

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 137 202

21 N° d'enregistrement national : 22 06447

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 06 T 7/64 (2022.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.06.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 29.12.23 Bulletin 23/52.

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 GERMANY GmbH — DE.

72 Inventeur(s) : PASCAL Laura, LUGEZ Boris et  
MALIGO Artur.

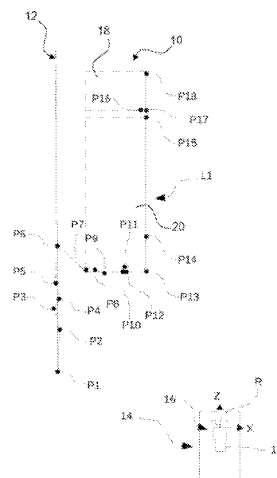
73 Titulaire(s) : CONTINENTAL AUTONOMOUS MOBI-  
LITY GERMANY GmbH.

74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE.

54 Procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale.

57 L'invention concerne un procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale (L1), caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première étape (E1) de détection de coins, qui exécute un algorithme de simplification de la ligne polygonale (L1) visant à limiter le nombre de points appartenant à la ligne polygonale (L1), les points conservés étant considérés comme des coins, un coin étant considéré concave si l'angle qu'il forme est rentrant, du point de vue dudit capteur d'acquisition d'images (16), une deuxième étape (E2) de détection du bruit qui exécute un algorithme de détection du bruit consistant à identifier les coins de la ligne polygonale (L1) considérés comme étant du bruit, parmi les coins identifiés au cours de la première étape (E1), et une troisième étape (E3) d'identification d'une concavité globale, qui consiste à calculer successivement l'aire de chacun des triangles délimités par un coin identifié concave, le coin précédent et le coin suivant de la ligne polygonale (L1), si l'aire calculée est supérieure à une aire de référence, alors ledit coin identifié concave est considéré suffisamment concave.

Figure pour l'abrégié : Figure 1



FR 3 137 202 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale**

#### **Domaine technique**

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine de la détection d'objets cibles délimités par une ligne polygonale issue d'un nuage de points capté par un dispositif d'acquisition de données tridimensionnelles, et plus particulièrement à la détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale.
- [0002] Aussi, la présente invention est particulièrement adaptée à une mise en œuvre par un ordinateur qui équipe un véhicule, notamment automobile.

#### **Technique antérieure**

- [0003] Il est connu d'équiper un véhicule automobile d'un système d'assistance à la conduite appelé communément sous l'acronyme anglais ADAS pour « Advanced Driver Assistance System ».
- [0004] Un tel système d'assistance comprend, de manière connue, au moins un capteur d'acquisition d'images qui est monté sur le véhicule et qui permet de générer une série d'images représentant l'environnement du véhicule.
- [0005] Généralement, le capteur d'acquisition d'images est un dispositif d'acquisition de données tridimensionnelles tel qu'un Lidar (acronyme anglais de « Light Detection And Ranging »).
- [0006] Les images acquises sont exploitées par un ordinateur dans le but d'assister le conducteur, par exemple en détectant un « objet » (piétons, véhicule à l'arrêt, objets sur la route, etc.), et en calculant par exemple le temps avant collision avec l'objet détecté.
- [0007] Le lidar est un capteur optique actif qui émet un faisceau laser selon un axe optique de visée en direction d'un objet cible.
- [0008] La réflexion du faisceau laser à partir de la surface de l'objet cible est détectée par une surface réceptrice agencée dans le lidar.
- [0009] Cette surface réceptrice enregistre le temps qui s'écoule entre le moment où l'impulsion laser est émise et celui où elle est reçue par le lidar pour calculer la distance entre le lidar et l'objet.
- [0010] Les mesures de distance collectées par le lidar, associées avec des informations de positionnement, sont transformées en mesures de points tridimensionnels réels de l'objet cible, chaque image acquise par le lidar formant un ensemble de points tridimensionnels, ou nuage de points, qui sont considérés comme un échantillon d'une surface.

- [0011] On entend par point tridimensionnel un point qui est associé à des coordonnées dans l'espace, dans un repère tridimensionnel donné.
- [0012] Aussi, la surface des objets détectés peut être représentée par une ligne polygonale en deux dimensions qui est formée par une suite de points successifs, qui sont issus des points collectés par le lidar.
- [0013] On parle de polygone lorsque la ligne polygonale est fermée.
- [0014] Mais généralement, un objet observé par un capteur d'acquisition d'images n'est pas visible dans sa totalité et sera donc représenté par une ligne polygonale, et non par un polygone fermé.
- [0015] Les points qui forment la ligne polygonale sont reliés par des segments de droite consécutifs qui relient chacun deux points consécutifs de la ligne polygonale.
- [0016] Deux segments de droite consécutifs forment un angle concave, ou un coin concave, si cet angle est rentrant, du point de vue du capteur d'acquisition d'images, c'est à dire orienté vers l'intérieur de l'objet dessiné par la ligne polygonale.
- [0017] A l'inverse, un angle est convexe s'il est sortant, du point de vue du capteur d'acquisition d'images, c'est à dire orienté vers l'extérieur de l'objet dessiné par la ligne polygonale.
- [0018] Aussi, il est connu de détecter un angle concave sur une ligne polygonale dans le but de différencier deux objets dessinés par une ligne polygonale commune.
- [0019] En effet, il est important de déterminer si la ligne polygonale représente un seul objet ou plusieurs objets, en particulier dans le domaine de l'assistance à la conduite d'un véhicule automobile, de façon à interpréter la nature des objets cibles de façon correcte.
- [0020] Un angle concave sur la ligne polygonale, c'est à dire un angle qui rentre vers l'intérieur de l'objet, est généralement considéré comme une cassure entre deux objets voisins.
- [0021] Les techniques existantes de détection d'un angle concave sur une ligne polygonale sont des approches locales, c'est à dire que l'angle est calculé entre trois points consécutifs de la ligne polygonale.
- [0022] Autrement dit, avec une approche locale, l'angle est calculé entre deux segments consécutifs de la ligne polygonale.
- [0023] Un inconvénient de ce type de procédé de détection d'angle concave par approche locale, est le risque d'erreurs engendrées par une mauvaise interprétation d'un angle concave calculé.
- [0024] En effet, une ligne polygonale peut parfois présenter un angle concave localement, sans pour autant que cet angle concave matérialise une cassure entre deux objets voisins.
- [0025] Par exemple, une ligne polygonale qui représente le contour d'un camion peut

comporter un angle concave localement qui matérialise la cassure entre la cabine et la remorque du camion, alors que la cabine et la remorque appartiennent à un objet unique.

