



HAL
open science

Réalité augmentée pour l'aide à la conduite intégrant l'observation du conducteur

Paul George, Indira Thouvenin, Vincent Fremont, Véronique Cherfaoui

► **To cite this version:**

Paul George, Indira Thouvenin, Vincent Fremont, Véronique Cherfaoui. Réalité augmentée pour l'aide à la conduite intégrant l'observation du conducteur. 6èmes Journées de l'AFRV, Oct 2011, Biarritz, France. hal-00984298

HAL Id: hal-00984298

<https://hal.science/hal-00984298v1>

Submitted on 5 May 2014

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.

Réalité augmentée pour l'aide à la conduite intégrant l'observation du conducteur

Paul George
paul.george@etu.utc.fr

Indira Thouvenin
indira.thouvenin@utc.fr

Vincent Frémont
vincent.fremont@utc.fr

Véronique Cherfaoui
veronique.cherfaoui@utc.fr

Heuristique et Diagnostic des Systèmes Complexes
UMR CNRS 6599
Université de Technologie de Compiègne

Cet article présente un travail de recherche qui a permis d'aboutir à la réalisation d'un système d'aide à la conduite par la réalité augmentée : DAARIA (Driver Assistance by Augmented Reality for Intelligent Automotive). Via une métaphore de visualisation adaptée, il restitue la position des obstacles et quantifie leur dangerosité. L'originalité de la solution proposée vient de l'intégration du comportement du conducteur dans le calcul du taux de danger d'un obstacle. Le conducteur peut ainsi connaître à tout moment la localisation des dangers pertinents tout en gardant les yeux sur la route.

Mots clefs—réalité augmentée, métaphore de visualisation, aide à la conduite, véhicules intelligents

I. INTRODUCTION

A l'heure où les accidents de la route, 10^{ème} cause de décès mondiale, tuent chaque année 1,2 millions de personnes, le secteur de l'automobile s'est déjà tourné vers des systèmes d'aide à la conduite. Aujourd'hui, nous sommes désormais familier des sigles tels que l'ABS (Antiblocage de Sécurité) ou l'ESP (Electronic Stability Program). Ces systèmes tentent de corriger les erreurs de conduites alors qu'elles sont en train de se produire.

Le projet RAMIAC (Réalité Augmentée Mobile et Interactive pour l'Assistance à la Conduite) a pour but de répondre à ces enjeux. Plutôt que de tenter de corriger les erreurs du conducteur en aval, il se propose de les éviter en amont. Pour cela il envisage de coupler un module de perception d'obstacles avec un module d'affichage des obstacles en Réalité Augmentée (RA). L'une de ses aspiration est d'intégrer le comportement observé du conducteur.

En premier lieu, nous réaliserons un état de l'art des métaphores de visualisations pour la conduite. En second lieu, nous présenterons la solution que nous avons adoptée, puis nous détaillerons son intégration. Enfin nous conclurons en évoquant les perspectives de l'avenir du projet.

II. ETAT DE L'ART

A. Introduction

Averbukh définit une métaphore de visualisation comme une carte établissant la correspondance entre des concepts et des objets du domaine d'application grâce à une modélisation, et comme un système de similarités et d'analogies. Cette carte définit un panel de vues et de méthodes pour communiquer avec des objets visuels (Averbukh, Bakhterev et al. 2007).

Ces métaphores permettent d'informer l'utilisateur en réutilisant la maîtrise déjà acquise d'un objet. L'utilisateur n'a donc pas à apprendre à se servir d'un dispositif, il le sait déjà. On minimise ainsi le temps d'apprentissage et la charge cognitive.

Dans cette partie nous essaierons d'inventorier les différentes métaphores de visualisation existantes. Nous les classerons par usage : l'aide à la navigation et à la planification, l'aide à la conduite et enfin l'aide à la découverte de points d'intérêts.

B. Aide à la navigation et à la planification

Nous définirons l'aide à la navigation comme l'ensemble des augmentations permettant à l'utilisateur de savoir où diriger son véhicule dans l'immédiat.

Nous définirons l'aide à la planification comme l'ensemble des augmentations permettant à l'utilisateur de se rendre à sa destination sans connaissance préalable ni de la topologie du terrain, ni du chemin à emprunter.

Nous présenterons ces deux types d'aide dans une même partie car les métaphores associées sont intimement liées et la frontière les séparant demeure mince. Par conséquent, nous dégagerons pour chacune, l'aide prédominante qu'elle apporte.

1) La métaphore de la route augmentée

La métaphore de la route augmentée permet à l'utilisateur de connaître la voie à emprunter en regardant directement la route. Le chemin à emprunter est surligné, ce qui permet par exemple de remarquer une sortie cachée que l'on aurait pu manquer ou encore de trouver la bonne sortie d'un rond-point sans avoir à compter (Narzt, Pomberger et al. 2003; Narzt, Pomberger et al. 2004).

Cette métaphore est donc orientée vers l'aide à la planification même si les informations présentées à l'utilisateur ont une durée de vie assez courte (Le conducteur remarque uniquement la prochaine intersection).



