

Détection et suivi de véhicule par vision

Xavier Clady, François Collange, Frédéric Jurie, Benoît Thuilot, Philippe Martinet

▶ **To cite this version:**

Xavier Clady, François Collange, Frédéric Jurie, Benoît Thuilot, Philippe Martinet. Détection et suivi de véhicule par vision. 18° Colloque sur le traitement du signal et des images, The Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), Sep 2001, Toulouse, France. inria-00548283

HAL Id: inria-00548283

https://inria.hal.science/inria-00548283

Submitted on 20 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Détection et suivi de véhicules par vision

Xavier Clady, François Collange, Frédéric Jurie, Benoit Thuilot, Philippe Martinet

LASMEA - UMR 6602 du CNRS - Université Blaise Pascal
24 avenue des Landais, 63177 Aubière, France
{prénom.nom}@lasmea.univ-bpclermont.fr

Résumé – Dans cet article, nous proposons un nouveau capteur de vision combinant une caméra à focale courte et une caméra Pan-Tilt-Zoom. Le domaine applicatif visé est l'aide à la conduite. De nombreux développements sont nécessaires pour rendre ce capteur opérationnel. Les travaux exposés ici ont portés essentiellement sur un algorithme de détection de véhicules par vision monoculaire et sur le suivi de véhicule avec une caméra PTZ.

Abstract – In this article, we propose a new visual sensor combining a short fixed focal length camera and a PTZ camera. The application concerned is intelligent cars. Many research and developments are needed. The works presented here deal with a detection algorithm of vehicles using monocular vision and a process for vehicle tracking with a PTZ camera.

1 Introduction

Durant les deux dernières décennies, les systèmes d'assistance embarqués dans les automobiles ont connu un fort développement, entrepris par les constructeurs et les laboratoires de recherches. Ils répondent aux sérieux problèmes induits par l'augmentation mondiale du trafic routier : pollution, embouteillage, accidents,... Beaucoup de ces systèmes ont pour objectif d'accroître les performances des véhicules en terme de confort et de sécurité. Classiquement [17], deux classes sont distinguées : les systèmes passifs (Airbag, ceinture de sécurité, carrosserie déformable,...) et ceux actifs (ABS, EBS [1], ACC [2],...). Les premiers tentent de minimiser les conséquences d'un accident. Les seconds interviennent en amont, dans la prévention ou l'évitement d'une situation dangereuse. Ils participent au développement de *véhicules* dits *intelligents*. Le but visé est l'aide à la conduite et, dans cette perspective, plusieurs types d´equipements « intelligents » sont envisagés :

- Le « Stop and Go » démarre et arrête automatiquement le véhicule dans les embouteillages.
- La « Conduite en Convoi » (« Platooning ») permet la création de trains de véhicules.
- L' « Adaptive Cruise Control » (ACC) commande la vitesse d'un véhicule afin de maintenir une distance de sécurité avec un véhicule au devant.
- Le « Collision Warning ou Avoidance » informe ou remplace le conducteur lors une situation jugée dangereuse (risque de collision).
- Les autoroutes intelligentes (« Intelligent Highways ») ont pour but d'optimiser les conditions de circulation en faisant communiquer l'infrastructure routière avec les véhicules.

Ces différents systèmes utilisent en autres des capteurs extéroceptifs. Plusieurs types de capteurs sont développés actuellement (RADAR, LiDAR, caméras,...). Ils ont chacun leurs spécificités et leurs limitations.

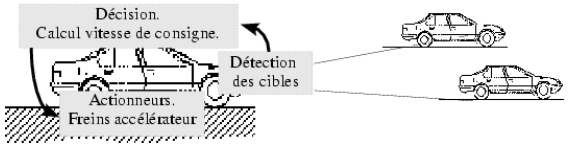


Fig. 1: *Architecture d'un système ACC*

Dans cet article, nous proposons un nouveau capteur de vision. Il doit remplir toutes les tâches de perception nécessaires à une application ACC : détection et localisation des voies de circulation, des véhicules obstacles et finallement le suivi du (ou des) véhicule(s) le(s) plus dangereux. Les caractéristiques cinématiques (i.e. vitesse et position relatives) du (ou des) véhicule(s) dangereux peuvent être déduites en combinant ces trois fonctions. Ces informations sont alors utilisées pour calculer la vitesse consigne à appliquer au véhicule équipé, via ses actionneurs (freins, accélérateur,...; cf. fig. 1). Par ailleurs, ce capteur devra pouvoir être utilisé pour la détection de véhicules à cinématique lente ou à l'arrêt, ce qui implique une perception d'obstacles lointains (au delà de 100 m.). Actuellement, seuls les capteurs de vision répondent à ces exigences. Bien qu'ils ne fournissent pas directement d'informations 3D, ils permettent d'avoir une perception totale de l'environnement (route et obstacles). De plus, la portée d'une caméra peut être étendue simplement en augmentant sa focale.

