

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
 INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
 COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 147 627**  
 (à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
 21 N° d'enregistrement national : **23 03350**  
 51 Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 B 11/14 (2023.01), G 06 T 7/00**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

22 Date de dépôt : 04.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.10.24 Bulletin 24/41.

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) : *ORANGE Société anonyme* — FR.

72 Inventeur(s) : *COUTANT Stéphane et CUMIN Julien.*

73 Titulaire(s) : *ORANGE Société anonyme.*

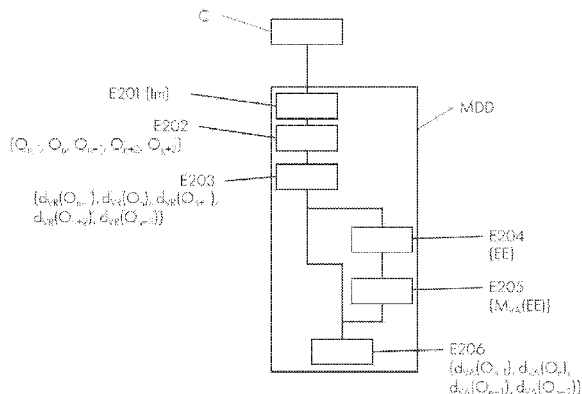
54 **Procédé de détermination de distances.**

57 Procédé de détermination de distances en valeur absolue entre des éléments d'une image (Im) capturée par une ca-

méra monoculaire (C) et ladite caméra, caractérisé en ce qu'il met en œuvre ce qui suit au niveau d'un dispositif de

détermination de distances (MDD):  
 - recevoir (E201) l'image capturée,  
 - à partir de l'image reçue :  
 -- identifier (E202) des éléments représentés sur l'image,-- déterminer (E203) des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,-- identifier (E204) au moins un élément étalon (EE) dans ladite image,  
 -- déterminer (E205) les dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon,  
 -- déterminer (E206), sur la base des dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon et des distances en valeur relative entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.

Figure pour l'abrégié : Figure 2



FR 3 147 627 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de détermination de distances**

#### **Domaine de l'invention**

- [0001] Cette invention se rapporte au domaine de l'analyse des images et du repérage dans l'espace.
- [0002] Plus précisément, l'invention porte sur la détermination de distances entre des éléments d'une image capturée par une caméra monoculaire et ladite caméra .

#### **Art antérieur**

- [0003] La multiplication des objets mobiles communicants autonomes ou semi-autonomes (drones, robots autonomes, voitures connectées) induit le besoin de recourir à des moyens de repérage dans l'espace/ l'environnement proche et notamment des moyens d'estimation de distances. Cette estimation de distances peut notamment être réalisée grâce à l'utilisation de caméras/capteurs vidéos dont les images sont analysées par la suite.
- [0004] Par détermination de distances, on fera ici référence à la distance entre les différents éléments présents dans l'espace tridimensionnel capté/filmé par la caméra et l'objectif de ladite caméra. Par la suite, on parlera aussi de distance entre un « élément » et un « point de vue » ou encore de distance « élément-point de vue ». Un tel élément peut faire référence à un élément tridimensionnel (par exemple un objet, une personne, une structure, etc.), à sa représentation dans une image en deux dimensions sous la forme d'un pixel ou de groupement de pixels. Le point de vue fait référence à la position de l'objectif du terminal ayant généré l'image (caméra vidéo, appareil photo etc.), dans l'espace tridimensionnel.
- [0005] Par extrapolation, cette détermination de distances peut également permettre de déterminer les distances entre des éléments de l'espace tridimensionnel et un élément spécifique sur lequel est fixée la caméra (par exemple une voiture ou un drone).
- [0006] L'une des difficultés relatives à la détermination de distances par l'intermédiaire de caméras réside dans le fait que ces distances sont mesurées au sein d'un espace tridimensionnel, tandis que les images capturées par la caméra n'ont que deux dimensions.
- [0007] Une solution consiste à utiliser des caméras stéréoscopiques ou télémétriques (Laser, Lidar). Grâce à leurs deux objectifs, les caméras stéréoscopiques peuvent capturer des images d'une scène depuis deux points de vue différents. La distance séparant chaque optique l'un de l'autre étant connue, il est ensuite possible, grâce à des mesures stéréoscopiques, de déterminer les distances qui séparent la caméra des éléments de la scène.
- [0008] De leur côté, les caméras télémétriques, qui sont directement conçues pour mesurer de distances, adressent convenablement ce besoin.

- [0009] Toutefois, ces deux types de caméra (stéréoscopique et télémétrique) présentent le désavantage d'être onéreuses et relativement rares, ce qui complexifie leur recours.
- [0010] Parallèlement, il existe des procédés de traitement d'images permettant d'estimer les distances entre les éléments d'une scène et une caméra équipée d'un objectif monoculaire.
- [0011] Ces procédés ont recours à des algorithmes (par exemple MiDaS ou tout autre algorithme connu de l'homme du métier) sous forme de réseaux de neurones entraînés à prédire les distances relatives (à un facteur d'échelle près) entre le point de vue et chacun des pixels de l'image, sans même recourir nécessairement à l'analyse sémantique des objets de la scène. Ces algorithmes produisent un tableau 2D des proximités relatives correspondants à chaque pixels.
- [0012] Parallèlement, il existe également d'autres algorithmes, tels YOLO (You Only Look Once, Unified, Real-Time Object Detection) ou Detectron, qui sont capables de mettre en œuvre une détection d'objets, dans le but d'avoir une compréhension sémantique de la scène. Ces algorithmes produisent une collection de « détections » chacune ayant l'information suivante : type d'objet, confiance dans la détection, rectangle englobant la forme et éventuellement masque des pixels.
- [0013] Les éléments ainsi identifiés sur l'image sont analysés (ligne de fuite, point de vue/observation, focale, etc.) afin de déterminer les distances entre les éléments de la scène et l'objectif capturant la scène.
- [0014] Bien que ces solutions permettent d'utiliser des caméras non stéréoscopiques, plus largement diffusées et moins onéreuses que les caméras stéréoscopiques ou télémétriques, elles présentent aussi le désavantage de ne calculer les distances qu'en valeur relative (à un facteur d'échelle près) et non pas en valeur absolue.
- [0015] Ici, l'expression « distances en valeur relative » signifie que les distances entre l'objectif de la caméra et les éléments de la scène capturée sont déterminées relativement, les unes par rapport aux autres.
- [0016] Par exemple, une solution d'estimation de distances en valeur relative détermine qu'un élément A de la scène capturée est à une distance  $x$  de l'objectif du capteur vidéo, tandis qu'un élément B de la scène est à une distance de  $2x$  de ce capteur ou qu'un élément C de la scène est à une distance de  $0.75x$  de ce capteur.
- [0017] Une distance en valeur absolue renvoie à une distance établie selon une mesure issue d'un système d'unité tel que par exemple le système international (centimètre, mètre, etc.), impérial (pouce, pied, etc.), etc.
- [0018] Par exemple, si  $x = 2$  mètres, l'élément A de la scène capturée est à une distance 2m de l'objectif du capteur vidéo, tandis que l'élément B de la scène est à une distance de 4m de ce capteur ou que l'élément C de la scène est à une distance de 1,5m de ce capteur.

