

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.11.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.05.25 Bulletin 25/20.

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) : DON Florian et GELARD William.

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

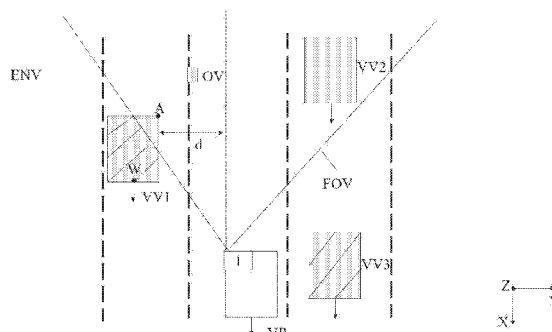
74 Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE
FRANCE.

54 Détection de segments.

57 Procédé de détection d'un véhicule voisin dans un en-
vironnement d'un véhicule principal, par un dispositif d'as-
sistance à la conduite relié à une caméra embarquée sur le
véhicule principal apte à acquérir des images selon un
champ de vue et à des temps d'acquisition,

- obtenir, pour une paire d'images successivement
acquises, au moins un segment latéral et une donnée tem-
porelle associée,
- déterminer une distance latérale associée au segment
latéral à partir d'au moins une mesure effectuée sur une
image de ladite paire d'images,
- déterminer une vitesse associée au segment latéral à
partir de la distance latérale et de la donnée temporelle,
- déterminer, à partir au moins de la vitesse associée au
segment latéral et d'une vitesse du véhicule principal, un
score de plausibilité associé au segment latéral, et
- si le score de plausibilité est supérieur à au moins un
seuil, détecter la présence du véhicule voisin.

Figure de l'abrégé : Figure 2



Description

Titre de l'invention : Détection de segments

Domaine technique

[0001] La présente divulgation relève du domaine des systèmes d'assistance à la conduite et plus particulièrement de la détection automatique de véhicules dans des zones d'intérêt, notamment latérales.

Technique antérieure

[0002] L'essor des Systèmes de Transports Intelligents (ou STI) a conduit au développement de nombreux systèmes embarqués dans les véhicules, notamment de transport routier. De tels systèmes embarqués incluent notamment des systèmes d'assistance à la conduite ou encore de conduite autonome. En particulier, la détection d'objets, dont des véhicules, joue un rôle important dans des problématiques telles que la fluidification du trafic, la sécurité routière ou encore la gestion de l'infrastructure routière (par exemple les panneaux à messages variables ou encore les radars automatiques).

[0003] Dans le cadre des systèmes embarqués dans des véhicules autonomes ou semi-autonomes circulant dans un trafic routier (par exemple, sur une autoroute), la détection d'objets environnant un véhicule concerné est particulièrement importante afin d'éviter des collisions entre le véhicule concerné et d'autres véhicules par exemple. En particulier, dans des systèmes d'assistance au changement de voie, de changement de voie automatique ou encore de détection d'angle mort, une détection précise et anticipée d'obstacles comme un terre-plein central ou un autre véhicule situé sur une voie voisine du véhicule concerné est requise. En effet, si le véhicule autonome concerné ne détecte pas (ou pas de façon suffisamment anticipée) un autre véhicule situé sur une voie voisine et se décale, une collision risque d'avoir lieu entre les deux véhicules.

[0004] Dans un tel contexte, la plupart des procédés de détection de véhicules existants se basent sur des algorithmes de classification permettant d'identifier des véhicules à partir de séquences d'images ou de flux vidéo acquis par des capteurs de vision (typiquement, une caméra). De tels capteurs de vision sont en général disposés à l'avant et/ou à l'arrière du véhicule concerné, de sorte à acquérir des images et/ou séquences d'images d'un champ de vue (en anglais, « *Field of View* ») avant et/ou arrière du véhicule concerné. Les algorithmes de classification peuvent alors identifier un ou plusieurs véhicules voisins du véhicule concerné sur la base d'une reconnaissance frontale des véhicules voisins (c'est-à-dire en identifiant et classifiant des véhicules détectés dans le champ de vue à partir de leur face avant ou arrière).

[0005] Cependant, de tels procédés de détection utilisant des classifieurs de véhicules

s'avèrent inefficaces lorsqu'une face frontale des véhicules voisins n'est pas encore détectable dans le champ de vue, quand bien même de tels véhicules voisins seraient partiellement visibles dans le champ de vue, par exemple via une face latérale partielle. Ainsi, si le véhicule concerné se situe sur une voie d'autoroute et qu'un véhicule voisin se situe relativement au niveau du (ou légèrement derrière le) véhicule concerné sur une voie voisine, une caméra placée à l'arrière du véhicule concerné capterait une portion latérale arrière du véhicule voisin. Dans une telle situation, la face avant du véhicule voisin n'est pas encore visible par la caméra placée à l'arrière du véhicule concerné, par exemple jusqu'à ce que le différentiel de vitesse entre le véhicule concerné et le véhicule voisin soit suffisamment grand pour que le véhicule concerné dépasse complètement le véhicule voisin. Jusqu'à ce qu'un tel dépassement complet se produise, le véhicule voisin se situe donc sensiblement au même niveau que le véhicule concerné et un changement de voie du véhicule concerné sur la voie voisine entraînerait une collision avec le véhicule voisin. Une telle situation de criticité n'est pourtant pas détectable par les procédés de classification existants.

- [0006] Il existe donc un besoin de sécuriser la prise de décision des systèmes d'assistance à la conduite et/ou de conduite autonome, notamment dans un tel contexte de décision de changement de voie. En particulier, il existe un besoin d'une détection et anticipée de véhicules environnant un véhicule concerné avant même qu'une vue frontale (avant ou arrière) de tels véhicules environnants soient visibles dans un champ de vue d'un capteur de vision du véhicule concerné – et donc qu'une classification et qu'un suivi classique de tels véhicules environnants par des classifieurs existants soient possibles-.

Résumé

- [0007] La présente divulgation vient améliorer une telle situation.

- [0008] Il est proposé un procédé de détection d'au moins un véhicule voisin présent dans un environnement d'un véhicule principal, ledit véhicule voisin et ledit véhicule principal étant des véhicules automobiles, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif configuré pour assurer une fonction d'assistance à la conduite du véhicule principal, ledit dispositif étant relié à au moins une caméra embarquée sur le véhicule principal et apte à acquérir des images d'une scène environnant le véhicule principal selon au moins un champ de vue et à des temps d'acquisition,

le procédé comprenant les étapes suivantes :

- obtenir, pour au moins une paire d'images successivement acquises :

* au moins un segment latéral correspondant à un ensemble coplanaire latéral de flots optiques détectés dans le champ de vue, entre les temps d'acquisition respectifs des deux images de ladite paire d'images, et

- * une donnée temporelle liée à un temps de collision associé audit segment latéral,

- déterminer, selon au moins un système de coordonnées prédéfini, une valeur

relative à une distance latérale associée au segment latéral, ladite distance latérale étant déterminée à partir d'au moins une mesure effectuée sur une image parmi les deux images de ladite paire d'images,

- déterminer une vitesse associée au segment latéral à partir de la distance latérale et du temps de collision,
- déterminer, à partir au moins de la vitesse associée au segment latéral et d'une vitesse connue du véhicule principal, un score de plausibilité associé au segment latéral, et
- si le score de plausibilité est supérieur à au moins un seuil prédéterminé, détecter la présence du véhicule voisin dans la scène.

[0009] Par conséquent, le procédé proposé permet la mise en œuvre d'une détection anticipée d'un véhicule voisin au voisin principal, à savoir dès qu'un tel véhicule voisin entre, même partiellement, dans le champ de vue d'une caméra embarquée sur le véhicule principal. Autrement dit, le procédé proposé permet de détecter un véhicule voisin au véhicule principal malgré l'absence de visibilité d'une face frontale avant ou arrière du véhicule voisin sur laquelle la plupart des classifieurs existants s'appuient pour la détection de véhicules.

[0010] Ainsi, le procédé permet à un véhicule principal de bénéficier d'une fonction d'assistance à la conduite dans des instants potentiellement critiques, par exemple lorsque le véhicule principal souhaite effectuer un changement de voie ou un dépassement et que des véhicules voisins sont situés quasiment au même niveau que le véhicule principal, ou encore dans l'angle mort de celui-ci.

[0011] Par une fonction d'assistance à la conduite du véhicule principal, il est fait référence à une fonctionnalité d'un système embarqué sur le véhicule principal permettant d'assister, de guider voire de décider un guidage du véhicule principal. Une telle fonction d'assistance à la conduite peut être mise en œuvre dans le contexte d'un véhicule semi-autonome ou autonome par exemple, avec ou sans conducteur. Une fonction d'assistance à la conduite peut inclure une assistance à la conduite, au changement de voie, au dépassement d'un autre véhicule, ou encore au stationnement par exemple.

[0012] Par un champ de vue, il est fait référence à une portion de l'environnement du véhicule principal couverte par le champ de la caméra. Un tel champ peut par exemple être à l'avant et/ou à l'arrière du véhicule principal.

[0013] Par des images acquises à des temps d'acquisition, il est fait référence à une succession continue ou discrétisée d'images (i.e., en deux dimensions) de la portion de l'environnement comprise dans le champ de vue, associée à une succession d'instantanés auxquels ces images ont été acquises. En particulier, le mouvement des éléments environnant le véhicule principal dans le temps implique un champ de vue couvrant un environnement évolutif : les véhicules et éléments voisins du véhicule principal

présentent un mouvement relatif par rapport au véhicule principal (au fur et à mesure que le véhicule principal se déplace) et/ou un mouvement absolu dans l'environnement.

- [0014] Par un segment latéral correspondant à un ensemble coplanaire latéral de flots optiques détectés dans le champ de vue, entre les temps d'acquisition respectifs des deux images de ladite paire d'images, il est fait référence à l'obtention d'un champ de déplacement de pixels observé entre deux images acquises. Un flot optique peut alors être assimilé à un bipoint (ou vecteur) représentant un déplacement dans l'espace. Un ensemble de flots optiques coplanaires et reflétant un mouvement commun peut alors être associé à un segment. On peut alors distinguer trois différents types de segments dans un environnement à trois dimensions, chaque type de segment étant parallèle à un plan formé par deux axes d'un repère cartésien associé à l'environnement à trois dimensions. Un segment latéral correspond alors à un segment parallèle à un plan dit latéral ou de biais par rapport à un axe principal de circulation du véhicule principal (e.g., sur une voie d'autoroute).
- [0015] Par une donnée temporelle liée à un temps de collision associé audit segment latéral, il est fait référence à une valeur reflétant un temps avant collision entre l'élément associé au segment latéral et le véhicule principal observant un tel segment latéral. Un tel temps de collision peut être déduit par exemple du calcul d'un flot optique, un ensemble de flots optiques coplanaires formant un segment latéral présentant un même temps de collision. Un temps de collision peut alors être associé à un segment latéral.
- [0016] Par une distance latérale, il est fait référence à un écart latéral ou de biais entre l'élément associé au segment latéral détecté et le véhicule principal. Par exemple, dans le cas d'un véhicule principal et d'un véhicule voisin circulant sur deux voies de circulation parallèles (e.g., deux voies d'autoroute), la distance latérale correspond à l'écart latéral séparant les couloirs respectant occupés par les véhicules principal et voisin. Une telle distance latérale reflète ainsi un écart dans l'environnement entre les véhicules principal et voisin.
- [0017] Par un score de plausibilité, il est fait référence à une valeur reflétant une probabilité (ou plausibilité) que le segment latéral détecté corresponde à un véhicule voisin au véhicule principal. Un tel score de plausibilité peut alors être déterminé à partir de paramètres associés au segment latéral (e.g., sa vitesse relative par rapport au véhicule principal, sa vitesse absolue dans l'environnement, sa position dans l'environnement...) et un ou plusieurs seuils de tolérance prédéterminés, qui permettent de délimiter les valeurs desdits paramètres comme plausiblement assimilables à un véhicule. Ainsi, plus le score de plausibilité est élevé, plus l'objet associé au segment latéral peut être plausiblement assimilé à un véhicule.
- [0018] Selon un autre aspect, il est proposé un dispositif configuré pour assurer une fonction

d'assistance à la conduite d'un véhicule principal, ledit dispositif étant relié à au moins une caméra embarquée sur le véhicule principal et apte à acquérir des images d'une scène environnant le véhicule principal selon au moins un champ de vue et à des temps d'acquisition, le dispositif comprenant au moins un circuit de traitement configuré pour mettre en œuvre un procédé de détection d'au moins un véhicule voisin présent dans un environnement du véhicule principal tel que proposé.

- [0019] Selon un autre aspect, il est proposé un programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé tel que proposé lorsque ce programme est exécuté par un processeur.
- [0020] Selon un autre aspect, il est proposé un support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre du procédé tel que proposé lorsque ce programme est exécuté par un processeur.
- [0021] Les caractéristiques exposées dans les paragraphes suivants peuvent, optionnellement, être mises en œuvre, indépendamment les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :
- [0022] Selon un mode de réalisation, la distance latérale associée au segment latéral est déterminée à partir d'un flot optique appartenant au segment latéral choisi de sorte qu'un angle minimal est mesuré entre ledit flot optique choisi et un axe vertical défini selon le système de coordonnées prédéfini.
- [0023] Par conséquent, le procédé proposé permet de déterminer un écart latéral séparant effectivement le véhicule principal de l'objet associé au segment latéral dans l'environnement (qui n'est pas encore identifié par le dispositif comme étant un véhicule ou non à ce stade). Une telle distance latérale peut notamment être obtenue en effectuant des mesures sur l'image présentant le segment latéral. L'angle minimal déterminé permet alors d'assurer que le flot optique choisi pour déterminer la distance latérale est le plus proche du sol parmi l'ensemble des flots optiques formant le segment latéral.
- [0024] Selon un mode de réalisation, la vitesse connue du véhicule principal et la vitesse associée au segment latéral étant chacune composées d'une composante latérale et d'une composante longitudinale selon un système de coordonnées prédéfini, le score de plausibilité varie inversement avec un écart entre la composante longitudinale de la vitesse associée au segment latéral et la composante longitudinale de la vitesse connue du véhicule principal.
- [0025] Par conséquent, le score de plausibilité peut dépendre d'un écart de vitesse d'avancement (ou de déplacement) entre le véhicule principal et l'objet associé au segment latéral. Le score de plausibilité permet alors d'assimiler à un véhicule les segments latéraux présentant une vitesse de déplacement longitudinale proche de la vitesse connue du véhicule principal.

