédé d'estimation d'au moins une dimension appartenant à une surface de réflexion d'un objet, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif comprenant au moins un capteur lidar, un calculateur et une mémoire, la mémoire stockant un modèle de l'objet comprenant une première dimension et une deuxième dimension de la surface de réflexion de l'objet et une réflectivité de la surface de réflexion de l'objet ; le procédé comprenant :

- une acquisition par le capteur lidar d'un ensemble de points, chaque point étant associé à des coordonnées tridimensionnelles dans l'espace et à une valeur d'intensité ;
- une sélection parmi l'ensemble de points d'un groupe de points présumés ap-

- partenir à un même objet ;
- une estimation, à partir des coordonnées tridimensionnelles des points du groupe de points, des valeurs d'une première et d'une deuxième dimensions de l'objet correspondant respectivement à la première et la deuxième dimensions de la surface de réflexion du modèle de l'objet ;
- une estimation, à partir des valeurs d'intensités du groupe de points présumés appartenir à l'objet, d'une valeur de réflectivité de l'objet correspondant à la réflectivité de la surface de réflexion du modèle de l'objet ; puis

pour au moins un point spécifique du groupe de points présumés appartenir à l'objet :

- une estimation d'une section d'un faisceau lumineux spécifique dont la réflexion par la surface de réflexion de l'objet a permis l'obtention du point spécifique, à partir des dimensions estimées de la surface de réflexion de l'objet et d'une divergence du faisceau lumineux déterminée à partir d'une distance entre le point spécifique et le capteur lidar ;
- une estimation d'une valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique, à partir de la section du faisceau lumineux spécifique estimée et de la valeur de réflectivité estimée de la surface de réflexion ;
- une détermination d'une erreur d'intensité associée au point spécifique à partir d'une différence entre la valeur d'intensité théorique estimée et la valeur d'intensité mesurée associée au point spécifique suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique ; et
- une correction de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique.

[0007] Optionnellement, une correction de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique comprend une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la première dimension.

[0008] Optionnellement, le procédé comprend en outre une correction de l'estimation de la valeur de la deuxième dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique, la correction comprenant une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la deuxième dimension.

[0009] Optionnellement, le procédé comprend en outre une correction de l'estimation de la valeur de la réflectivité à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique, la correction comprenant une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en

faisant varier itérativement la valeur de la réflectivité.

- [0010] Optionnellement, la fonction de coût correspond à la somme des erreurs d'intensité des points spécifiques pour lesquelles l'erreur d'intensité a été déterminée.
- [0011] Optionnellement, la première dimension du modèle de l'objet correspond à une hauteur de la surface de réflexion de l'objet et dans laquelle la deuxième dimension du modèle de l'objet correspond à une largeur de la surface de réflexion de l'objet.
- [0012] Optionnellement, la valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique est estimée à partir d'une fonction caractérisant l'intensité reçue par le lidar suite à la réflexion d'un faisceau lumineux émis par le capteur lidar sur une surface en fonction :
- a. d'une distance entre cette surface et le capteur lidar,
 - b. d'une réflectivité de cette surface, et
 - c. d'une section du faisceau lumineux réfléchi sur cette surface.
- [0013] Optionnellement, la pluralité de points est enrichie par de nouvelles acquisitions du capteur lidar et le procédé est mis en œuvre itérativement à partir de la pluralité de points enrichie.
- [0014] Optionnellement, le procédé comprend en outre une détermination d'une trajectoire d'un véhicule embarquant le dispositif à partir de l'estimation corrigée de la valeur de la première dimension.
- [0015] La demande porte également sur un dispositif comprenant au moins un capteur lidar, un calculateur et une mémoire, le dispositif étant configuré pour mettre en œuvre l'un quelconque des procédés présentés par la présente divulgation. Notamment, le dispositif peut être embarqué sur un véhicule.
- [0016] La demande porte en outre sur un produit programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre de l'un quelconque des procédés présentés par la présente divulgation lorsque ce programme est exécuté par un processeur.
- [0017] Enfin, la demande porte sur un support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre de l'un quelconque des procédés présentés par la présente divulgation lorsque ce programme est exécuté par un processeur.
- [0018] Le procédé selon la présente divulgation permet ainsi d'estimer la longueur d'au moins un côté de la surface de réflexion d'un objet capté par le capteur lidar de manière précise et notamment de manière plus précise qu'une estimation classique basée uniquement sur les coordonnées tridimensionnelles des points présumés appartenir à l'objet, ces dimensions pouvant être sous ou sur évaluées du fait de la résolution du capteur lidar. Dans certaines options, le procédé vient estimer la longueur des deux côtés de la surface de réflexion de l'objet (largeur L et hauteur h). Ces estimations des dimensions de la surface de réflexion de l'objet peuvent notamment être

utilisées afin de déterminer une trajectoire du véhicule adaptée aux dimensions précises de l'objet, ce qui peut permettre d'éviter des situations dans lesquelles une trajectoire du véhicule déterminée sur la base de dimensions de l'objet sous-évaluées pourrait être préjudiciable pour la sécurité du véhicule et des usagers de la route.

Brève description des dessins

[0019] 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 [Fig.1] représente schématiquement un dispositif permettant la réalisation d'un procédé d'estimation d'une dimension appartenant à une surface de réflexion d'un objet.

[Fig.2] La [Fig.2] représente un exemple de capteur lidar embarqué sur un véhicule.

[Fig.3] La [Fig.3] représente un exemple de procédé d'estimation d'au moins une dimension appartenant à une surface de réflexion d'un objet.

[Fig.4] La [Fig.4] représente un exemple de section de faisceaux lumineux émis par le capteur lidar et réfléchis par la surface de réflexion d'un objet.

Description des modes de réalisation

[0020] Il est maintenant décrit en référence à la [Fig.1] un exemple de dispositif 1 permettant la réalisation d'un procédé d'estimation d'une dimension appartenant à une surface de réflexion d'un objet.

[0021] Le dispositif 1 peut être adapté pour être embarqué sur un véhicule 2.

[0022] Le dispositif 1 comprend un capteur lidar 10 (Light Detection And Ranging en anglais), un calculateur 11 et une mémoire 12.