Figure 1 : Sortie cachée révélée (Narzt, Pomberger et al. 2004)

2) La métaphore de la voiture à suivre

Alors que l'on essaie d'élaborer de nouvelles métaphores d'aide à la conduite, la tendance est à la conception de

métaphores les plus simples possible. Cela permet à l'utilisateur de comprendre l'information rapidement avec une faible période d'apprentissage.

Le plus simple serait donc de s'inspirer directement de la réalité pour que l'utilisateur fasse appel à des notions qu'il maîtrise déjà. Qui n'a jamais suivi une voiture pour qu'elle lui indique le chemin ? C'est sur ce principe que se base la métaphore de la voiture à suivre : Il suffit de suivre une voiture virtuelle qui se comporte comme une vraie voiture, en accélérant, freinant et activant ses clignotants (Narzt, Pomberger et al. 2003). Ici, on est purement dans de l'aide à la navigation, car on présente à l'utilisateur des informations portant uniquement sur le court terme (de l'ordre de la seconde).

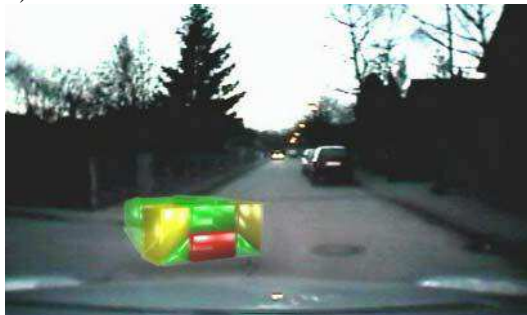


Figure 2 : Voiture virtuelle à suivre (Narzt, Pomberger et al. 2003)

3) La métaphore du plan déroulé

La métaphore du plan déroulé est une amélioration de la métaphore de la route augmentée ayant pour but de donner en plus à l'utilisateur la connaissance globale de l'environnement. Une carte est déroulée au fur et à mesure que le véhicule se déplace. La partie qui repose sur le sol indique le chemin à prendre immédiatement. L'autre indique la structure du réseau routier avoisinant. Une zone incurvée permet de réaliser une transition continue entre les deux modes de représentation (Kim and Dey 2009).

Tout comme la métaphore de la route augmentée, cette métaphore aide à la planification. Elle permet d'avoir une connaissance du réseau routier sur le moyen terme, en utilisant la technique du LOD (Level Of Detail).

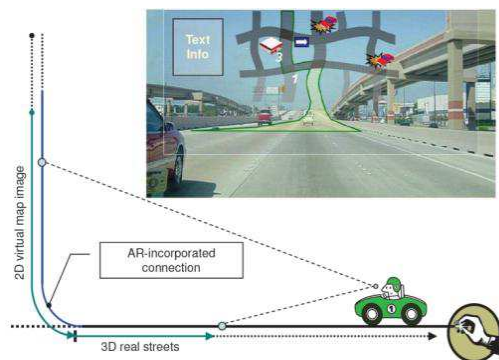


Figure 3 : Schéma de principe (Kim and Dey 2009)

Alors que les résultats des tests en simulation (i.e. en réalité virtuelle) indiquent une diminution des erreurs de navigation et des problèmes dus à l'attention partagée, ce laboratoire s'est doté du tout nouveau système de HUD « plein

pare-brise » de General Motors et compte vérifier ces résultats en situation réelle.

C. Aide à la conduite

Nous définirons l'aide à la conduite comme l'ensemble des moyens mis en œuvre visant à fournir à l'utilisateur les informations dont il a besoin pour conduire de la manière la plus sûre possible. Le but est de pallier ses erreurs d'inattention et de suppléer ses aptitudes à détecter les dangers.

1) La métaphore du surligneur

La métaphore du surligneur permet de mettre en valeur certains détails présents dans le champ visuel du conducteur dans le but d'attirer son attention. On peut ainsi surligner les autres véhicules, les piétons, ainsi que les contours des voies (Narzt, Pomberger et al. 2004).

On remarque que le surlignage de la route correspond à la métaphore de la route augmentée. Cependant, le contexte et les buts poursuivis ne sont pas les mêmes. Ainsi, dans le premier cas, il s'agit de guider le conducteur le long d'un parcours. Dans le second cas, il s'agit d'aider l'utilisateur à localiser la voie lorsqu'elle n'est pas clairement définie ou que la visibilité est mauvaise.



Figure 4 : Métaphore du surligneur (Narzt, Pomberger et al. 2004)

2) La métaphore du radar

La métaphore du radar se présente comme une vue de dessus du véhicule en deux dimensions. Les dangers imminents sont repérés par une flèche indiquant leur direction. Et l'utilisateur peut ainsi visualiser des dangers qui le précèdent (Tonnis, Sandor et al. 2005). Comme nous le verrons plus tard, les métaphores exocentriques (i.e. en vue externe) ne sont pas adaptées à l'aide à la conduite.