- [0026] Par la composante longitudinale d'une vitesse, il est fait référence à la composante de la vitesse selon la direction d'avancement principale du véhicule. Par exemple, dans le cas d'un véhicule se déplaçant sur une voie d'autoroute, la composante longitudinale de la vitesse correspond à la composante de vitesse selon l'axe de la route (i.e., de la voie d'autoroute). Par la composante latérale d'une vitesse, il est alors fait référence à la composante de la vitesse selon une direction de biais ou latérale par rapport à la direction d'avancement principale du véhicule. Par exemple, dans le cas d'un véhicule se déplaçant sur une voie d'autoroute, la composante latérale de la vitesse correspond à la composante de vitesse selon un axe au sol perpendiculaire à l'axe de la route, i.e., l'axe de déplacement d'un véhicule passant d'une voie d'autoroute à une autre par exemple.
- [0027] Ainsi, l'écart entre les deux composantes longitudinales de deux vitesses permet de quantifier un différentiel de vitesse de déplacement entre le véhicule principal et l'élément associé au segment latéral. Par exemple, si l'élément associé au segment latéral se trouve être un panneau ou une feuille d'arbre, le différentiel de composantes longitudinales de vitesses d'un tel élément et du véhicule principal excédera un seuil de tolérance prédéterminé, ce qui diminuera le score de plausibilité.
- [0028] Selon un mode de réalisation, la vitesse connue du véhicule principal et la vitesse associée au segment latéral étant chacune composée d'une composante latérale et d'une composante longitudinale dans un système de coordonnées prédéfini, le score de plausibilité varie inversement avec une valeur croissante de la composante latérale de la vitesse associée au segment latéral.
- [0029] Par conséquent, le score de plausibilité permet d'évaluer si l'élément associé au segment latéral se déplace dans une direction sensiblement similaire à une direction de déplacement du véhicule principal. En effet, plus la composante latérale de la vitesse associée au segment latéral est grande, plus celle-ci reflète un déplacement latéral significatif de l'élément associé au segment latéral.
- [0030] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre :
- une détermination, selon le système de coordonnées prédéfini, d'une valeur relative à une hauteur associée au segment latéral,
 - et dans lequel le score de plausibilité dépend de la hauteur associée au segment latéral.
- [0031] Par conséquent, le score de plausibilité prend en compte une dimension associée au segment latéral, une telle dimension pouvant refléter une taille ou une hauteur de l'élément associé au segment latéral. Le score de plausibilité permet donc de vérifier que l'élément associé au segment latéral présente une hauteur assimilable à un véhicule.
- [0032] Ainsi, une hauteur insuffisante (e.g., inférieure à un seuil minimal de hauteur

prédéfini) peut indiquer que l'élément associé au segment latéral est « trop bas » pour être assimilable à un véhicule (e.g., un terre-plein central séparant deux voies de circulation). A contrario, une hauteur trop importante (e.g., supérieure à un seuil maximal de hauteur prédéfini) peut indiquer que l'élément associé au segment latéral est « trop haut » pour être assimilable à un véhicule (e.g., un oiseau volant au-dessus des véhicules).

- [0033] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre, après détection de l'état de présence du véhicule voisin correspondant à une présence du véhicule voisin, :
- une détermination, selon le système de coordonnées prédéfini, d'une position d'au moins un point repère associé au segment latéral, ladite position du point repère étant déterminée à partir au moins de la distance latérale associée au segment latéral, et
 - une création d'un objet associé au segment latéral dans le champ de vue de la caméra à partir au moins de la position du point repère.
- [0034] Par conséquent, le procédé proposé permet de détecter la présence d'un véhicule voisin dans l'environnement du véhicule principal, ainsi que d'estimer une position d'un tel véhicule, une fois détecté, dans l'environnement. Le procédé permet également de créer un objet virtuel associé au segment latéral à partir d'une telle position, afin de marquer la présence d'un véhicule voisin détecté.
- [0035] Par un point repère associé au segment latéral, il est fait référence à un point appartenant à l'élément associé au segment latéral, qui est, à ce stade, identifié comme étant un véhicule voisin. Un tel point repère peut par exemple être assimilé à une extrémité avant du véhicule voisin. Un tel point repère peut par exemple être un point dont la position marque une position présumée d'une face avant du véhicule.
- [0036] Par un objet créé associé au segment latéral dans le champ de vue de la caméra, il est fait référence à un objet virtuel superposable à une image acquise par la caméra. Un tel objet virtuel créé est en outre associé au segment latéral au sens où l'objet est estimé de sorte à être superposé sur un emplacement présumé occupé par le véhicule voisin détecté. Un tel objet virtuel est notamment caractérisé par une position dans l'environnement et/ou dans l'image. Un tel objet virtuel peut également être caractérisé par des dimensions de sorte à refléter des dimensions présumées du véhicule détecté.
- [0037] Ainsi, l'objet virtuel créé peut être utilisé afin de fournir une fonction d'assistance à la conduite au véhicule principal, par exemple en affichant un tel objet virtuel sur un champ de vue affichable sur un tableau de bord du véhicule principal par exemple. L'objet virtuel ainsi créé permet alors de représenter l'espace de l'environnement occupé par le véhicule voisin, de sorte qu'un signal ou une alerte peut être déclenché lorsqu'il est détecté que l'espace occupé par le véhicule principal s'approche et/ou coïncide sensiblement avec l'espace occupé par l'objet virtuel.
- [0038] Selon un mode de réalisation, l'objet associé au segment latéral est en outre créé à

partir de dimensions prédéterminées associées à un type de véhicule automobile.

- [0039] Par conséquent, l'objet virtuel créé peut inclure une modélisation du véhicule voisin en représentant l'espace présumé occupé par un tel véhicule. Les dimensions prédéterminées peuvent par exemple correspondre à des dimensions moyennes de véhicules circulant sur une telle portion de l'environnement, ou encore à des dimensions maximales d'un véhicule, de sorte à assister la conduite du véhicule principal dans une configuration « défavorable » (où l'espace de l'environnement occupé par le véhicule principal peut coïncider plus rapidement avec l'espace occupé par le véhicule voisin par rapport à un véhicule de plus petite taille).

Brève description des dessins

- [0040] 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 :
- [0041] [Fig.1] La [Fig.1] montre une schématisation d'un véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0042] [Fig.2] La [Fig.2] montre une vue aérienne d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0043] [Fig.3] La [Fig.3] montre une schématisation d'un dispositif d'assistance à la conduite selon un mode de réalisation.
- [0044] [Fig.4] La [Fig.4] montre des étapes d'un procédé de détection anticipée d'un véhicule selon un mode de réalisation.
- [0045] [Fig.5] La [Fig.5] montre des étapes d'un procédé de détection anticipée d'un véhicule selon un mode de réalisation.
- [0046] [Fig.6] La [Fig.6] montre une prise de vue d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0047] [Fig.7] La [Fig.7] montre une prise de vue d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0048] [Fig.8] La [Fig.8] montre une prise de vue d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0049] [Fig.9] La [Fig.9] montre une prise de vue d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0050] [Fig.10] La [Fig.10] montre une vue aérienne d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0051] [Fig.11] La [Fig.11] montre une modélisation d'un point d'une scène environnant le véhicule principal selon un mode de réalisation.
- [0052] [Fig.12] La [Fig.12] montre un objet virtuel associé à un segment latéral selon un mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

- [0053] Il est fait référence à la [Fig.1]. La [Fig.1] schématise un véhicule principal VP. Le véhicule principal VP peut être un véhicule automobile. Aucune limitation n'est imposée sur le type de véhicule auquel appartient le véhicule principal VP. Le véhicule principal VP peut par exemple être un véhicule particulier, utilitaire, industriel, et peut par exemple correspondre à une voiture, un fourgon, un deux-roues un camion ou encore un bus. Le véhicule principal VP peut également être un véhicule tracté et tractant par exemple une remorque, une semi-remorque ou encore une caravane. Les dimensions du véhicule principal VP peuvent être comprises entre 2 mètres et 20 mètres en longueur, entre 0,5 mètre et 5 mètres en largeur et entre 1 mètre et 5 mètres en hauteur.
- [0054] Le véhicule principal VP est muni d'au moins un système embarqué assurant une pluralité de fonctions ou d'applications du véhicule principal VP. De telles fonctions peuvent par exemple correspondre à une régulation de vitesse, à une direction assistée, à un déploiement d'airbag automatisé, à un réglage automatique des phares...
- [0055] Le véhicule principal VP est en particulier muni d'un système embarqué permettant une détection d'objets environnant le véhicule principal VP, par exemple dans le cadre d'une fonction d'assistance à la conduite de type détection d'obstacles, assistance au changement de voie ou encore changement de voie automatique. Pour cela, le système embarqué du véhicule principal VP comprend un dispositif 2 d'assistance à la conduite. Le dispositif 2 est apte à assurer une fonction d'assistance à la conduite sur la base d'une pluralité de prises de vues (ou images) de l'environnement du véhicule principal VP. Pour cela, le dispositif 2 est notamment relié à un ou plusieurs capteurs de vision comme un appareil de prise de vues ou encore une caméra 1 (le capteur de vision sera considéré être une caméra 1 dans la suite de la description). Le dispositif 2 peut également être apte à transmettre ou communiquer des données, par exemple relatives à la fonction d'assistance à la conduite assurée. Pour cela, le dispositif 2 peut être relié à une interface 50 de communication. Dans un mode de réalisation particulier, l'interface 50 peut être intégrée au dispositif 2. Une telle interface 50 de communication peut par exemple être une interface homme-machine. L'interface 50 peut inclure un écran d'affichage, un écran tactile, un tableau de bord, et/ou encore un haut-parleur. Les données transmises par le dispositif 2 à l'interface 50 peuvent par exemple correspondre à des informations d'assistance indiquant au conducteur du véhicule principal VP qu'il peut ou non changer de voie.
- [0056] Il est maintenant fait référence à la [Fig.2]. La [Fig.2] illustre un environnement (ou une scène) ENV, dans lequel se situe le véhicule principal VP. La [Fig.2] est une vue aérienne d'une telle scène ENV.
- [0057] L'environnement ENV peut être défini dans un repère à trois dimensions (X,Y,Z), qualifié de « repère monde » tel qu'illustré sur les figures 1 et 2. L'origine d'un tel

repère monde (X,Y,Z) est prédéfini et fixe dans l'environnement ENV.

[0058] Le véhicule principal VP est considéré en mouvement dans la scène ENV. Une telle scène ENV correspond par exemple à une route ou une autoroute constituée de plusieurs voies de circulation. Ces voies de circulation peuvent notamment être parallèles les unes aux autres, comme représentées par les lignes verticales pointillées sur la [Fig.2]. La [Fig.2] illustre par exemple trois voies de circulation, le véhicule principal VP étant situé sur la voie de circulation du milieu. Le véhicule principal VP est considéré comme étant en mouvement selon la direction principale X du repère (X,Y,Z), une telle direction principale étant appelée direction longitudinale. Un tel mouvement est schématisé sur les figures 1 et 2 par une flèche accolée au véhicule principal VP. Le véhicule principal VP peut également avoir un mouvement selon la direction Y du repère (X,Y,Z), dite direction latérale. Un tel mouvement selon la direction Y, dit mouvement (ou déplacement) latéral, peut par exemple avoir lieu lorsque le véhicule change de voie de circulation. Un déplacement selon la direction Z, c'est-à-dire en hauteur, du véhicule principal VP n'est pas considérée. Le véhicule principal VP est donc considéré maintenu au sol et présente donc une hauteur selon la direction Z sensiblement constante, correspondant approximativement à une dimension prédéfinie du véhicule principal VP. Dans un mode de réalisation, une telle hauteur selon la direction Z du véhicule principal VP peut varier de l'ordre du centimètre ou du décimètre, une telle variation de hauteur selon la direction Z étant par exemple liée à des amortisseurs du véhicule principal VP et/ou à des reliefs ou aspérités présents dans l'environnement ENV (notamment sur la voie de circulation du véhicule principal VP). Dans la suite de la description, une telle hauteur selon la direction Z du véhicule principal VP est considérée connue.

[0059] La scène ENV environnant le véhicule principal VP peut également comprendre d'autres éléments OV et véhicules VV1, VV2, VV3. Les véhicules VV1, VV2, VV3 sont des véhicules voisins du véhicule principal VP. De tels véhicules voisins VV1, VV2, VV3 sont, à l'instar du véhicule principal VP, des véhicules automobiles en mouvement dans la scène ENV. De tels véhicules voisins VV1, VV2, VV3 peuvent notamment avoir des dimensions et des caractéristiques de mouvement (en termes de vitesse ou d'accélération par exemple) similaires ou différentes du véhicule principal VP. Par exemple, la [Fig.2] peut représenter un véhicule principal VP en mouvement sur une voie d'autoroute et des véhicules voisins VV1, VV2, VV3 circulant sur les voies d'autoroute voisines de la voie empruntée par le véhicule principal VP. Les objets OV sont des éléments voisins du véhicule principal VP et peuvent faire référence à tout élément distinct d'un véhicule voisin VV1, VV2, VV3. Un élément voisin OV peut par exemple correspondre à un obstacle situé dans la scène comme un terre-plein central séparant deux voies de circulation, un panneau d'indication ou

encore un oiseau volant dans la scène ENV.