[0023] La mémoire 12 peut stocker les instructions de code exécutées par le calculateur 11 et permettant de commander l'acquisition de données par le capteur lidar 10 ainsi que leur traitement. Le calculateur 11 a donc accès aux informations stockées en mémoire. La mémoire 12 peut également être adaptée pour stocker les données acquises par le capteur lidar 10.

[0024] La mémoire 12 peut par exemple comprendre une mémoire ROM (Read-Only Memory), une mémoire RAM (Random Access Memory), une mémoire EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) ou tout autres types de moyens de stockage adaptés. La mémoire peut par exemple comprendre des moyens de stockage optique, électronique ou encore magnétique.

[0025] Le capteur lidar 10 est adapté pour acquérir des nuages de points tridimensionnels (x, y, z) représentant l'environnement du véhicule 2 et représentant notamment l'environnement avant du véhicule. Le capteur lidar 10 peut ainsi être orienté pour émettre des faisceaux lumineux représentant l'environnement à l'avant du véhicule, c'est-à-dire selon sa direction de déplacement représenté par la flèche d sur la [Fig.2].

Le capteur lidar 10 peut par exemple être monté sur la carrosserie à l'avant du véhicule 2.

[0026] En ce qui concerne les coordonnées tridimensionnelles, la coordonnée x d'un point correspond à une coordonnée d'abscisse du point par rapport au capteur 10. La coordonnée y d'un point correspond à une coordonnée d'ordonnée du point par rapport au capteur 10. La coordonnée z d'un point correspond à une coordonnée d'élévation du point par rapport au capteur lidar 10. Sur la [Fig.2], et en supposant les contours du véhicule 2 et du capteur lidar 10 représentés en vue du dessus, les axes d'abscisse X et d'ordonnée Y du capteur lidar 10 sont représentés. L'axe d'élévation Z du capteur 10 est perpendiculaire aux axes X et Y . Sur cette [Fig.2], le capteur lidar 10 est donc monté à l'avant du véhicule et est orienté pour émettre des faisceaux lumineux dans la direction de déplacement du véhicule.

[0027] Chaque point acquis par le capteur lidar 10 est également associé à une valeur d'intensité. Il s'agit de l'intensité reçue par le capteur lidar après réflexion du faisceau lumineux sur une surface.

[0028] En référence à la [Fig.3] est désormais présenté un exemple de procédé 100 que le dispositif 1 selon la présente divulgation est configuré pour mettre en œuvre. En particulier, le dispositif 1 est configuré pour mettre en œuvre un procédé permettant d'estimer au moins une dimension appartenant à une surface de réflexion d'un objet. La surface de réflexion de l'objet correspond à une surface de l'objet ayant reflété les faisceaux lumineux émis par le capteur lidar 10. Une dimension de cette surface désigne ici une hauteur ou une largeur de cette surface. Il s'agit donc d'estimer la longueur d'au moins un côté de cette surface de manière précise et notamment de manière plus précise qu'une estimation classique basée uniquement sur les coordonnées tridimensionnelles des points présumés appartenir à l'objet. En effet, une telle estimation est notamment limitée par la résolution du capteur lidar 10 de sorte que pour des objets situés à une distance lointaine du capteur lidar, le taux d'erreur dans le dimensionnement estimé de l'objet relativement à la taille de l'objet peut être important.

[0029] Pour permettre cette estimation, la mémoire 12 stocke un modèle de l'objet comprenant une première dimension, par exemple une hauteur h , et une deuxième dimension, par exemple une largeur L , de la surface de réflexion de l'objet. Le modèle de l'objet comprend également une réflectivité de la surface de réflexion de l'objet. Le modèle de l'objet comprend donc trois paramètres, la première et la deuxième dimension de la surface de réflexion de l'objet, et la réflectivité de la surface de réflexion de l'objet. La réflectivité est une donnée traduisant le caractère plus ou moins réfléchissant de la surface de réflexion de l'objet à la lumière et donc le caractère plus ou moins réfléchissant de la surface de réflexion de l'objet aux faisceaux lumineux émis par le

capteur lidar 10. Un des objectifs du procédé est de déterminer des valeurs précises de la surface de réflexion de l'objet en estimant les valeurs des paramètres du modèle comme développé dans la suite du document.

[0030] En l'occurrence, le procédé 100 s'appuie sur le fait qu'un faisceau lumineux émis par un capteur lidar 10 diverge pendant sa propagation. Il n'est pas donc pas concentré en un seul point au moment de heurter la surface sur laquelle il est réfléchi (dite surface de réflexion ci-après). Il s'agit en réalité d'une section du faisceau lumineux qui vient heurter la surface de réflexion. Cette section présente globalement une forme elliptique lorsque l'ensemble du faisceau est réfléchi par la surface de réflexion. Par ailleurs, cette section, dans la mesure où l'ensemble du faisceau est réfléchi par la surface de réflexion, est d'autant plus grande que la surface de réflexion est éloignée du capteur lidar 10 puisque le faisceau lumineux diverge de plus en plus à mesure qu'il s'éloigne du capteur lidar 10. Par conséquent, l'intensité du faisceau lumineux réfléchi par la surface de réflexion de l'objet et capté par le capteur lidar 10 dépend de la section du faisceau lumineux effectivement réfléchi par la surface de réflexion de l'objet. En particulier, la section de réflexion d'un faisceau lumineux émis pour un point acquis sur un bord de la surface de réflexion d'un l'objet à une distance donnée ne correspondra pas à une section théorique complète du faisceau lumineux heurtant cette surface ce qui signifie concrètement qu'une section complémentaire du faisceau lumineux ne sera pas réfléchi par la surface de réflexion. Cette situation est notamment représentée en [Fig.4] illustrant une surface de réflexion S_r et cinq faisceaux lumineux F_1 à F_5 dont trois sont complètement réfléchis par la surface de réflexion S_r (à savoir les faisceaux lumineux F_2 , F_3 et F_4) et deux sont en partie réfléchis par cette surface S_r (à savoir les faisceaux lumineux F_1 et F_5). Ici, l'intensité mesurée par le capteur lidar 10 sera plus faible pour les points F_1 et F_5 que pour les points F_2 à F_4 si l'on suppose que l'ensemble de la surface de réflexion S_r présente la même réflectivité. Comme expliqué dans la suite, le procédé 100 utilise astucieusement l'information d'intensité des points associés à la surface de réflexion S_r d'un objet pour corriger une première estimation d'au moins une dimension de cette surface de réflexion S_r effectuée à partir des coordonnées tridimensionnelles des points. De cette façon, les dimensions de la surface de réflexion S_r d'un objet capté par un capteur lidar 10 ne sont plus seulement estimées à partir des seules coordonnées tridimensionnelles des points appartenant à cet objet mais également à partir de l'intensité associée à ces points en utilisant la corrélation entre cette intensité et la section de réflexion des faisceaux lumineux associés à ces points sur la surface de réflexion S_r . Par conséquent, le procédé 100 permet de réduire le nombre de collisions dues à des objets dont la précision de l'estimation des dimensions est limitée du fait de la résolution du capteur lidar 10. Notamment, dans le cadre de fonctions de conduite autonome, le véhicule peut être amené à modifier sa tra-

