

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 938 228

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

08 57634

51 Int Cl⁸ : B 60 W 40/04 (2006.01), B 60 W 40/10, 30/08

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.11.08.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.05.10 Bulletin 10/19.

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 :

71 Demandeur(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : COUTIER THIERRY.

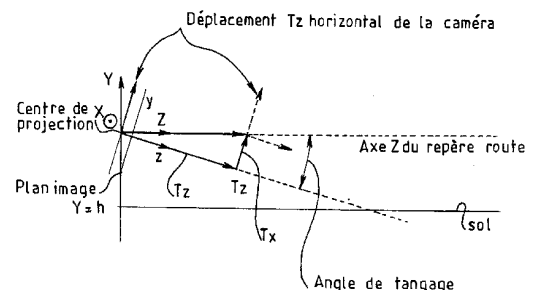
73 Titulaire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES
SA.

54 PROCÉDE DE MESURE DE DISTANCE AU MOYEN D'UNE CAMERA EMBARQUEE DANS UN VEHICULE
AUTOMOBILE.

57 La présente invention se rapporte à un procédé de
mesure de distance au moyen d'une caméra embarquée
dans un véhicule automobile. Dans l'invention, le procédé
de mesure de distance est essentiellement caractérisé par
les différentes étapes consistant à: - acquérir une succes-
sion d'images de la scène de route; - transmettre les images
acquises à un calculateur; - réaliser un calcul du tangage
de la caméra; - déterminer, à partir de l'information de tangage,
la distance entre l'obstacle considéré et le véhicule automo-
bile.

L'invention trouve une application immédiate dans le do-
maine des véhicules automobiles.



FR 2 938 228 - A1



PROCEDE DE MESURE DE DISTANCE AU MOYEN D'UNE CAMERA
EMBARQUEE DANS UN VEHICULE AUTOMOBILE.

5 La présente invention concerne un procédé de mesure
de distance au moyen d'une caméra embarquée dans un
véhicule automobile. Dans le procédé de mesure de
distance selon l'invention, il est mis en œuvre une
estimation du tangage du véhicule automobile par une
10 analyse de mouvement afin d'améliorer la précision de la
mesure de distance réalisée.

Le domaine de l'invention est, d'une façon
générale, celui de la détection d'obstacles pour un
véhicule automobile ; ce domaine constitue un des
15 éléments clés et les plus étudiés dans le cadre des
systèmes avancés d'aide à la conduite mis en œuvre depuis
une quinzaine d'années au sein de différents projets de
recherche, notamment chez les constructeurs et
équipementiers automobiles. Pour réaliser une détection
20 d'obstacles depuis un véhicule automobile, de nombreuses
solutions ont été envisagées et utilisées,
essentiellement basées sur des technologies radar, lidar,
ultrasons pour les obstacles proches et à basse vitesse,
et également sur des procédés faisant intervenir des
25 dispositifs de type caméras.

Les capteurs de type radar et lidar, typiquement
utilisés en application à détection lointaine comme l'ACC
(pour Autonomous Cruise Control en langue anglaise) par
exemple, fournissent directement une information de
30 position et parfois de vitesse 3D des objets présents
dans la scène. Cette information permet de segmenter les
différents objets présents et de leur attribuer des
informations utiles comme leur position, éventuellement
leur vitesse, avec leurs coordonnées réelles en trois
35 dimensions, par rapport au véhicule équipé du capteur
considéré, et par rapport à un repère fixe, si la
position du véhicule est bien déterminée dans ce repère.

Mais de tels capteurs n'offrent pas de champ de large, et leur positionnement angulaire n'est jamais très précis. Par ailleurs, de tels capteurs n'apportent aucune information sur l'environnement routier, telle que la position de véhicule sur sa voie, le nombre de voies, la trajectoire de la route, la classification des cibles, la possibilité de reconnaître des éléments de l'infrastructure tels que les panneaux... Par ailleurs, de tels capteurs longue portée à champ étroit ne peuvent discerner suffisamment tôt les scénarios dits de cut-in, où un véhicule provenant d'une autre voie de circulation que celle du véhicule porteur vient s'intercaler devant celui-ci, et le conducteur doit savoir que la tâche de gérer un tel scénario lui incombe.