[0060] Comme illustré sur la [Fig.2], le véhicule principal VP est considéré muni d'une caméra 1 positionnée à l'arrière du véhicule principal VP. Dans un autre mode de réalisation (non représenté sur la [Fig.2]), la caméra 1 peut être positionnée à l'avant du véhicule principal VP ou plusieurs caméras 1 peuvent être positionnées à la fois à l'avant et à l'arrière du véhicule principal VP. La caméra 1 permet de capter des images (ou prises de vues) de la scène ENV du véhicule principal VP selon un champ de vue FOV (ou en anglais « Field of View »). Un tel champ de vue FOV dépend notamment du type de caméra 1 utilisé et du positionnement de la caméra 1 dans (ou sur) le véhicule principal VP. En référence à la [Fig.2], le champ de vue FOV recouvre une partie de la scène ENV, de sorte qu'une portion limitée de la scène ENV est capturée selon le champ de vue FOV. Ainsi, sur la [Fig.2], le champ de vue FOV représenté recouvre une portion de la voie de circulation dans laquelle se situe le véhicule principal VP et des portions respectives des voies de circulation voisines. En particulier, le champ de vue FOV recouvre une portion de la scène ENV dans laquelle se situe intégralement le véhicule voisin VV2 et une portion de la scène ENV dans laquelle se situe partiellement le véhicule voisin VV1. À titre d'exemple, la portion de la scène ENV dans laquelle se situe partiellement le véhicule voisin VV1 peut comprendre un point A, dit premier point repère A (possédant des coordonnées dans le repère monde (X,Y,Z)), positionné sur le véhicule voisin VV1, correspondant par exemple à un point repère placé au niveau de l'arrière-gauche du véhicule voisin VV1 à la hauteur du véhicule voisin VV1. Contrairement au premier point repère A, un deuxième point repère W, par exemple situé au niveau du milieu de la face avant du véhicule au plus proche du sol, n'est pas dans le champ de vue FOV sur la [Fig.2]. Le véhicule voisin VV3 n'est pas visible dans le champ de vue FOV du véhicule principal VP. Une portion du véhicule voisin VV1 n'est pas visible dans le champ de vue FOV du véhicule principal VP. Les parties non visibles des véhicules voisins VV1, VV3 dans le champ de vue FOV sont représentés sur la [Fig.2] par des zones rayées. Un objet voisin OV, par exemple un oiseau, peut être visible dans le champ de vue FOV.

[0061] Dans le contexte d'une scène ENV telle que représentée en figure 2 selon le repère (X,Y,Z), il est par exemple considéré que le véhicule principal VP se déplace à une vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$ connue. Pour faciliter la suite de la description, une telle vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$ est considérée de norme V_{VP} constante. Le véhicule voisin VV1 est considéré comme se déplaçant à une vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ inconnue du dispositif 2 d'assistance à la conduite du véhicule principal VP. Dans le mode de réalisation décrit par la suite, il peut être considéré que la norme V_{VP} de la vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ est inférieure à la norme V_{VP} de la vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$. Sous une telle hypothèse et sous

l'hypothèse que la vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ du véhicule voisin VV1 reste sensiblement constante sur un intervalle de temps considéré, à l'instar de la vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$ du véhicule principal VP, l'écart de distance selon la direction longitudinale X entre le véhicule principal VP et le véhicule voisin VV1 augmentera dans le temps, de sorte qu'à un temps futur, le dépassement du véhicule principal VP sur le véhicule voisin VV1 sera tel que le véhicule voisin VV1 sera intégralement compris dans le champ de vue (arrière) FOV du véhicule principal VP, comme c'est le cas initial du véhicule voisin VV2.

[0062] Une telle évolution de l'appartenance du véhicule voisin VV1 au champ de vue FOV du véhicule principal VP dans le temps est illustrée sur les figures 6, 7 et 8.

[0063] Cependant, dans un autre mode de réalisation, la norme V_{VP} de la vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ peut être supérieure à la norme V_{VP} de la vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$. Sous une telle hypothèse et sous l'hypothèse que la vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ du véhicule voisin VV1 reste sensiblement constante sur un intervalle de temps considéré, à l'instar de la vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$ du véhicule principal VP, l'écart de distance selon la direction longitudinale X entre le véhicule principal VP et le véhicule voisin VV1 augmentera dans le temps, de sorte qu'à un temps futur, le dépassement du véhicule voisin sur le véhicule principal VP sera tel que le véhicule voisin VV1 sera intégralement compris dans un champ de vue (avant) du véhicule principal VP, pour une caméra 1 placée à l'avant du véhicule principal VP (cas non représenté sur les figures).

[0064] Dans la suite de la description, le cas d'un dépassement du véhicule principal VP sur le véhicule voisin VV1 est considéré, de sorte que la norme V_{VP} de la vitesse voisine $\overrightarrow{V_{VV}}$ est considérée comme étant inférieure à la norme V_{VP} de la vitesse principale $\overrightarrow{V_{VP}}$. Il est également considéré, comme représenté sur la [Fig.2], que la caméra 1 est placée à l'arrière du véhicule principal VP, de sorte que le champ de vue FOV considéré est un champ de vue arrière par rapport au véhicule principal VP.

[0065] Il est fait référence aux figures 6, 7 et 8. Les figures 6, 7 et 8 schématisent des prises de vue de la scène ENV environnant le véhicule principal VP selon le champ de vue (arrière) FOV de la caméra 1 du véhicule principal VP, telle que positionnée sur la [Fig.2]. Afin de faciliter la lisibilité des figures 6, 7 et 8, seule la portion du véhicule voisin VV1 visible dans le champ de vue FOV est représentée sur les figures 6, 7 et 8, le véhicule voisin VV2 et l'élément voisin OV de la [Fig.2] inclus dans le champ de vue FOV ne sont pas représentés sur les prises de vue des figures 6, 7 et 8.

[0066] Les figures 6, 7 et 8 correspondent à des images successivement acquises par la caméra 1 à des instants (ou temps d'acquisition) successifs T1, T2 et T3. Chacun des instants T1, T2 et T3 peuvent par exemple être espacés d'une ou plusieurs milli-

secondes dans le temps. Chacune des images correspond à un ensemble de pixels aux coordonnées définissables dans un repère à deux dimensions (y,z) , dit « repère image », tel que représenté sur les figures 6, 7 et 8. Par exemple, le pixel le plus en bas et le plus à gauche de chaque image acquise par la caméra 1 peut correspondre à l'origine du repère à deux dimensions (y,z) . Dans d'autres modes de réalisation, le pixel central de l'image acquise par la caméra, le pixel correspondant à un point de fuite C' de l'image acquise (ces deux pixels étant confondus sur la [Fig.6]) ou encore le pixel de coordonnées $(yC', z0)$ tel que représentés sur la [Fig.6] peuvent correspondre à l'origine du repère (y,z) . La résolution des images acquises (et donc les pixels) est la même pour toutes les images acquises et dépend notamment des propriétés de la caméra 1.

- [0067] La portion du véhicule voisin VV1 visible dans le champ de vue FOV du véhicule principal VP au cours du temps est mise en évidence sur les figures 6, 7 et 8, par exemple en observant les projections respectives A' , A'' , A''' du premier point repère A susmentionné sur les images acquises aux figures 6, 7 et 8.
- [0068] La [Fig.6] schématise une image acquise par la caméra 1 à l'instant T1, correspondant par exemple à une configuration de la scène ENV et du champ de vue FOV illustrée en [Fig.2]. Ainsi, seule une première portion, latérale, du véhicule voisin VV1 est visible sur l'image de la [Fig.6], une telle première portion latérale incluant notamment la roue arrière gauche du véhicule voisin VV1 et la portion du véhicule voisin VV1 sur laquelle se situe le premier point repère A. En particulier, un tel premier point repère A est positionné sur un pixel A' de l'image de la [Fig.6]. Un tel pixel A' correspond alors à la projection du premier point repère A dans le repère image (y,z) à l'instant T1 et a pour coordonnées (yA', zA') .
- [0069] La [Fig.7] schématise une image acquise par la caméra 1 à l'instant T2 succédant à l'instant T1. À un tel instant T2, une deuxième portion latérale du véhicule voisin VV1 plus grande que la première portion latérale est visible sur l'image de la [Fig.7], une telle deuxième portion latérale incluant notamment la roue arrière gauche, partiellement la roue avant gauche du véhicule voisin VV1 et la portion du véhicule voisin VV1 sur laquelle se situe le premier point repère A. En particulier, un tel premier point repère A est positionné sur un pixel A'' de l'image de la [Fig.7] différent du pixel A' de l'image de la [Fig.6]. Un tel pixel A'' correspond alors à la projection du premier point repère A dans le repère image (y,z) à l'instant T2 et a pour coordonnées (yA'', zA'') . Autrement dit, le différentiel de vitesse entre le véhicule principal VP et le véhicule voisin VV1 entre les instants T1 et T2 est tel que le véhicule voisin VV1 « entre de plus en plus » dans le champ de vue FOV de la caméra 1 entre les instants T1 et T2.
- [0070] La [Fig.8] schématise une image acquise par la caméra 1 à l'instant T3 succédant à

l'instant T2. À un tel instant T3, l'intégralité du véhicule voisin VV1 est visible sur l'image de la [Fig.8] et en particulier, la portion du véhicule voisin VV1 sur laquelle se situe le premier point repère A ainsi qu'une portion du véhicule voisin VV1 sur laquelle se situe le second point repère W représenté sur la [Fig.2] et positionné sur la face frontale avant du véhicule voisin VV1 sont donc visibles. En particulier, le premier point repère A est positionné sur un pixel A''' de l'image de la [Fig.8], différent des pixels A' et A'' des images des figures 6 et 7. Un tel pixel A''' correspond alors à la projection du premier point repère A dans le repère image (y,z) à l'instant T3 et a pour coordonnées (yA''', zA'''). Le deuxième point repère W est positionné sur un pixel W''' de l'image de la [Fig.8]. Un tel pixel W''' correspond alors à la projection du deuxième point repère W dans le repère image (y,z). Autrement dit, le différentiel de vitesse entre le véhicule principal VP et le véhicule voisin VV1 entre les instants T2 et T3 est tel que le véhicule voisin VV1 « est intégralement entré » dans le champ de vue FOV de la caméra 1 entre les instants T2 et T3.

[0071] Dans le contexte d'une fonction d'assistance à la conduite assurée par le dispositif 2, visant par exemple à assister le véhicule principal VP dans une manœuvre de changement de voie, un processus de détection de véhicules environnant le véhicule principal VP est requis, de sorte à ce que le véhicule principal VP ne se déplace pas sur une voie de circulation voisine s'il risque d'entrer en collision avec un des véhicules environnants. Par exemple, dans le contexte de la [Fig.2], le dispositif 2 peut viser à assister le véhicule principal VP dans son changement de voie vers la voie de circulation du véhicule voisin VV1, de sorte que le véhicule principal VP n'entre pas en collision avec le véhicule voisin VV1. Des techniques existantes de détection de véhicules environnant le véhicule principal VP reposent notamment sur l'utilisation de classifieurs, basés par exemple sur des méthodes de réseaux de neurones à convolution (ou en anglais « *Convolutional Neural Networks* » ou CNN), de K plus proches voisins (ou en anglais « *K-Nearest Neighbors* » ou KNN) ou encore machines à vecteurs de support (ou en anglais « *Support Vector Machine* » ou SVM). De tels classifieurs permettant la détection des véhicules environnant le véhicule principal VP s'appuient en particulier sur la détection et la classification d'une vue (ou face) frontale (avant ou arrière) des véhicules environnant le véhicule principal VP. L'utilisation de tels classifieurs peut notamment comprendre une phase d'apprentissage sur la base d'une pluralité d'images représentant des vues frontales de divers types de véhicules. Ainsi, en référence à la [Fig.2], une vue frontale avant du véhicule voisin VV2 appartenant au champ de vue FOV de la caméra 1, la détection du véhicule voisin VV2 peut être mise en œuvre sur la base de techniques de classification existantes. Il en va de même pour le véhicule voisin VV1 sur l'image de la [Fig.8] à l'instant T3.

[0072] Cependant, les positionnements du véhicule voisin VV1 représentés sur la [Fig.2] et

les figures 6 et 7 correspondent à des situations dans lesquelles les classifieurs existants ne parviennent pas à détecter ou suivre efficacement le véhicule voisin VV1, ou en tout cas, non sans engendrer des coûts et/ou temps de calcul significatifs, du fait de l'absence de vue frontale visible du véhicule voisin VV1 sur les prises de vues des figures 6 et 7 (le deuxième point repère W de la [Fig.2] positionné sur la face frontale avant du véhicule voisin VV1 n'étant pas encore visible dans le champ de vue FOV de la caméra 1 à ces stades). Ces situations correspondent pourtant à des situations critiques durant lesquelles le véhicule principal VP pourrait entrer en collision avec le véhicule voisin VV1 si le véhicule principal VP change de position et se déplace sur la voie du véhicule voisin VV1, en l'absence d'information d'assistance au changement de voie indiquant que le véhicule voisin VV1 est détecté près d'une telle position.

- [0073] Un procédé de détection anticipée du véhicule voisin VV1 est alors proposé et décrit par les figures 4, 5, 9, 10 et 11 pour détecter le véhicule voisin VV1, et notamment au stade des situations représentées aux figures 2, 6 et 7. Un tel procédé de détection est qualifié d'anticipé en ce qu'il est mis en œuvre avant la visibilité d'une face avant ou arrière du véhicule voisin VV1 dans le champ de vue FOV. Un tel procédé de détection anticipée du véhicule voisin VV1 est mis en œuvre par un système d'assistance à la conduite du véhicule principal VP représenté en [Fig.3].
- [0074] Il est maintenant fait référence à la [Fig.3]. La [Fig.3] représente une schématisation d'un système embarqué d'un véhicule principal VP. En particulier, un tel système embarqué correspond à un système d'assistance à la conduite du véhicule principal VP. Le système d'assistance à la conduite du véhicule principal VP permet notamment d'assurer une fonction d'assistance au changement de voie ou de changement de voie automatique du véhicule principal VP, lorsque le véhicule principal VP se déplace sur une voie de circulation comme représenté par exemple en [Fig.2].
- [0075] Le système comprend tout d'abord le dispositif 2 d'assistance à la conduite. Le dispositif 2 peut notamment comprendre une unité 20 de détection de flots optiques, une unité 30 de détection d'un objet associé au véhicule détecté et une unité 40 de création d'un tel objet associé au véhicule détecté.
- [0076] Le dispositif 2 d'assistance à la conduite est en outre relié, d'une part à un capteur de vision de type appareil de prise de vues ou caméra 1. Le dispositif 2 comprend une unité d'entrée (non représentée sur la [Fig.3]) permettant au dispositif 2 de recevoir en temps sensiblement réel un flux de données en provenance de la caméra 1. Un tel flux de données correspond à une succession, discrète ou continue, d'images (ou prises de vue) de la scène ENV selon le champ de vue FOV de la caméra 1. Chaque image reçue est associée à un temps d'acquisition de l'image par la caméra 1. Chaque image peut être horodatée. Des exemples de telles images transmises par la caméra 1 sont représentés sur les figures 6, 7 et 8.