Aussi, nous proposons d'utiliser un capteur combinant une caméra à focale courte et une caméra Pan-Tilt-Zoom (PTZ), commandée en angles site et azimut et pilotée en zoom. La première permet une vision globale de la scène frontale et la seconde une capture locale, mais avec une plus grande résolution. Cette dernière pourra être focalisée soit sur un véhicule (cf. fig. 3) jugé dangereux et dont les caractéristiques devront être déterminées avec plus de

1. EBS, Emergency Braking System
2. ACC, Adaptive Cruise Control

précision, soit sur le « bout » de la route (cf. fig. 4) afin de détecter la présence de véhicules lointains (situés hors du champ de détection de la première caméra).

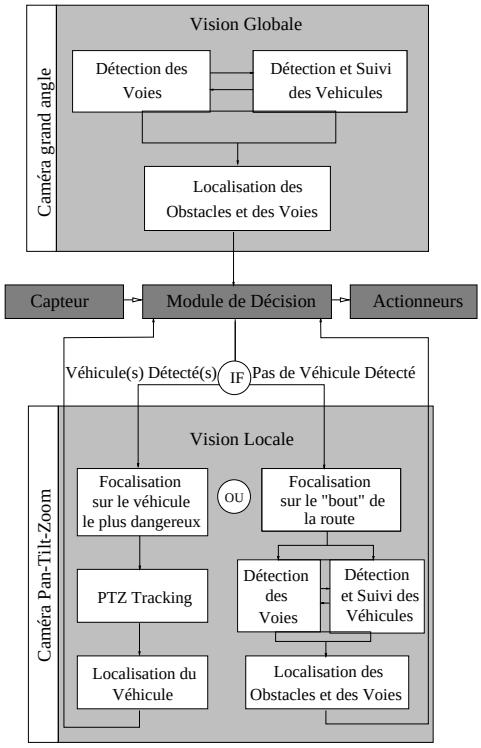


FIG. 2: *Synopsis général de l'application*

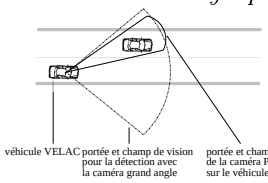


FIG. 3: *caméra PTZ utilisée pour le suivi*

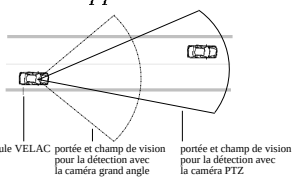


FIG. 4: *caméra PTZ utilisée pour la détection*

Dans la seconde section, nous rappellerons rapidement les premiers résultats obtenus pour le suivi d'un véhicule par la caméra PTZ (cf. [7]), partie importante de l'application finale visée (voir fig. 2). Dans la section 3, nous décrirons une méthode de détection de véhicules sur voies autoroutières, proche de celle de *Betke et al* [2, 3, 4]), que nous avons développée et testée avec succès sur des séquences d'images. Après une courte discussion sur les résultats obtenus, nous conclurons sur les perspectives de nos travaux.

2 PTZ Tracking

Par « PTZ tracking », nous entendons l'asservissement en angles site et azimut et en zoom d'une caméra (ici, une caméra SONY, cf. fig. 5), afin de maintenir le motif suivi, ici la vue arrière d'un véhicule, au centre de l'image et à une taille quasi-constante. Cette notion est à rapprocher de celle de « zoom tracking » définie dans [11], où seul le zoom est asservi, et aux travaux d'*Espiau* [10] et de *Hosoda et al.* [12].

Cette fonction est réalisée grâce à un algorithme de suivi d'objet développé dans notre laboratoire et en utilisant un processus d'asservissement visuel pour la commande de la caméra. L'algorithme de suivi repose sur l'apprentissage d'une matrice d'interaction reliant le déplacement du motif à la variation de luminance. Cet algorithme a l'avantage d'être très rapide et générique : il fonctionne en temps réel vidéo et avec tout type de motifs (voir [14, 8]). Cette étude et son implantation dans le véhicule expérimental VELAC[3] ont permis de valider notre approche et l'utilité de notre capteur en situations réelles de conduite, tel que le montrent les exemples de la figure 7.



