

# Résumé de thèse

Les travaux de cette thèse ont pour objectif de proposer des méthodes de modélisation et de détection de changements d'état de conduite d'un conducteur automobile. Ces travaux entrent dans la thématique de modélisation de l'équipe MIAM du laboratoire MIPS et sont liés également au projet Européen Tracecard qui vise à proposer des outils pédagogiques innovants pour l'apprentissage de la conduite. Dans une première partie nous nous sommes particulièrement intéressés au domaine de l'oculométrie ou « EyeTracking » qui permet d'analyser le comportement visuel d'un conducteur automobile, sachant que les informations visuelles représentent 90% des informations perçues par un conducteur.

La seconde partie de ces travaux concerne la modélisation du conducteur en s'appuyant sur les informations visuelles mais aussi sur les données du véhicule.

## Développement d'un oculomètre pour la conduite

Dans cette première partie, les travaux ont pour objectif de proposer les bases d'un système oculométrique qui soit particulièrement adapté à la conduite pour des utilisateurs occasionnels, afin de faciliter l'analyse visuelle occasionnelle des conducteurs.

La modélisation d'un système oculométrique intégré à un casque et composé de deux caméras nous a permis de simplifier la phase de calibrage de ce type de dispositif (figure 1), et également de proposer deux schémas de correction de parallaxe qui est inhérente aux systèmes d'EyeTracking.

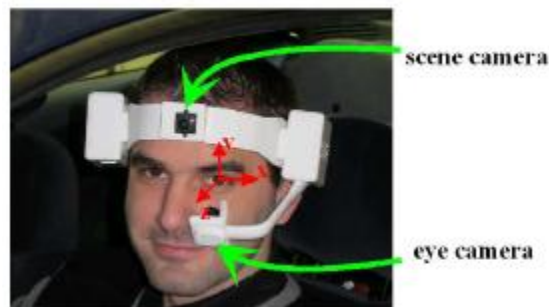


Figure 1: Un des prototypes de l'oculomètre développé au MIPS

La simplification de la phase de calibrage est réalisée au moyen d'une méthode que nous avons nommé « calibration à un point », et se base sur l'inversion du schéma de calibrage habituellement utilisé par les systèmes d'eye tracking. Cela se traduit par une étape où l'utilisateur est amené à fixer une mire de calibrage pendant une quinzaine de secondes. Le calcul du point du regard, appelé généralement le POR, s'effectue au moyen d'une relation polynomiale. Nous avons montré que cette relation peut être globale pour une séquence d'images, mais qu'elle peut aussi être locale, en étant recalculée à chaque nouvelle image afin d'améliorer la précision des oculomètres.

La calibration à un point et la relation locale améliorent de façon significative l'utilisation des systèmes eye trackers et le calcul du POR. Néanmoins elles ne permettent pas encore de s'affranchir du phénomène de la parallaxe.

Un oculomètre calcule correctement le POR si la distance de calibrage et la distance de travail sont les mêmes. Il se trouve que pour l'automobile, il est beaucoup plus simple d'effectuer le calibrage dans le véhicule pour une mise en œuvre rapide du système. Le calcul du POR se trouve alors affecté par ce schéma quand l'utilisateur regarde en dehors de son habitacle. Pour compenser ce phénomène nous nous sommes intéressés à la stéréovision indirecte pour modéliser les oculomètres. La première approche a été d'assimiler l'œil de l'utilisateur à un miroir sphérique et de rapprocher nos

travaux de ceux menés pour modéliser les systèmes de stéréovision hybrides. Cette approche est intéressante, mais les résultats obtenus restent très sensibles au calibrage. Nous avons ensuite proposé une alternative avec un schéma de modélisation et de correction de parallaxe qui se situe entre une approche dite « régressive » et une autre géométrique. Les résultats de cette méthode sont très prometteurs. Un exemple est donné sur la figure 2.

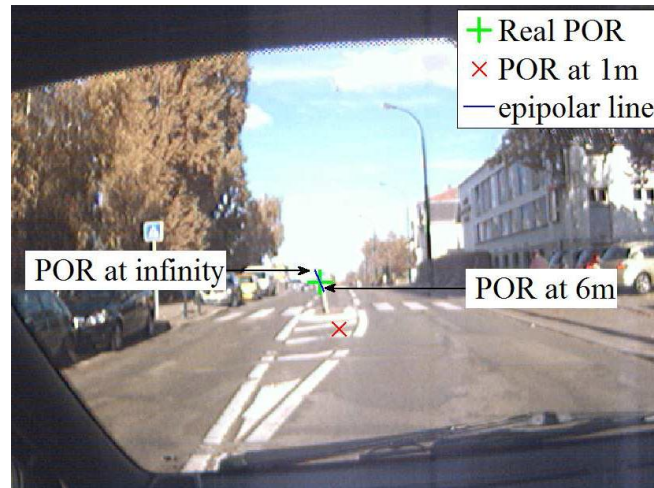


Figure 2 : Correction du point de regard en fonction de la distance sur une portion de la droite épipolaire.