- [0077] D'autre part, le dispositif 2 d'assistance à la conduite peut être relié à une interface 50 de communication. Une telle interface 50 peut correspondre à une interface homme-machine intégrée au système embarqué du véhicule principal VP. Une telle interface 50 peut également être intégrée au dispositif 2. L'interface 50 de communication peut également être une interface distante. L'interface 50 de communication peut par exemple comprendre un écran d'affichage, un écran tactile, un tableau de bord ou encore un haut-parleur, permettant de transmettre, par exemple par une information visuelle, haptique et/ou sonore, des indications relatives à une assistance à la conduite du véhicule principal VP. En particulier, l'interface 50 de communication peut permettre de transmettre un état de détection d'un véhicule voisin du véhicule principal VP ou encore une indication relative à une possibilité de changement de voie du véhicule principal VP. Une telle information transmise par l'interface 50 peut par exemple correspondre à une représentation visuelle aérienne estimée des positionnements respectifs du véhicule principal VP et des éléments voisins appartenant au champ de vue FOV en temps réel (e.g., telle que représentée sur la [Fig.2]), ou encore un stimulus audio alertant d'un risque de collision.
- [0078] L'unité 20 de détection de flots optiques est apte à recevoir et traiter le flux de données reçues en provenance de la caméra 1. En particulier, l'unité 20 peut, à partir de la succession d'images acquises par la caméra 1 à des temps d'acquisition successifs, obtenir des flots optiques sur des intervalles de temps donnés. Une telle unité 20 peut également mettre en œuvre une étape de segmentation des flots optiques déterminés, de sorte à obtenir un ou plusieurs segments associés à chaque image acquise (ou des images segmentées), un segment étant alors associé à un ensemble de flots optiques sur une image donnée. Pour cela, l'unité 20 peut comprendre un circuit de traitement composé d'au moins un processeur 21 et d'au moins une unité mémoire 22 apte à déterminer des flots optiques et/ou des segments associés à des données temporelles à partir des images acquises.
- [0079] L'unité 30 de détection d'un objet associé au véhicule détecté peut être apte, pour chaque segment déterminé par l'unité 20, à mettre en œuvre un test de plausibilité d'associer ce segment à un véhicule détecté. Pour cela, l'unité 30 peut comprendre un circuit de traitement composé d'au moins un processeur 31 et d'au moins une unité mémoire 32, un tel circuit de traitement étant apte à mettre en œuvre le test de plausibilité et, par exemple à déterminer un score de plausibilité ou une probabilité de présence d'un véhicule obtenu à l'issue d'un tel test.
- [0080] L'unité 40 de création d'un objet associé au véhicule détecté peut être apte, pour chaque véhicule détecté par l'unité 20 et selon le score de plausibilité déterminé par l'unité 30, à créer un objet virtuel associé au véhicule détecté correspondant aux flots optiques (ou segments) détectés comme appartenant à un tel véhicule. Pour cela,

l'unité 40 peut comprendre un circuit de traitement composé d'au moins un processeur 41 et d'au moins une unité mémoire 42, le circuit de traitement de l'unité 40 étant apte à prendre en entrée des données issues des unités 20 et 30 et à déterminer des conditions initiales (e.g., des données de position et/ou de vitesse initiales, des données de dimensionnement du véhicule...) de sorte à créer un objet virtuel associé au véhicule détecté par l'unité 30. L'objet virtuellement créé et/ou ses conditions initiales peuvent alors être transmis pour communication à l'utilisateur du dispositif 2 (e.g., le conducteur du véhicule principal VP) via l'interface 50 de communication.

[0081] Il est maintenant fait référence à la [Fig.4]. La [Fig.4] illustre une succession d'étapes de mise en œuvre d'un procédé de détection anticipée d'un véhicule voisin VV1 par un système incluant un dispositif 2 d'assistance à la conduite d'un véhicule principal VP tel représenté aux figures 1 et 3.

[0082] À une première étape 400, le dispositif 2 reçoit une pluralité d'images (ou de prises de vue) associées à des temps d'acquisition respectifs des images en provenance de la caméra 1. De telles images peuvent notamment être reçues de façon continue, par exemple via un flux vidéo. Dans un tel cas, à l'étape 400, l'unité 20 du dispositif 2 peut discrétiser le flux vidéo reçu de sorte à obtenir un ensemble d'images discrètes associées à des temps d'acquisition respectifs. À partir d'au moins deux images successivement acquises, l'unité 20 du dispositif 2 peut procéder, à l'étape 400, à un traitement d'images, par exemple par homographies, de sorte à identifier un ou plusieurs ensembles connexes de vitesse relativement homogènes sur les images. Un tel traitement d'images consiste alors à déterminer un déplacement de pixels à une vitesse sensiblement commune d'une image à l'autre, ou flot optique. Chaque flot optique peut être déterminé par appariement de points entre plusieurs images successives, par exemple par la méthode de Lucas-Kanade. Chaque flot optique est alors déterminé sur au moins une des images d'un couple d'images et est associé à des données temporelles iTTC. En particulier, de telles données temporelles iTTC sont relatives à une grandeur inverse d'un temps de collision associé au flot optique. Les flots optiques déterminés peuvent notamment, à l'étape 400, être segmentés en un ou plusieurs segments ayant un point ou une ligne de fuite commun(e) et appartenant à des plans dans le champ de vue FOV. Autrement dit, chaque image acquise peut être segmentée en un ou plusieurs segments, chaque segment définissant un groupement de flots optiques (et donc un groupement de pixels ayant sensiblement la même vitesse et décrivant un même mouvement dans un intervalle de temps donné). L'étape 400 peut alors comprendre, après détermination de tels flots optiques, la génération d'hypothèses de mouvement des objets et véhicules de la scène ENV, par exemple sur la base d'un modèle de mouvement affine des objets et véhicules de la scène ENV, et à classifier (ou partitionner) les flots optiques à des segments. Un segment peut alors être

défini comme un ensemble de flots optiques ayant un mouvement sensiblement commun. En particulier, l'ensemble des flots optiques d'un segment présentent sensiblement une valeur commune de temps de collision iTTC : on considère donc qu'un temps de collision associé à un segment latéral SL est équivalent à un temps de collision associé à un flot optique appartenant à ce segment latéral SL. De plus, un segment peut être défini par un ensemble coplanaires de flots optiques. Il est ainsi possible de distinguer trois types de segments dans une image segmentée :

- [0083] - des segments dits « horizontaux », correspondant à des ensembles coplanaires de flots optiques appartenant à des plans parallèles au plan (X, Y) dans le repère monde (X,Y,Z). Par exemple, un segment horizontal peut correspondre au plan formé par la route sur les images 6 à 9.
- [0084] - des segments dits « verticaux », correspondant à des ensembles coplanaires de flots optiques appartenant à des plans parallèles au plan (Y,Z) dans le repère monde (X,Y,Z). Par exemple, un segment vertical peut correspondre au plan de la caméra 1.
- [0085] - des segments dits « latéraux », correspondant à des ensembles coplanaires de flots optiques appartenant à des plans parallèles au plan (X, Z) dans le repère monde (X,Y,Z). Par exemple, un segment latéral SL est représenté sur la [Fig.9].
- [0086] L'obtention de tels flots optiques et de tels segments à partir d'images successivement acquises ainsi que de données temporelles iTTC associées à chaque flot optique sont notamment décrits dans les documents antérieurs WO 2018059629, WO 2018059631 et WO 2018059632. Pour la suite de la description, il est considéré qu'au moins un segment est déterminé à l'étape 400. En particulier, pour la suite de la description, il est considéré qu'au moins un segment latéral est déterminé à partir de plusieurs flots optiques coplanaires dans un plan latéral détecté et la suite du procédé est mise en œuvre pour chaque segment latéral déterminé dans une image segmentée.
- [0087] Une telle étape 400 peut être mise en œuvre de façon concomitante avec les étapes suivantes du procédé, notamment lorsque la caméra envoie un flux d'images en temps réel et de façon continue (non ponctuelle). Le dispositif 2 peut mettre en œuvre le reste des étapes (410, 420, 430 et 440) du procédé sur un segment latéral considéré et continuer à détecter d'autres flots optiques (et/ou d'autres segments) à l'étape 400.
- [0088] À une étape 410, une distance latérale d est tout d'abord déterminée pour au moins un segment latéral SL. Il est fait référence pour cela à la [Fig.9]. La [Fig.9] correspond à l'image acquise par la caméra 1 à l'instant T1 (correspondant à l'image de la [Fig.6]) sur laquelle est représenté un segment latéral SL déterminé par l'unité 20 à l'étape 400. Le segment latéral SL comprend notamment un ensemble de flots optiques représentés schématiquement par des points sur la [Fig.9]. Dans un autre mode de réalisation, les flots optiques peuvent être représentés schématiquement par des bipoints reflétant un déplacement entre deux images successivement acquises.

- [0089] Il est considéré un axe vertical VL de l'image acquise. Il est également considéré un point de fuite de l'image acquise, correspondant au point de fuite des flots optiques dans l'image. Un tel point de fuite est représenté par le point C' de coordonnées (yC', zC') sur la [Fig.9].
- [0090] Afin de déterminer la distance latérale d associée au segment latéral SL détecté, l'angle formé par chacune des droites formées entre chacun des flots optiques du segment latéral SL et le point de fuite C' avec l'axe vertical VL est considéré. Un flot optique B' du segment latéral SL est alors choisi de sorte que l'angle formé $\theta_{\min}$ entre un tel flot optique B' choisi et le point de fuite C' avec la verticale VL soit minimal parmi les angles θ respectivement formés entre chacun des flots optiques du segment latéral SL et le point de fuite C' avec la verticale VL. En référence à la [Fig.9], un flot optique ainsi choisi correspond au flot optique le plus proche du sol parmi les flots optiques du segment latéral SL.
- [0091] Le flot optique choisi est associé à un pixel B' de coordonnées (yB', zB') sur l'image acquise et correspondant à un troisième point repère B du véhicule détecté dans la scène ENV (non représenté sur les figures, correspondant par exemple à un point repère situé sur la roue arrière gauche du véhicule voisin VV1). Dans la suite de la description, il sera fait référence au flot optique B' correspondant au flot optique du segment latéral SL étant le plus proche du sol ainsi déterminé.
- [0092] Le flot optique choisi B' correspond alors à un pixel B' sur l'une des images acquises ayant des coordonnées (yB', zB') dans le repère image (y, z) . À partir de telles coordonnées (yB', zB') dans le repère image (y, z) , les coordonnées du troisième point repère B sont déterminées, à l'étape 410, dans le repère monde (X, Y, Z) . En particulier, de telles coordonnées du troisième point repère B dans le repère monde (X, Y, Z) peuvent être déterminées, à partir des coordonnées (yB', zB') et des caractéristiques prédéfinies de la caméra 1, sur la base du modèle sténopé (ou en anglais, « *pinhole model* »). L'application du modèle sténopé de sorte à obtenir les coordonnées du troisième point repère B dans le repère monde (X, Y, Z) à partir des coordonnées (yB', zB') du flot optique choisi B' repose notamment sur plusieurs hypothèses de calcul liées aux propriétés de la caméra 1 ainsi qu'à l'environnement ENV associé au repère monde (X, Y, Z) . Pour cela, des paramètres extrinsèques classiques de la caméra 1 peuvent être considérés. Une caméra 1 de type « Bird View » peut être utilisée. De plus, une hypothèse monde plat (ou en anglais « *flat world assumption* ») peut être considérée. Autrement, un géoréférencement de l'environnement ENV par balisage au sol ou d'autres relevés topographiques peut également être considéré. Dans le contexte du modèle sténopé appliqué, les distorsions géométriques éventuellement induites par le système optique de la caméra 1 peuvent être négligées. Dans un autre mode de réalisation, l'étape 410 de détermination des coordonnées du troisième point repère B

dans le repère monde (X,Y,Z) peut comprendre une correction de la distorsion de l'objectif de la caméra 1.

[0093] Lors de l'étape 410, il est alors possible d'obtenir une position selon le repère monde (X,Y,Z) du troisième point repère B correspondant au flot optique choisi B' dans l'environnement ENV. Une distance latérale d (réelle, exprimée en mètres) du troisième point repère B peut alors être directement déduite à partir de la coordonnée selon l'axe Y de la position selon le repère monde (X,Y,Z) du troisième point repère B correspondant au flot optique choisi B' dans l'environnement ENV. La distance latérale d peut notamment être obtenue par calcul de la différence entre la coordonnée selon l'axe Y de la position selon le repère monde (X,Y,Z) du troisième point repère B dans l'environnement ENV et la coordonnée selon l'axe Y d'un point d'origine de la caméra 1 du véhicule principal VP, par exemple confondu avec un point de fuite de la caméra 1. La distance latérale d estimée à l'étape 410 correspond alors à une estimation d'un écart latéral séparant le véhicule principal VP de l'objet auquel appartient le segment latéral SL détecté (au stade de l'étape 410, le système 2 n'a pas encore déterminé qu'il s'agit d'un véhicule, à savoir le véhicule voisin VV1).

[0094] Une distance latérale d' (sur l'image acquise, exprimée en pixels) du flot optique B' peut également être obtenue à partir de la coordonnée yB' du flot optique B' selon l'axe y dans le repère image (y,z) ainsi que d'une coordonnée yC' du point d'origine (ou central) de la caméra 1 du véhicule principal VP, par exemple confondu avec le point de fuite C'. Un tel point central peut par exemple correspondre au centre optique de l'image acquise ou encore à un point associé à l'emplacement de la caméra 1 dans l'environnement ENV. Une telle distance latérale d' est par exemple représentée sur la [Fig.9].