Les méthodes de détection d'obstacles utilisant des caméras embarquées à bord du véhicule permettent de répondre à ces attentes, qui ne sont pas satisfaites par les radars ou lidars. L'information fournie par la caméra est une image bidimensionnelle (2D), résultant généralement d'une projection de type perspective du monde réel tridimensionnel (3D) vers le plan image.

Les méthodes utilisables pour la détection d'obstacles par caméra se regroupent en trois catégories principales : la reconnaissance de forme en deux dimensions, la récupération de l'information trois dimensions par une interprétation du mouvement en monovision - c'est-à-dire du mouvement perçu par une unique caméra -, et la triangulation en stéréovision. Cette dernière catégorie fait intervenir nécessairement au moins deux caméras, et elle est donc particulièrement coûteuse ; la reconnaissance de forme en deux dimensions ne donne pas de résultats satisfaisants en terme de détection d'obstacles. Le procédé selon l'invention s'inscrit donc dans le contexte de l'utilisation du mouvement en monovision.

Dans les réalisations existantes, on peut distinguer plusieurs types de solution pour estimer une

distance au moyen d'une unique caméra, typiquement installée dans une zone essuyée à bord d'un véhicule.

Un premier type de solutions est de supposer connu la taille réelle de l'objet dont on cherche à connaître la distance. Il est alors possible d'estimer la distance à l'objet, dans le cas d'une caméra réalisant une projection perspective, en mesurant la taille de sa zone décrite par l'objet sur l'image, et en connaissant les caractéristiques de la perspective propre à la caméra. Cette méthode fonctionne mais requière de délimiter très précisément les contours de l'objet dans l'image, et de connaître sa taille réelle avec une certaine précision ; elle est donc difficile à mettre en œuvre.

Un deuxième type de solutions est de repérer précisément le bas de l'objet dans l'image. En supposant que le sol devant la caméra est plan, et en connaissant d'autre part précisément la position de la caméra et les caractéristiques de sa projection, une estimation de la distance est rendue possible.

La présente invention s'inscrit dans le deuxième type de solutions qui vient d'être mentionné. Parmi les paramètres de position de la caméra nécessaires au calcul de la distance, l'un des plus cruciaux est celui du tangage de la caméra par rapport au sol. En effet, au delà d'une certaine distance, une erreur sur le tangage produit une erreur très large sur l'estimation de distance.

Dans l'état de la technique, différentes méthodes ont été proposées pour déterminer le tangage de la caméra par rapport au sol. Une première méthode, la plus couramment employée pour estimer le tangage, est d'identifier au sol des structures rectilignes et parallèles. L'intersection des lignes résultant de la projection dans le plan image donne la position de l'horizon dans l'image, équivalent au tangage de la caméra par rapport au sol. Bien souvent, les lignes retenues sont les lignes de marquage routier au sol.

Cette méthode est simple mais souffre de divers défauts : en présence de pointillés significativement distants les uns des autres, l'estimation précise de l'orientation des lignes est difficile. La largeur du marquage pose également un problème identique.

Une deuxième méthode réside dans l'exploitation du mouvement observé. Pour la mise en œuvre de ces méthodes, on fait l'hypothèse que le sol est plan dans un domaine proche du véhicule ; les paramètres de position et éventuellement de variation de position de la caméra sont alors identifiés en sélectionnant les valeurs qui permettent de faire coïncider entre deux images successives une zone de l'image correspondant à un morceau de route devant le véhicule.

Différents exemples de mise en œuvre de cette deuxième méthode sont connus dans l'état de la technique : notamment, on connaît un exemple dans lequel on estime tous les paramètres de position (hauteur, angle de roulis, et de tangage) et variation de position (6 valeurs de translations et rotations) de la caméra, en se basant sur le mouvement de la route, considérée comme plane, et en réduisant le bruit par un filtre de Kalman dans lequel est modélisée la dynamique du véhicule. La caméra est supposée alignée avec l'axe véhicule, donc l'angle de lacet n'est pas identifié, la hauteur caméra est supposée constante et connue ; ce sont donc huit paramètres qui doivent être identifiés.