[0026] Aussi, il est fréquent de constater que certains points de la ligne polygonale sont des points parasites qui forment du bruit et qui se mêlent aux points dits utiles de la ligne polygonale représentant l'objet cible.

[0027] Ces points parasites peuvent former des angles concaves localement qui peuvent amener à une mauvaise interprétation de la géométrie de l'objet représenté par la ligne polygonale.

### **Exposé de l'invention**

[0028] La présente invention a notamment pour but de résoudre l'inconvénient de l'art antérieur précité en proposant un procédé qui permet de détecter une concavité globale sur une ligne polygonale en faisant abstraction des concavités locales et du bruit.

[0029] On atteint cet objectif, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui suit, avec un procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale, ladite ligne polygonale étant formée par une suite de points successifs qui sont reliés deux à deux par un segment de droite et qui sont issues d'une image captée par un capteur d'acquisition d'images, caractérisé en ce qu'il comprend au moins :

- une première étape de détection de coins, qui exécute un algorithme de simplification de la ligne polygonale visant à limiter le nombre de points appartenant à la ligne polygonale, les points conservés étant considérés comme des coins, un coin étant considéré concave si l'angle qu'il forme est rentrant, du point de vue dudit capteur d'acquisition d'images,
- une deuxième étape de détection du bruit qui exécute un algorithme de détection du bruit consistant à identifier les coins de la ligne polygonale considérés comme étant du bruit, parmi les coins identifiés au cours de la première étape, et
- une troisième étape d'identification d'une concavité globale, qui consiste à calculer successivement l'aire de chacun des triangles délimités par un coin identifié concave, le coin précédent et le coin suivant de la ligne polygonale en faisant abstraction des coins identifiés comme étant du bruit, si l'aire calculée est supérieure à une aire de référence, alors ledit coin identifié concave est considéré suffisamment concave.

[0030] Ainsi, le procédé selon l'invention permet de détecter un coin suffisamment concave qui est représentatif d'une cassure entre deux objets dessinés par la ligne polygonale.

[0031] L'aire de référence peut être déterminée selon le degré de concavité que l'on souhaite détecter avec le présent procédé.

[0032] Suivant d'autres caractéristiques optionnelles de l'invention, prises seules ou en combinaison :

[0033] - l'algorithme de simplification exécuté au cours de la première étape, consiste à :

- sélectionner le premier point, formant une première borne, et le dernier point, formant une deuxième borne, de la ligne polygonale,
- déterminer le point distal qui est le point de la ligne polygonale le plus éloigné d'un premier segment de droite de base qui relie la première borne et la deuxième borne,
- calculer la distance entre le point distal et ledit premier segment de droite de base, si ladite distance calculée est supérieure à une distance de référence, alors le point distal est considéré comme étant un coin,

[0034] et en ce que l'algorithme de simplification est appelé de manière récursive sur des sous-parties de la ligne polygonale, si un coin est trouvé. La distance de référence peut être déterminée selon le degré de simplification de la ligne polygonale que l'on souhaite obtenir à l'issue de la première étape de simplification ;

[0035] - au cours de la deuxième étape :

- on mesure la longueur d'un deuxième segment de droite de base reliant le premier point et le dernier point de la ligne polygonale,
- on mesure successivement la longueur d'un troisième segment de droite de base reliant le premier coin et le dernier coin de chacun des triangles qui sont délimités par trois coins successifs de la ligne polygonale,
- si la longueur du deuxième segment de droite de base associé est supérieure à une première longueur de référence prédéterminée, et si la longueur du troisième segment de droite de base est inférieure à une seconde longueur de référence prédéterminée, alors lesdits trois coins successifs associés audit troisième segment de droite de base sont considérés comme étant du bruit. La première longueur de référence et la seconde longueur de référence sont déterminées selon le degré de réduction du bruit souhaité ;

[0036] - la première étape est exécutée à nouveau à la suite de la deuxième étape en faisant abstraction des coins identifiés comme étant du bruit au cours de la deuxième étape ;

[0037] - ladite aire de référence utilisée au cours de la troisième étape d'identification d'une concavité globale est déterminée en fonction de la longueur d'un quatrième segment de droite de base qui relie le premier coin et le dernier coin de la ligne polygonale ;

[0038] - ladite aire de référence utilisée au cours de la troisième étape d'identification d'une concavité globale est égal à :

- une première valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base qui relie le premier coin et le dernier coin de la ligne polygonale est supérieure à 8 mètres,

- une deuxième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base est comprise entre 8 mètres et 5,5 mètres,
- une troisième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base est comprise entre 5,5 mètres et 2,75 mètres,
- une quatrième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base est comprise entre 2,75 mètres et 1,5 mètre, et
- une cinquième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base est inférieure à 1,5 mètre ;

[0039] - ladite première valeur de l'aire de référence est égale à 1,5 mètre carré, ladite deuxième valeur de l'aire de référence est égale à 0,75 mètre carré, ladite troisième valeur de l'aire de référence est égale à 0,56 mètre carré, ladite quatrième valeur de l'aire de référence est égale à 0,4 mètre carré, ladite cinquième valeur de l'aire de référence est égale à 0,3 mètre carré ;

[0040] L'invention concerne également un calculateur pour véhicule, notamment automobile, configuré pour mettre en œuvre le procédé décrit précédemment.