- [0019] Un calibrage préalable des solutions « caméra monoculaire + algorithmes » permet de déterminer, par extrapolation, les distances en valeur absolue entre les éléments présents sur l'image et l'objectif de la caméra, sur la base de distances en valeur relative éléments-objectif. Toutefois, ce procédé s'avère chronophage et ne peut pas être déployé dans des contextes où les caméras ou capteur vidéo sont en mouvement.
- [0020] Objet et résumé de l'invention
- [0021] Un des buts de l'invention est de remédier à au moins un des inconvénients soulignés par l'état de la technique précité en proposant un procédé de détermination de distances utilisant une caméra monoculaire, conforme à l'invention qui va être décrite ci-dessous.
- [0022] A cet effet, un objet de la présente invention concerne un procédé de détermination de distances en valeur absolue entre des éléments d'une image capturée par une caméra monoculaire et ladite caméra, caractérisé en ce qu'il met en œuvre ce qui suit au niveau d'un dispositif de détermination de distances :
- recevoir l'image capturée,
  - à partir de l'image reçue :
    - identifier des éléments représentés sur l'image,
    - déterminer des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,
    - identifier au moins un élément étalon dans ladite image,
    - déterminer des dimensions en valeur absolue du au moins un élément étalon,
    - déterminer, sur la base des dimensions en valeur absolue du au moins un élément étalon et des distances en valeur relative entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.
- [0023] L'invention offre l'avantage de permettre de déterminer des distances entre des éléments d'une scène à l'aide d'images produites par une caméra monoculaire standard. L'invention ne nécessite pas de calibrage particulier et peut donc être déployée facilement et instantanément.
- [0024] Selon un mode de réalisation particulier du procédé de détermination de distances en valeur absolue, la détection dudit élément étalon comprend une détection d'une multitude de sous-éléments étalons identiques constituant ledit élément étalon.
- [0025] Ce mode de réalisation permet avantageusement de garantir une détermination plus précise des distances en valeur absolue de l'élément étalon et par la suite des distances en valeur absolue de l'ensemble des éléments identifiés sur l'image. De nombreuses prises de vue ont lieu dans des environnements incluant des éléments standardisés (dalles de plafond, encadrements de porte, marquages au sol, etc.) dont les dimensions sont connues par ailleurs. Le recours à de tels éléments étalons et/ou sous-éléments étalons renforce l'exactitude des mesures de distances en valeur absolue.

- [0026] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la détermination des dimensions en valeur absolue dudit élément étalon comprend la consultation d'une base de données renseignant les dimensions en valeur absolue de l'élément étalon et/ou des sous-éléments étalons constituant ledit élément étalon.
- [0027] Ce mode de réalisation permet à l'invention de s'adapter à un grand nombre d'environnements présentant des éléments étalons différents, en mettant avantageusement à profit des bases de données existantes répertoriant des dimensions d'objets/éléments en valeur absolue (bases de données, fichiers de paramétrage, plans d'immeuble, etc.).
- [0028] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé de détermination de distances en valeur absolue est itéré une pluralité de fois.
- [0029] Ce mode de réalisation présente l'avantage de permettre une détermination de distances, même lorsque les éléments étalons se déplacent relativement au capteur vidéo, typiquement lorsque la caméra est en mouvement. L'invention peut alors avantageusement être implémentée dans des terminaux mobiles ou des véhicules équipés d'un capteur vidéo.
- [0030] L'invention vise également un dispositif de détermination de distances en valeur absolue entre des éléments d'une image capturée par une caméra monoculaire et ladite caméra, caractérisé en ce qu'il met en œuvre ce qui suit au niveau d'un dispositif de détermination de distances:
- recevoir l'image capturée,
  - à partir de l'image reçue :
    - déterminer des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,
    - détecter au moins un élément étalon dans ladite image,
    - déterminer des dimensions en valeur absolue du au moins un élément étalon,
    - déterminer, sur la base des dimensions en valeur absolue du au moins un élément étalon et des distances en valeur relative entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.
- [0031] Un tel dispositif est notamment adapté pour mettre en œuvre le procédé de détermination de distances en valeur absolue selon l'un quelconque des modes de réalisation décrits précédemment.
- [0032] L'invention concerne encore un programme d'ordinateur comportant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de détermination de distances en valeur absolue tel que mentionné ci-dessus.
- [0033] De telles instructions peuvent être stockées durablement dans un support mémoire non transitoire d'un dispositif de détermination mettant en œuvre le procédé de détermination de distances en valeur absolue selon l'invention.

- [0034] Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.
- [0035] L'invention vise également un support d'enregistrement ou support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur pour la mise en œuvre du procédé de détermination de distances en valeur absolue tel que mentionné ci-dessus.
- [0036] Le support d'enregistrement peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM (« *Read Only Memory* » en anglais), par exemple un CD ROM (« *Compact Disc Read-Only Memory* » en anglais), un ADN (acide désoxyribonucléique) synthétique ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple un support mobile, un disque dur ou un SSD (« *Solid State-Drive* » en anglais).
- [0037] D'autre part, le support d'enregistrement peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens, de sorte que le programme d'ordinateur qu'il contient est exécutable à distance. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau, par un exemple un réseau de type Internet.
- [0038] Alternativement, le support d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé de détermination de distances précité.
- [0039] Selon un exemple de réalisation, la présente technique est mise en œuvre au moyen de composants logiciels et/ou matériels. Dans cette optique, le terme « module » ou « interface » peut correspondre dans ce document aussi bien à un composant logiciel, qu'à un composant matériel ou à un ensemble de composants matériels et logiciels.