Cet exemple de mise en œuvre se heurte à une complexité importante, résidant dans le nombre de paramètres à estimer. Certains paramètres peuvent être négligés car le mouvement d'un véhicule est suffisamment contraint. Par ailleurs, des ambiguïtés entre certains couples de grandeurs peuvent apparaître. Par exemple, une rotation autour de l'axe caméra X horizontal, c'est à dire l'axe correspondant au sens de déplacement du véhicule, résulte en un mouvement vertical constant dans toute l'image, qu'il sera difficile de discriminer du

mouvement vertical dû au tangage de la caméra par rapport à la direction du déplacement si la zone observée n'est pas assez profonde et large, ce qui est généralement le cas lorsque l'on souhaite observer la route en évitant
5 les bords de voie ou les obstacles...

L'objet de l'invention propose une solution aux problèmes qui viennent d'être exposés. Dans l'invention, on propose une solution pour déterminer de manière précise une distance séparant un objet d'un véhicule en
10 repérant précisément le bas de l'objet dans l'image, en attachant une importance toute particulière à l'estimation du tangage par rapport au sol. Pour estimer le tangage, on exploite le mouvement observé entre différentes images. Dans l'invention, on s'intéresse plus
15 particulièrement aux paramètres de calibration de la caméra, et en particulier le tangage, par le mouvement. Différentes mises en œuvre du procédé selon l'invention traitent par ailleurs des problèmes d'ambiguïtés entre l'estimation de tangage et sa variation.

L'invention concerne donc essentiellement un
20 procédé de mesure de distance entre un obstacle et un véhicule automobile circulant sur une voie donnée, ledit véhicule automobile étant équipé notamment d'une caméra capturant une succession d'images d'une scène de route se
25 déroulant devant le véhicule, le procédé comportant les différentes étapes consistant à :

- acquérir une succession d'images de la scène de route ;
- transmettre les images acquises à un
30 calculateur ;
- réaliser un calcul du tangage de la caméra ;
- déterminer, à partir de l'information de tangage, la distance entre l'obstacle considéré et le véhicule automobile

35 caractérisé en ce que l'étape consistant à réaliser le calcul de tangage de la caméra comporte les différentes opérations consistant à :

soit :

- faire coïncider au moins deux images successives acquises en réalisant une itération sur au moins des paramètres de position de la caméra, et en réalisant un déplacement d'une des deux images en accord avec des paramètres de déplacement du véhicule ;

- retenir les paramètres de position de la caméra réalisant la coïncidence des deux images successives ; en déduire le tangage de la caméra ;

10 soit :

- faire coïncider au moins deux images successives acquises, en réalisant une itération sur la valeur de tangage ;

- retenir comme valeur de tangage la valeur associée à une vitesse de déplacement déterminée entre les deux images successives, ladite vitesse de déplacement déterminée correspondant à une vitesse de déplacement longitudinale réelle du véhicule.

20 Outre les caractéristiques principales qui viennent d'être mentionnées dans le paragraphe précédent, le procédé selon l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques supplémentaires parmi les suivantes :

- les images successives à faire coïncider sont des images rétroprojetées.

25 - l'opération consistant à retenir les paramètres de position de la caméra réalisant la coïncidence des deux images successives repose sur un critère de somme des différences aux moindres carrés.

30 - la vitesse de déplacement longitudinale réelle du véhicule est donnée par un odomètre disposé sur le véhicule.

- l'itération sur la valeur de tangage est réalisée au moyen d'un observateur non linéaire du type régulateur proportionnel intégral.

35 - le procédé comporte l'étape supplémentaire consistant à, préalablement à la réalisation de l'étape de calcul de tangage de la caméra, sélectionner une zone

limitée dans les images acquises, les opérations ultérieures sur les images acquises étant alors limitées à ladite zone limitée, ladite zone limitée correspondant à une portion de la route située devant le véhicule et englobant des marquages au sol entourant la voie du véhicule.

- l'étape consistant à déterminer la distance entre l'obstacle considéré et le véhicule automobile est réalisée en appliquant la formule suivante :

$$D_{obstacle} = \frac{h}{\tan(\alpha_{tangage} + (résolution\ verticale/2 - hauteur_{obstacle})/f)}$$

où :

- le terme ' $D_{obstacle}$ ' correspond à la distance entre l'obstacle et le véhicule ;
- la résolution verticale correspond au nombre de pixels sur la hauteur de l'image ;
- le terme ' $hauteur_{obstacle}$ ' est la hauteur en nombre de lignes de la base de l'obstacle dans l'image ;
- le terme ' f ' est la focale en pixels ;
- le terme ' $\alpha_{tangage}$ ' est le tangage de la caméra par rapport au sol.