### Modélisation du comportement du conducteur

La seconde partie de ces travaux s'intéresse à la modélisation du comportement d'un conducteur automobile, en s'appuyant sur les informations visuelles récoltées par l'oculomètre développé, mais aussi sur les autres données disponibles dans un véhicule.

Ces travaux s'appuient sur le fait que la conduite est réellement ancrée dans notre société, mais qu'elle reste dangereuse. Par exemple le bilan annuel de la sécurité routière 2010, indique que 84% des personnes de plus de 18 ans conduisent, et ce chiffre passe à 96% pour la classe d'âge 25-34. La population a appris à se déplacer ou conduire en connaissant le risque lié à la conduite. Ce risque s'avère plus ou moins important en fonction de divers facteurs, qui sont liés aux situations extérieures mais aussi au comportement du conducteur et à son état physiologique. Le risque peut être abaissé grâce aux aménagements routiers, à la formation et à la technologie dans les véhicules, mais ne peut pas être ramené à zéro.

Dans ces travaux nous nous sommes efforcés de proposer un modèle qui soit capable de détecter des changements d'état dans le comportement d'un conducteur automobile lors d'un trajet. L'idée serait qu'à terme ces changements puissent être intégrés dans des systèmes d'aide à la conduite afin d'anticiper des situations de conduite dangereuses.

Notre approche identifie trois facteurs de risque qui interviennent lors d'un trajet:

- le premier est lié au conducteur et à son état psychologique et physique ;
- le deuxième est lié au véhicule, c'est-à-dire comment le véhicule réagit aux ordres du conducteur ;
- le troisième englobe les informations de l'environnement dans lequel évoluent le véhicule et le conducteur qui sont les risques les moins prévisibles.

A partir de ces trois facteurs nous définissons un degré de risque sur un trajet en fusionnant les informations les plus pertinentes. Nous avons créé une fusion à deux niveaux comme l'illustre la

figure 3. Le premier niveau consiste à traduire un degré de risque pour chacune des données en fonction de leur dynamique. Les données prises en compte sont par exemple la météo, l'âge, le sexe, et l'expérience du conducteur pour des données statiques, la météo, le type de route, les conditions de circulation pour des données à variations lentes et enfin l'analyse visuelle, la vitesse du véhicule pour des données à variations rapides.

Le second niveau qui fusionne les informations du 1<sup>er</sup> niveau s'appuie sur la théorie des croyances. Les premiers résultats permettent d'extraire de ces informations un niveau de risque global à travers un espace 3D représentant le VCE.

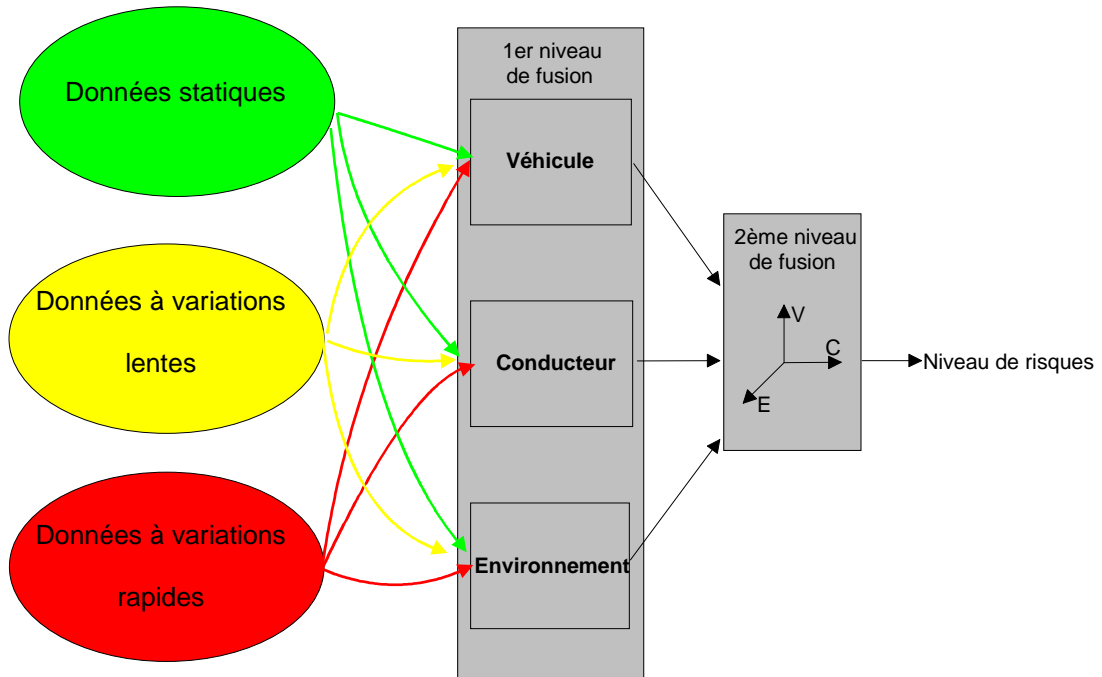


Figure 3 : Schéma de principe du système de fusion

La figure 4 montre un exemple de fusion d'informations à partir des informations statiques et lentes. Le véhicule est âgé de 4 ans et a déjà parcouru 20 000 km. Le conducteur est un homme âgé de 20 ans, a son permis depuis 2 ans et a parcouru 6 000 km sur la dernière année. Et enfin l'environnement est une départementale avec une météo favorable, une route sèche et un trajet s'effectuant à 8h du matin.

