



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 36097 B1** (51) Cl. internationale : **G06T 7/00; B60Q 1/52**
- (43) Date de publication : **29.01.2016**

- 
- (21) N° Dépôt : **36097**
- (22) Date de Dépôt : **08.07.2013**
- (71) Demandeur(s) : **MASCIR (MORROCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH), RUE MOHAMED EL JAZOULI, MADINAT AL IRFANE RABAT 10100 (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **BOURZEIX François ; SAADAoui SAFAA ; BOURJA OMAR**
- (74) Mandataire : **ABDELHAQ AMMANI**

- 
- (54) Titre : **Système mono-caméra d'estimation de vitesse de véhicule par traitement vidéo avec calibration multi-caméra par effet stéréoscopique**
- (57) Abrégé : La présente invention se rapporte aux systèmes d'estimation de vitesse, ou encore cinémomètres, qui sont utilisés en particulier pour réaliser des détections d'infraction au code de la route (excès de vitesse). Elle s'intègre à un procédé permettant de mesurer la vitesse de déplacement d'objets (100) devant une caméra vidéo (105). On prévoit, dans cette invention (Fig 1) d'utiliser au moins une caméra supplémentaire (110), qui est placée parallèlement sur un l'axe (eX) (115) à la première caméra et qui est éloignée d'elle d'une distance(120) connue. Ce décalage permet de réaliser des calculs de distances sur des points du plan où se déplacent les véhicules en utilisant l'effet stéréoscopique . Cela permet de calibrer le système en associant des coordonnées métriques aux points de l'image sur la route puis de faire des calculs des vitesses dedéplacement des objets mobile devant la caméra (105) voir (Fig.2)

2015-01-14  
27 FEV 2015

29 JAN 2016

**Système multi caméras d'estimation de vitesse de véhicules basé sur l'effet stéréoscopique****Abrégé :**

La présente invention concerne un système d'estimation de vitesse de véhicules basé sur le calcul de la distance stéréoscopique. Ce système comporte deux caméras (105 et 110) branchées à un ordinateur durci (200) ayant une carte de calcul FPGA (210) qui permettra l'estimation de la vitesse (Fig.2). Contrairement aux systèmes mono-caméra déjà existant, ce système ne demande aucune rectification d'image ni calibration métrique pour déduire la correspondance entre les pixels de l'image et leur représentation métrique sur la route. Ceci est réalisé grâce à la technique de stéréoscopie en utilisant deux caméras (105 et 110) fixées au même niveau horizontal (100) (Fig.3), et visant un même objet (220) sur la route (Fig.1). Les informations extraites des objets figurants sur les deux images permettent de déduire la distance séparant ces objets de l'objectif de la caméra, et ainsi de déterminer sa vitesse de déplacement tout en gardant un bon niveau de précision.

27 FEV 2015

**Système multi cameras d'estimation de vitesse de véhicules basé sur l'effet stéréoscopique****Domaine de l'invention**

La présente invention concerne le domaine du contrôle routier. En particulier, elle se rapporte à un système de contrôle de la vitesse d'un engin mobile sur une route basé sur le traitement d'image. Ledit système utilise l'effet stéréoscopique pour faire l'estimation de la vitesse des objets mobiles. C'est un système qui est une évolution par rapport au radar routier classique ayant pour avantage le faible coût et le contrôle simultané de plusieurs engins.

**Etat de l'art**

Les systèmes d'estimation de vitesse de véhicules traditionnels dont les RADAR, sont largement utilisés pour contrôler l'excès de vitesse, et ainsi surveiller le trafic routier pour garantir une meilleure sécurité sur les routes et autoroutes. La détection par RADAR est une technologie utilisant les ondes électromagnétiques pour détecter le mouvement d'un véhicule et ainsi, déterminer sa vitesse de déplacement. Le système émet un faisceau d'ondes radios à une fréquence connue, vers un véhicule en mouvement. Le signal est réfléchi par le véhicule à une fréquence décalée par rapport à la fréquence initiale qui dépend de la vitesse du véhicule (Effet Doppler). La vitesse du véhicule peut être déduite en comparant la fréquence émise de l'instrument et celle de l'onde retournée du véhicule. Certes ces systèmes sont précis pour la détermination de la vitesse de véhicules isolés, mais restent moins efficaces dans le cas d'un flux ou d'une importante concentration de véhicules.