FIG. 5: *caméra SONY*



FIG. 6: *VELAC*



FIG. 7: *Extraits de séquences illustrant le suivi de véhicules par la caméra PTZ; pour chaque paire d'images, à droite, la vue de la caméra grand angle et à gauche, la vue de la caméra PTZ.*

3 Détection de véhicule

En vision monoculaire, plusieurs caractéristiques ou indices peuvent être utilisés pour détecter (l'arrière) des véhicules automobiles :
- route et voies de circulation. La position de la route donne une indication quant aux localisations possibles des véhicules dans l'image. Il est aussi possible de détecter la présence d'obstacles potentiels en détectant des différences entre la route détectée et son modèle géométrique [5] ou de luminance (cf. [2, 3, 4]).
- contours horizontaux et verticaux [13, 3, 4]. Une voiture est composée d'un grand nombre de lignes verticales et surtout horizontales.
- ombres portées [19, 2, 15].
- symétrie par rapport à un axe vertical [2, 3, 4].
- mouvements. Il est possible en effet de détecter les obstacles à partir de l'information mouvement par des calculs de flots optiques [9].
- formes. Par exemple, un véhicule situé loin du capteur peut être considéré comme étant essentiellement caractérisé par son apparence rectangulaire [2, 3, 4].

3. VELAC, Véhicule Expérimental du LASMEA pour l'Aide à la Conduite (voir fig. 6).

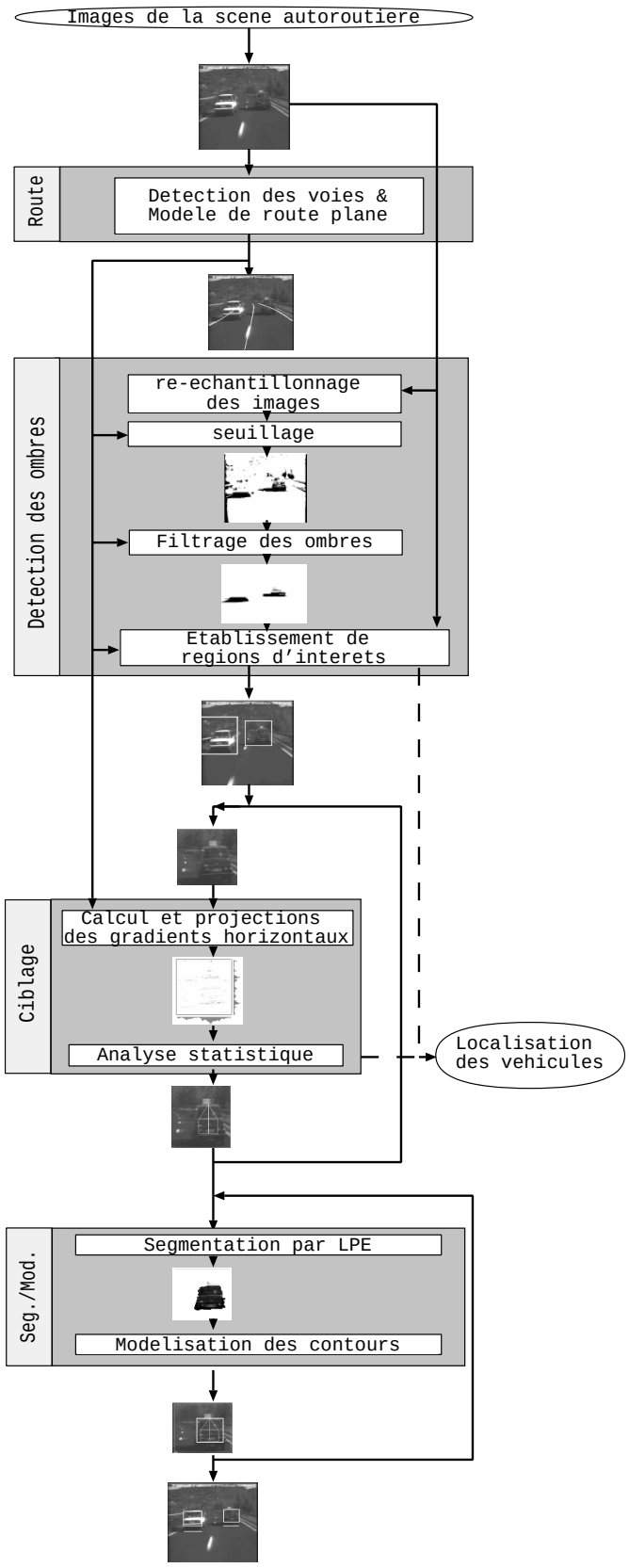


FIG. 8: *Synopsis de l'algorithme de détection des véhicules*

- caractéristiques géométriques (taille, hauteur).
- texture [15] ou décomposition en ondelettes [16], grâce à des algorithmes ayant appris les caractéristiques des véhicules et propres à la méthode utilisée.