[0095] Par conséquent, la distance latérale d associée à un segment latéral SL détecté correspond à la distance latérale d' associée au flot optique B' détecté dans le segment latéral SL comme étant le plus proche du sol.

[0096] Dans la suite du procédé décrite et sauf mention explicite contraire, toute référence à un flot optique du segment latéral SL correspond au flot optique choisi B' appartenant au segment latéral SL et ayant permis de déterminer la distance latérale d (ou de façon équivalente d') associée au segment latéral SL.

[0097] À l'issue de l'étape 410, une valeur d'une vitesse associée v_{SL} au segment latéral SL peut alors être estimée :

[0098] Math.1

$$v_{SL} = d \times iTTC \text{ où :}$$

- v_{SL} est une vitesse relative associée au segment latéral SL (exprimées en mètres par seconde),

- d est la distance latérale associée au segment latéral SL (exprimée en mètres), et

- iTTC est la donnée temporelle associée au segment latéral SL (exprimée comme l'inverse d'un temps).

[0099] La vitesse v_{SL} est alors une vitesse relative estimée dans la scène ENV de l'élément correspondant au segment latéral SL détecté (un tel élément n'étant pas encore identifié comme étant un véhicule ou non à ce stade). Une telle vitesse v_{SL} est relative à une vitesse définie connue V_{VP} du véhicule principal VP.

[0100] À une étape 420, le segment latéral SL détecté à l'étape 400 et caractérisé à l'étape 410 par une distance latérale d et en particulier, par une vitesse relative v_{SL} associées au segment latéral SL, est testé selon un test de plausibilité, afin d'identifier si un tel segment latéral SL est susceptible de correspondre à un véhicule voisin VV1.

[0101] Pour cela, un test de plausibilité mis en œuvre à l'étape 420 peut s'appuyer sur un ou plusieurs critères de plausibilité (ou de vraisemblance), chaque critère pouvant par exemple être quantifié par un sous-score de plausibilité.

[0102] Il est fait référence à la [Fig.5] détaillant, des sous-étapes de l'étape 420 d'un test de plausibilité mis en œuvre pour un segment latéral SL détecté à l'étape 400. De telles sous-étapes sont détaillées de façon non-limitative et la personne du métier comprendra aisément qu'il est possible de calculer une pluralité de sous-scores de plausibilité sur la base des données de position, vitesse, accélération, dimensions, d'horodatage des images acquises ou encore de distance latérale associées à un segment latéral détecté.

[0103] À une étape 421, une valeur relative à une hauteur de pixels associée au segment latéral SL est estimée, à partir de l'image acquise comme représenté en [Fig.6]. La projection du point (ou pixel) A' de la [Fig.6] sur l'axe z permet d'obtenir la coordonnée zA' , qui correspond, en pixels, à une hauteur associée au segment latéral SL. À l'étape 310, un premier sous-score s_h peut être déterminé :

[0104] Math.2

$$s_h = \begin{cases} 1 & \text{si } zA' \geq h_{ths} \\ 0 & \text{si } zA' < h_{ths} \end{cases} \quad \text{où :}$$

- s_h est un premier sous-score de plausibilité,

- zA' est la hauteur (en pixels) associée au segment latéral SL sur une image acquise,

- h_{ths} est un seuil de hauteur prédéfini (en pixels ou px).

[0105] Autrement dit, le premier sous-score de plausibilité s_h vérifie qu'une hauteur en pixels du segment latéral SL dans l'image acquise dépasse un certain seuil de hauteur h_{ths} , qui dépend de la résolution de l'image acquise. Un tel seuil de hauteur h_{ths} peut par exemple être prédéfini à 200 px. Un tel sous-score permet alors d'attribuer un premier sous-score s_h nul si la hauteur du segment latéral SL est considéré « trop proche du sol » (c'est-à-dire de hauteur zA' en deçà du seuil de hauteur h_{ths}). En effet,

si le segment latéral SL détecté est en ce sens, trop proche du sol, le test de plausibilité considère qu'il n'est pas plausible qu'un tel segment latéral SL soit associé à un véhicule.

[0106] À une étape 422, une vitesse absolue $\overrightarrow{V_{SL}}$ associée au segment latéral SL peut être déterminée :

[0107] Math.3

$$\overrightarrow{V_{SL}} = \overrightarrow{V_{VP}} + \overrightarrow{v_{SL}}$$
 où :

- $\overrightarrow{v_{SL}}$ est la vitesse relative associée au segment latéral SL,
- $\overrightarrow{V_{SL}}$ est une vitesse absolue associée au segment latéral SL, et
- $\overrightarrow{V_{VP}}$ est la vitesse connue de déplacement du véhicule principal VP et donc de déplacement de la caméra 1.

[0108] Une telle vitesse absolue $\overrightarrow{V_{SL}}$ associée au segment latéral SL comprend notamment une composante latérale, notée $\overrightarrow{V_{SL,lat}}$ de norme $V_{SL,lat}$ selon l'axe Y et une composante longitudinale, notée $\overrightarrow{V_{SL,long}}$ de norme $V_{SL,long}$ selon l'axe X. Par exemple, si l'élément associé au segment latéral SL a une trajectoire parfaitement rectiligne selon la direction X, alors $V_{SL,lat} = 0$.

[0109] À l'étape 422, un deuxième sous-score s_{lat} peut alors être déterminé sur la base de la norme $V_{SL,lat}$ de la composante latérale $\overrightarrow{V_{SL,lat}}$ de la vitesse absolue $\overrightarrow{V_{SL}}$ associée au segment latéral SL :

[0110] Math.4

$$s_{lat} = 1 - \min(1, V_{SL,lat} * \alpha_1)$$
 où :

- s_{lat} est un deuxième sous-score de plausibilité,
- $V_{SL,lat}$ est la norme de la composante latérale de la vitesse absolue associée au segment latéral SL, et
- α_1 est un premier paramètre d'ajustement prédéfini (homogène à l'inverse d'une vitesse). Un tel premier paramètre d'ajustement peut être relatif à une vitesse latérale maximale tolérée pour un véhicule selon l'axe Y.

[0111] Autrement dit, le deuxième sous-score de plausibilité s_{lat} permet de vérifier que le segment latéral SL appartient à un élément qui se déplace dans la même direction que le véhicule principal VP, à savoir sensiblement selon l'axe X.

[0112] À une étape 423, un troisième sous-score s_{long} peut être déterminé sur la base de la norme $V_{SL,long}$ de la composante longitudinale $\overrightarrow{V_{SL,long}}$ de la vitesse absolue $\overrightarrow{V_{SL}}$ associée au segment latéral SL:

[0113] Math.5

$$s_{long} = \begin{cases} 0 & \text{si } |V_{SL,long}| \leq \alpha_2 \\ 1 & \text{si } |V_{SL,long}| > \alpha_2 \end{cases} \quad \text{où :}$$

- s_{long} est un troisième sous-score de plausibilité,
- $V_{SL, long}$ est la norme de la composante longitudinale de la vitesse absolue associée au segment latéral SL, et
- α_2 est un deuxième paramètre d'ajustement prédéfini (homogène à une vitesse). Un tel deuxième paramètre d'ajustement peut être relatif à une vitesse de déplacement longitudinal minimale tolérée pour un véhicule selon l'axe X, de sorte à exclure (i.e., attribuer un troisième sous-score de plausibilité s_{long} nul) les segments latéraux sensiblement immobiles ou considérés non ou insuffisamment mobiles pour être associés à des véhicules. Plus la valeur du deuxième paramètre d'ajustement α_2 est faible, plus les fausses détections de véhicules (i.e., faux-positifs) peuvent être évitées.

[0114] Autrement dit, le troisième sous-score de plausibilité s_{long} permet de vérifier que l'écart entre les composantes longitudinales respectives du véhicule principal VP et de l'élément correspondant au segment latéral SL est faible (c'est-à-dire inférieur à α_2). Ainsi, le troisième sous-score de plausibilité s_{long} permet d'écarter l'hypothèse que l'élément correspondant au segment latéral SL est un véhicule, si un différentiel significatif (supérieur à α_2) de vitesse existe entre le véhicule principal VP et l'élément correspondant au segment latéral SL (un tel élément pourrait être un autre objet voisin du véhicule principal VP comme un panneau, un oiseau ou une feuille par exemple).

[0115] À une étape 424, le score total de plausibilité s , peut alors être déterminé par :

[0116] Math.6

$$s = s_h(s_{lat} + s_{long}) \text{ ou encore par :}$$

[0117] Math.7

$$s = s_h + s_{lat} + s_{long} \text{ où :}$$

-

[Math.6]

s_h

est le premier sous-score de plausibilité,

-

[Math.6]

s_{lat}

est le deuxième sous-score de plausibilité, et

-

[Math.6]

s_{long}

est le troisième sous-score de plausibilité.

[0118] La formule du score de plausibilité peut être choisie entre les expressions Math. 6 et Math. 7 selon s'il est considéré que le critère de hauteur en pixels du segment latéral

SL est respectivement une condition préliminaire requise ou non (de façon binaire).

[0119] En variante des expressions Math. 6 et Math. 7, le score de plausibilité s peut être basé sur un seul ou une partie des sous-scores de plausibilité.

[0120] Dans d'autres modes de réalisation, un ou plusieurs autres sous-scores de plausibilité peuvent être déterminés et adaptés dans la formule Math. 6 ou Math. 7. Par exemple, un quatrième sous-score de plausibilité s_{ang} peut être lié à la distance latérale d associé au segment latéral SL détecté. Un tel quatrième sous-score de plausibilité s_{ang} peut par exemple être défini par :

[0121] Math.8

$$s_{ang} = \min\left(1, \tan^{-1} \frac{D}{d} * \alpha_3\right) \text{ où :}$$

- s_{ang} est un quatrième sous-score de plausibilité,
- d est la distance latérale associée au segment latéral SL,
- D est une distance euclidienne prédéfinie, et
- α_3 est un troisième paramètre d'ajustement prédéfini.

[0122] Dans d'autres modes de réalisation, d'autres sous-scores de plausibilité peuvent inclure une estimation de la hauteur de l'élément associé au segment latéral SL à partir du pixel B', comparer des ratios de vitesses latérales et/ou longitudinales respectivement associées au véhicule principal VP et au segment latéral SL par rapport à des seuils prédéfinis par exemple.

[0123] À l'étape 424, le score de plausibilité peut alors être comparé à un seuil de plausibilité s_{ths} compris par exemple entre 1 et 2, ou encore entre 0 et 1. Si, à l'issue d'une telle comparaison à l'étape 424, le score de plausibilité s est inférieur au seuil de plausibilité s_{ths} , alors, une étape 430 de détection d'un état de présence (e.g., par une valeur booléenne de plausibilité ou non plausibilité de présence) d'un véhicule représenté en [Fig.4] consiste à considérer qu'il n'est pas plausible que le segment latéral SL détecté corresponde à un véhicule voisin VV1 et conclut à l'absence d'un véhicule correspondant au segment latéral SL. Le procédé de détection anticipée s'arrête alors, comme représenté à une sous-étape 4242 de la [Fig.5], pour le segment latéral SL considéré et est éventuellement mis en œuvre pour un autre segment latéral détecté à l'étape 400. Au contraire, si le score de plausibilité s est supérieur au seuil de plausibilité s_{ths} , alors, l'étape 430 de détection d'un état de présence d'un véhicule consiste à considérer qu'il est plausible que le segment latéral SL soit associé à un véhicule voisin VV1 (sous-étape 4241 de la [Fig.5]) et conclut à la présence d'un véhicule correspondant au segment latéral SL.

[0124] Selon l'issue de l'étape 430 de la [Fig.4] (et donc de l'étape 424 de la [Fig.5]) de détection d'un état de présence d'un véhicule associé au segment latéral SL, une étape 440 de création d'un objet associé au segment latéral SL peut optionnellement être

mise en œuvre, telle que représentée sur la [Fig.4].

- [0125] Si à l'étape 424, le score de plausibilité s est strictement inférieur au seuil de plausibilité s_{ths} , alors le dispositif 2 détermine que le segment latéral SL détecté n'appartient pas à un véhicule voisin potentiel (sous-étape 4242). Aucun objet virtuel n'est alors créé en correspondance avec le segment latéral SL détecté et le procédé représenté en [Fig.4] prend fin sans création d'objet associé au segment latéral détecté SL à l'étape 440. Le procédé peut alors être réitéré pour un autre segment latéral détecté à l'étape 400.
- [0126] Si, à l'étape 424, le score de plausibilité s est supérieur au seuil de plausibilité s_{ths} , alors une présence d'un véhicule est détectée (sous-étape 4241) en correspondance avec le segment latéral SL considéré. Autrement dit, le véhicule voisin VV1 a été détecté de façon anticipée sur la base d'une portion latérale du véhicule voisin VV1 visible dans le champ de vue FOV (se traduisant par le segment latéral SL détecté sur l'image acquise).
- [0127] Dans ce cas 4241, le dispositif 2, et plus précisément l'unité 40 du dispositif 2 peut déterminer une présence (plausible) d'un véhicule associé aux conditions initiales (i.e., vitesse, distance latérale...) du segment latéral SL détecté à l'étape 430. Le dispositif 2 peut alors émettre un signal, via l'interface de communication 50, informant de la détection d'un véhicule voisin VV1 au véhicule principal VP et/ou fournir des données relatives à un positionnement d'un tel véhicule détecté dans l'environnement ENV (e.g., en fournissant un ou plusieurs éléments parmi la distance latérale d , la position du point B, la vitesse associées au segment latéral SL etc.). Optionnellement, le dispositif 2 peut également procéder, à une étape 440, à la création d'un objet associé au segment latéral SL identifié comme correspondant à un véhicule voisin VV1.
- [0128] Il est maintenant fait référence aux figures 10, 11 et 12. La [Fig.10] représente une vue aérienne de la scène ENV à un temps d'acquisition précédant l'instant T3, et la surface grisée non hachurée a bien été identifiée comme correspondant, en tant qu'un ou plusieurs flots optiques (ou segments) détectés, à un véhicule voisin VV1. La [Fig.11] correspond à une schématisation du deuxième point repère W selon le modèle sténopé. La [Fig.12] correspond à une image acquise à un temps d'acquisition en amont de T3, sur laquelle un objet virtuel associé au segment latéral SL détecté est créé par le dispositif 2.
- [0129] Dans le mode de réalisation décrit par la suite dans les figures 10 à 12, il est considéré qu'un véhicule voisin VV1 a été détecté à l'étape 430 comme étant associé au segment latéral SL. À une étape 440, l'unité 40 peut estimer une position (X_W , Y_W , Z_W) d'un deuxième point repère, ou point de référence, W appartenant au véhicule voisin VV1, par exemple placé au niveau de la partie inférieure au centre de la face frontale du véhicule voisin VV1 détecté, comme illustré sur les figures 1, 2 et

10.