[0041] Enfin, l'invention concerne aussi un véhicule, notamment automobile, comprenant un calculateur décrit précédemment et au moins un capteur d'acquisition d'images.

### **Brève description des dessins**

[0042] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit, en référence aux figures annexées, qui illustrent :

[0043] [Fig.1] une vue schématique d'un véhicule automobile équipé d'un calculateur qui met en œuvre le procédé selon l'invention, et d'une ligne polygonale reliant plusieurs points et dessinant un camion et une rambarde de sécurité ;

[0044] [Fig.2] une vue schématique de la ligne polygonale de la [Fig.1] comprenant un point distal ;

[0045] [Fig.3] une vue schématique de la ligne polygonale de la [Fig.1] comprenant une pluralité de coins détectés au cours de la première étape du procédé ;

[0046] [Fig.4] une vue schématique de la ligne polygonale de la [Fig.1] allégées de trois coins considérés comme du bruit au cours de la deuxième étape du procédé ;

[0047] [Fig.5] un organigramme représentant les étapes du procédé selon l'invention.

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

[0048] On a représenté schématiquement à la [Fig.1] un camion 10 formant un premier objet à détecter, une rambarde 12 de sécurité formant un second objet, et un véhicule automobile 14 équipé d'un capteur d'acquisition d'images 16 et d'un calculateur 17.

[0049] Le capteur d'acquisition d'images 16 est par exemple un dispositif laser de mesure à distance connu sous l'acronyme anglais LIDAR pour « Light Detection And Ranging ».

- [0050] A titre non limitatif, le capteur d'acquisition d'images 16 peut être formé par tout capteur adapté pour générer un nuage de points et pour représenter des objets par une ligne polygonale.
- [0051] Le camion 10 comprend une cabine 18 de pilotage et une remorque 20.
- [0052] En référence à la [Fig.1], une ligne polygonale L1 dessine une portion du contour du camion 10 et une portion de la rambarde 12, vus par le capteur d'acquisition d'images 16.
- [0053] A cet effet, le capteur d'acquisition d'images 16 capte des points tridimensionnels dans l'espace qui sont transformés en points images dans un repère bidimensionnel  $R(Z,X)$  visible à la [Fig.1], ces points images permettant de former la ligne polygonale L1.
- [0054] Ainsi, la ligne polygonale L1 comprend une suite de points consécutifs, référencés P1 à P18 à la [Fig.1].
- [0055] Aussi, la ligne polygonale L1 comprend une suite de segments de droite consécutifs.
- [0056] On parle d'un segment pour désigner une droite qui relie deux points successifs de la ligne polygonale L1, et on parle de segments successifs, ou adjacents, pour désigner deux segments qui ont un point d'extrémité en commun et qui n'ont pas d'autre point en commun.
- [0057] On parle d'un angle pour désigner un secteur angulaire délimité par deux segments successifs.
- [0058] Un angle peut être concave, c'est à dire rentrant vers l'intérieur de l'objet délimité par la ligne polygonale L1, tel que l'angle délimité par les points P5, P6, P7.
- [0059] A l'inverse, un angle peut être convexe, c'est à dire sortant vers l'extérieur de l'objet délimité par la ligne polygonale L1, tel que l'angle délimité par les points P12, P13, P14.
- [0060] L'invention concerne un procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale, telle que la ligne polygonale L1, dans le but de différencier des objets adjacents.
- [0061] En effet, il est attendu qu'un objet, en particulier un objet sur une route, soit représenté par une ligne polygonale qui présente des portions convexes, c'est à dire des portions qui présentent des angles sortants du point de vue du capteur d'acquisition d'images 16, telle que la forme du camion 10 illustré à la [Fig.1].
- [0062] A l'inverse, il est attendu qu'une cassure, ou une séparation, entre deux objets soit représentée par une portion de la ligne polygonale qui présente une forme concave, c'est à dire une portion qui présente un angle rentrant.
- [0063] On parle de concavité « globale » pour désigner une portion d'une ligne polygonale qui est suffisamment concave pour représenter une cassure entre deux objets.
- [0064] Par exemple, la ligne polygonale L1 présente une concavité globale entre les points

P5 et P7, concavité qui représente une cassure entre le camion 10 et la rambarde de sécurité 12.

- [0065] A l'inverse, une concavité « locale » n'est pas interprétée comme étant une cassure entre deux objets.
- [0066] Une concavité locale est interprétée comme étant issue d'un point parasite, ou comme représentant un renforcement local sur le contour d'un, et d'un seul, objet représenté par la ligne polygonale L1.
- [0067] Par exemple, en référence à la [Fig.1], l'angle formé par les points P15 à P17 est un angle localement concave qui matérialise la cassure entre la cabine 18 et la remorque 20 du camion 10 dessiné par la ligne polygonale L1, la cabine 18 et la remorque 20 appartenant à un même objet.
- [0068] On comprendra que la différence entre une concavité locale et une concavité globale est une différence d'échelle et d'interprétation.
- [0069] Le procédé selon l'invention vise à distinguer une concavité locale d'une concavité globale.
- [0070] A cet effet, le procédé selon l'invention comprend successivement une première étape E1 de détection des coins sur la ligne polygonale L1, une deuxième étape E2 de détection du bruit et une troisième étape E3 d'identification d'une concavité globale, illustrées à la [Fig.5].
- [0071] La première étape E1 de détection des coins exécute un algorithme de simplification de la ligne polygonale L1 visant à limiter le nombre de points appartenant à la ligne polygonale L1, les points conservés étant considérés comme des coins.
- [0072] Un coin est un angle qui peut être concave ou convexe.
- [0073] Selon un exemple préféré de réalisation de l'invention, l'algorithme de simplification est basé sur un algorithme connu sous le nom de « Ramer-Douglas-Peucker ».
- [0074] Plus particulièrement, l'algorithme de simplification exécuté au cours de la première étape E1 consiste à sélectionner le premier point P1 de la ligne polygonale L1, formant une première borne A1, et le dernier point P18 de la ligne polygonale L1, formant une deuxième borne A2.
- [0075] Comme on peut le voir à la [Fig.2], la première borne A1 et la deuxième borne A2 de la ligne polygonale L1 sont reliées par un premier segment de droite de base Db1.
- [0076] Ensuite, toujours au cours de la première étape E1, on détermine le point distal Pdist qui est le point de la ligne polygonale L1 courante le plus éloigné du premier segment de droite de base Db1, suivant une direction perpendiculaire au premier segment de droite de base Db1.
- [0077] Après avoir déterminé le point distal Pdist, représenté par le point P13 selon l'exemple illustré à la [Fig.2], on calcule la distance Dmax entre le point distal Pdist et le premier segment de droite de base Db1, cette distance Dmax correspondant à la