### **Brève description des dessins**

- [0040] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, et des dessins annexés, parmi lesquels :
- [0041] La [Fig.1a] représente un exemple d'architecture dans laquelle le procédé de détermination de distances est mis en œuvre.
- [0042] La [Fig.1b] complète l'un exemple d'architecture de la [Fig.1a] dans laquelle le procédé de détermination de distances est mis en œuvre.
- [0043] La [Fig.2] décrit les étapes du procédé selon un mode de réalisation.
- [0044] La [Fig.3] illustre une image issue de l'exemple d'architecture présentée dans les

figures [Fig.1a] et [Fig.1b].

[0045] La [Fig.4] décrit les étapes du procédé selon un mode de réalisation.

[0046] La [Fig.5] décrit un autre exemple d'architecture dans laquelle le procédé de détermination de distances est mis en œuvre.

[0047] La [Fig.6] décrit un exemple de dispositif détermination de distances dans un mode de réalisation de l'invention.

### **Description détaillée**

[0048] Description d'un exemple d'architecture dans laquelle le procédé détermination de distances est mis en œuvre

[0049] En référence à la [Fig.1a] est décrit un exemple d'architecture dans laquelle le procédé de détermination de distances est mis en œuvre. Cette architecture comprend :

- un environnement Env au sein duquel on trouve :
- une caméra C associée à un objectif PV, ladite caméra étant placée dans un espace tridimensionnel (représenté en coupe de haut),
- plusieurs éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ , constitutifs de l'environnement Env,
- un dispositif de détermination de distances MDD recevant les images capturées par la caméra C.

[0050] Selon les modes de réalisation envisagés, l'environnement Env est composé de plusieurs éléments (objet, personne, mur, sol, plafond, bâtiment, etc.),

[0051] L'objectif PV est associé à une ligne de vue LV correspondant à l'orientation du couple caméra + objectif. L'objectif PV est également associé à un champ de vision (représenté par la zone claire sur la figure) délimité par des bordures de champ gauche  $BC_G$  et droite  $BC_D$ , ainsi que par des bordures de champs haute et basse non représentées sur la figure.

[0052] Les éléments placés entre ces bordures de champ depuis le point de vue de l'objectif constituent des éléments d'une scène capturée par la caméra C et seront donc visibles au sein d'une image capturée par la caméra.

[0053] Les éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$  respectivement un mur, une table une chaise, un téléviseur, sont placés à de distances respectives  $d(O_{n-1})$ ,  $d(O_n)$ ,  $d(O_{n+1})$ ,  $d(O_{n+2})$  de l'objectif PV.

[0054] Selon différents modes de réalisation envisagés, les distances  $d(O_{n-1})$ ,  $d(O_n)$ ,  $d(O_{n+1})$ ,  $d(O_{n+2})$  désignent la distance entre le point de vue PV et le point le plus proche de chaque élément.

[0055] Selon d'autres modes de réalisation, ces distances peuvent désigner les distances entre le point de vue PV et le barycentre de ces éléments.

[0056] Selon différents modes de réalisation envisagés, le dispositif de détermination de distances peut être physiquement solidaire de la caméra au sein d'un terminal connecté

(par exemple un smartphone ou une tablette) comme dans l'exemple illustré, être intégré à la caméra (par exemple dans le cas d'une caméra connectée ou d'une caméra de vidéosurveillance) ou encore constituer un terminal tiers indépendant (non représenté).

[0057] Description d'éléments complémentaires appartenant à l'architecture dans laquelle le procédé de détermination de distances est mis en œuvre

[0058] La figure [Fig.1b] représente d'autres éléments appartenant à l'architecture illustrée sur la figure [Fig.1a].

[0059] Cette architecture comprend, en sus des éléments illustrés sur la [Fig.1a] :

- un élément  $O_{n+3}$ , correspondant à une dalle de plafond,
- un élément  $O_{n+4}$ , correspondant à un assemblage de dalles de plafond (dont l'élément  $O_{n+3}$ ) de 6 dalles par 6, soit 36 dalles.

[0060]  $O_{n+3}$  et  $O_{n+4}$  sont respectivement à des distances  $d(O_{n+3})$  et  $d(O_{n+4})$  de l'objectif PV.

[0061] Description des principales actions mises en œuvre dans le procédé de détermination de distances

[0062] La figure [Fig.2] représente les étapes mises en œuvre par le procédé de détermination de distances, dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le procédé étant mis en œuvre dans une architecture similaire à celle décrite sur les figures [Fig.1a] et [Fig.1b].

[0063] En E201, le dispositif de détermination de distances MDD reçoit une image  $Im$  en provenance de la caméra  $C$ , l'image  $Im$  étant représentative de la scène dans un environnement  $Env$  similaire à celui illustré sur les figures [Fig.1a] et [Fig.1b]. Selon d'autres modes de réalisation envisageables, le dispositif de détermination de distances MDD peut recevoir un contenu vidéo contenant une succession d'images  $Im$ .

[0064] Un exemple d'une telle image  $Im$  est représenté sur la figure [Fig.3].

[0065] L'image  $Im$  est générée par la caméra  $C$  de la figure [Fig.1a], laquelle capture des éléments de l'environnement  $Env$  selon le point de vue PV, en fonction de l'axe LV, et le cadrage délimité par les bordures de champs  $BC_G$ ,  $BC_D$ .

[0066] Selon les contextes, cette image peut constituer une image fixe ou faire partie d'un contenu vidéo.

[0067] La figure [Fig.3] inclut les images des éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ , illustrés en [Fig.1a] ainsi que les éléments  $O_{n+3}$ ,  $O_{n+4}$  illustrés en [Fig.1b].

[0068] En référence à nouveau à la [Fig.2], en E202, le dispositif de détermination de distances MDD identifie des éléments au sein de l'image  $Im$  prise par la caméra  $C$  de l'environnement  $Env$ .

[0069] Selon ce mode opératoire, le dispositif identifie les éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ ,  $O_{n+4}$ .

[0070] Le nombre d'éléments identifiés est ici donné à titre d'exemple. Bien entendu, le

nombre d'éléments identifiés peut varier selon le type d'environnement Env.