La présente invention se rapporte également à un dispositif apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention, et à un véhicule automobile équipé d'un tel dispositif.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement dans la description explicative qui va suivre faite en référence au dessin schématique annexé donné uniquement à titre d'exemple, montrant un schéma illustrant les conséquences du tangage de la caméra sur des mesures de distance.

Dans la suite de la description, deux modes de mise en œuvre sont décrits, dans l'un d'eux un processus d'optimisation itère à chaque pas de temps sur le tangage ce qui nécessite une opération dite de warping, ou

transposition de texture, à chacune d'entre elles. Le warping réside en une opération consistant à projeter une texture définie sur une surface initiale vers une autre surface, dite surface d'arrivée, selon un type de projection donné. Une telle opération s'effectue :

- en calculant sur la surface initiale les coordonnées des antécédents de chacun des points de la surface d'arrivée ;
- en assignant au point de la surface d'arrivée un niveau de couleur ou de gris correspondant à son point de départ.

Dans le contexte considéré ici, la texture appliquée est celle de l'image recueillie par la caméra rétroprojetée selon une projection centrale, vers la surface de la route déterminée par les différents paramètres (hauteur, tangage, roulis, lacet de la caméra).

Dans l'autre mode de mise en œuvre décrit, toujours basé sur le mouvement, utilise un observateur d'état, ne nécessitant qu'une opération de warping à chaque pas de temps, accélérant sensiblement l'algorithme. L'état observé est l'angle de tangage de la caméra, ledit angle de tangage évoluant en fonction des mouvements du véhicule.

Dans les approches décrites, pour traiter les outliers, en d'autres termes les zones de l'image qui ne correspondent pas à la route, on utilise une portion réduite de l'image qui correspond à la route sur une distance courte devant le véhicule, englobant les marquages gauche et droit. Tout dispositif apte à mettre en œuvre le procédé selon l'invention peut s'interfacer avec un dispositif de détection d'obstacles et un dispositif de détection de ligne pour ajuster au mieux la zone de recherche, tirant ainsi bénéfice de la totalité des algorithmes disponibles.

Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre au moyen d'un dispositif comportant notamment :

- un dispositif d'acquisition d'images de type caméra destiné à acquérir des séquences d'images de la route devant le véhicule. La caméra est typiquement montée en zone essuyée à l'intérieur du véhicule, par exemple en haut de pare-brise avant. La caméra réalise
5 une projection de perspective de la scène visualisée.

- un ordinateur relié à la caméra qui lui envoie les images qu'elle acquiert. L'ordinateur comprend une zone de mémoire dans laquelle il est possible de stocker
10 une ou plusieurs images précédemment acquises. L'ordinateur dispose aussi de moyens de calculs qui permettent : - d'estimer à partir d'images successives les paramètres de position de la caméra ; - de détecter un obstacle dans l'image ; - d'estimer sa distance à la
15 caméra. Avantageusement, dans la mise en œuvre du procédé selon l'invention, l'ordinateur est apte à intégrer des informations provenant de capteurs usuels de dynamique véhicule, notamment des odomètres pour recueillir la vitesse véhicule, des capteurs d'angle volant, ou encore
20 des capteurs de vitesse de lacet.

Les deux exemples de mise en œuvre de l'invention sont à présent détaillés :

Le premier exemple peut se décomposer en six étapes principales, numérotées I-1 à I-6.

25 I-1 : le dispositif d'acquisition d'image acquiert une image de la route qui est envoyée au ordinateur.

I-2 : le ordinateur reçoit l'image et commence le calcul du tangage. En parallèle, il peut lancer des calculs de détection d'obstacle et de détection de
30 lignes. L'image précédente est mise en mémoire.

I-3 : le calcul du tangage commence par une opération de sélection d'une zone dans l'image qui doit correspondre à la portion de route devant le véhicule englobant les marquages délimitant la voie empruntée par
35 le véhicule. Cette zone est suffisamment longue pour contenir l'information nécessaire à l'établissement du tangage, et suffisamment courte pour limiter les

possibilités qu'elle soit occupée par un autre véhicule. Typiquement, la grandeur au sol à considérer va de 0 à 20 mètres devant la caméra.