hauteur du triangle ayant pour base le premier segment de droite de base Db1.

- [0078] Si la distance Dmax calculée est supérieure à une distance de référence prédéterminée, alors le point distal Pdist est considéré comme étant un coin.
- [0079] A l'inverse, si la distance Dmax est inférieure à la distance de référence prédéterminée, alors les points de la ligne polygonale L1 restent considérés comme des points.
- [0080] Si un coin est détecté au cours de la première étape E1, alors l'algorithme de simplification est appelé de manière réursive sur une première sous partie et sur une deuxième sous partie de la ligne polygonale courante, jusqu'à ce que l'algorithme de simplification ne détecte plus de coin.
- [0081] On entend par ligne polygonale courante la ligne polygonale, ou sous partie de ligne polygonale, qui est concernée par l'algorithme de simplification à un instant défini, puisque la ligne polygonale concernée par l'algorithme de simplification évolue avec la récursivité de la première étape E1.
- [0082] On comprendra que la valeur choisie pour la distance de référence permet de simplifier et de « lisser » plus ou moins la ligne polygonale L1.
- [0083] Selon l'exemple illustré à la [Fig.2], on considère que la distance Dmax est supérieure à la distance de référence, de sorte que l'algorithme de simplification est appelé à nouveau sur une première sous-partie de la ligne polygonale L1 entre la première borne A1 et le point distal Pdist représenté par le point P13 qui forme une nouvelle deuxième borne, et sur une deuxième sous-partie entre le point distal Pdist représenté par le point P13 qui forme une nouvelle première borne, et la deuxième borne A2.
- [0084] Le calcul de la distance Dmax revient à calculer successivement l'aire  $\Delta$  de chacun des triangles formés par le premier segment de droite de base Db1 et chacun des points de la ligne polygonale L1, le triangle qui présente l'aire la plus grande déterminant le point distal Pdist.
- [0085] L'aire  $\Delta$  de chaque triangle peut être calculée par l'équation suivante :
- [0086] 
$$\Delta = \frac{1}{2} \parallel \overline{A1A2} * \overline{A1Pn} \parallel = \frac{1}{2} ( (xA2 - xA1) (zPn - zA1) ) - ( (xPn - xA1) (zA2 - zA1) )$$
- [0087] avec A1 la première borne de la ligne polygonale L1 courante, A2 la deuxième borne de la ligne polygonale L1 courante, x la coordonnée suivant l'axe X du repère R, z la coordonnée suivant l'axe Z du repère R et Pn le point courant d'un des n points de la ligne polygonale L1 courante.
- [0088] On a représenté à la [Fig.3] les coins détectés au cours de la première étape E1, les coins étant représentés par des pastilles carrées, alors que les points sont représentés par des pastilles rondes.
- [0089] On notera qu'un coin est considéré concave si l'angle qu'il forme est rentrant, du

point de vue du capteur d'acquisition d'images 16.

- [0090] Aussi, un coin est considéré concave si l'aire  $\Delta$  du triangle composé du point courant et du premier segment de droite de base Db1 est positive.
- [0091] A la suite de la première étape E1 de simplification, le procédé selon l'invention exécute une deuxième étape E2 de détection du bruit.
- [0092] La deuxième étape E2 exécute un algorithme de détection du bruit consistant à identifier les coins de la ligne polygonale L1 considérés comme étant du bruit, parmi les coins identifiés au cours de la première étape E1.
- [0093] On note que les coins identifiés comme étant du bruit sont ignorés par les étapes suivantes du procédé.
- [0094] Au cours de la deuxième étape E2 de détection du bruit, on mesure la longueur d'un deuxième segment de droite de base Db2 reliant le premier point et le dernier point de la ligne polygonale L1.
- [0095] Selon l'exemple de réalisation de l'invention illustré à la [Fig.3], le deuxième segment de droite de base Db2 rejoint le point P1 et le point P18.
- [0096] Aussi, on mesure successivement la longueur d'un troisième segment de droite de base Db3 reliant le premier coin et le dernier coin de chacun des triangles qui sont délimités par trois coins successifs de la ligne polygonale L1.
- [0097] Autrement dit, au cours de la deuxième étape E2, les coins de la ligne polygonale L1 sont parcourus par groupes de trois, chaque groupe formant un triangle comprenant la troisième base Db3. Par soucis de clarté, à la [Fig.3], seules les bases Db3 reliant les coins C10 et C12, d'une part, et C15 et C17, d'autre part.
- [0098] Si la longueur du deuxième segment de droite de base Db2 est supérieure à une première longueur de référence prédéterminée, et si la longueur du troisième segment de droite de base Db3 courante est inférieure à une seconde longueur de référence prédéterminée, alors les trois coins successifs associés au troisième segment de droite de base Db3 courante sont identifiés comme étant du bruit.
- [0099] Au cours de la deuxième étape E2, tous les coins sont parcourus puis sont identifiés chacun comme étant du bruit, ou non.
- [0100] Selon l'exemple illustré à la [Fig.3], les trois coins C10, C11, C12 qui correspondent aux trois points P10, P11, P12 sont considérés comme du bruit car la longueur du deuxième segment de droite de base Db2 est supérieure à la première longueur de référence prédéterminée et la longueur du troisième segment de droite de base Db3 associé est inférieure à la seconde longueur de référence.
- [0101] A l'inverse, les trois coins C15, C16, C17 qui correspondent aux trois points P15, P16, P17 ne sont pas considérés comme du bruit car la longueur du troisième segment de droite de base Db3 associé est supérieure à la seconde longueur de référence.
- [0102] La première longueur de référence et la deuxième longueur de référence sont définies

par rapport aux dimensions des véhicules susceptibles d'être croisés sur une route.