Les résultats de la fusion du véhicule et de l'environnement indiquent un état peu risqué (PR). Par contre le résultat pour le conducteur fait ressortir un état très risqué (TR) du fait de son jeune âge et de son manque d'expérience.

La fusion globale du VCE donne, si l'on considère la gestion du conflit à l'aide de la méthode PCR5, un état très risqué (TR : 0.49) et en même temps un état peu risqué (PR : 0.42). Ceci est dû au fait que le conducteur novice est naturellement un conducteur à risques mais que les informations provenant du véhicule et de l'environnement permettent de savoir qu'il ne sollicite pas son véhicule de façon inappropriée en fonction de l'infrastructure.

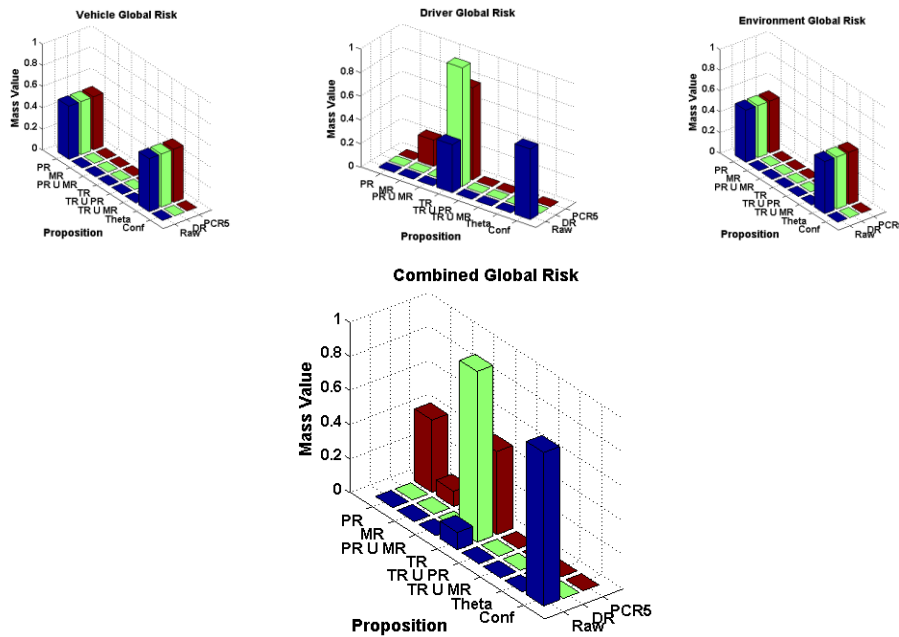


Figure 4 : Résultat des 1er et 2ème niveaux de fusion. Le 1er niveau donne un état peu risqué (PR) pour le véhicule et l'environnement, pour le conducteur sont état est très risqué (TR). Le 2ème niveau de fusion donne un état global du VCE. Les différentes couleurs représentent différents modes de gestion du conflit.

### Valorisation de ces travaux :

#### Revue internationale:

1. S. Bernet, C. Cudel, D. Lefloch, M. Basset, "Autocalibration based partitioning relationship and parallax relation for head mounted eye trackers", Machine Vision and Applications, Volume 23, Mai 2012, édition Elsevier, DOI : 10.1007/s00138-012-0427-3;

#### Proceedings de Congrès avec comité de lecture :

1. C. Cudel, S. Bernet, M. Basset, "Fast and Easy Calibration for a Head Mounted Eyetracker", The 4th COGAIN Annual Conference on Communication by Gaze Interaction, 2-3 September 2008, Prague, Czech Republic, Proceedings of COGAIN2008, ISBN 978-80-01-04151-2 pp: 11- 14;
2. S. Bernet, D. Lefloch, C. Cudel, M. Basset, "Calibration rapide pour l'Eye Tracking", Proceedings of 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, octobre 2009, Grenoble, France, ISBN : 978-1-60558-461-4, pp: 173-176.
3. S. Bernet, P. Sturm, C. Cudel, M. Basset, "Study on the interest of hybrid fundamental matrices for head mounted eye tracker modeling", The 22nd British Machine Vision Conference, du 29 août au 2 septembre 2011.

#### Séminaire invité :

1. S. Bernet, C. Cudel, M. Basset, "L'eyetracking, principes et nouvelles méthodes de recalibrations", Séminaire de l'INRIA, équipe perception, Grenoble, Mars 2009.

**Poster :**

1. S. Bernet, D. Lefloch, C. Cudel, M. Basset, "Calibration rapide pour l'EyeTracking", Conférence IMVIE5, Mulhouse, France, 9-10 juin 2009