[0130] Pour cela, l'unité 40 peut utiliser des dimensions prédéterminées d'un type de véhicule assimilé au véhicule voisin VV1, par exemple un camion aux dimensions L1 en longueur, L2 en largeur et H en hauteur et faire l'hypothèse que ces dimensions correspondent à celles du véhicule voisin VV1.

[0131] À partir des coordonnées (X_C, Y_C) du point central C de la caméra 1 dans le repère monde (X,Y,Z) correspondant par exemple à un point associé à l'emplacement de la caméra 1 ou d'un capteur de la caméra 1 dans l'environnement ENV, de dimensions prédéterminées L1, L2 du véhicule voisin VV1, de la distance latérale réelle d déterminée, de la focale f de la caméra 1, et de la taille du capteur sz_capt, l'unité 40 est apte à déterminer, en appliquant le modèle sténopé ainsi que le théorème de Thalès :

[0132] Math.9

$$Y_W = Y_C \pm \left(|d| + \frac{1}{2}L2 \right) X_W = X_C - \frac{f \times |d|}{\left(\frac{sz_{capt}}{2} \right)} \text{ Où :}$$

- (X_W, Y_W) sont des coordonnées du point de référence W dans le repère monde (X,Y,Z),

- (X_C, Y_C) sont des coordonnées du point central C de la caméra 1 dans le repère monde (X,Y,Z),

- d est la distance latérale réelle associée au segment latéral SL,

- f est la composante selon l'axe X de la focale de la caméra 1

- *taille_capteur* est la taille réelle du capteur, et

- L2 est une dimension en largeur prédéfinie du véhicule voisin VV1.

[0133] De telles coordonnées du point de référence W sont déterminées en considérant que le centre optique C (ou point central) est confondu avec le centre de l'image acquise. Les déformations optiques peuvent être considérées négligées. Par ailleurs, la focale f est considérée identique sur les deux axes – vertical VL et horizontal - de l'image.

[0134] En effet, de telles coordonnées (X_W, Y_W) sont déterminées par application du modèle sténopé tel qu'illustré en [Fig.11], sur laquelle l'origine du repère monde (X,Y,Z) correspond au point central C de la caméra 1. Sur la [Fig.10], le point d'origine O du repère monde (X,Y,Z) diffère du point central C de la caméra 1, qui a alors pour coordonnées (X_C, Y_C, Z_C) dans le repère monde (X,Y,Z). En particulier, les formules Math. 9 dépendent du positionnement relatif du véhicule voisin VV1 par rapport au véhicule principal VP.

[0135] En particulier, la coordonnée Z_W du point de référence W selon l'axe Z dans le repère monde est déterminée comme correspondant à la coordonnée selon l'axe Z du flot optique choisi B pour déterminer la distance latérale d, dans le repère monde. Autrement dit, le point de référence W est placé, en hauteur selon l'axe Z, au niveau du

flot optique du segment latéral SL étant le plus proche du sol.

- [0136] Ainsi, lors de l'étape 440, le dispositif 2 peut obtenir des coordonnées (X_W , Y_W , Z_W) dans le repère monde (X, Y, Z) d'un point de référence W situé sur la face frontale du véhicule voisin VV1 détecté. Le dispositif 2 peut alors être configuré pour transmettre de telles données de position via l'interface 50 afin d'indiquer une position avant du véhicule voisin VV1. Le dispositif 2 peut également transmettre des données permettant d'estimer un espace d'occupation de l'environnement du véhicule voisin VV1 détecté, par exemple en transmettant les coordonnées (X_W , Y_W , Z_W), les dimensions prédéfinies L1, L2, H. Le dispositif 2 peut également transmettre un signal de détection ou d'alerte lorsque le véhicule principal VP est estimé comme approchant un tel espace d'occupation du véhicule voisin VV1 (par exemple, en comparant les coordonnées du véhicule voisin VV1 avec des coordonnées de positionnement du véhicule principal VP).
- [0137] Dans un mode de réalisation, le dispositif 2 peut également être configuré pour créer un objet virtuel associé au véhicule voisin VV1 détecté et/ou afficher un tel objet virtuel sur une image transmise via l'interface de communication 50. Pour cela, l'unité 40 peut, à partir des coordonnées (X_W , Y_W , Z_W) du point de référence W déterminées et en utilisant le modèle de la caméra, placer un point de référence virtuel W' ayant des coordonnées ($y_{W'}$, $z_{W'}$) dans le repère image (y, z) sur une image acquise, par exemple l'image sur laquelle le segment latéral SL a été détecté. En particulier, le point virtuel W' est positionné dans le repère image (y, z) sous plusieurs hypothèses :
- [0138] - le segment latéral SL détecté correspond à une portion arrière du véhicule voisin VV1 (e.g., il comprend une roue arrière du véhicule voisin VV1),
- [0139] - le point de référence virtuel W' est considéré positionné sur une bordure latérale de l'image acquise. Autrement dit, la portion latérale visible sur l'image acquise est considérée comme représentant toute la longueur du véhicule voisin VV1 à l'état considéré sur l'image acquise et le point de référence W est considéré comme associé à l'avant du véhicule voisin VV1.
- [0140] Dans un autre mode de réalisation, le point de référence virtuel W' peut être placé ailleurs que sur la bordure latérale de l'image, par exemple à l'intérieur de l'image ou encore en dehors de l'image.
- [0141] Ainsi, si le point, noté O' sur la figure 12 (correspondant au pixel situé le plus en bas à gauche de l'image acquise) est considéré comme étant l'origine du repère image (y, z) et que le véhicule voisin VV1 est détecté comme étant sur le côté latéral droit du véhicule principal VP (comme illustré sur les figures 6 à 10 et 12), on a $y_{W'} = 0$, comme illustré sur la [Fig.12].
- [0142] De plus, la coordonnée $z_{W'}$ du point de référence W' selon l'axe z est déterminée à

partir de la coordonnée selon l'axe z du flot optique choisi B' pour déterminer la distance latérale d', dans le repère image. Autrement dit, le point de référence W' est placé, en hauteur selon l'axe z, au niveau du flot optique du segment latéral SL étant le plus proche du sol. Dans un mode de réalisation, la hauteur du sol correspondant à la hauteur $z_{W'}$ du point de référence W' selon l'axe z peut être prédéfinie et stockée par le dispositif 2. Dans un mode de réalisation, la hauteur $z_{W'}$ peut également différer de la hauteur du flot optique du segment latéral SL.

- [0143] Un tel point de référence virtuel W' est par exemple représenté sur la [Fig.12].
- [0144] À partir d'un tel point de référence W' positionné sur l'image acquise et des dimensions prédéfinies L1, L2, H associées au véhicule voisin VV1, un nouvel objet virtuel peut être créé par l'unité 40 du dispositif 2, dans l'espace à deux dimensions (y,z) et sensiblement superposé sur le segment latéral SL identifié comme correspondant au véhicule voisin VV1 sur l'image acquise. Un exemple d'un tel objet virtuel est représenté par l'objet OV sur la [Fig.12].
- [0145] Un tel objet virtuel associé au segment latéral SL détecté peut alors être affiché sur l'interface 50 de communication correspondant à un écran d'affichage, par exemple en superposant l'objet créé sur un affichage du flux d'images en provenance de la caméra 1, comme illustré sur la [Fig.11].
- [0146] En particulier, à l'issue de l'étape 440, un objet virtuel ayant une position initiale (par exemple, obtenue via les coordonnées (X_W, Y_W, Z_W) et les dimensions L1, L2, H) et une vitesse correspondant à $V_{vv} = V_{sl}$ est déterminé.
- [0147] Par conséquent, le procédé permet une détection anticipée d'un véhicule voisin à partir d'un segment latéral SL détecté. En particulier, une telle détection ne requiert pas qu'une face frontale (avant ou arrière) soit incluse dans le champ de vue de la caméra 1.
- [0148] Le procédé permet également, une fois un tel véhicule voisin détecté, de créer un objet virtuel associé à un tel segment latéral SL, un tel objet virtuel étant créé avec des conditions initiales de position, de vitesse et de dimensions associées.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de détection d'au moins un véhicule voisin (VV1) présent dans un environnement (ENV) d'un véhicule principal (VP), ledit véhicule voisin (VV1) et ledit véhicule principal (VP) étant des véhicules automobiles, le procédé étant mis en œuvre par un dispositif (2) configuré pour assurer une fonction d'assistance à la conduite du véhicule principal (VP), ledit dispositif (2) étant relié à au moins une caméra (1) embarquée sur le véhicule principal (VP) et apte à acquérir des images d'une scène environnant le véhicule principal (VP) selon au moins un champ de vue (FOV) et à des temps d'acquisition, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- obtenir, pour au moins une paire d'images successivement acquises, :
 - * au moins un segment latéral (SL) correspondant à un ensemble coplanaire latéral de flots optiques détectés dans le champ de vue (FOV), entre les temps d'acquisition respectifs des deux images de ladite paire d'images, et
 - * une donnée temporelle liée à un temps de collision associé audit segment latéral (SL),
 - déterminer, selon au moins un système de coordonnées prédéfini, une valeur relative à une distance latérale (d) associée au segment latéral (SL), ladite distance latérale (d) étant déterminée à partir d'au moins une mesure effectuée sur une image parmi les deux images de ladite paire d'images,
 - déterminer une vitesse (V_{SL}) associée au segment latéral (SL) à partir de la distance latérale (d) et du temps de collision,
 - déterminer, à partir au moins de la vitesse (V_{SL}) associée au segment latéral (SL) et d'une vitesse connue (V_{VP}) du véhicule principal (VP), un score de plausibilité (s) associé au segment latéral (SL), et
 - si le score de plausibilité (s) est supérieur à au moins un seuil prédéterminé, détecter la présence du véhicule voisin (VV1) dans la scène.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la distance latérale (d) associée au segment latéral (SL) est déterminée à partir d'un flot optique appartenant au segment latéral (SL) choisi de sorte qu'un angle minimal (θ_{min}) est mesuré entre ledit flot optique choisi et un axe vertical (VL) défini selon le système de coordonnées prédéfini.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, la vitesse connue (V_{VP}) du véhicule principal (VP) et la vitesse (V_{SL})

associée au segment latéral (SL) étant chacune composées d'une composante latérale et d'une composante longitudinale ($V_{VP,long}$, $V_{SL,long}$) selon un système de coordonnées prédéfini, et dans lequel le score de plausibilité (s) varie inversement avec un écart entre la composante longitudinale ($V_{SL,long}$) de la vitesse (V_{SL}) associée au segment latéral (SL) et la composante longitudinale ($V_{VP,long}$) de la vitesse connue (V_{VP}) du véhicule principal (VP).

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, la vitesse connue (V_{VP}) du véhicule principal (VP) et la vitesse (V_{SL}) associée au segment latéral (SL) étant chacune composée d'une composante latérale ($V_{SL,lat}$) et d'une composante longitudinale ($V_{VP,long}$, $V_{SL,long}$) dans un système de coordonnées prédéfini, et dans lequel le score de plausibilité (s) varie inversement avec une valeur croissante de la composante latérale ($V_{SL,lat}$) de la vitesse (V_{SL}) associée au segment latéral (SL).

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant en outre :

- une détermination, selon le système de coordonnées prédéfini, d'une valeur relative à une hauteur associée au segment latéral (SL), et dans lequel le score de plausibilité (s) dépend de la hauteur associée au segment latéral (SL).

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant en outre, si la présence du véhicule voisin (VV1) est détectée :

- une détermination, selon le système de coordonnées prédéfini, d'une position d'au moins un point repère (W) associé au segment latéral (SL), ladite position du point repère (W) étant déterminée à partir au moins de la distance latérale (d) associée au segment latéral (SL), et
- une création d'un objet (OV) associé au segment latéral (SL) dans le champ de vue (FOV) de la caméra (1) à partir au moins de la position du point repère (W).

[Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'objet (OV) associé au segment latéral (SL) est en outre créé à partir de dimensions prédéterminées (L1, L2, H) associées à un type de véhicule automobile.