La technologie LiDAR basée sur la lumière laser pulsée au lieu des ondes radios a été proposée comme alternative au RADAR. Le principe est semblable à celui du RADAR à la différence que pour ce dernier le faisceau lumineux transmis est étroit et dont la vitesse est bien connue. La distance à un objet ou à une surface est donnée par la mesure du délai entre l'impulsion et la détection du signal réfléchi. Ce système bien plus précis que le RADAR, il reste inefficace devant un flux important de véhicules.

Les systèmes modernes en cours de développement de détection de vitesse se basent sur les flux vidéos provenant d'une caméra qui filme un trafic routier (US20110267460A1). L'acquisition et le traitement se font d'une manière numérique. Très efficaces pour gérer l'estimation de vitesse de plusieurs véhicules (multi tracking), mais très sensible à la calibration (précision inférieure à celle des RADAR et LiDAR). En effet, pour déduire la vitesse d'un objet à partir des images successives, une rectification ou redressement de l'image est nécessaire pour réaliser la calibration du pixel vers sa correspondance métrique réelle sur la route. Cette rectification, nécessite une initialisation et une calibration selon la route visée. D'où l'importance de notre invention qui n'utilise aucune rectification des images ni calibration, seul l'effet stéréoscopique résoud ce problème en calculant directement la distance séparant l'objet de la caméra.

### **Description de l'invention**

L'objectif de la présente invention est de remédier aux différentes lacunes citées dans l'état de l'art. En effet, l'invention concerne un système multi-caméras pour détecter la vitesse d'un objet mobile, tel un engin sur une route. Ledit système dispose de moyen pour estimer la distance de déplacement à partir des images successives prises par des caméras afin de calculer avec précision la vitesse de l'engin. L'invention utilise l'effet stéréoscopique des images prises par les caméras pour le système de calcul des vitesses.

### **Brève description des figures**

Un exemple de réalisation de la présente invention sera décrit en se basant sur les figures suivantes :

**Figure.1** : Vue de dessus du système stéréoscopique et de sa disposition par rapport au véhicule (220).

**Figure.2** : Représentation matérielle globale du système utilisé pour notre invention.

**Figure.3** : Les deux caméras (105 et 110) alignées horizontalement pour réaliser l'effet stéréoscopique.

**Figure.4** : Schéma représentant le système ainsi que l'algorithme général pour l'estimation de la vitesse des véhicules.

**Figure.5 :** Vue de dessus du système stéréoscopique regroupant les différents angles horizontaux et paramètres qui permettront le calcul de la distance séparant les caméras (105 et 110) du véhicule (220).

**Figure.6 :** Vue latérale du système stéréoscopique regroupant les différents angles verticaux et paramètres qui permettront le calcul de la distance séparant les caméras du véhicule.

**Figure.7 :** Organigramme de l'algorithme de calcul de la distance stéréoscopique (300) et (340).

**Figure.8 :** Représentation de la différence (360) entre les pixels de l'image de gauche par rapport à l'image de droite.

**Figure.9 :** Représentation de la disposition des pixels vus latéralement pour le calcul de l'angle  $\alpha$  (330).

### **Description détaillée de l'invention**

L'utilisation d'un système stéréoscopique avec deux caméras (Fig.1) en vision est inspirée de la vision humaine pour obtenir une représentation en trois dimensions. Chaque caméra représente un œil. Cette technique permet de créer une nouvelle dimension de la profondeur en se basant sur deux images prises à deux endroits légèrement différents. Dans notre implémentation du système, nous avons choisi deux caméras identiques, alignées, placées au même niveau horizontal et synchronisées (les images venant des deux caméras doivent être prises au même instant pour garantir la synchronisation entre les deux flux vidéo). La synchronisation est très importante pour notre application, car nous faisons l'estimation de déplacement ou de la vitesse des véhicules. Donc, nous n'avons pas des scènes statiques mais nous représentons plutôt des scènes en mouvement.

Le système d'estimation de vitesse présenté ici (Fig.3) est composé de deux caméras identiques (105 et 110) et se déclenchant au même instant. Pour chaque caméra, la première étape à réaliser est celle de l'estimation de l'image de l'arrière plan (background) (115 et 120), qui est, pour notre exemple, une route. Ces images du background seront mises à jour périodiquement et soustraites (125 et 130) aux images courantes. Le résultat de la soustraction sera filtré pour enlever le bruit et parasites, et une érosion et dilatation (135 et 140) seront appliqués autant de fois que nécessaire pour identifier les zones connexes de l'image qui correspondent aux éléments mobiles. Sur chaque zone connexe on identifie une zone d'intérêt à fort contraste (145 et 150) qui représente une petite sous-section de l'image (400), sur laquelle sera réalisée l'estimation de distance stéréoscopique (160) (algorithme sur l'organigramme de la figure Fig.7).