jectoire lorsqu'un objet, par exemple un pneu, est présent sur la route devant lui. Dans ce cas, la détermination précise de la largeur et de la hauteur de l'objet est primordiale pour déterminer la trajectoire du véhicule, qu'il s'agisse de contourner l'objet ou simplement de passer au-dessus de l'objet, entre les roues du véhicule lorsque la hauteur de l'objet le permet. Ceci est particulièrement avantageux lorsque le véhicule roule à grande vitesse et qu'il faut prendre une décision extrêmement rapidement. On comprend qu'une décision telle qu'un freinage d'urgence ou une déportation brusque du véhicule qui ne serait pas prise dans la mesure où les dimensions de l'objet détecté par le capteur lidar auraient été sous-évaluées pose des questions de sécurité dans la mesure où une estimation plus précise, telle que proposée par le procédé selon la présente divulgation, aurait permis de prendre la décision adéquate.

[0031] Le procédé 100 comprend ainsi une opération 110, comme illustré par la [Fig.3], d'acquisition par le capteur lidar 10 d'un ensemble de points. Chaque point acquis par le capteur lidar 10 est associé à des coordonnées tridimensionnelles (x, y, z) dans l'espace et à une valeur d'intensité.

[0032] Le procédé 100 comprend une opération 120, comme illustré par la [Fig.3], de sélection, parmi l'ensemble de points acquis par le capteur lidar 10, d'un groupe de points présumés appartenir à un même objet.

[0033] Dans des exemples, la sélection 120 du groupe de points est effectuée à partir du critère des plus proches voisins. En d'autres termes, la sélection 120 du groupe de points peut comprendre une sélection d'un ensemble de points dont la distance avec leur plus proche voisin est inférieure à un seuil de distance prédéterminée.

[0034] Bien entendu, le procédé 100 peut comprendre la sélection de plusieurs groupes de points si plusieurs groupes de points peuvent être déterminés comme présumés appartenir chacun à un même objet. Les opérations suivantes du procédé 100 peuvent alors être mises en œuvre pour chacun des groupes de points déterminés à l'issue de l'opération 120.

[0035] Le procédé 100 comprend une opération 130, comme illustré par la [Fig.3], d'estimation des valeurs d'une première dimension et d'une deuxième dimension de l'objet. La première dimension et la deuxième dimension de l'objet correspondent respectivement à la première dimension et la deuxième dimension de la surface de réflexion du modèle de l'objet. Ces valeurs sont estimées à partir des coordonnées tridimensionnelles des points du groupe de points sélectionnés à l'issue de l'opération 120.

[0036] Dans des exemples, les valeurs de la première et de la deuxième dimension peuvent être estimées à partir des points du groupe de points présentant les coordonnées les plus extrêmes sur l'axe des abscisses (x) et sur l'axe d'élévation (z). Notamment, dans des exemples, la valeur de la première dimension, lorsqu'il s'agit de la hauteur h de la

surface de réflexion de l'objet S_r , peut correspondre à une différence entre la valeur d'élévation la plus importante associée à un point du groupe de points et la valeur d'élévation la plus faible associée à un point du groupe de points. Dans des exemples, la valeur de la première dimension, lorsqu'il s'agit de la largeur de la surface de réflexion de l'objet S_r , peut correspondre à une différence entre la valeur d'abscisse la plus importante associée à un point du groupe de points et la valeur d'élévation la plus faible associée à un point du groupe de points. Ainsi, l'opération 130 permet d'obtenir une première estimation des dimensions de la surface de réflexion de l'objet détecté par le capteur lidar 10 à partir des coordonnées tridimensionnelles des points du groupe de points présumés appartenir à l'objet.

[0037] Le procédé 100 comprend une opération 140, comme illustré par la [Fig.3], d'estimation d'une valeur de réflectivité de l'objet. La valeur de réflectivité de l'objet correspond à la réflectivité de la surface de réflexion du modèle de l'objet. Cette valeur de réflectivité de l'objet est estimée à partir des intensités des points du groupe de points présumés appartenir à l'objet. Dans des exemples, une réflectivité d'un point de l'ensemble de points peut être déterminée à partir d'une distance entre le point et le capteur lidar, d'une intensité du faisceau lumineux ayant permis l'obtention du point et d'une intensité reçue par le capteur lidar suite à la réflexion de ce faisceau. Ainsi, dans des exemples, la réflectivité de l'objet peut être déterminée comme correspondant à une moyenne des réflectivités des points du groupe de points présumés appartenir à l'objet. Dans d'autres exemples, la réflectivité de l'objet peut être déterminée comme correspondant à une moyenne des valeurs de réflectivité d'une sélection de points appartenant au groupe de points. Il s'agit dans ces autres exemples de sélectionner un nombre de points réduits pour déterminer la réflectivité de l'objet, par exemple en supprimant les points dont les valeurs d'intensités sont manifestement erronées. Il est donc supposé dans cette opération que la surface de réflexion de l'objet présente une réflectivité sensiblement homogène.

[0038] A la suite de l'opération 140, plusieurs opérations seront effectuées pour au moins un point spécifique du groupe de points. Ces opérations sont avantageusement effectuées pour chaque point du groupe de points présumés appartenir à l'objet.