Notre méthode n'exploite que certaines de ces caractéristiques.

3.1 Méthode développée

Elle s'appuie sur un modèle de route plane [6] et un algorithme de détection des voies [1] développés au LASMEA et se décompose en 3 phases (cf. fig. 8) :

- Une détection de l'ombre portée des véhicules à partir de laquelle des régions d'intérêts (ROI) sont définies. Cette détection est réalisée par seuillage de l'image et par élimination des « ombres » situées hors des voies ou ayant des caractéristiques géométriques (tailles) ne pouvant correspondre à celles d'une ombre portée de véhicule.

- Une analyse statistique des gradients horizontaux dans ces zones permet de cibler les véhicules obstacles potentiels et d'éliminer une grande part des fausses détections dues aux ombres inopportunes (arbres,...). Cette analyse consiste à l'examen des projections verticale et horizontale de l'image gradient sur forme de vecteurs, en présence d'un véhicule. La comparaison avec ceux d'un modèle de véhicule (cf. fig. 9) permet une classification grossière des obstacles par l'élimination de ceux qui présentent une trop grande disparité (en moyenne et écart-type) par rapport au modèle. De plus, les caractéristiques calculées

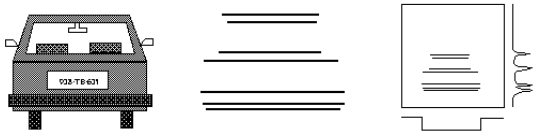


FIG. 9: *Modèle d'un véhicule (à gauche), de ses gradients horizontaux (au milieu) et de leurs projections (à droite)*

(moyennes, ecart-type et axe de symétrie) sur ces vecteurs permettent de définir une cible « à l'intérieur » de la vue arrière du véhicule. En combinant la position de l'axe de symétrie verticale et celle de l'ombre portée, ainsi que le modèle de route plane, nous pouvons obtenir aussi une localisation 3D des obstacles.

- Une segmentation de l'arrière du véhicule peut être obtenue à l'aide d'un algorithme de lignes de partage des eaux, en considérant la cible définie comme un masque intérieur et la ROI comme un masque extérieur [5, 18]. Cette segmentation fournie les contours du véhicule, que nous modélisons ensuite sous la forme d'un rectangle. Cette troisième étape permet de cadrer avec une plus grande précision les véhicules dans l'image et pourra servir d'initialisation à un algorithme de reconnaissance.

3.2 Résultats et discussion

Cette méthode présente certes des défauts. Sa construction la rend très sensible aux ombres parasites (ombres d'un arbre), dont le traitement ralentit l'algorithme. Elle nécessite des réglages de multiples critères de sélection,

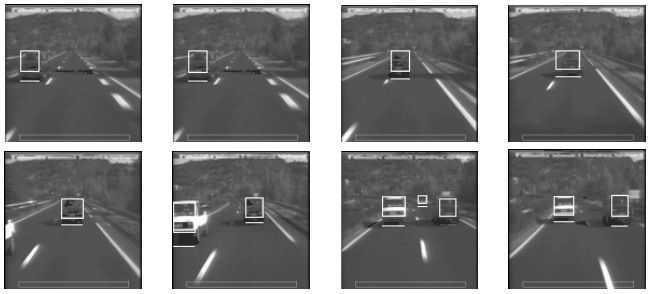


FIG. 10: *Exemples de résultats de la détection*

qui sont autant de sources d'erreurs. Elle ne peut être employée que dans un cadre autoroutier, où l'environnement présente l'avantage d'être assez structuré et facilite ainsi l'analyse de la scène (homogénéité de la route, non présence d'objets complexes pouvant être interprétés comme un véhicule,...). De plus, elle ne permet pas de détecter des véhicules présents que partiellement dans la scène ou occultés. Enfin, elle n'est adaptée qu'à la détection de véhicules dits de tourisme ou utilitaires (camions compris) : le cas des motocyclettes n'est pas traîté.