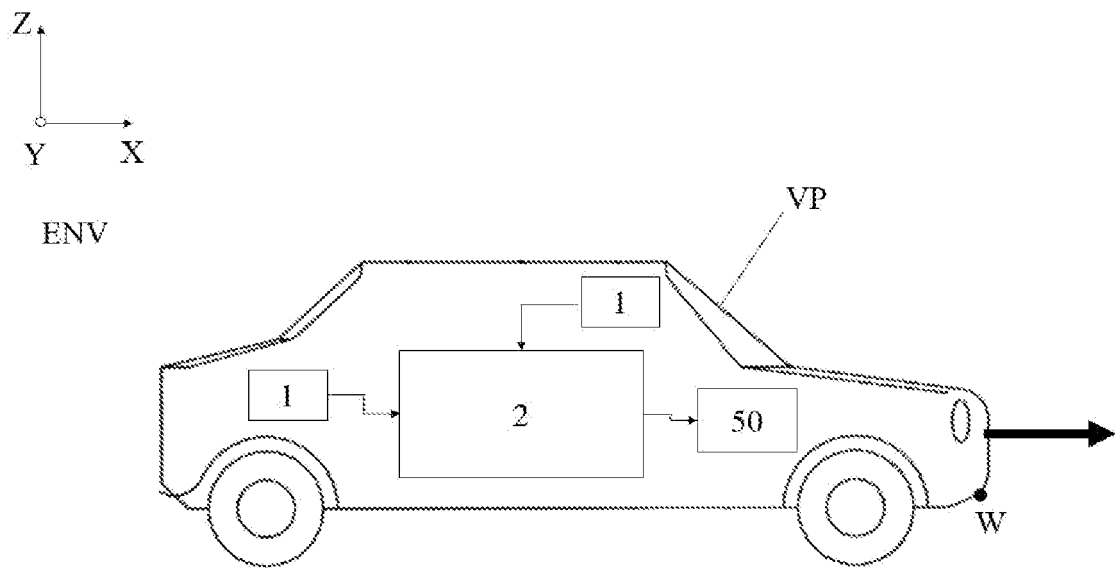
[Revendication 8] Dispositif (2) configuré pour assurer une fonction d'assistance à la conduite d'un véhicule principal (VP), ledit dispositif (2) étant relié à au moins une caméra (1) embarquée sur le véhicule principal (VP) et apte à acquérir des images d'une scène environnant le véhicule principal (VP)

selon au moins un champ de vue (FOV) et à des temps d'acquisition, dans lequel le dispositif (2) comprend au moins un circuit de traitement (20, 30, 40, 50) configuré pour mettre en œuvre un procédé de détection d'au moins un véhicule voisin (VV1) présent dans un environnement (ENV) du véhicule principal (VP) selon l'une des revendications 1 à 7.

[Revendication 9] Programme informatique comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes lorsque ce programme est exécuté par au moins un processeur (21, 31, 41).

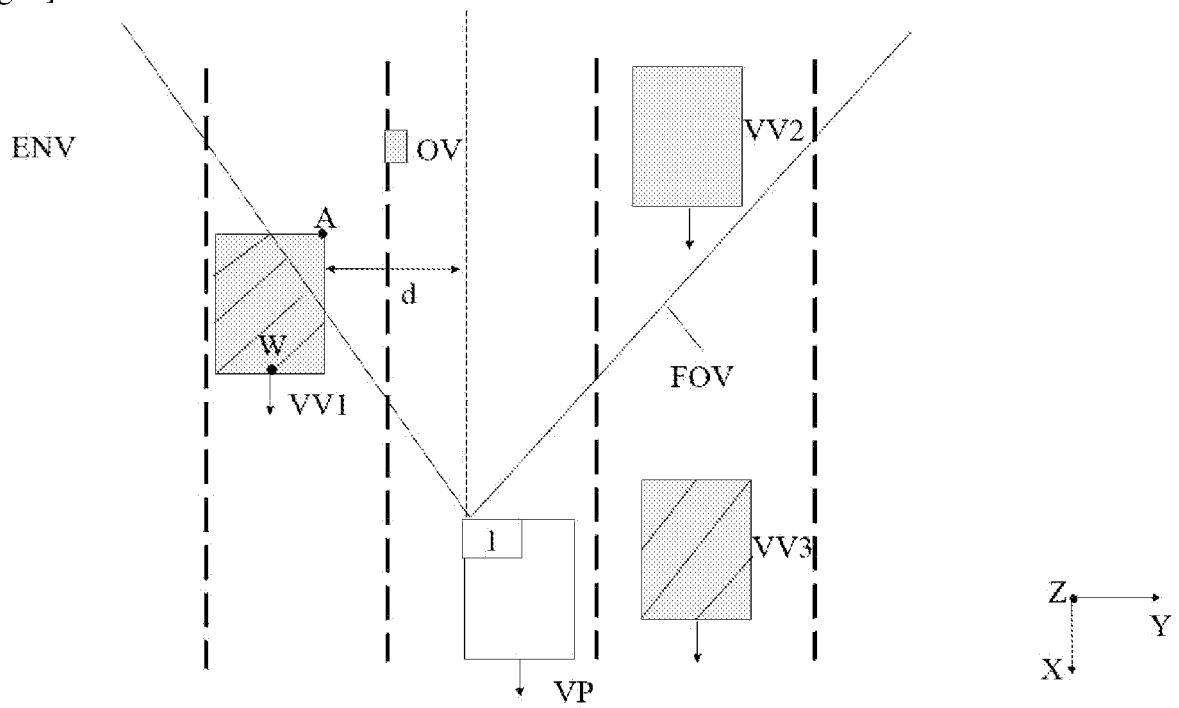
[Revendication 10] Support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 7 lorsque ce programme est exécuté par au moins un processeur (21, 31, 41).

[Fig. 1]



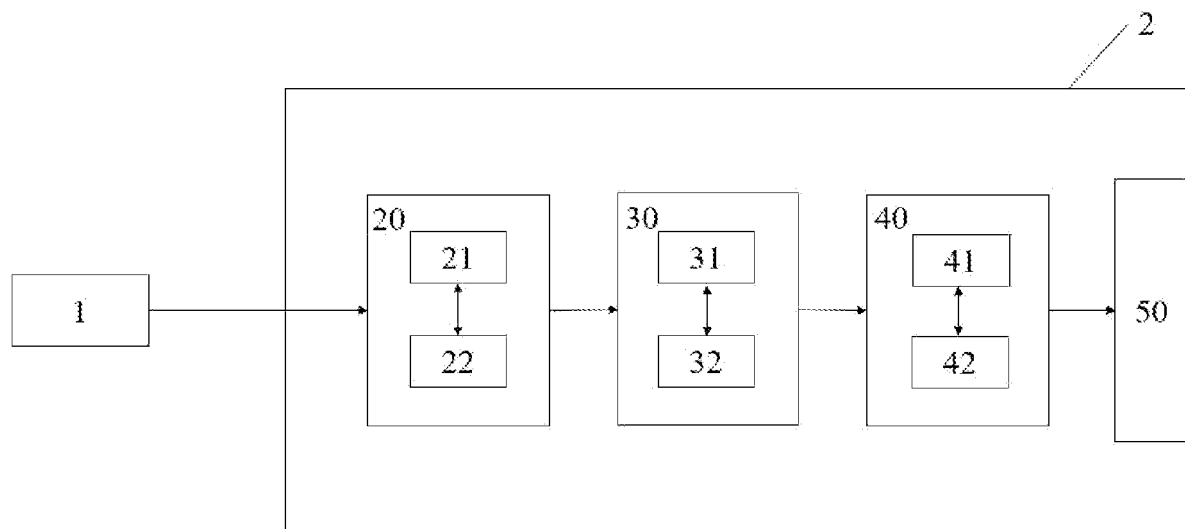
[FIG. 1]

[Fig. 2]



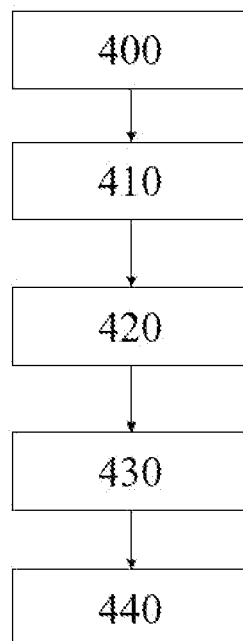
[FIG. 2]

[Fig. 3]



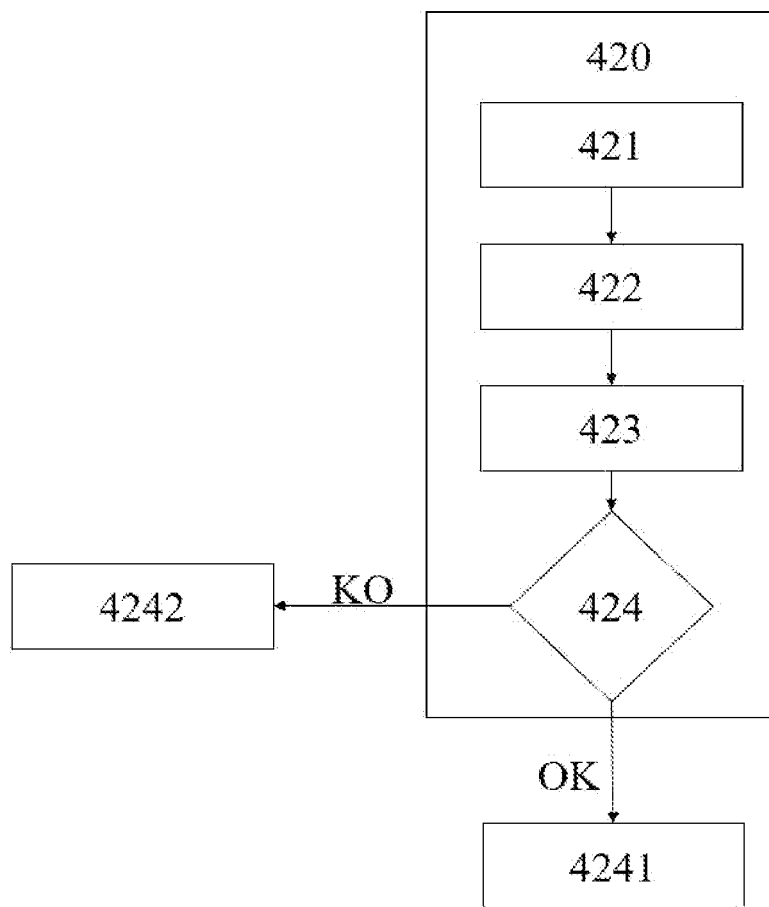
[FIG. 3]

[Fig. 4]

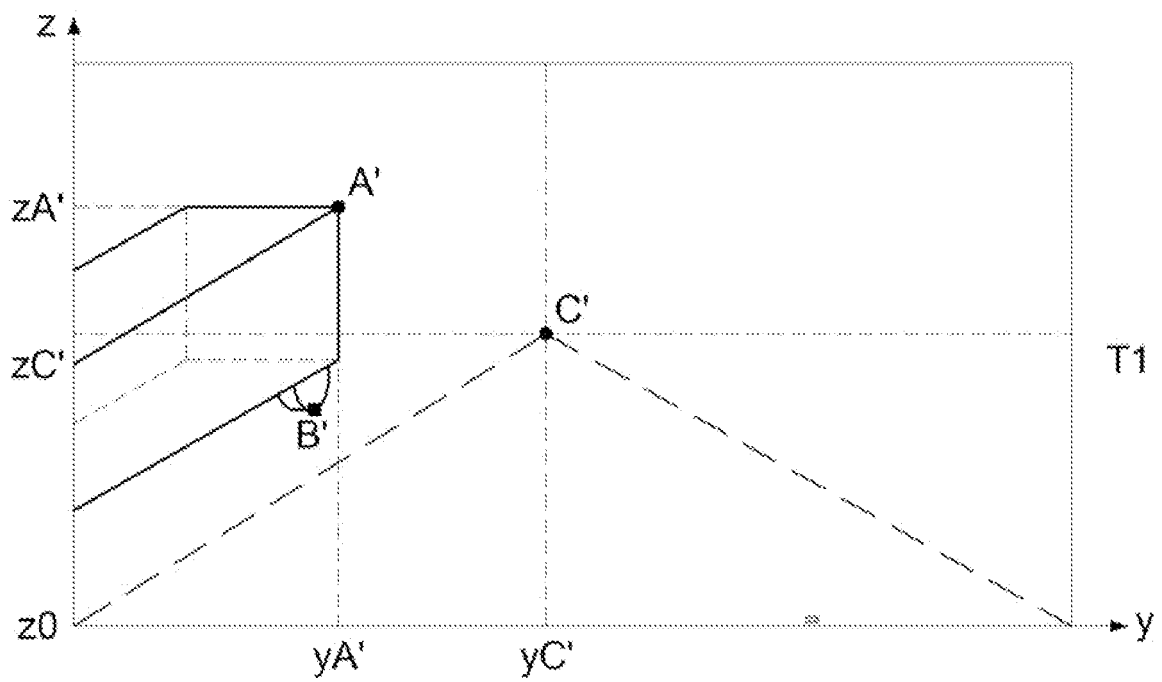


[FIG. 4]

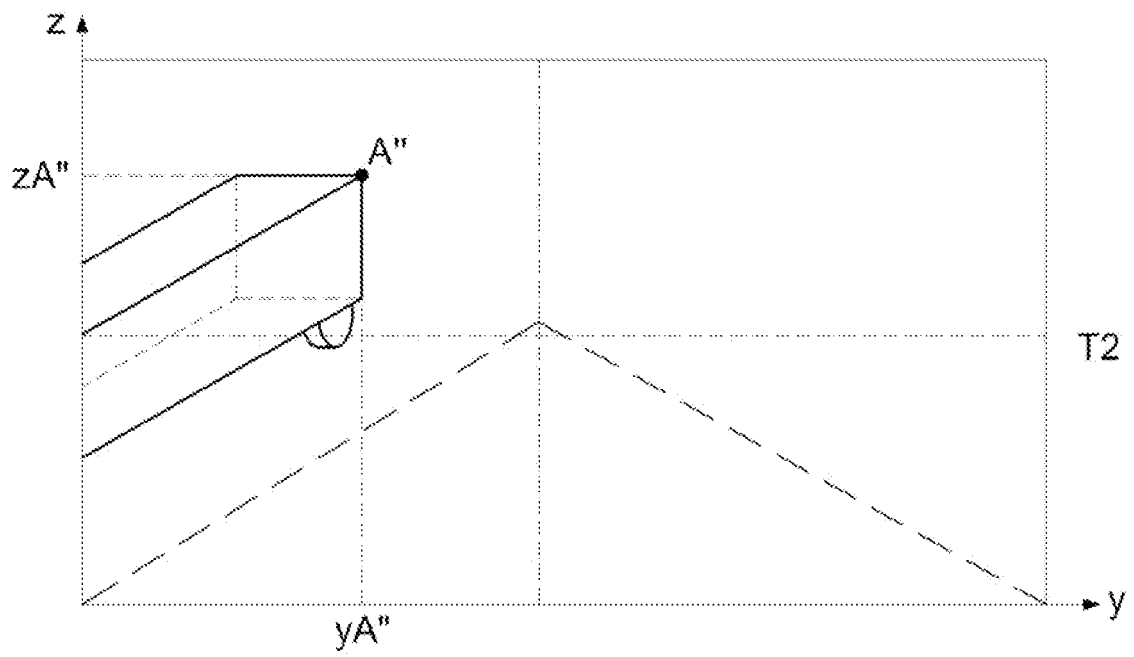
[Fig. 5]