[0039] Le procédé 100 comprend une opération 150, comme illustré par la [Fig.3], d'estimation d'une section d'un faisceau lumineux spécifique dont la réflexion par la surface de réflexion de l'objet a permis l'obtention du point spécifique. Il s'agit donc dans cette opération d'estimer la section du faisceau lumineux ayant effectivement été réfléchi par le faisceau lumineux. Comme expliqué précédemment, on comprend qu'une section associée à un point acquis par le capteur lidar 10 et correspondant à un point positionné au milieu de la surface de réflexion S_r de l'objet correspondra à la section entière du faisceau lumineux émis par le capteur lidar 10. A l'inverse, une

section associée à un autre point acquis par le capteur lidar 10 et correspondant à un point positionné sur une extrémité de la surface de réflexion Sr de l'objet correspondra à une section amputée par rapport à la section entière du faisceau lumineux émis par le capteur lidar 10. Il s'agit des situations expliquées précédemment en référence à la [Fig.4].

- [0040] Dans des exemples, la section du faisceau lumineux spécifique dont la réflexion par la surface de réflexion de l'objet a permis l'obtention du point spécifique est estimée à partir des dimensions estimées de la surface de réflexion de l'objet et d'une divergence du faisceau lumineux déterminée à partir d'une distance entre le point spécifique et le capteur lidar. En effet, la divergence du faisceau lumineux émis par le capteur le lidar 10 augmente avec la distance. Par conséquent, en connaissant l'orientation du capteur lidar et la distance à laquelle le point spécifique se situe par rapport au capteur lidar 10 à l'aide de ses coordonnées tridimensionnelles, il est possible de déterminer la section théorique du faisceau lumineux à cette distance. Il est donc possible de déterminer la projection de cette section sur la surface de réflexion Sr de l'objet en connaissant l'orientation du faisceau lumineux spécifique et les dimensions de cette surface de réflexion Sr, lesquelles ont été estimées lors de l'opération 130. Une distance entre le point spécifique et le capteur lidar 10 correspond à la distance euclidienne entre le point spécifique et le capteur lidar 10.
- [0041] Le procédé 100 comprend une opération 160, comme illustré par la [Fig.3], d'estimation d'une valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique, à partir de la section du faisceau lumineux spécifique estimée et de la valeur de réflectivité estimée de la surface de réflexion. Il s'agit dans cette étape d'estimer une intensité théorique que le capteur lidar 10 aurait dû recevoir après réflexion du faisceau lumineux sur la surface de réflexion Sr de l'objet au regard de la section du faisceau lumineux réfléchi sur cette surface estimée lors de l'opération 150 et au regard la réflectivité de cette surface estimée lors de l'opération 140.
- [0042] Ainsi, lorsque l'intensité estimée pour le point spécifique ne correspond pas à l'intensité mesurée de manière effective par le capteur lidar 10 pour le point spécifique, la section du faisceau lumineux estimée comme ayant été réfléchi par la surface de réflexion comprend une erreur puisque c'est à partir de cette section qu'est calculée l'intensité théorique. Or, la section du faisceau lumineux est elle-même estimée à partir des dimensions de la surface de réflexion de sorte que ce sont ces dimensions de la surface de réflexion estimées qui sont erronées. Ainsi, en comparant la valeur d'intensité théorique à la valeur d'intensité effectivement mesurée par le capteur lidar 10 pour le point spécifique, le procédé permet d'obtenir une information sur la précision des dimensions de la surface de réflexion estimées lors de l'opération 130.

- [0043] Dans des exemples, la valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique est estimée à partir d'une fonction caractérisant l'intensité reçue par le capteur lidar suite à la réflexion d'un faisceau lumineux émis par le capteur lidar sur une surface en fonction :
- a. d'une distance entre cette surface et le capteur lidar,
 - b. d'une réflectivité de la surface, et
 - c. d'une section du faisceau lumineux réfléchi par cette surface.
- [0044] Cette fonction peut par exemple être prédéterminée empiriquement à partir d'acquisitions d'un ou plusieurs capteurs lidar, avantageusement à partir d'acquisition du capteur lidar 10, en faisant varier la réflectivité des surfaces de réflexion des objets, leur position par rapport au capteur lidar et la section des faisceaux lumineux réfléchis par la surface de réflexion de ces objets.
- [0045] Ainsi, en initialisant les différents paramètres de cette fonction avec la distance entre le point spécifique et le capteur lidar, la réflectivité de la surface de réflexion de l'objet estimée lors de l'opération 140 et la section du faisceau lumineux réfléchi par la surface de réflexion de l'objet ayant permis l'obtention du point spécifique estimée lors de l'opération 150, la fonction permet de calculer la valeur d'intensité théorique de l'opération 160.
- [0046] Le procédé 100 comprend une opération 170, comme illustré par la [Fig.3], de détermination d'une erreur d'intensité associée au point spécifique. L'erreur d'intensité associée au point spécifique est obtenue à partir d'une différence entre la valeur d'intensité théorique estimée lors de l'opération 160 et la valeur d'intensité effectivement mesurée par le capteur lidar 10 et associée au point spécifique suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique. Comme expliqué précédemment, cette erreur d'intensité traduit une erreur dans l'estimation des dimensions de la surface de réflexion S_r de l'objet.
- [0047] Les opérations 140, 150, 160 et 170 sont donc effectuées pour au moins un point spécifique et avantageusement pour chaque point du groupe de points présumés appartenir à un même objet. Par conséquent, à l'issue de l'opération 170, il a été calculé au moins une erreur d'intensité associée à un point spécifique.
- [0048] Le procédé comprend ensuite une opération 180, comme illustré sur la [Fig.3], de correction de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique.
- [0049] Dans des exemples, l'opération 180 de correction de l'estimation de la valeur de la première dimension comprend une correction de l'estimation de la valeur de la première dimension afin de réduire l'au moins une erreur d'intensité.
- [0050] Dans des premiers exemples, l'opération 180 de correction de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un

point spécifique peut comprendre une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la première dimension. Dans ces premiers exemples, la fonction de coût exprime l'erreur à minimiser en fonction de la valeur de la première dimension du modèle de l'objet.