Par la suite, un suivi (*tracking*) des zones connexes est réalisé sur le flot successif des images (170). Les estimations de distances des véhicules sur les images successives permettent finalement d'estimer leur vitesse en utilisant un algorithme classique d'estimation (Régression linéaire par exemple). Dans le cas où la vitesse est estimée à partir de deux images, la formule suivante sera appliquée :

$$V_{Km/h} = (d_2 - d_1) \times fps \times 3.6$$

Où  $(d_2 - d_1)$ , représente la distance stéréoscopique que l'on détaillera à la section suivante et *fps* est le nombre d'images par seconde, paramètre propre à chaque caméra.

Les images stéréoscopiques permettent de calculer la distance entre les caméras et l'objet visé sur l'image (Fig.5). L'une des deux images doit servir comme référence. Pour la présente invention, la caméra de gauche (110) est la référence. L'image prise par la caméra de droite (105) sera alignée par rapport à celle de gauche. Une petite zone de l'image sera considérée sur laquelle l'algorithme va être appliqué. Nous avons choisi comme zone d'intérêt la plaque d'immatriculation, car elle représente un fort contraste. La zone d'intérêt sur les deux images est à une distance constante par rapport à la caméra.

Plusieurs paramètres doivent être connus et fixés au préalable. La distance entre les deux caméras (315), leur élévation du sol (345), l'angle d'ouverture horizontal et vertical (305 et 335), l'angle d'inclinaison de la caméra (325), et le nombre de pixels horizontaux de l'image

capturée (320). Par simple calcul géométrique (Fig.5), la distance séparant les caméras de l'objet visé sur l'image peut être calculée (300). Elle est donnée par :

$$D = \frac{Bx_0}{2 \tan\left(\frac{\phi_h}{2}\right) (x_G - x_D)}$$

Avec :  $B$  (315) distance séparant les deux caméras.

$\phi_h$  (305) l'angle d'ouverture horizontal de la caméra.

$x_0$  (320) nombre des pixels horizontaux de l'image.

$x_G - x_D$  (360), est la distance de disparité entre les pixels de droite et celles de gauche.

En considérant l'élévation (345) de la caméra du sol (Fig.6), la distance finale devient :

$$d = D \cdot \sin \alpha$$

$\alpha$  (330) représente l'angle que fait l'objet par rapport à l'axe vertical du support de la caméra  $\alpha = \theta + \varphi_{1v}$  et  $\varphi_{1v}$  (310) est l'angle que fait l'objet par rapport à l'axe optique

$\varphi_{1v} = \frac{n_{pix}}{N_{pix}} \times \varphi_v$ .  $\varphi_{1v}$  peut être déduit de la distance de l'objet à l'axe de l'image  $n_{pix}$  (nombre de pixels), du nombre total  $N_{pix}$  de pixels verticaux et de l'ouverture angulaire verticale  $\varphi_v$ , voir la figure (Fig.9).

Comme les deux caméras sont alignées horizontalement, aucun décalage vertical des images n'est considéré. Uniquement un décalage selon l'axe des x dû à l'effet stéréoscopique est pris en compte (360) sur (Fig.8). L'algorithme de calcul de la distance parcourue est réalisé en alignant l'image de droite par rapport à la référence qui est celle de gauche (Fig.7). Cet alignement se fait en fixant un objet de très petite taille sur l'image (quelques pixels), l'arrière des véhicules dans notre cas. Le décalage entre les deux zones d'intérêt peut être estimé par une méthode de traitement du signal classique comme la maximisation de la corrélation entre la matrice représentant la zone d'intérêt, la maximisation de la vraisemblance, ou encore la minimisation de la moyenne de la différence entre les deux images (375). C'est cette dernière que nous avons choisi pour notre invention (Fig.7).