Les coordonnées dans l'image sont établies à partir
5 des coordonnées désirées au sol, correspondant à la plage
de coordonnées rentrant dans la zone précédemment
sélectionnée, et de la position de la caméra par rapport
au sol données par rapport au repère véhicule. Le repère
véhicule est avantageusement défini au niveau du sol, à
10 l'aplomb du centre de projection de la caméra, selon la
direction de l'axe longitudinal du véhicule.

La position caméra par rapport à ce repère est
donnée par : - la hauteur de son centre de projection,
considérée comme connue et constante ; - son inclinaison
15 par rapport au plan du sol, c'est à dire le tangage ; -
l'angle de lacet entre la caméra et l'axe longitudinal du
véhicule.

La valeur de tangage dont on se sert à ce stade du
procédé peut être la valeur précédemment estimée, ou, en
20 début de processus, la valeur de calibration
correspondant aux caractéristiques du montage de la
caméra. L'angle de lacet entre la caméra et l'axe
longitudinal du véhicule est supposé nul, ou identifié
sur des portions rectilignes de route.

I-4 Dans le premier exemple, le procédé selon
25 l'invention consiste à itérer sur les paramètres de
position caméra (on effectue une boucle de calcul sur les
valeurs que peuvent prendre les paramètres caméra), et
éventuellement de mouvement, de manière à faire coïncider
30 les zones précédemment délimitées dans les images
successives, rétroprojetées au sol, la rétroprojection
étant réalisée en fonction des paramètres de position
caméra par rapport au repère véhicule (encore appelés
paramètres de calibration extrinsèque de la caméra) et en
35 déplaçant l'image en vue de dessus résultante en accord
avec les paramètres de déplacement, c'est-à-dire le
déplacement longitudinal et latéral du véhicule. En

d'autres termes, on effectue une opération de warping de l'image de la caméra vers la surface supposée du sol compte-tenus des paramètres caméras connus, paramètres qui sont donc fixes ou supposés comme tel (la hauteur de la caméra, par exemple) et compte-tenu des paramètres à déterminer sur lesquels on itère.

La qualité de recouvrement entre les deux zones rétroprojetées au sol est mesurée par un critère de somme des différences au moindre carrés. Ce critère sert à mesurer l'écart entre l'image attendue par estimation et l'image effectivement capturée. Un tel critère permet d'éviter que des erreurs positives annulent des erreurs négatives. Les paramètres qui minimisent cette somme sont ceux qui sont sélectionnés comme paramètres estimés.

I-5 Dans l'exemple décrit, il n'est pas nécessaire d'identifier tous les paramètres. Par exemple, le paramètre d'angle de lacet entre la caméra et l'axe longitudinal du véhicule est identifié lors des passages sur des portions rectilignes de la route par une autre méthode. Le paramètre de déplacement longitudinal peut être fourni avec une bonne précision par les odomètres équipant les roues du véhicule ; la variation de lacet peut être fournie directement par le capteur de vitesse de lacet équipant tout véhicule disposant de l'ESP, en roulage normal la translation le long de l'axe X horizontal de la caméra est directement reliée à cette grandeur et à la vitesse longitudinale du véhicule.

La variation de tangage ne constitue pas non plus un paramètre essentiel dans cet exemple. Comme déjà précisé, il est difficile, sur une zone restreinte d'observation, de discriminer entre la part due au tangage et celle due à la variation de tangage dans l'établissement du flot optique, ce qui génère naturellement des ambiguïtés.

L'équation suivante rend compte dans le repère (x,y,z) attaché à la caméra, en se référant à la figure

1, de l'évolution du flot optique en fonction du déplacement et des paramètres caméra :

$$\begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -f\left(\frac{T_x}{Z} + d\theta_y\right) + x\frac{T_z}{Z} + y.d\theta_z - x^2\frac{d\theta_y}{f} + xy\frac{d\theta_x}{f} \\ -f\left(\frac{T_y}{Z} - d\theta_x\right) - x.d\theta_z + y\frac{T_z}{Z} - xy\frac{d\theta_y}{f} + y^2\frac{d\theta_x}{f} \end{bmatrix}$$

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ représentent les variations d'angle de la
5 caméra autour respectivement des axes x, y et z.