- [0103] Selon un exemple préféré de réalisation de l'invention, la deuxième étape E2 du procédé vise à s'appliquer uniquement aux véhicules de grande taille supérieurs à 2,75 mètres de long.
- [0104] Aussi, la deuxième longueur de référence peut être établie à 0,4 mètre, par exemple.
- [0105] On notera que le choix de la première longueur de référence et de la deuxième longueur de référence permet de filtrer plus ou moins le bruit présent sur la ligne polygonale L1.
- [0106] A la suite de la deuxième étape E2 de détection du bruit, la première étape E1 de détection des coins est exécutée à nouveau, puis la seconde occurrence de la première étape E1 est suivie par la troisième étape E3.
- [0107] Toutefois, à titre non limitatif, il est envisageable de répéter à nouveau la deuxième étape E2 de détection du bruit à la suite de la seconde occurrence de la première étape E1.
- [0108] La troisième étape E3 d'identification d'une concavité globale est exécutée en faisant abstraction des coins identifiés comme étant du bruit au cours de la deuxième étape E2.
- [0109] La troisième étape E3 consiste à calculer successivement l'aire de chacun des triangles délimités par trois coins de la ligne polygonale L1, chacun des triangles comprenant un premier coin identifié concave au cours de la première étape E1, un deuxième coin qui précède directement ledit premier coin, et un troisième coin qui succède directement ledit premier coin.
- [0110] Si l'aire calculée est supérieure à une aire de référence, alors ledit premier coin identifié concave qui est associé à l'aire calculée est considéré suffisamment concave.
- [0111] L'aire de référence utilisée au cours de la troisième étape E3 est déterminée en fonction de la longueur d'un quatrième segment de droite de base Db4 qui relie le premier coin et le dernier coin de la ligne polygonale L1.
- [0112] Selon l'exemple de réalisation de l'invention illustré à la [Fig.4], le quatrième segment de droite de base Db4 rejoint le point P1 et le point P18.
- [0113] Selon un exemple de réalisation préféré, l'aire de référence utilisée au cours de la troisième étape E3 peut prendre cinq valeurs différentes.
- [0114] Une première valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base Db4 est supérieure à 8 mètres, une deuxième valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base Db4 est comprise entre 8 mètres et 5,5 mètres, une troisième valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base Db4 est comprise entre 5,5 mètres et 2,75 mètres, une quatrième valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base Db4 est comprise entre 2,75 mètres et 1,5 mètre, et une cinquième valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base Db4 est inférieure à 1,5 mètre.
- [0115] Ainsi, la première valeur correspond globalement à la longueur d'un grand camion,

la deuxième valeur correspond à la longueur d'un camion, la troisième valeur correspond à la longueur d'une voiture ou d'une camionnette, la quatrième valeur correspond à la longueur d'une moto et la cinquième valeur correspond à la longueur d'un objet plus petit qu'une moto.

- [0116] Aussi, la première valeur de l'aire de référence est égale à 1,5 mètre carré, la deuxième valeur de l'aire de référence est égale à 0,75 mètre carré, la troisième valeur de l'aire de référence est égale à 0,56 mètre carré, la quatrième valeur de l'aire de référence est égale à 0,4 mètre carré, la cinquième valeur de l'aire de référence est égale à 0,3 mètre carré.
- [0117] Selon l'exemple de réalisation de l'invention illustré à la [Fig.4], on considère que la ligne polygonale L1 comprend deux coins concaves, à savoir le coin C6 et le coin C16.
- [0118] On considère également que l'aire du triangle délimité par le coin C6 concave, le coin C1 directement précédent et le coin C7 directement suivant, est supérieure à l'aire de référence définie en fonction de la longueur du quatrième segment de droite de base Db4.
- [0119] Par conséquent, le coin C6 est considéré comme suffisamment concave et donc comme marquant une cassure entre deux objets, ici entre le camion 10 et la rambarde 12.
- [0120] A l'inverse, on considère que l'aire du triangle délimité par le coin C16 concave, le coin C15 directement précédent et le coin C17 directement suivant est inférieure à l'aire de référence définie en fonction de la longueur du quatrième segment de droite de base Db4.
- [0121] Par conséquent, le coin C16 n'est pas considéré comme suffisamment concave, il ne marque pas une cassure entre deux objets distincts.
- [0122] On notera que plus le quatrième segment de droite de base Db4 est grand, plus l'aire du triangle comprenant un coin concave devra être grande pour que ledit coin soit considéré comme suffisamment concave.
- [0123] Selon un autre aspect de l'invention, on notera que le calculateur 17 qui équipe le véhicule 14 automobile est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'invention.
- [0124] Naturellement, l'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de réalisation de l'invention sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de détection d'une concavité globale sur une ligne polygonale (L1), ladite ligne polygonale (L1) étant formée par une suite de points successifs qui sont reliés deux à deux par un segment de droite et qui sont issues d'une image captée par un capteur d'acquisition d'images (16), caractérisé en ce qu'il comprend au moins :