### Exemple de Mode de réalisation

Pour notre présente invention, le système utilisé pour faire de l'estimation de vitesse est composé de deux parties. Une première partie système (Fig.2), composée des deux caméras numériques HD (1400x1024) à capteur CMOS, ayant un *fps* de 64 image/s, connectées à un ordinateur durci via un lien gigabit Ethernet vision, garantissant ainsi, le transfert de données à haut débit. L'ordinateur ayant un processeur Core i7, avec une interface PCI slot et PCI express. Il contient une carte FPGA pouvant supporter 4 entrées indépendantes gigabit Ethernet.

Les caméras sont fixées sur un support rigide (100) sur un pont au-dessus d'une route et filmant le trafic routier qui s'éloigne. Le système de fixation des caméras est fait de manière à permettre un contrôle exact des paramètres (fig.3 et fig.5) de calcul de la vitesse en se basant sur le phénomène de stéréoscopie tel qu'il a été expliqué avant.

Le système des caméras est contrôlé par un système informatique pour le traitement des flux des images. Une partie de l'algorithme d'estimation de vitesse sera implémentée sur la carte FPGA via Visual Applets, et une autre partie sur l'ordinateur durci. Le logiciel est paramétré en fonction de la position des caméras dans l'espace.

La figure 4 montre le processus d'estimation de la vitesse. L'acquisition des images se fait par les deux caméras (105 et 110) dont le flux est synchronisé. Une estimation de l'image de l'arrière plan (120) de la scène est faite à partir d'une courte séquence vidéo, ce qui permet la détection des objets mobiles présents en avant plan. Ces objets seront détectés en faisant la soustraction de l'image de l'arrière plan aux images successives courantes de la scène (130). Pour permettre le repérage de l'arrière du véhicule, il faut que les images subissent un certain nombre d'opérations de filtrage (filtre médian), de conversion (niveau de gris et binarisation) ainsi que des opérations morphologiques (dilatation et érosion) pour enlever les pixels parasites (140). L'image ainsi débruitée et nette, le repérage de l'arrière du véhicule se fera par détection de blob (150). Les deux images de l'arrière du véhicule prises par les caméras (105) et (110) doivent être alignées pour pouvoir calculer la distance stéréoscopique (160) (voir algorithme figure.7). Aussi, le suivi du véhicule entier sera fait (170) pour permettre le calcul de la vitesse de déplacement (180) à partir de la distance stéréoscopique parcourue.

## Revendications

1. Système multi-caméras pour l'estimation des vitesses de mouvement d'objets **caractérisé en ce que** des caméras (105 et 110) ayant des positions fixes sur un support (100) sont reliées via des moyens de communication à une **unité de traitement d'image** (200). Les images provenant desdites caméras de manière synchronisée subissent un traitement comprenant les étapes suivantes :
  - Identification des éléments mobiles dans la scène filmée par les caméras
  - Estimation de la distance des objets par rapport aux caméras en utilisant l'effet stéréoscopique.
  - Déduction de la vitesse de déplacements
2. Système multi-caméras selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** les caméras sont numériques et identiques avec des axes optiques parallèles.
3. Système multi-caméras selon les revendications 1 et 2 **caractérisé en ce que** l'unité de traitement des images (200) contient une carte d'acquisition (210) qui permet de récupérer le flux vidéo en provenance des caméras et identifier les éléments mobiles dans la scène filmée.
4. Système multi-caméras selon les revendications 1 à 3 **caractérisé en ce qu'**au niveau de l'unité de traitement, un algorithme permet l'estimation de la distance stéréoscopique ainsi que la vitesse de déplacement comprend les étapes suivantes :
  - L'estimation de l'arrière plan de la scène (115, 120)
  - La soustraction de l'image de l'arrière plan flux d'image qui rentre (125,130)
  - Conversion des images en binaire et filtrage (135,140)
  - Repérage d'une zone d'intérêt par rapport à l'objet mobile (145,150), sur les deux images synchronisées provenant des deux caméras (105,110),
  - Calcul de la distance séparant l'objet aux caméras et estimation de la vitesse de mouvement