La figure 1 fait apparaître qu'un tangage de la caméra génère bien une translation T_y dans le repère caméra lors d'un mouvement longitudinal du véhicule.

Si la zone observée compte une faible variation de
10 distance, il est difficile de discriminer entre la part due au tangage (se traduisant en une translation T_y) de celle due à sa variation de tangage $d\theta_x$.

I-6 Dans le premier exemple, ce problème est résolu en faisant l'hypothèse que la part due à la variation de
15 tangage est négligeable. Si l'on souhaite connaître la valeur « haute fréquence » du tangage, cette hypothèse est fautive. En revanche, si l'on souhaite une valeur moyennée au cours du temps, cette hypothèse se révèle tout à fait valide et permet d'identifier avec une bonne
20 précision le tangage moyen. La fenêtre temporelle de moyennage correspond à celle d'une période d'oscillation haute fréquence du véhicule. Typiquement, cette valeur de 1.5 à 2 hz. En moyennant la valeur instantanée de tangage précédemment obtenue sur une période d'une seconde
25 environ, on obtient une valeur tout à fait intéressante du tangage de la caméra, en accord avec nombre de situations de mesure de distance par rapport à un obstacle.

Le deuxième exemple de mise en œuvre du procédé
30 selon l'invention peut se décomposer en six étapes principales, numérotées II-1 à II-4. Les étapes II-1, II-2 et II-3 sont identiques respectivement aux étapes I-1, I-2 et I-3 du premier exemple qui vient d'être décrit.

II-4 Dans le premier exemple de mise en œuvre décrit, il est nécessaire, à chaque instant, d'itérer sur le tangage ; le calcul de la somme des différences au carré obtenue pour la nouvelle valeur de tangage implique
5 une opération de retroprojection sur le sol par warping. Dans le deuxième exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention, on s'affranchit de cette nécessité en mettant en œuvre un observateur non linéaire, c'est-à-dire un observateur d'une variable régie par des lois non
10 linéaires.

La vitesse longitudinale du véhicule est accessible par les odomètres. Dans cet exemple, on se sert d'un observateur, par exemple un simple régulateur proportionnel-intégral, pour itérer au cours du temps sur
15 le tangage, de manière que la vitesse de déplacement trouvée pour obtenir un recouvrement optimal des zones de la route successivement visualisées et transformées en vue de dessus, corresponde à la vitesse de déplacement mesurée par les odomètres. Le tangage estimé tend alors
20 vers le tangage réel.

Le déplacement estimé entre les deux images successives en vue de dessus est dans un premier temps un déplacement exprimé en pixel au niveau de l'image. Il est cependant possible de relier ce déplacement au
25 déplacement réel car connaissant la hauteur de la caméra par rapport au sol, on s'affranchit du problème du facteur d'échelle qui rend ambigu le déplacement par rapport à un objet visualisé. En outre, comme les images sont transformées en vues de dessus, on élimine
30 complètement la perspective, ce qui conduit à une équivalence entre le déplacement donné en pixels et le déplacement réel constant dans toute l'image.

On réalise alors une estimation du déplacement sur images en vue de dessus, au cours de laquelle sont
35 réalisées les opérations de rétroprojections des deux images successives, sur les zones correspondant à la route uniquement ; puis on réalise une estimation du

déplacement optimal nécessaire pour les faire coïncider au mieux suivant le critère de somme du carré des différences précédemment utilisé. Le déplacement en pixel étant trouvé, l'équivalent en déplacement réel est calculé. L'observateur réalisé par le proportionnel-intégral corrige la valeur de tangage pour qu'au pas de temps suivant, la vitesse estimée converge vers la valeur de référence mesurée par l'odométrie.

Les différents exemples qui viennent d'être décrits permettent d'obtenir une précision d'environ 0.1° d'estimation sur le tangage.

Une fois l'estimation du tangage réalisée, un dispositif de mesure de distance reçoit les informations provenant du dispositif réalisant la détection d'obstacle. Le dispositif de détection d'obstacle fournit la position précise dans l'image du point de contact entre le véhicule et le sol.