Cependant, les résultats obtenus sur séquences d'images autoroutières (cf. fig. 10) sont dans l'ensemble satisfaisants. Les véhicules entièrement présents dans la scène sont détectés et il n'y a que très peu de fausses détections (moins de 1%). Les temps d'éxecution (entre 100 et 200ms) sont compatibles avec une application temps réel. Enfin, la détermination des ombres portées et de l'axe de symétrie du véhicule détecté permet sa localisation dans l'image et aussi en 3D, via un modèle de route plane.

4 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons présenté nos travaux pour développer un nouveau capteur de vision destiné à la perception de la scène frontale d'un véhicule intelligent et composé d'une caméra grand angle, pour une vision globale de la scène, et d'une caméra PTZ, pour une vision locale avec une résolution accrue. Ils ont pour l'instant portés sur un processus de suivi de véhicule par une caméra PTZ et sur un algorithme de détection de véhicule par vision monoculaire. Les résultats obtenus sont très encourageants.

Nos perspectives sont dans l'amélioration des méthodes développées et l'intégration du capteur dans son ensemble.

Références

[1] R. Aufrère. *Reconnaissance et suivi de route par vision artificielle, application à l'aide à la conduite.* Thèse de l'Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France, June 2001.

[2] M. Betke, E. Haritaoglu, and L. Davis. Multiple vehicle detection and tracking in hard real time. In *Proceeding of IEEE International Conference on Intelligent Vehicles*, pages 351–356, Tokyo, Japan, 1996.

[3] M. Betke, E. Haritaoglu, and L. Davis. Highway scene analysis in hard real time. In *IEEE Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems*, Boston, USA, 1997.

[4] M. Betke and H. Nguyen. Highway scene analysis from a moving vehicle under reduced visibility conditions. In *IEEE Int. Conf. on Intel. Veh.*, volume 1, pages 131–136, Stuttgart, Germany, October 1998.

[5] S. Beucher. *Segmentation d'images et morphologie mathématique.* Thèse, ENMP, Paris, France, 1990.

[6] R. Chapuis. *Suivi de primitives image, application à la conduite automatique sur route.* Thèse, Univ. Blaise Pascal, Clermont-Fd, France, January 1991.

[7] X. Clady, F. Collange, F. Jurie, and P. Martinet. PTZ tracking for car driving assistance systems. In *12th Scandinavian Conf. on Image Analysis*, pages 561–566, Bergen, Norway, June 2001. SCIA2001.

[8] F. Duculty, M. Dhome, and F. Jurie. Tracking of 3D objects from appearance. In *SCIA'2001*, pages 515–522, Bergen, Norway, June 2001.

[9] W. Enkelmann. Vehicle detection by a local optical flow vector calculation. In 5^{th} *Int. Congress of the European Automobile Engeneers Cooperation.* EAEC'95, 1995.

[10] B. Espiau. Visual servoing with zoom control. Technical Report 2613, INRIA, July 1995.

[11] J.A. Fayman, O. Sudarsky, and E. Rivlin. Zoom tracking. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, volume 4, pages 2783–2788, Leuven, Belgium, May 1998. ICRA'98.

[12] K. Hosoda, H. Moriyama, and M. Asada. Visual servoing utilizing zoom mechanism. In *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, volume 1, pages 178–183, Nagoya, Japan, May 1995. ICRA'95.

[13] R.M. Inigo, E.S. McVey, B.J. Berger, and M.J. Wirtz. Machine vision applied to vehicle guidance. *PAMI*, 6(6):820–826, November 1984.

[14] F. Jurie and M. Dhome. Tracking objects in image sequences : an efficient approach. In *Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, volume 1, pages 537–546, Paris, France, February 2000. RFIA'2000.

[15] T. Kalinke, C. Tzomakas, and W. v. Seelen. A texture-based object detection and an adaptive model-based classification. In *IEEE Int. Conf. on Intelligent Vehicles*, volume 1, pages 143–148, Stuttgart, Germany, October 1998.

[16] C.P. Papageorgious and T. Poggio. A trainable object detection system: Car detection in static images. MIT AI Memo 1673 (CBCL Memo 180), 1999.

[17] H. Pfannschmidt. Safety measures in transportation systems. In *World Engineers'Convention : Mobility*, pages 153–176, Hannover, Germany, June 2000.

[18] L. Vincent. *Algorithmes morphologiques à base de files d'attentes et de lacets extension aux graphes.* Thèse, Ecole Nationale des Mines de Paris, May 1990.

[19] J. Zifeng. A shadow rejection algorithm for vehicle presence detection. In *IEEE Int. Conf. on Int. Veh.*, pages 182–188, Stuttgart, Germany, October 1998.