**[FIG. 5]**

[Fig. 6]

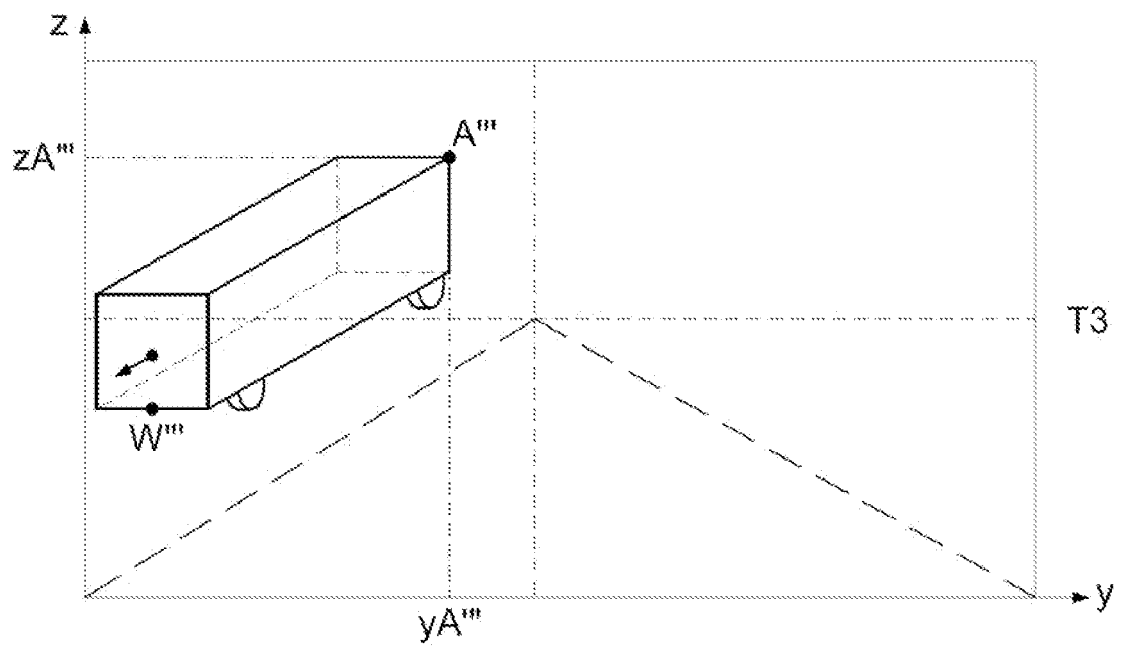
**[FIG. 6]**

[Fig. 7]



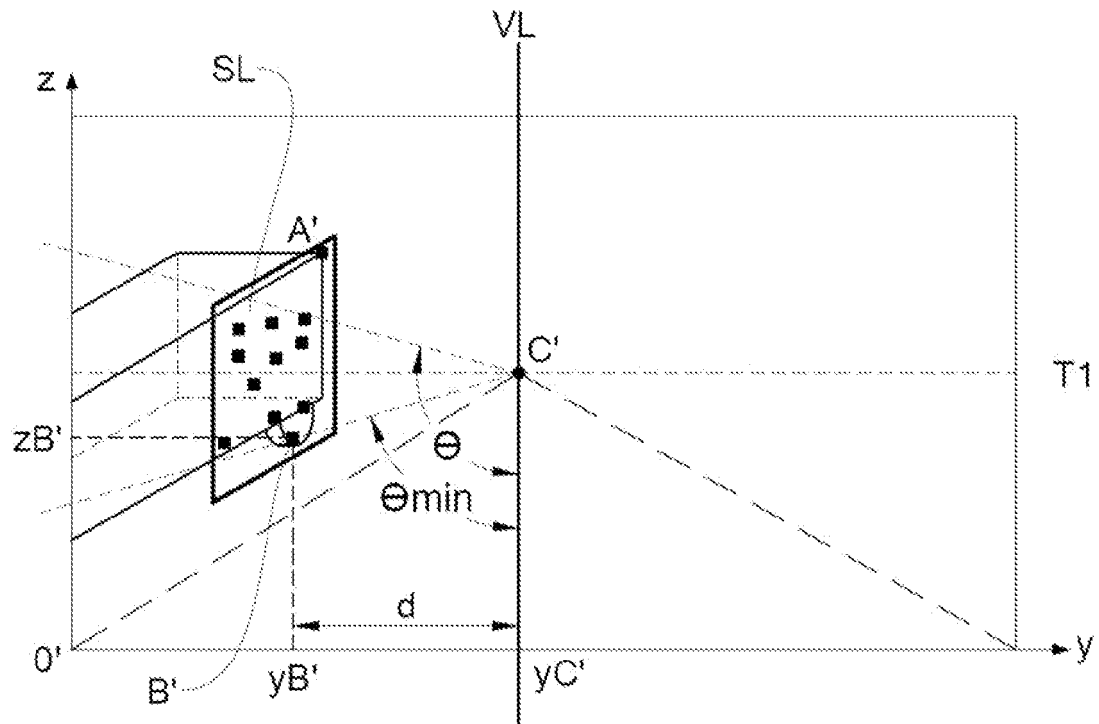
[FIG. 7]

[Fig. 8]



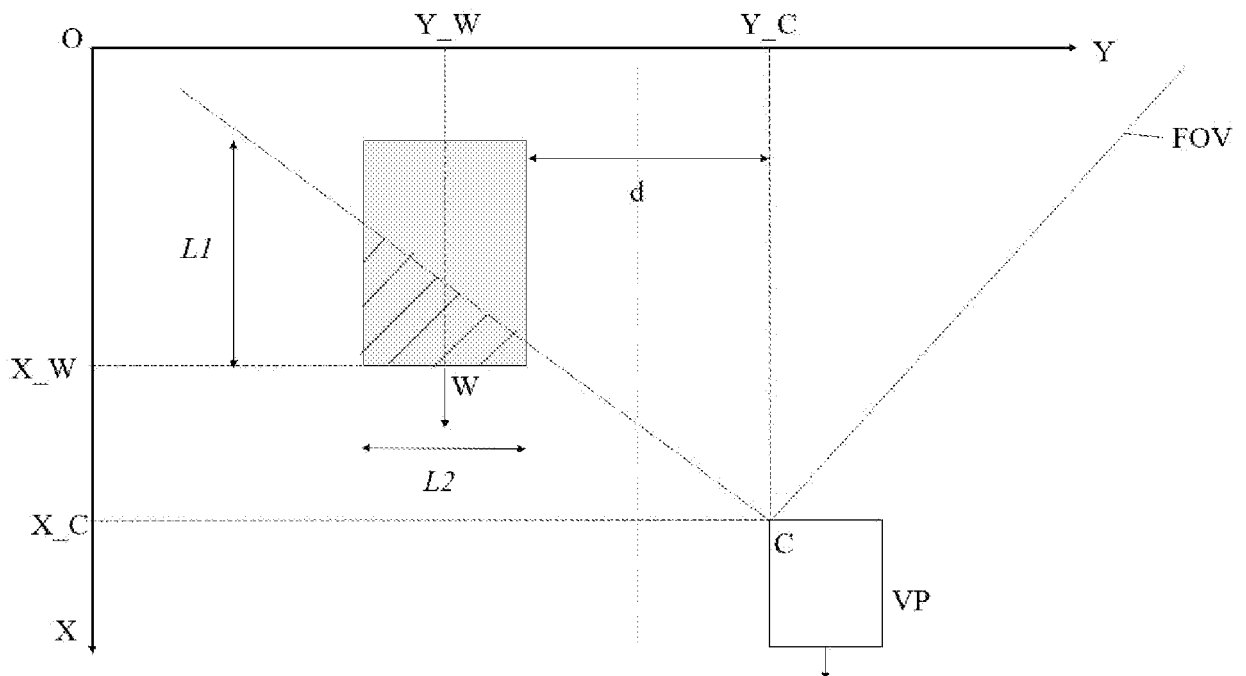
[FIG. 8]

[Fig. 9]



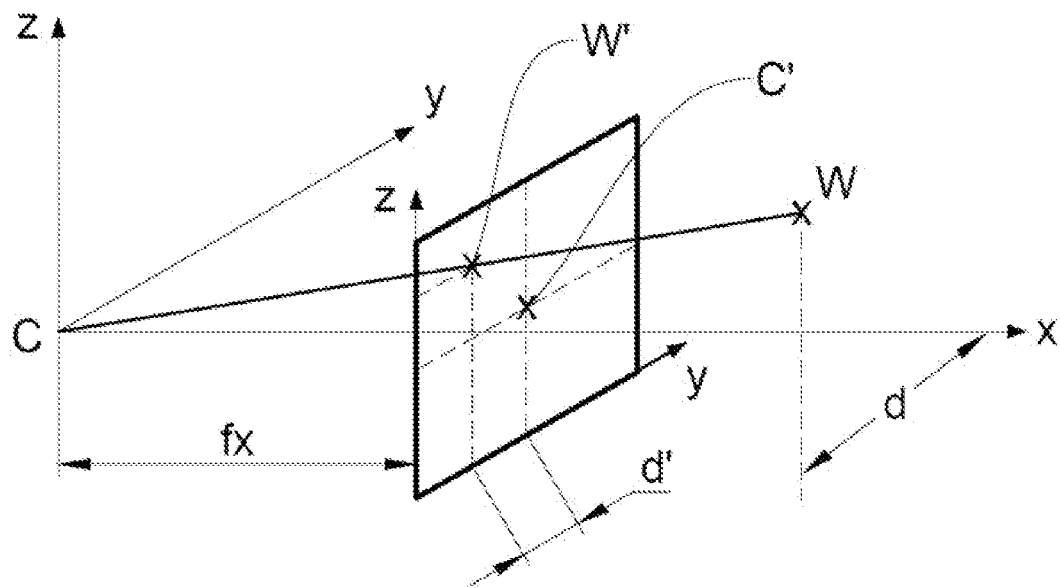
[FIG. 9]

[Fig. 10]



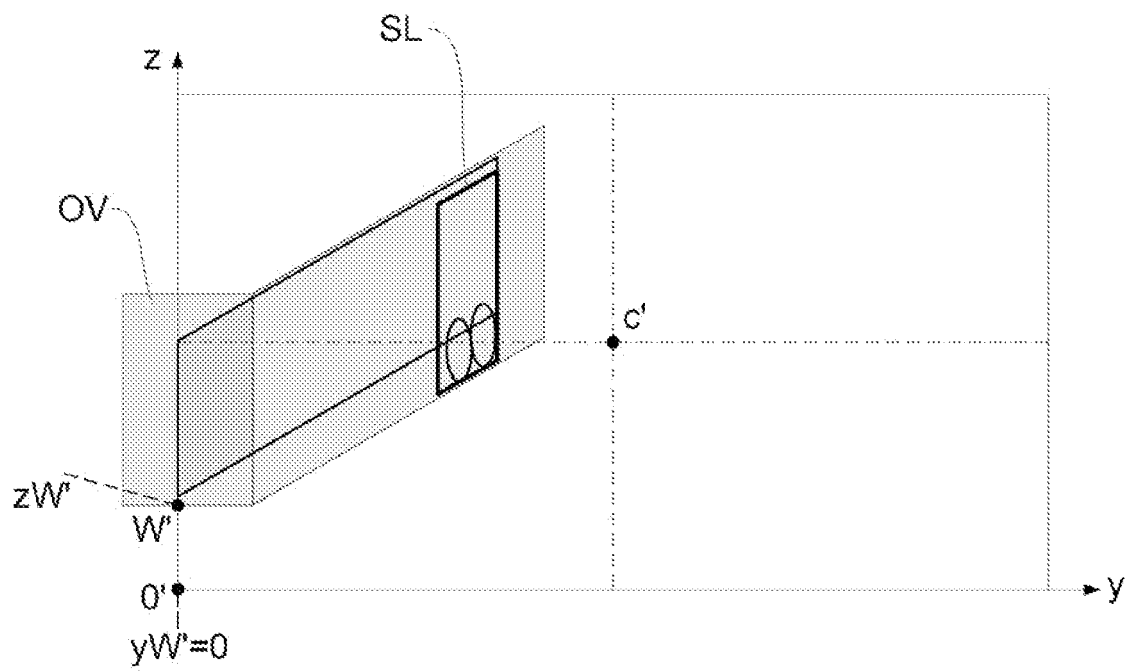
[FIG. 10]

[Fig. 11]



[FIG. 11]

[Fig. 12]



[FIG. 12]

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheN° d'enregistrement
nationalFA 928526
FR 2312389

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	WO 2018/059631 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH [DE]) 5 avril 2018 (2018-04-05)	1,2,5-10	B60W 30/095 B60W 40/02 G06V 10/40
A	* le document en entier * -----	3,4	
A	US 2008/309516 A1 (FRIEDRICHS FABIAN [DE] ET AL) 18 décembre 2008 (2008-12-18) * abrégé * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G06V G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 juin 2024		Neubüser, Bernhard	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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			
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 & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312389 FA 928526

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 **18 - 06 - 2024**
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
WO 2018059631 A1	05-04-2018	CN 109791607 A	21-05-2019	
		DE 102016218852 A1	29-03-2018	
		DE 112017003466 A5	21-03-2019	
		EP 3520024 A1	07-08-2019	
		JP 7050763 B2	08-04-2022	
		JP 2019530924 A	24-10-2019	
		KR 20190059894 A	31-05-2019	
		US 2019180121 A1	13-06-2019	
		WO 2018059631 A1	05-04-2018	

US 2008309516 A1	18-12-2008	CN 101303735 A	12-11-2008	
		EP 1988488 A1	05-11-2008	
		EP 3594853 A2	15-01-2020	
		JP 5297078 B2	25-09-2013	
		JP 2009064410 A	26-03-2009	
		US 2008309516 A1	18-12-2008	