- une première étape (E1) de détection de coins, qui exécute un algorithme de simplification de la ligne polygonale (L1) visant à limiter le nombre de points appartenant à la ligne polygonale (L1), les points conservés étant considérés comme des coins, un coin étant considéré concave si l'angle qu'il forme est rentrant, du point de vue dudit capteur d'acquisition d'images (16),
- une deuxième étape (E2) de détection du bruit qui exécute un algorithme de détection du bruit consistant à identifier les coins de la ligne polygonale (L1) considérés comme étant du bruit, parmi les coins identifiés au cours de la première étape (E1), et
- une troisième étape (E3) d'identification d'une concavité globale, qui consiste à calculer successivement l'aire de chacun des triangles délimités par un coin identifié concave, le coin précédent et le coin suivant de la ligne polygonale (L1) en faisant abstraction des coins identifiés comme étant du bruit, si l'aire calculée est supérieure à une aire de référence, alors ledit coin identifié concave est considéré suffisamment concave.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'algorithme de simplification exécuté au cours de la première étape (E1), consiste à :

- sélectionner le premier point, formant une première borne, et le dernier point, formant une deuxième borne, de la ligne polygonale (L1),
- déterminer le point distal (Pdist) qui est le point de la ligne polygonale (L1) le plus éloigné d'un premier segment de droite de base (Db1) qui relie la première borne et la deuxième borne,

- calculer la distance entre le point distal (Pdist) et ledit premier segment de droite de base (Db1), si ladite distance calculée est supérieure à une distance de référence, alors le point distal (Pdist) est considéré comme étant un coin,

et en ce que l'algorithme de simplification est appelé de manière récursive sur des sous-parties de la ligne polygonale (L1), si un coin est trouvé.

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au cours de la deuxième étape (E2) :

- on mesure la longueur d'un deuxième segment de droite de base (Db2) reliant le premier point et le dernier point de la ligne polygonale (L1),
- on mesure successivement la longueur d'un troisième segment de droite de base (Db3) reliant le premier coin et le dernier coin de chacun des triangles qui sont délimités par trois coins successifs de la ligne polygonale (L1),
- si la longueur du deuxième segment de droite de base (Db2) associé est supérieure à une première longueur de référence prédéterminée, et si la longueur du troisième segment de droite de base (Db3) est inférieure à une seconde longueur de référence prédéterminée, alors lesdits trois coins successifs associés audit troisième segment de droite de base (Db3) sont considérés comme étant du bruit.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première étape (E1) est exécutée à nouveau à la suite de la deuxième étape (E2) en faisant abstraction des coins identifiés comme étant du bruit au cours de la deuxième étape (E2).

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite aire de référence utilisée au cours de la troisième étape (E3) d'identification d'une concavité globale est déterminée en fonction de la longueur d'un quatrième segment de droite de base (Db4) qui relie le premier coin et le dernier coin de la ligne polygonale (L1).

[Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite aire de

référence utilisée au cours de la troisième étape (E3) d'identification d'une concavité globale est égal à :

- une première valeur si la longueur du quatrième segment de droite de base (Db4) qui relie le premier coin et le dernier coin de la ligne polygonale (L1) est supérieure à 8 mètres,
- une deuxième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base (Db4) est comprise entre 8 mètres et 5,5 mètres,
- une troisième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base (Db4) est comprise entre 5,5 mètres et 2,75 mètres,
- une quatrième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base (Db4) est comprise entre 2,75 mètres et 1,5 mètre, et
- une cinquième valeur si la longueur dudit quatrième segment de droite de base (Db4) est inférieure à 1,5 mètre.

ladite première valeur de l'aire de référence est égale à 1,5 mètre carré, ladite deuxième valeur de l'aire de référence est égale à 0,75 mètre carré, ladite troisième valeur de l'aire de référence est égale à 0,56 mètre carré, ladite quatrième valeur de l'aire de référence est égale à 0,4 mètre carré, ladite cinquième valeur de l'aire de référence est égale à 0,3 mètre carré.

[Revendication 7] Calculateur (17) pour véhicule (14) automobile, configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Revendication 8] Véhicule (14) automobile comprenant un calculateur (17) selon la revendication 7 et au moins un capteur d'acquisition d'images (16).

[Fig. 1]