- [0071] Une telle étape E202 est réalisée par plusieurs traitements spécifiques (algorithmes de segmentation, détection de contours, réseau de neurones, etc.) bien connus de l'homme du métier.
- [0072] Selon d'autres modes de réalisation, l'identification des éléments porte directement sur les pixels (sans regroupement, segmentation de l'image). Les éléments identifiés désignent alors directement les pixels de l'image et il y a alors autant d'éléments identifiés que de pixels au sein de l'image Im.
- [0073] En E203, le dispositif de détermination de distances détermine les distances en valeur relative  $d_{VR}(O_{n-1})$ ,  $d_{VR}(O_n)$ ,  $d_{VR}(O_{n+1})$ ,  $d_{VR}(O_{n+2})$ ,  $d_{VR}(O_{n+3})$ ,  $d_{VR}(O_{n+4})$  respectivement des éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ ,  $O_{n+4}$  identifiés sur l'image en E202.
- [0074] Ici le terme « distance » (relative ou absolue) désigne la distance entre les éléments représentés sur l'image et l'objectif PV de la caméra C dans l'environnement Env.
- [0075] La détermination de distances en valeur relative peut par exemple se baser sur une analyse des lignes de fuites des éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ ,  $O_{n+4}$  identifiés, permettant d'identifier la position du point de vue PV de l'objectif et sa distance relative par rapport aux éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ ,  $O_{n+4}$  identifiés sur l'image Im.
- [0076] En outre, le dispositif de détermination de distances peut recevoir en E201 ou dans une étape de réception distincte de E201, des informations complémentaires en provenance de la caméra C, par exemple des données relatives à la focale de l'objectif PV ou à l'inclinaison de l'objectif PV par rapport à la caméra C, ces données pouvant ensuite être utilisées pour calculer les distances en valeur relative entre l'objectif/point de vue PV et les éléments identifiés.
- [0077] Selon d'autres modes de réalisation, le module de détermination de distances calcule la distance relative de l'ensemble des pixels de l'image. Cette étape repose sur la mise en œuvre d'algorithmes basés sur des réseaux de neurones entraînés à prédire la distance relative entre le point de vue et chacun des pixels de l'image. Ces algorithmes calculent la proximité relative pour chaque « élément pixel » de l'image Im.
- [0078] En E204, le dispositif de détermination de distances MDD identifie/sélectionne un élément étalon EE au sein de l'image Im.
- [0079] Selon les modes de réalisation, le module sélectionne un élément étalon parmi des éléments déjà identifiés en E202 ou identifie l'élément étalon grâce à des algorithmes de détection d'objet et/ou de segmentation d'instances, connus de l'homme du métier.
- [0080] Selon certains modes de réalisation, les critères de sélection des éléments étalons peuvent être figés/prédéfinis. Le dispositif de détermination de distances identifie alors un ou plusieurs éléments spécifiques (encadrement de fenêtre, dalle de plafond, carrelage, etc.).

- [0081] Selon d'autres modes de réalisation, l'identification/sélection des éléments étalons est dynamique. Dans ce cas, le dispositif de détermination de distances cherche un élément étalon EE correspondant à des critères spécifiques (taille de l'élément EE par rapport à la taille globale de l'image Im, position vis-à-vis de la ligne de vue, etc.).
- [0082] Selon des modes de réalisation envisageables, le dispositif de détection de distances peut identifier plusieurs éléments étalons potentiels. Dans ce cas, le module de détermination de distances détecte/sélectionne parmi plusieurs éléments étalons potentiels qu'il a présélectionnés, l'élément qui sera désigné comme étant l'élément étalon. Les critères de sélection de l'élément étalon peuvent varier selon les modes de réalisation. Parmi ceux-ci, on pourra notamment retenir :
- la reconnaissance d'un élément au sein d'une base d'éléments connus,
  - les critères de qualité de l'image au niveau de la zone représentative de l'élément (sur exposition, sous exposition, flou, déformation, etc.),
  - la position de l'élément par rapport à la ligne de vue LV de l'objectif PV, si les lignes de fuite de l'élément sont visibles ou non, l'angle des lignes de fuite,
  - etc.
- [0083] Selon un mode de réalisation, le dispositif de détermination de distances identifie par exemple l'élément  $O_{n+3}$  comme étant un élément étalon EE. Par la suite, l'élément  $O_{n+3}$  sera désigné indistinctement  $O_{n+3}$  ou EE. De même, la distance  $d(O_{n+3})$  entre l'objectif/point de vue et l'élément  $O_{n+3}$  sera désignée indistinctement  $d(O_{n+3})$  ou  $d(EE)$ .
- [0084] Selon certains modes de réalisation, le dispositif de détermination de distances peut identifier plus d'un élément étalon.
- [0085] Si le dispositif de détermination de distances ne parvient pas à identifier au moins un élément étalon, le procédé de détermination de distances se termine, et dans le cas contraire il continue.
- [0086] En E205, le dispositif de détermination de distances MDD établit une mesure en valeur absolue  $M_{VA}(EE)$  des dimensions de l'élément étalon EE.
- [0087] Selon les modes de réalisation envisagés, la détermination des dimensions de l'élément étalon peut reposer sur différentes approches incluant notamment une reconnaissance précise de l'élément identifié :
- données prédéterminées (exemple : une personne = 1m75, une dalle de plafond = 60cm x 60cm, etc.),
  - requête/reseignement manuel : selon un tel mode de réalisation, un utilisateur est invité à renseigner les dimensions en valeur absolue de l'élément étalon par l'intermédiaire d'une interface spécifique associée à un terminal tiers ou à la caméra si cette dernière dispose d'une interface utilisateur,
  - consultation de plans ou de données d'architecture référençant par exemple les dimensions d'un mur ou de l'encadrement d'une fenêtre d'un bâtiment spécifique, etc.,

- consultation d'une base de données, par exemple pour connaître les dimensions de dalles de plafond ou de carreaux au sol, les dimensions de la calandre d'un modèle de voiture spécifique, etc.,

- etc.

[0088] Dans l'exemple représenté, le dispositif de détermination de distances établit que l'élément EE est une dalle en forme de carré dont les côtés mesurent, en valeur absolue, 60 cm.