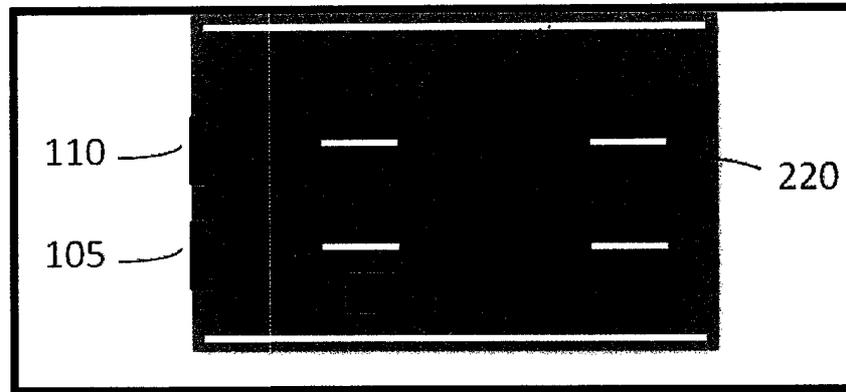


Figure 1

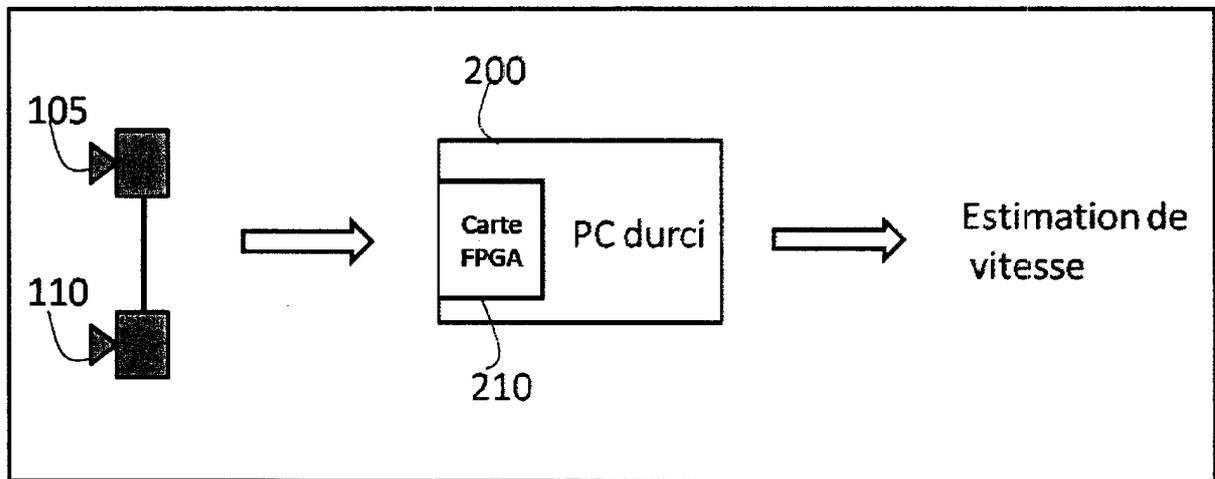


Figure 2

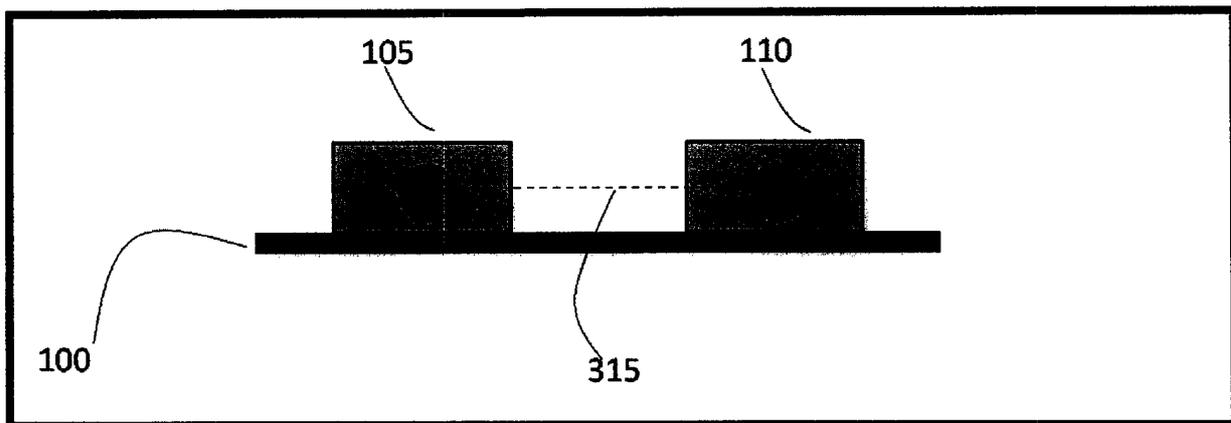


Figure 3

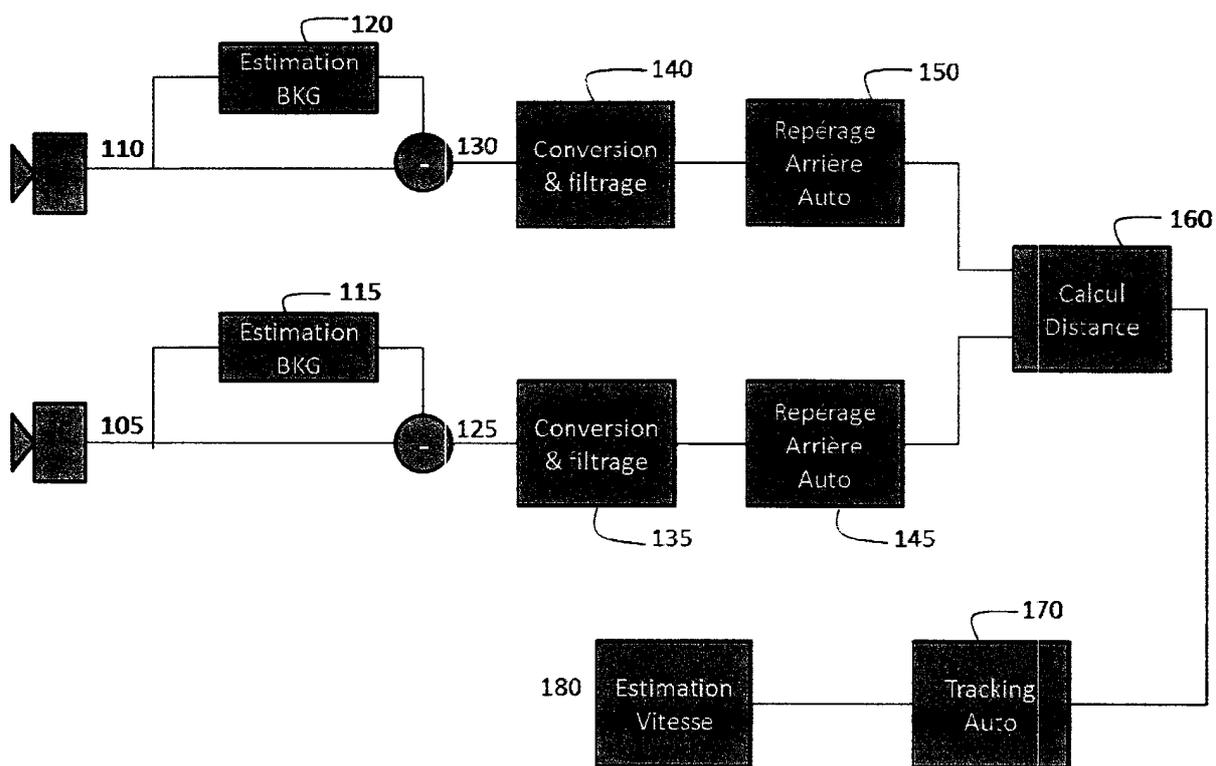


Figure 4



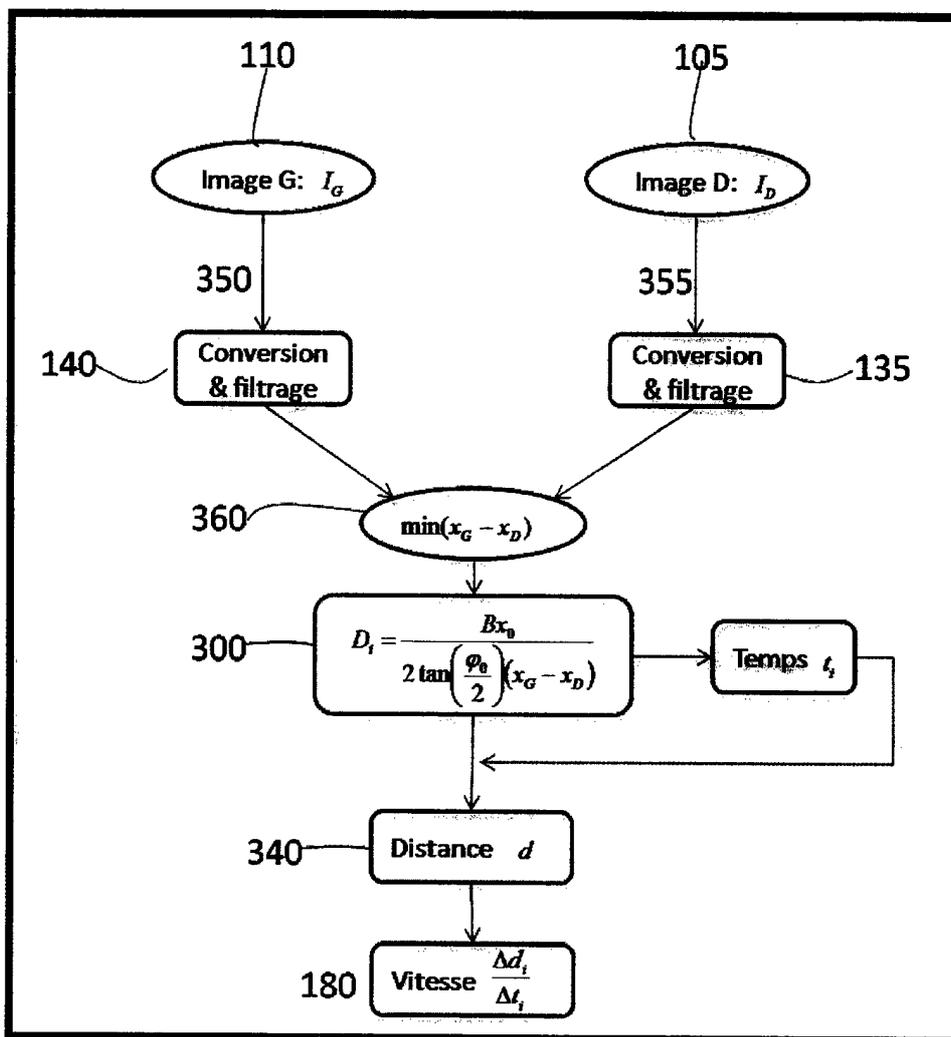


Figure 7

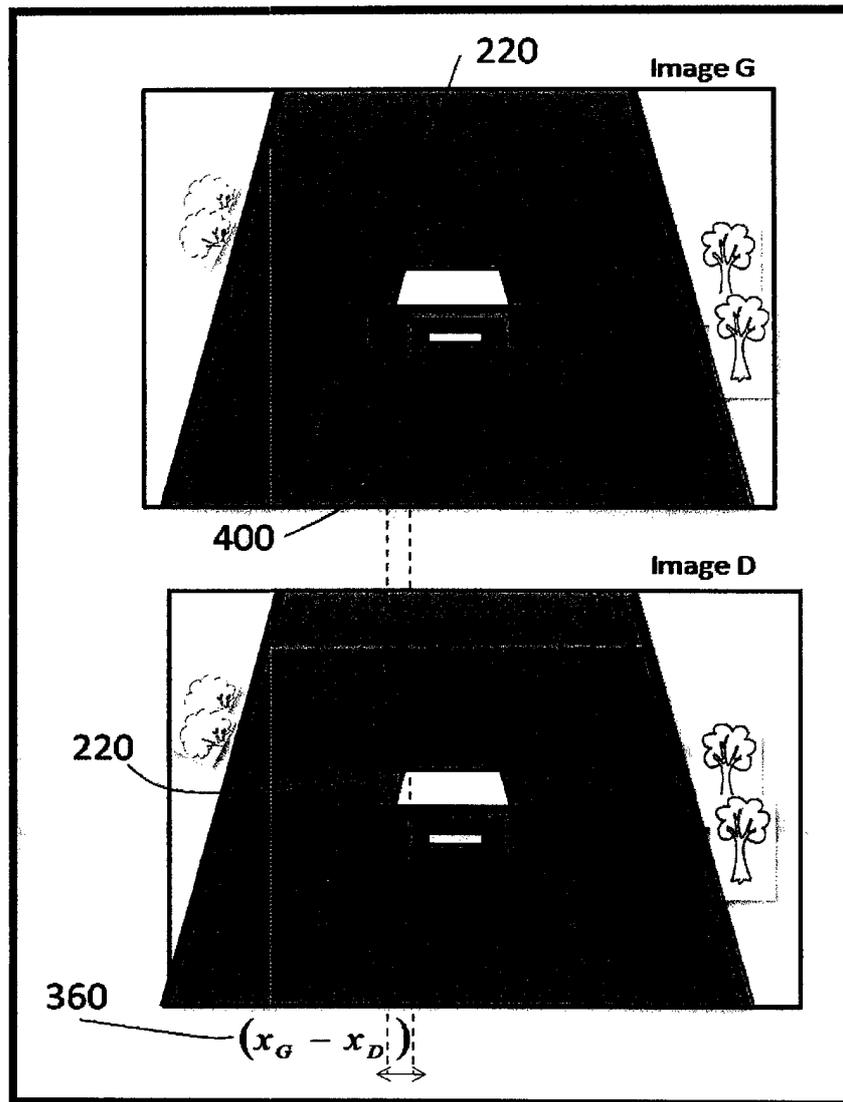


Figure 8

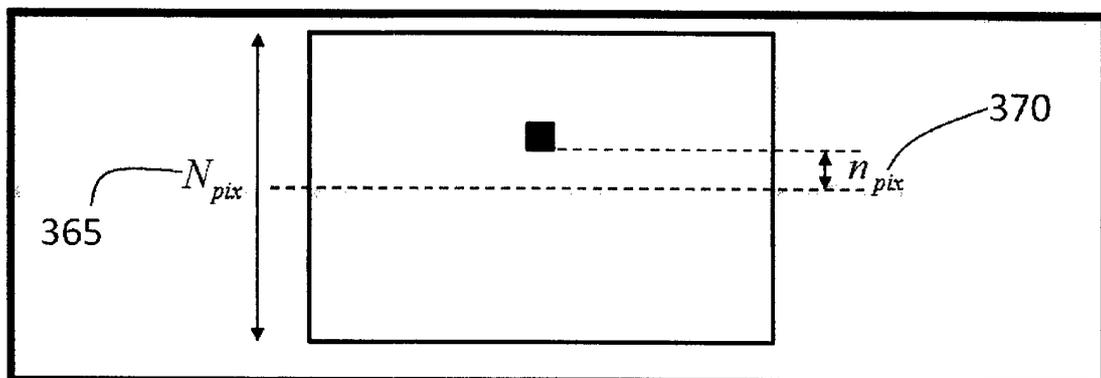


Figure 9



## RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

Établi conformément à l'article 43.2 de la loi 17/97 relative à la  
protection de la propriété industrielle

### Renseignements relatifs à la demande

N° de la demande : 36097

Date de dépôt : 08/07/2013

Déposant : MASCIR (MORROCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH)

Intitulé de l'invention : Système mono-caméra d'estimation de vitesse de véhicule par traitement vidéo avec calibration multi-caméra par effet stéréoscopique