[0051] Dans des deuxièmes exemples, complémentaires des premiers exemples, le procédé peut comprendre une opération 181 de correction de l'estimation de la valeur de la deuxième dimension à partir de la minimisation de l'erreur de la fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la deuxième dimension. Dans ces deuxièmes exemples, la fonction de coût exprime l'erreur à minimiser en fonction de la valeur de la première dimension et de la valeur de la deuxième dimension du modèle de l'objet.

[0052] Dans des troisièmes exemples, complémentaires des premiers exemples et éventuellement des deuxièmes exemples, le procédé peut comprendre une opération 182 de correction de l'estimation de la valeur de la réflectivité à partir de la minimisation de l'erreur de la fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la réflectivité. Dans ces troisièmes exemples, la fonction de coût exprime l'erreur à minimiser en fonction de la valeur de la première dimension et de la valeur de la réflectivité du modèle de l'objet. Lorsque ces troisièmes exemples sont mis en œuvre en complémentarité des deuxièmes exemples, la fonction de coût exprime l'erreur à minimiser en fonction de la valeur de la première dimension, de la valeur de la deuxième dimension et de la valeur de la réflectivité du modèle de l'objet.

[0053] Il doit être entendu par variation itérative d'un paramètre du modèle de l'objet le fait de choisir une valeur de cet objet à une itération donnée et de mettre en œuvre à nouveau les opérations 140 à 170 en prenant en considération cette nouvelle valeur du paramètre du modèle.

[0054] Dans les premiers, éventuellement deuxièmes et/ou troisièmes exemples, l'erreur à minimiser de la fonction de coût peut correspondre à la somme des erreurs d'intensité associées aux points spécifiques pour lesquelles l'erreur d'intensité a été déterminée lors de l'opération 170.

[0055] Ainsi, en faisant varier itérativement la valeur de première dimension, en faisant varier itérativement de manière optionnelle la valeur de la deuxième dimension et/ou la valeur de la réflectivité du modèle de l'objet, et en mettant en œuvre à nouveau les opérations 140 à 170 à chaque itération, il est possible, avec un algorithme d'optimisation, de minimiser l'erreur de la fonction de coût, laquelle est déterminée à partir de l'au moins une erreur d'intensité déterminée à l'issue de l'opération 170. Minimiser l'erreur de la fonction de coût par une variation itérative de la première

dimension, optionnellement des valeurs de la deuxième dimension et de la réflectivité, signifie donc déterminer de nouvelles valeurs minimisant la somme des différences entre les intensités réelles des points spécifiques du groupe de points et leur intensité théorique déterminés à l'issue de l'opération 170. Cela revient à considérer que la section des faisceaux lumineux associée aux points spécifiques du groupe de points présumés appartenir à l'objet et estimée lors de l'opération 150 est plus proche de la section des faisceaux lumineux effectivement réfléchi par la surface de réflexion de l'objet pour l'acquisition de ces points. Or, cette section est déterminée à partir des dimensions de la surface de réflexion de l'objet de sorte que lorsque l'erreur de la fonction de coût diminue, cela signifie que les dimensions de la surface de réflexion sont plus proches des dimensions réelles de la surface de réflexion que lorsqu'elles étaient seulement estimées à partir des coordonnées tridimensionnelles des points du groupe de points présumés appartenir à l'objet. Le procédé 100 permet donc une estimation plus précise de la valeur de la première dimension, éventuellement des valeurs de la deuxième dimension et/ou de la réflectivité de la surface de réflexion, que des valeurs obtenues à partir des coordonnées tridimensionnelles de points.

- [0056] Dans les premiers, éventuellement, deuxièmes et/ou troisièmes exemples, la détermination de la variation itérative des valeurs des paramètres du modèle de l'objet à corriger pour minimiser l'erreur de la fonction de coût est effectuée par un algorithme d'optimisation. Dans des exemples, l'algorithme d'optimisation choisi pour déterminer la variation itérative des valeurs des paramètres du modèle de l'objet à corriger peut par exemple correspondre à un algorithme de Levenberg-Marquadt.
- [0057] Dans des exemples dans lesquels plusieurs paramètres du modèle de l'objet sont corrigés par une minimisation de la fonction de coût, la fonction de coût exprime l'erreur à minimiser en fonction des valeurs des paramètres du modèle de l'objet à corriger et la minimisation de la fonction de coût comprend un calcul de la matrice jacobienne de l'erreur à minimiser en fonction des paramètres du modèle de l'objet exprimés dans la fonction de coût. Le calcul de la matrice jacobienne de l'erreur de la fonction de coût en fonction des paramètres du modèle de l'objet à corriger permet d'optimiser la convergence de l'algorithme d'optimisation vers une minimisation de l'erreur en déterminant l'impact relatif des variations de chaque paramètre du modèle de l'objet sur la minimisation de l'erreur de la fonction de coût.
- [0058] Dans des exemples, et comme illustré par la [Fig.3], le procédé 100 peut en outre comprendre une opération 190 de détermination d'une trajectoire du véhicule à partir de l'estimation corrigée de la valeur de la première dimension déterminée lors de l'opération 180. La trajectoire du véhicule peut également être déterminée à partir de l'estimation corrigée de la valeur de la deuxième dimension déterminée lors de l'opération 181. La trajectoire du véhicule peut par exemple être déterminée de façon à

éviter l'objet dont les dimensions ont été recalculées lors du procédé 100.

[0059] Dans des exemples, la pluralité de points acquis par le capteur lidar 10 et sur laquelle est mise en œuvre le procédé est enrichi par de nouvelles acquisitions du capteur lidar 10 et le procédé est mis en œuvre itérativement à partir de la pluralité de points enrichie. En l'occurrence, plus il y a de points dans un groupe de points présumés appartenir à un même objet, plus ses dimensions vont pouvoir être déterminées de manière précise grâce au procédé selon la présente divulgation.