[0089] Selon des modes de réalisation envisageables, le dispositif de détermination de distances peut recevoir, préalablement à l'étape E205, des données complémentaires en provenance de la caméra ou d'un terminal tiers, par exemple des données de géolocalisation, les références d'une pièce ou d'un bâtiment, permettant de faciliter la détermination des dimensions en valeur absolue  $M_{VA}(EE)$  de l'élément étalon EE.

[0090] Par exemple le dispositif de détermination de distances MDD reçoit, en provenance de la caméra C ou d'un terminal tiers, une information indiquant que la caméra C est placée dans une pièce spécifique. Alors qu'il a sélectionné en E204 l'une des dalles du plafond comme étant un élément étalon, le dispositif de détermination de distances utilise cette information pour rechercher, dans une base de données, les dimensions standards des dalles du plafond dans cette pièce, et obtenir ainsi les dimensions en valeur absolue de ces dalles.

[0091] Dans un mode de réalisation, le dispositif de détermination de distances MDD peut déterminer une mesure en valeur absolue de l'élément étalon selon un indice de confiance, cet indice pouvant dépendre de la taille relative de l'élément étalon au sein de l'image Im (ex : l'élément étalon occupe toute la largeur de l'image Im, l'élément étalon occupe 2% de la surface de l'image Im, etc.), de la netteté de l'élément étalon sur l'image, etc.

[0092] Si le dispositif de détermination de distances ne parvient pas à identifier une mesure en valeur absolue  $M_{VA}(EE)$  des dimensions de l'élément étalon ou si l'indice de confiance associé à la détermination de la mesure des dimensions en valeur absolue de l'élément étalon est inférieur à un seuil prédéterminé, le procédé de détermination de distances se termine, et dans le cas contraire il continue.

[0093] En E206, le dispositif de détermination de distances combine la mesure des dimensions en valeur absolue  $M_{VA}(EE)$  de l'élément étalon EE déterminées en E205 et les distances en valeur relative  $d_{VR}(O_{n-1})$ ,  $d_{VR}(O_n)$ ,  $d_{VR}(O_{n+1})$ ,  $d_{VR}(O_{n+2})$ ,  $d_{VR}(O_{n+3})$ ,  $d_{VR}(O_{n+4})$  déterminées en E202 pour calculer l'ensemble des distances (entre le point de vue et les éléments) en valeur absolue.

[0094] Selon ce mode de réalisation, le dispositif de détermination de distances calcule d'abord la distance en valeur absolue  $d_{VA}(O_{n+3})$  (aussi désignée  $d_{VA}(EE)$ ) entre l'élément étalon  $O_{n+3}$  et l'objectif de la caméra/point de vue PV.

- [0095] Cette première mesure permet de déterminer ensuite, sur la base d'une règle de trois/homothétie, les distances en valeur absolue  $d_{VA}(O_{n-1})$ ,  $d_{VA}(O_n)$ ,  $d_{VA}(O_{n+1})$ ,  $d_{VA}(O_{n+2})$ ,  $d_{VA}(O_{n+4})$  entre respectivement  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+4}$  et l'objectif de la caméra/point de vue PV.
- [0096] Selon un autre mode de réalisation, si le module de détermination de distances a calculé la distance, en valeur relative, de chaque pixel, le module détermine la distance en valeur absolue pour chaque pixel.
- [0097] Selon les modes de réalisation, si le dispositif de détermination de distances a déterminé les dimensions de plusieurs éléments étalons (par exemple  $O_{n-1}$  et  $O_n$ ), la détermination de distances en valeur absolue peut être ajustée selon différentes modalités, par exemple en faisant une moyenne des distances en valeur absolue obtenues pour chaque élément selon qu'on utilise  $O_{n-1}$  et  $O_n$  comme élément étalon ou en pondérant les distances en valeur absolue obtenues pour chaque élément selon qu'on utilise  $O_{n-1}$  et  $O_n$  comme élément étalon selon l'indice de confiance associé à  $O_{n-1}$  et  $O_n$  en tant qu'élément étalon, etc.).
- [0098] Description d'un mode de réalisation du procédé de détermination de distances utilisant un élément échelon composé de sous éléments échelons
- [0099] La figure [Fig.4] représente les étapes mises en œuvre par le procédé de détermination de distances selon un autre mode de réalisation, le procédé se déroulant dans une architecture similaire à celle illustrée sur les [Fig.1a] et [Fig.1b]. L'image  $Im$ , capturée par la caméra  $C$ , est par ailleurs identique à l'image  $Im$  illustrée en [Fig.3].
- [0100] Les étapes E401, E402, E403 sont respectivement similaires aux étapes E201, E202, E203 de la [Fig.2]. A cet effet, elles ne seront pas décrites à nouveau.
- [0101] En E404 le dispositif de détermination de distances MDD identifie, selon des modalités similaires à celles décrites en E204 et illustrées en référence à la [Fig.2], l'élément  $O_{n+4}$  comme étant l'élément étalon EE et l'élément  $O_{n+3}$  comme étant un sous-élément étalon sEE. Dans l'exemple illustré, l'élément étalon EE est composé de 36 sous-éléments étalons sEE selon une distribution de 6 sous-éléments étalons par 6.
- [0102] Selon d'autres modes de réalisation possibles, l'élément étalon correspond à un assemblage de sous-éléments étalons sEE ayant d'autres formes ou constituant d'autres éléments (par exemple des briques, des carreaux). De tels sous-éléments peuvent être assemblés selon une variété de motifs différents (en grille, en quinconce, etc.).
- [0103] En E405, de façon similaire à E205, le dispositif de détermination de distances MDD établit une mesure en valeur absolue  $M_{VA}(EE)$  des dimensions de l'élément étalon EE. Toutefois, dans ce mode de réalisation, le dispositif de détermination de distances détermine d'abord une mesure des dimensions  $M_{VA}(sEE)$  du sous-élément sEE pour déterminer ensuite, par calcul, les dimensions de l'élément étalon.
- [0104] Dans ce mode de réalisation, le sous élément-étalon sEE correspond à un carré de 60

cm sur 60 cm et l'élément étalon EE correspond à un carré de (60 x 6 = 360 cm sur 360 cm).