En considérant le sol comme plan jusqu'à l'obstacle, et en connaissant la hauteur de la base de l'obstacle dans l'image et le tangage par rapport au sol de la caméra, la formule suivante donne la distance recherchée :

$$D_{obstacle} = \frac{h}{\tan(\alpha_{tangage} + (résolution\ verticale/2 - hauteur_{obstacle})/f)}$$

Où : la résolution verticale correspond au nombre de pixels décrits sur la hauteur de l'image, hauteur_{obstacle} est la hauteur en nombre de lignes de la base de l'obstacle dans l'image, f est la focale en pixels et $\alpha_{tangage}$ le tangage de la caméra par rapport au sol.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure de distance entre un obstacle et un véhicule automobile circulant sur une voie donnée, le dit véhicule automobile étant équipé notamment d'une caméra capturant une succession d'images d'une scène de route se déroulant devant le véhicule, le procédé comportant les différentes étapes consistant à :

10 - acquérir une succession d'images de la scène de route ;

- transmettre les images acquises à un calculateur ;

- réaliser un calcul du tangage de la caméra ;

15 - déterminer, à partir de l'information de tangage, la distance entre l'obstacle considéré et le véhicule automobile

caractérisé en ce que l'étape consistant à réaliser le calcul de tangage de la caméra comporte les différentes opérations consistant à :

20 soit :

- faire coïncider au moins deux images successives acquises en réalisant une itération sur au moins des paramètres de position de la caméra, et en réalisant un déplacement d'une des deux images en accord avec des paramètres de déplacement du véhicule ;

25

- retenir les paramètres de position de la caméra réalisant la coïncidence des deux images successives ; en déduire le tangage de la caméra ;

soit :

30 - faire coïncider au moins deux images successives acquises, en réalisant une itération sur la valeur de tangage ;

- retenir comme valeur de tangage la valeur associée à une vitesse de déplacement déterminée entre les deux images successives, ladite vitesse de déplacement déterminée correspondant à une vitesse de déplacement longitudinale réelle du véhicule.

35

2. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que les images successives à faire coïncider sont des images rétroprojetées.

3. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que l'opération consistant à retenir les paramètres de position de la caméra réalisant la coïncidence des deux images successives repose sur un critère de somme des différences aux moindres carrés.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la vitesse de déplacement longitudinale réelle du véhicule est donnée par un odomètre disposé sur le véhicule.

5. Procédé selon l'une au moins des revendications 1 ou 4 caractérisé en ce que l'itération sur la valeur de tangage est réalisée au moyen d'un observateur non linéaire du type régulateur proportionnel intégral.

6. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte l'étape supplémentaire consistant à, préalablement à la réalisation de l'étape de calcul de tangage de la caméra, sélectionner une zone limitée dans les images acquises, les opérations ultérieures sur les images acquises étant alors limitées à ladite zone limitée, ladite zone limitée correspondant à une portion de la route située devant le véhicule et englobant des marquages au sol entourant la voie du véhicule.

7. Procédé selon l'une au moins des revendications précédentes caractérisé en ce que l'étape consistant à déterminer la distance entre l'obstacle considéré et le véhicule automobile est réalisée en appliquant la formule suivante :

$$D_{obstacle} = \frac{h}{\tan(\alpha_{tangage} + (résolution\ verticale/2 - hauteur_{obstacle})/f)}$$

où :

- le terme ' $D_{obstacle}$ ' correspond à la distance entre l'obstacle et le véhicule ;

- la résolution verticale correspond au nombre de pixels sur la hauteur de l'image ;

- le terme "*hauteur_{obstacle}*" est la hauteur en nombre de lignes de la base de l'obstacle dans l'image ;

5 - le terme "*f*" est la focale en pixels ;

- le terme " *α_{tangage}* " est le tangage de la caméra par rapport au sol.

8. Dispositif caractérisé en ce qu'il est apte à mettre en œuvre le procédé selon l'une au moins des
10 revendications précédentes.