[0060] Ainsi, le procédé 100 selon la présente divulgation permet d'estimer la longueur d'au moins un côté de la surface de réflexion d'un objet capté par le capteur lidar 10 de manière précise et notamment de manière plus précise qu'une estimation classique basée uniquement sur les coordonnées tridimensionnelles des points présumés appartenir à l'objet, ces dimensions pouvant être sous ou sur évaluées du fait de la résolution du capteur lidar 10. Dans des exemples, le procédé 100 vient estimer la longueur des deux côtés de la surface de réflexion de l'objet (largeur L et hauteur h). Ces estimations des dimensions de la surface de réflexion de l'objet peuvent notamment être utilisées afin de déterminer une trajectoire du véhicule adaptée aux dimensions précises de l'objet, ce qui peut permettre d'éviter des situations dans lesquelles une trajectoire du véhicule déterminée sur la base de dimensions de l'objet sous-évaluées pourrait être préjudiciable pour la sécurité du véhicule et des usagers de la route.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé d'estimation d'au moins une dimension appartenant à une surface de réflexion (Sr) d'un objet, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif (1) comprenant au moins un capteur lidar (10), un calculateur (11) et une mémoire (12), la mémoire (12) stockant un modèle de l'objet comprenant une première dimension et une deuxième dimension de la surface de réflexion de l'objet et une réflectivité de la surface de réflexion de l'objet ; le procédé comprenant :

- une acquisition (110) par le capteur lidar (10) d'un ensemble de points, chaque point étant associé à des coordonnées tridimensionnelles dans l'espace et à une valeur d'intensité ;
- une sélection (120) parmi l'ensemble de points d'un groupe de points présumés appartenir à un même objet ;
- une estimation (130), à partir des coordonnées tridimensionnelles des points du groupe de points, des valeurs d'une première et d'une deuxième dimensions de l'objet correspondant respectivement à la première et la deuxième dimensions de la surface de réflexion (Sr) du modèle de l'objet ;
- une estimation (140), à partir des valeurs d'intensités du groupe de points présumés appartenir à l'objet, d'une valeur de réflectivité de l'objet correspondant à la réflectivité de la surface de réflexion du modèle de l'objet ; puis

pour au moins un point spécifique du groupe de points présumés appartenir à l'objet :

- une estimation (150) d'une section d'un faisceau lumineux spécifique dont la réflexion par la surface de réflexion (Sr) de l'objet a permis l'obtention du point spécifique, à partir des dimensions estimées de la surface de réflexion de l'objet et d'une divergence du faisceau lumineux déterminée à partir d'une distance entre le point spécifique et le capteur lidar ;
- une estimation (160) d'une valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar (10) suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique, à partir de la section du faisceau lumineux spécifique estimée et de la valeur de réflectivité estimée de la surface de réflexion ;

- une détermination (170) d'une erreur d'intensité associée au point spécifique à partir d'une différence entre la valeur d'intensité théorique estimée et la valeur d'intensité mesurée associée au point spécifique suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique ; et
- une correction (180) de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel une correction de l'estimation de la valeur de la première dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique comprend une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la première dimension.

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :

- une correction (181) de l'estimation de la valeur de la deuxième dimension à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique, la correction comprenant une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la deuxième dimension.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :

- une correction (182) de l'estimation de la valeur de la réflectivité à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique, la correction comprenant une minimisation d'une erreur d'une fonction de coût calculée à partir de l'erreur d'intensité associée à au moins un point spécifique en faisant varier itérativement la valeur de la réflectivité.

- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel l'erreur de la fonction de coût correspond à la somme des erreurs d'intensité des points spécifiques pour lesquelles l'erreur d'intensité a été déterminée.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première dimension du modèle de l'objet correspond à une hauteur (h) de la surface de réflexion (Sr) de l'objet et dans laquelle la deuxième dimension du modèle de l'objet correspond à une largeur (L) de la surface de réflexion de l'objet.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la valeur d'intensité théorique reçue par le capteur lidar suite à l'émission du faisceau lumineux spécifique est estimée à partir d'une fonction caractérisant l'intensité reçue par le lidar suite à la réflexion d'un faisceau lumineux émis par le capteur lidar sur une surface en fonction :
- a. d'une distance entre cette surface et le capteur lidar,
 - b. d'une réflectivité de cette surface, et
 - c. d'une section du faisceau lumineux réfléchi sur cette surface.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pluralité de points est enrichie par de nouvelles acquisitions du capteur lidar (10) et le procédé est mis en œuvre itérativement à partir de la pluralité de points enrichie.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une détermination (190) d'une trajectoire d'un véhicule (2) embarquant le dispositif à partir de l'estimation corrigée de la valeur de la première dimension.
- [Revendication 10] Dispositif (1) comprenant au moins un capteur lidar (10), un calculateur (11) et une mémoire (12), le dispositif (1) étant configuré pour mettre en œuvre l'un quelconque des procédés selon les revendications 1 à 9.
- [Revendication 11] Véhicule (2) embarquant un dispositif (1) selon la revendication précédente.

[Fig. 1]