- [0105] L'étape E406 est similaire à l'étape E206 décrite en référence à la [Fig.2]. A cet effet, elle ne sera pas décrite à nouveau.
- [0106] Description d'un contexte d'utilisation particulier de mise en œuvre du procédé de détermination de distances
- [0107] La [Fig.5] illustre un contexte d'utilisation particulier du dispositif de détermination de distances MDD dans l'architecture illustrée sur les figures [Fig.1a], [Fig.1b].
- [0108] L'architecture de la figure [Fig.5] étant similaire à celle des figures [Fig.1a], [Fig.1b], les éléments identiques ou similaires qui la composent sont désignés avec les mêmes références. Une telle architecture se distingue de celle des figures [Fig.1a], [Fig.1b] en ce que :
- la caméra C est placée sur un véhicule V, lequel se déplace selon un vecteur de mouvement (non représenté),
  - les éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ , et  $O_{n+4}$ , désignent respectivement un premier véhicule, une borne routière, un piéton, un second véhicule, un marquage au sol, un ensemble de marquages au sol.
- [0109] Du point de vue de la caméra C, l'ensemble des éléments  $O_{n-1}$ ,  $O_n$ ,  $O_{n+1}$ ,  $O_{n+2}$ ,  $O_{n+3}$ , et  $O_{n+4}$  se déplacent chacun selon des vecteurs spécifiques (non représentés sur la figure).
- [0110] Le mode de réalisation au sein de cette architecture correspond à une mise en œuvre itérative du procédé de détermination de distances décrit en référence à la [Fig.2].
- [0111] Un autre mode de réalisation au sein de cette architecture correspond à une mise en œuvre itérative du procédé de détermination de distances décrit en référence à la [Fig.4].
- [0112] Lesdits procédés de détermination de distances décrits en référence aux figures [Fig.2] et [Fig.4] peuvent être itérés de façon régulière selon une fréquence donnée ou être déclenchés ponctuellement à la suite d'évènements particuliers, par exemple lorsque le véhicule V dépasse une certaine vitesse ou se déplace en marche arrière, etc.
- [0113] Description d'un dispositif de détermination de distances dans un mode de réalisation de l'invention
- [0114] La [Fig.6] présente la structure simplifiée d'un dispositif détermination de distances MDD correspondant à un mode de réalisation particulier de l'invention mis en œuvre dans une architecture tel qu'illustrée en [Fig.1a] et [Fig.1b] et/ou [Fig.5].
- [0115] Un tel dispositif comprend, selon l'invention, un module de communication E/R adapté pour recevoir des informations depuis ou vers la caméra C ou vers un terminal tiers non représenté.
- [0116] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, les actions exécutées par le dispositif MDD, dans le cadre de la mise en œuvre du procédé détermination de

distances de la présente invention, sont mises en œuvre par des instructions d'un programme d'ordinateur PG. Pour cela, le dispositif MDD a l'architecture classique d'un ordinateur et comprend notamment une mémoire MEM, une unité de traitement UTR, équipée par exemple d'un processeur PROC, et pilotée par le programme d'ordinateur PG stocké en mémoire MEM. Le programme d'ordinateur PG comprend des instructions pour mettre en œuvre les étapes du procédé de détermination de distances, en particulier les actions précitées :

- recevoir une image Im capturée par la caméra monoculaire C,
- à partir de l'image reçue :
  - identifier des éléments représentés sur l'image,
  - déterminer des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,
  - identifier au moins un élément étalon EE dans ladite image,
  - déterminer les dimensions en valeur absolue dudit élément étalon,
  - déterminer sur la base des dimensions en valeur absolue dudit élément étalon et des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détermination de distances en valeur absolue entre des éléments d'une image (Im) capturée par une caméra monoculaire (C) et ladite caméra, caractérisé en ce qu'il met en œuvre ce qui suit au niveau d'un dispositif de détermination de distances (MDD) :
- recevoir (E201) l'image capturée,
  - à partir de l'image reçue :
    - identifier (E202) des éléments représentés sur l'image,
    - déterminer (E203) des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,
    - identifier (E204) au moins un élément étalon (EE) dans ladite image,
    - déterminer (E205) des dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon,
    - déterminer (E206), sur la base des dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon et des distances en valeur relative entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.
- [Revendication 2] Procédé de détermination de distances selon la revendication 1, dans lequel l'identification dudit élément étalon (EE) comprend une détection d'une multitude de sous-éléments étalons identiques constituant ledit élément étalon (EE).
- [Revendication 3] Procédé de détermination de distances selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la détermination des dimensions en valeur absolue dudit élément étalon (EE) comprend la consultation d'une base de données renseignant les dimensions en valeur absolue de l'élément étalon et/ou des sous-éléments étalons constituant ledit élément étalon.
- [Revendication 4] Procédé de détermination de distances selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le procédé de détermination de distances en valeur absolue est itéré une pluralité de fois.
- [Revendication 5] Dispositif de détermination de distances en valeur absolue entre des éléments d'une image (Im) capturée par une caméra monoculaire (C) et ladite caméra, caractérisé en ce qu'il est configuré pour mettre en œuvre ce qui suit :
- recevoir l'image capturée,
  - à partir de l'image reçue :
    - déterminer des distances en valeur relative, entre les éléments de l'image et la caméra,

- identifier au moins un élément étalon (EE) dans ladite image,
- déterminer des dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon,
- déterminer, sur la base des dimensions en valeur absolue dudit au moins un élément étalon (EE) et desdites distances en valeur relative entre les éléments de l'image et la caméra, les distances en valeur absolue entre les éléments de l'image et la caméra.

[Revendication 6] Programme d'ordinateur comportant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre du procédé de détermination de distances selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur.

[Revendication 7] Support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur pour la mise en œuvre du procédé de détermination de distances selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.