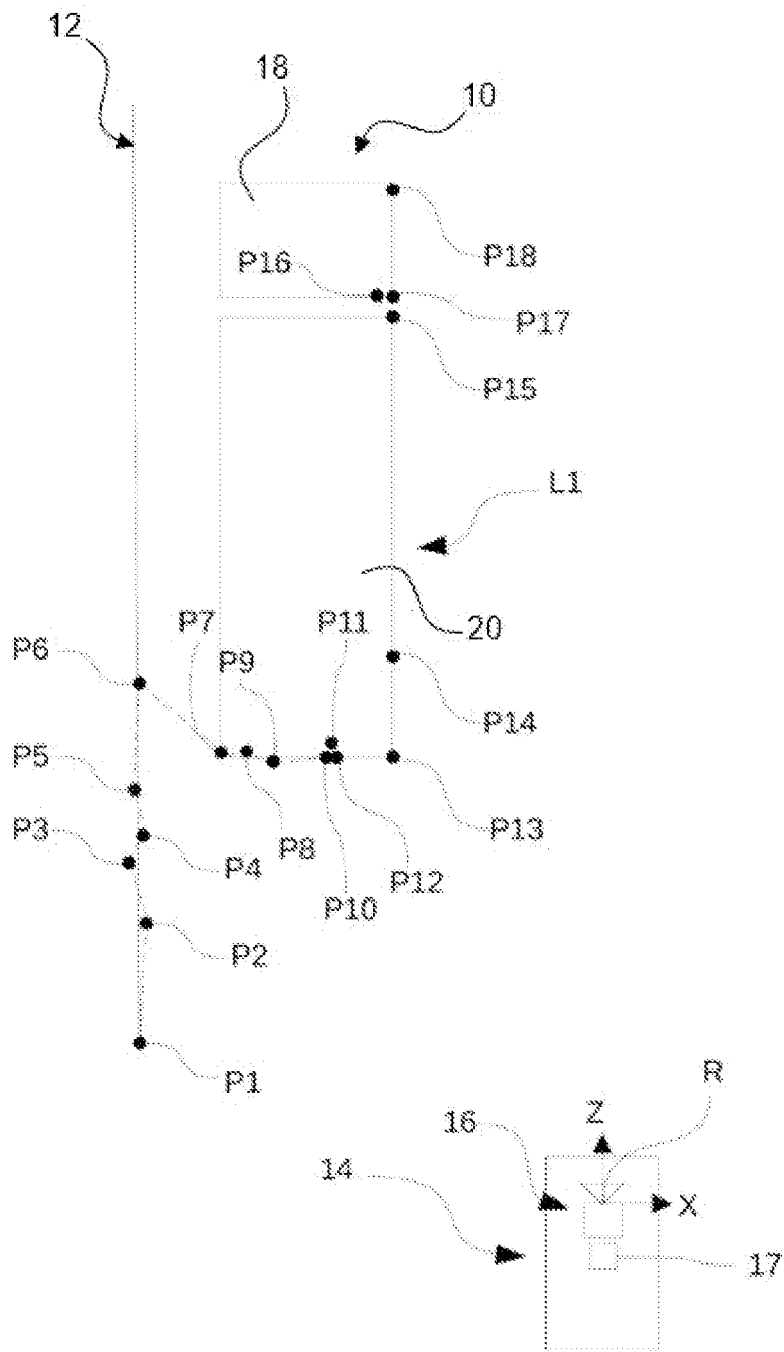


Fig. 1

[Fig. 2]

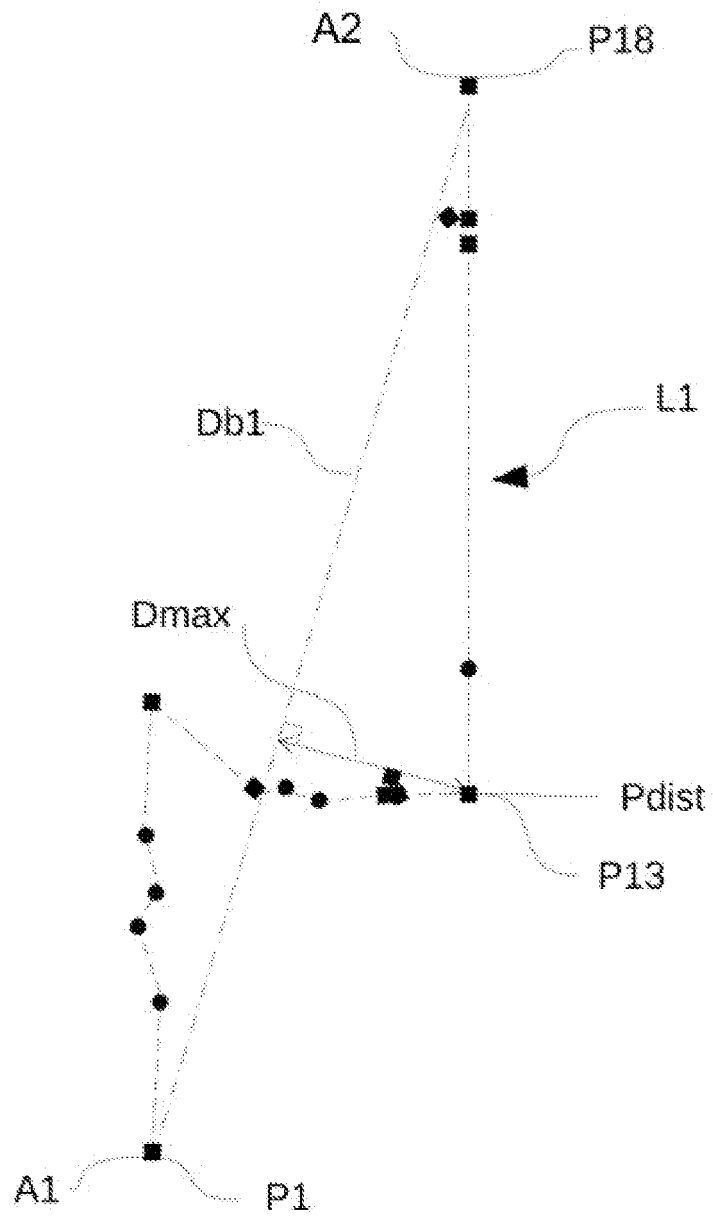


Fig. 2

[Fig. 3]

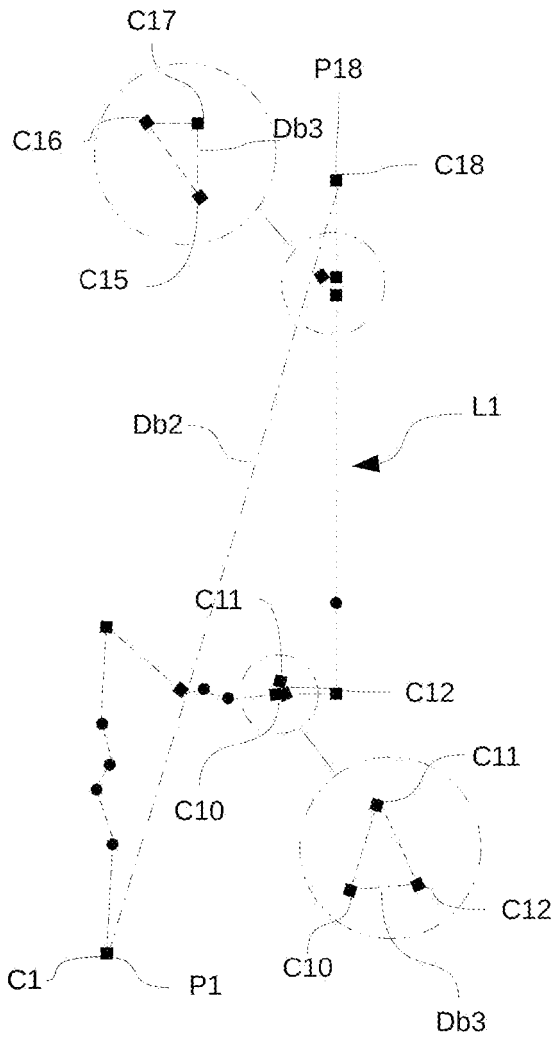


Fig. 3

[Fig. 4]