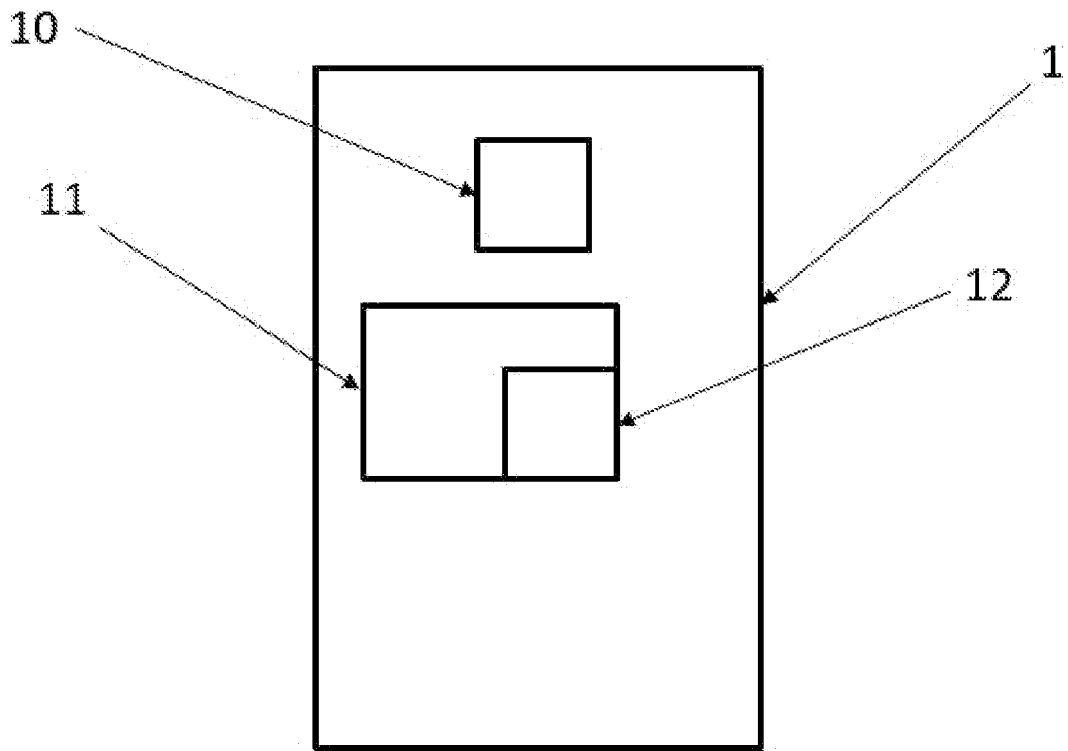


Fig. 1

[Fig. 2]

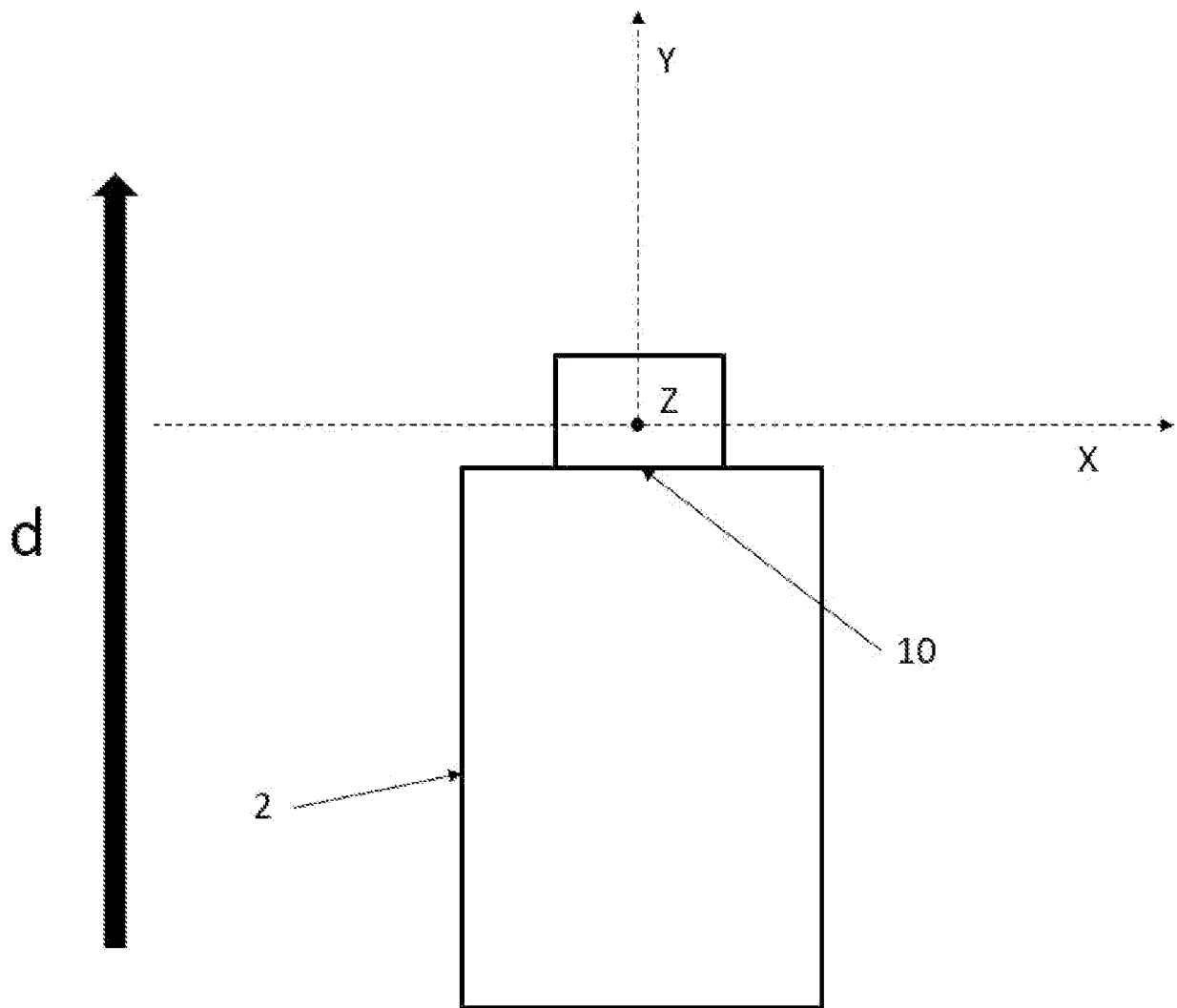


Fig. 2

[Fig. 3]