[Fig. 2]

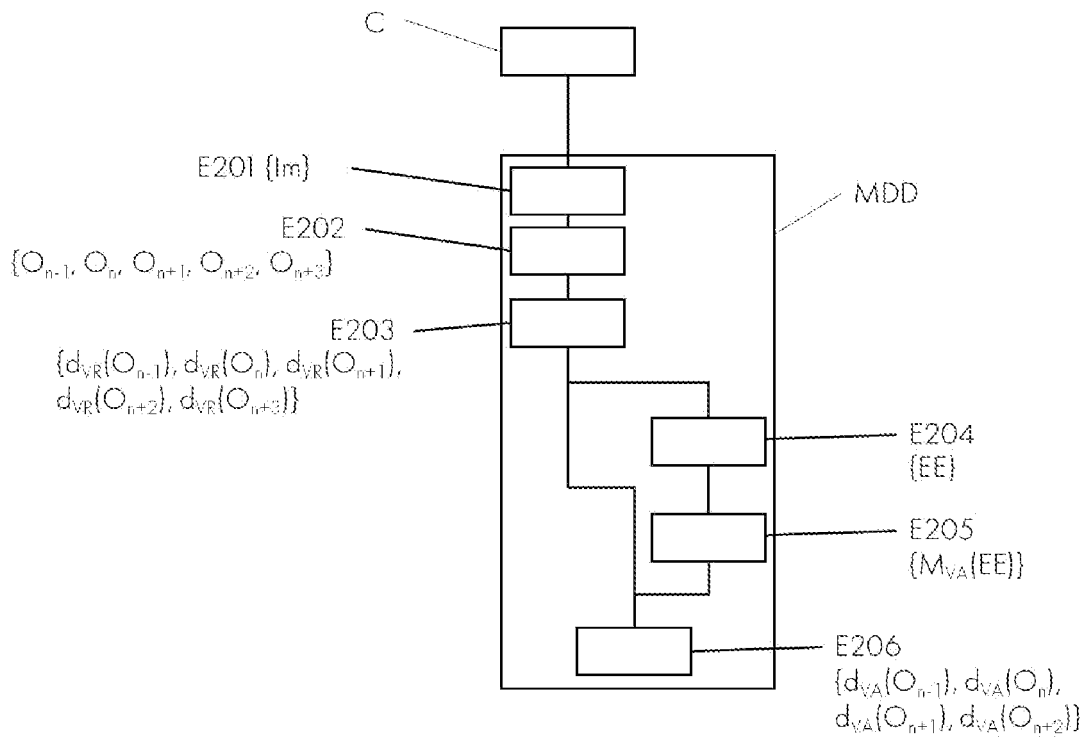


Fig 2

[Fig. 3]

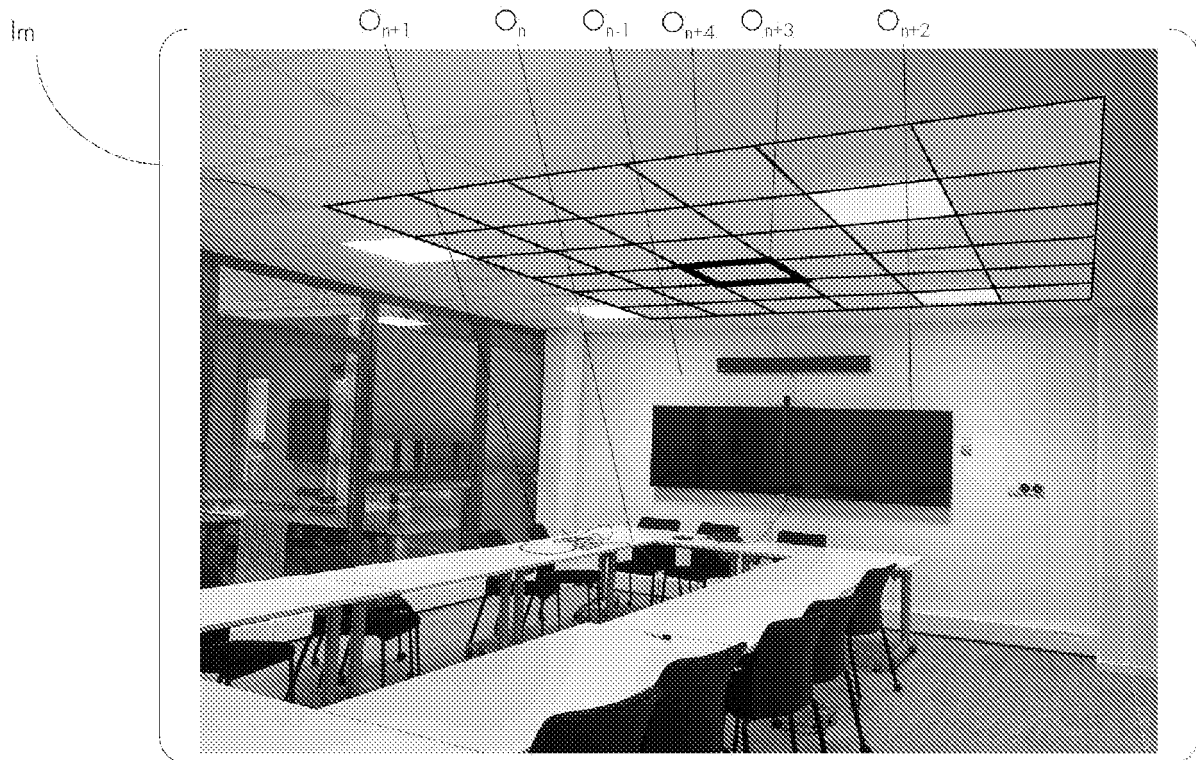


Fig 3

[Fig. 4]