9. Véhicule automobile caractérisé en ce qu'il est équipé du dispositif selon la revendication précédente.

1/1

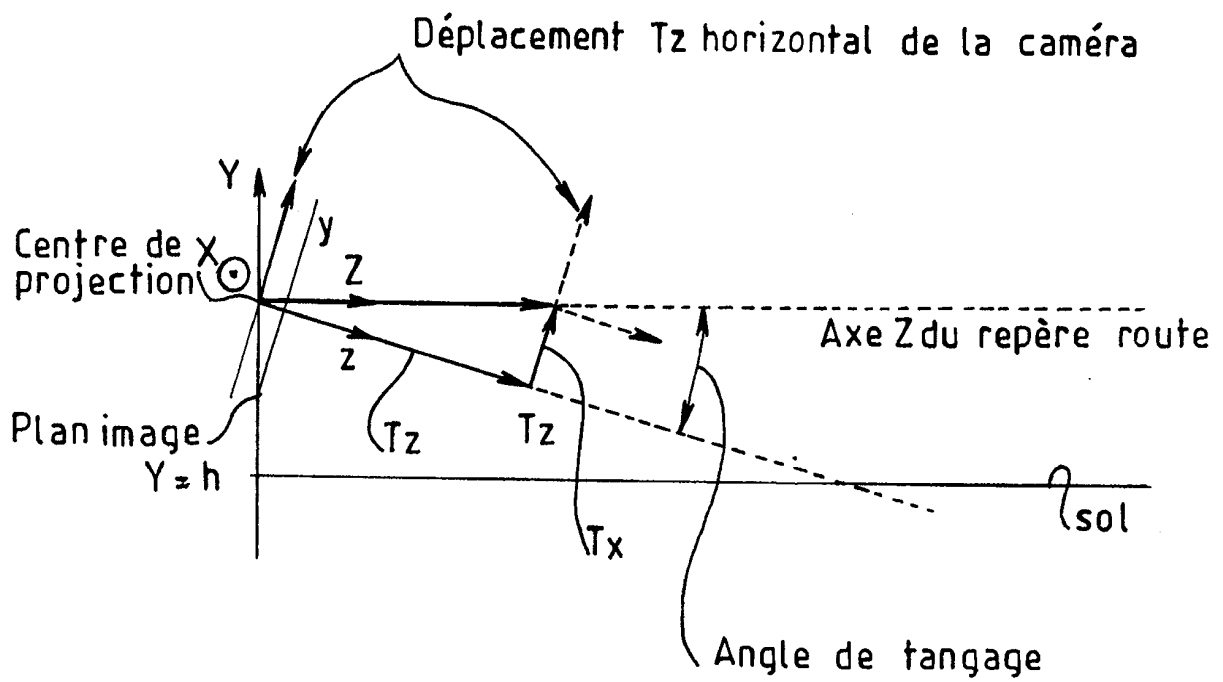


Figure 1



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 714496
FR 0857634

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 1 256 487 A (HONDA) 13 novembre 2002 (2002-11-13) * alinéas [0037] - [0042]; figures *	1,6,8,9	B60W40/04 B60W40/10 B60W30/08
A	EP 1 783 684 A (HONDA ET AL.) 9 mai 2007 (2007-05-09) * alinéas [0199] - [0212]; figures 5,14,35 *	1,6,8,9	
A	US 6 285 393 B1 (SHIMOURA ET AL.) 4 septembre 2001 (2001-09-04)		
A	EP 1 722 332 A (NISSAN) 15 novembre 2006 (2006-11-15)		
A	US 7 437 244 B2 (OKADA) 14 octobre 2008 (2008-10-14)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G08G G06K B60W G06T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 juin 2009		Krieger, Philippe	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0857634 FA 714496**

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 29-06-2009

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1256487	A	13-11-2002	DE 60214073 T2	12-04-2007
			JP 4162910 B2	08-10-2008
			JP 2003051016 A	21-02-2003
			US 2002169555 A1	14-11-2002

EP 1783684	A	09-05-2007	JP 3937414 B2	27-06-2007
			JP 2006053757 A	23-02-2006
			WO 2006016664 A1	16-02-2006
			US 2008253606 A1	16-10-2008

US 6285393	B1	04-09-2001	AUCUN	

EP 1722332	A	15-11-2006	JP 2006318271 A	24-11-2006
			US 2006256198 A1	16-11-2006

US 7437244	B2	14-10-2008	JP 4052650 B2	27-02-2008
			JP 2005209019 A	04-08-2005
			US 2005165550 A1	28-07-2005