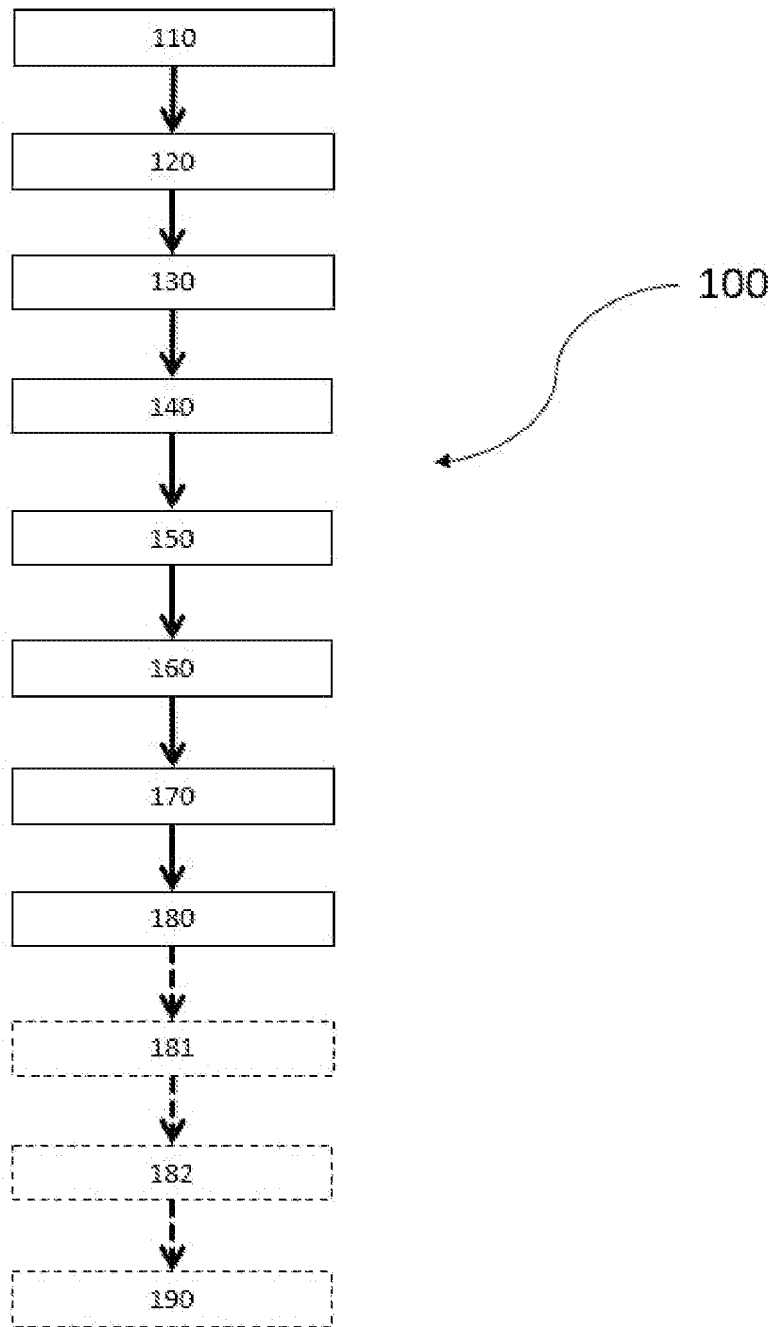


Fig. 3

[Fig. 4]

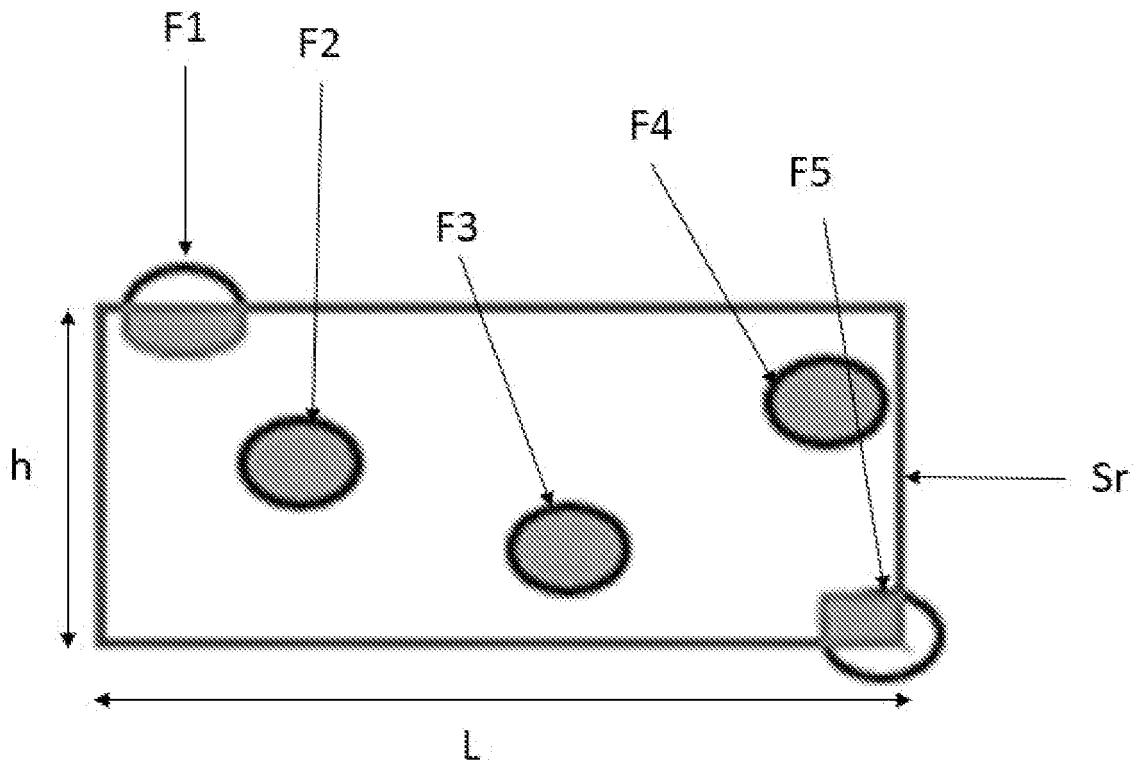


Fig. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 919690
FR 2305420

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	EP 3 605 137 A1 (UBER TECHNOLOGIES INC [US]) 5 février 2020 (2020-02-05) * abrégé; revendications 1-3; figures 1, 3, 5 * * alinéas [0002], [0025], [0027], [0045], [0047], [0048], [0049] * -----	1-11	G01S 17/00
A	US 2020/301019 A1 (SHIBA SHINTARO [JP] ET AL) 24 septembre 2020 (2020-09-24) * abrégé; revendication 1; figure 12 * * alinéas [0114] - [0115] * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 novembre 2023		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 à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
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 2305420 FA 919690**

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 **13-11-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
EP 3605137	A1	05-02-2020	AU 2019210587 A1	20-02-2020
			CA 3050586 A1	02-10-2019
			CN 110888146 A	17-03-2020
			EP 3605137 A1	05-02-2020
			JP 6676814 B2	08-04-2020
			JP 2020020793 A	06-02-2020
			SG 10201907051S A	27-02-2020
			US 2020041652 A1	06-02-2020

US 2020301019	A1	24-09-2020	CN 111722249 A	29-09-2020
			JP 7147651 B2	05-10-2022
			JP 2020154983 A	24-09-2020
			US 2020301019 A1	24-09-2020