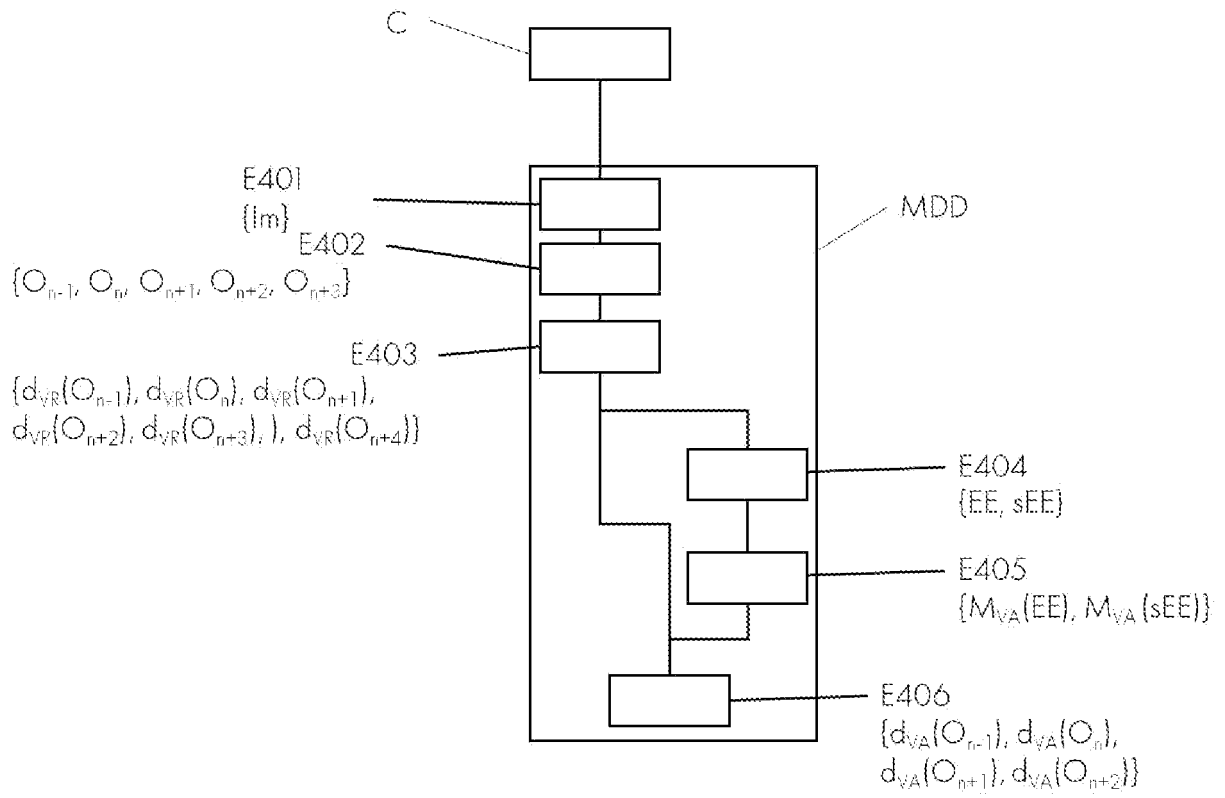


Fig 4

[Fig. 5]

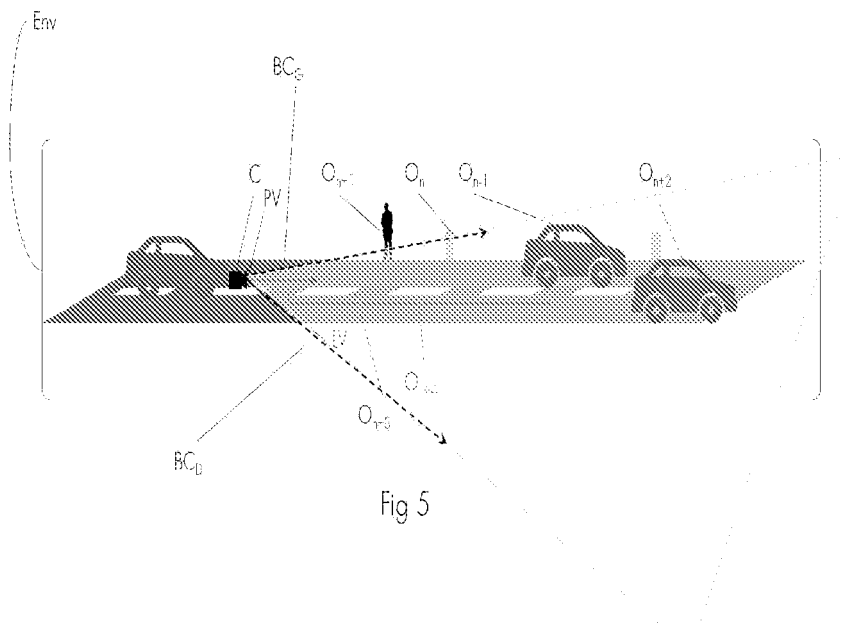


Fig 5

[Fig. 6]

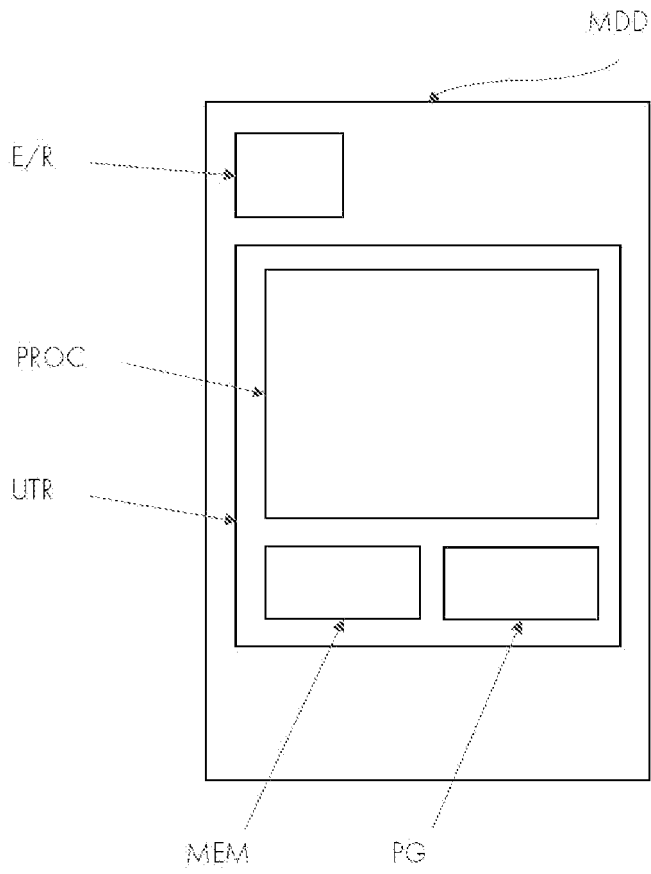


Fig 6

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 917536**  
**FR 2303350**

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		
<b>X</b>	<p><b>CN 114 494 393 A (ALIBUS CHINA CO LTD)</b>  <b>13 mai 2022 (2022-05-13)</b>  <b>* abrégé *</b>  <b>* alinéa [0010] - alinéa [0018] *</b>                      -----</p>	<b>1-7</b>	<p><b>G01B 11/14</b> <b>G06T 7/00</b></p>
			<p><b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b></p>
			<p><b>G06T</b></p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>28 septembre 2023</b>		<b>Turina, Andreas</b>	
<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 2303350 FA 917536**

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 **28-09-2023**  
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 114494393</b>	<b>A</b>	<b>13-05-2022</b>	<b>AUCUN</b>

---