### Classement de l'objet de la demande :

CIB : G06T7/00 ; G01S11/04 ; G01P3/38

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

#### Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport  
 Cadre 2 : Priorité

#### Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 3 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée  
 Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle  
 Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: N. KHASSAL

Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14

Email : khassal@ompic.ma

Date d'établissement du rapport : 4/1/2016

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrent les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
  - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)

**Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO9716806

D2 : WO2012039043

### **1. Nouveauté**

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue un système d'estimation des vitesses d'objets par traitement vidéo composé d'une caméra principale, une caméra de calibration, et sur les images prises par les deux caméras au même moment, une unité de traitement permet l'identification des points de référence pour la calibration. Par suite l'objet de la revendication 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. De même que pour les revendications dépendantes 2 à 6.

### **2. Activité inventive**

Le document D1 étant considéré comme l'état de la technique le plus proche divulgue un système d'estimation de la vitesse d'un véhicule au moyen d'une caméra et une méthode pour la calibration de la caméra.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 par la calibration de la caméra principale par une deuxième caméra dont les axes optiques sont parallèles.

L'effet technique apporté par cette différence est l'utilisation de l'image stéréoscopique.

Le document D2 concerne un dispositif de génération d'image stéréo comprenant : une unité d'extraction de point caractéristique qui extrait une pluralité de points caractéristiques à partir d'une première image prélevée au niveau d'un premier point cartographique ; une unité de suivi qui calcule la coordonnée d'un point correspondant à la pluralité de points caractéristiques de la première image comme points identiques sur l'objet formé en image, à partir d'une seconde image prélevée au niveau d'un second point cartographique.

Cependant, l'homme du métier ne pourrait pas aboutir à la solution proposée par la revendication 1 en se basant sur les documents D1 et D2. Par suite, l'objet de la revendication 1 à 6 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

### **3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle parce-qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.