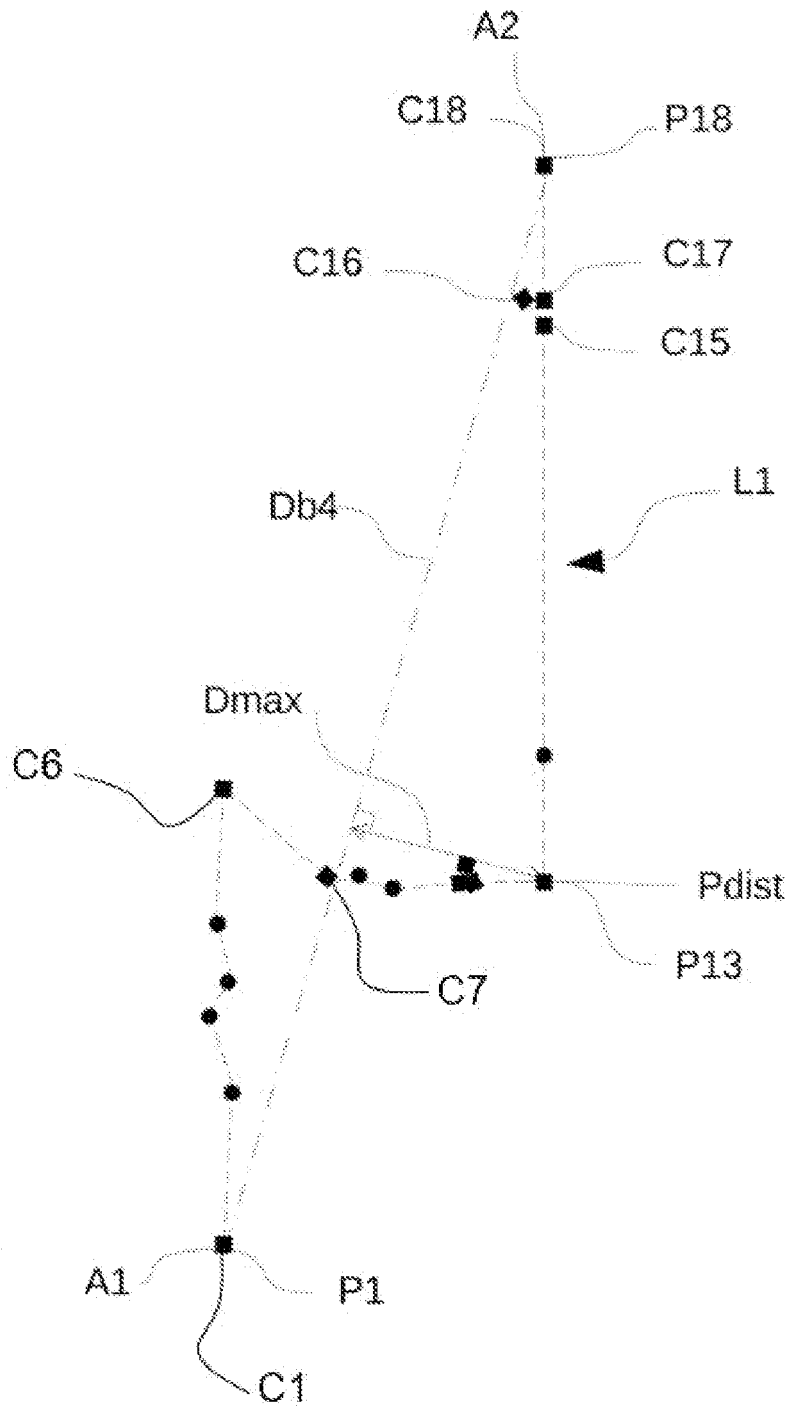


Fig. 4

[Fig. 5]

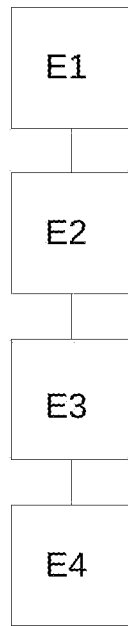


Fig. 5

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 907872**  
**FR 2206447**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>CN 105 866 790 B (UNIV CHONGQING) 10 août 2018 (2018-08-10) * abrégé; figures 3b, 3c * * figures 2b, 2c, 2d * * section "Background technique"; page 7 * * section "Summary of the Invention"; pages 8-12 * * section "Drawings"; page 8 * * section "Detailed Description"; pages 12-20 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1, 2, 4-7	G06T7/64
A	<p>CN 114 119 940 A (CHENGDU INFORMATION ENGINEERING UNIV) 1 mars 2022 (2022-03-01) * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>G06T</p>
A	<p>CASTAGNO JEREMY ET AL: "Polylidar - Polygons From Triangular Meshes", IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, IEEE, vol. 5, no. 3, 13 juin 2020 (2020-06-13), pages 4634-4641, XP011795874, DOI: 10.1109/LRA.2020.3002212 [extrait le 2020-06-25] * le document en entier *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
28 février 2023		Rodes Arnau, Isabel	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2206447 FA 907872**

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 **28-02-2023**  
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
<b>CN 105866790</b>	<b>B</b>	<b>10-08-2018</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				
<b>CN 114119940</b>	<b>A</b>	<b>01-03-2022</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				