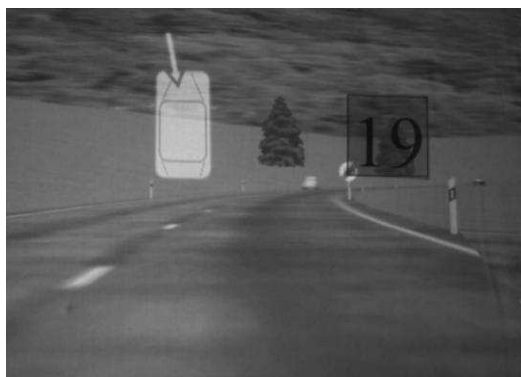


Figure 5 : Métaphore du radar (Tonnis and Klinker 2006)

3) La métaphore de la girouette

La métaphore de la girouette se présente comme une flèche tridimensionnelle pointant vers un danger imminent. Des ailettes situées à l'arrière de la flèche permettent une meilleure perception de sa direction. Ces ailettes sont aux nombres de 3, ce qui permet également une meilleure perception. La flèche est attachée à un poteau virtuel à l'avant de la voiture, cela permet d'éviter les transformations cognitives (sinon certains sujets translatent la flèche à l'endroit où se trouve leur tête).

Contrairement à la métaphore du radar qui est exocentrique, la métaphore de la girouette permet de conserver une visualisation égocentrique tout en donnant au conducteur des informations sur des éléments qui ne sont pas dans son champ visuel. L'intérêt de rester dans des visualisations égocentriques est que cela libère le conducteur des transformations mentales à effectuer avant de pouvoir traiter l'information. En vue exocentrique, il doit effectuer ce que l'on pourrait appeler des changements de repères mentaux pour ramener les informations dans son repère égocentrique.

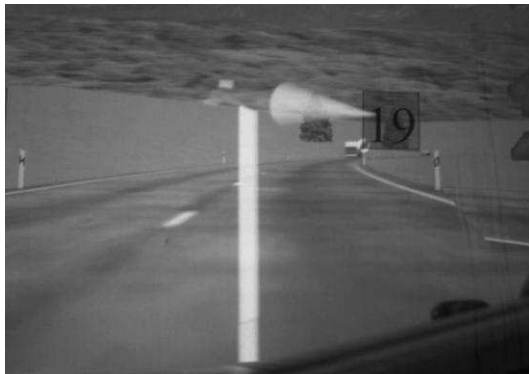


Figure 6 : Métaphore de la girouette (Tonnis and Klinker 2006)

D. Aide à la découverte de points d'intérêts

Nous définirons l'aide à la découverte de points d'intérêts comme l'ensemble des techniques visant à offrir à l'utilisateur des connaissances supplémentaires sans le distraire de sa conduite.

1) La métaphore de l'annotation

Pour fournir à l'utilisateur des informations contextuelles, Narzt propose la métaphore de l'annotation. De plus, il suggère la prise en compte de l'état de la voiture afin de proposer des informations adaptées aux besoins du conducteur comme par exemple : la localisation d'une station d'essence et le prix de son carburant lorsqu'il vient à manquer.



Figure 7 : Station d'essence annotée (Narzt, Pomberger et al. 2006)

2) La métaphore de l'annotation (variante)

Il existe une variante de la métaphore de l'annotation qui se matérialise à la fois en réalité augmentée et en interaction augmentée. L'utilisateur possède un pavé tactile et haptique sur lequel sont représentés la route et les points d'intérêts. L'utilisateur peut toucher les points d'intérêts pour les sélectionner. Il a à la fois un retour visuel via la réalité augmentée, et un retour haptique via le pavé. Il peut enfin cliquer sur un point d'intérêt (toujours via le pavé), et plus d'informations peuvent alors s'afficher.

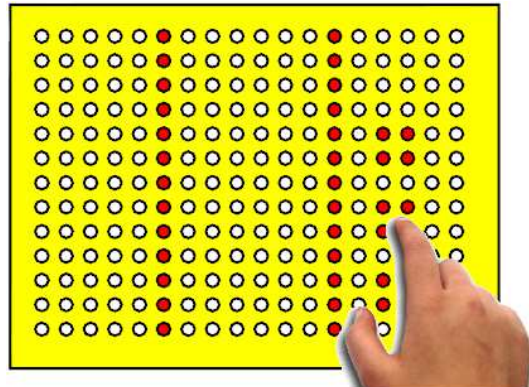


Figure 7 : Sélection tactile d'un point d'intérêt (Spies, Ablameier et al. 2009)

Le but de l'ajout de l'interaction augmentée dans ce contexte est de donner à l'utilisateur un moyen d'interagir avec la métaphore en toute sécurité. Pour cela, on rajoute une boucle action/sensation (dans ce cas-là : le tactile est une action, et les retours visuels et haptiques sont la sensation). L'intérêt pour la conduite est que cette boucle est parallèle à celle utilisée pour conduire le véhicule. Ainsi, elle n'est pas parasitante. Quand un conducteur utilise la radio intégrée à son véhicule, il exploite la même boucle que celle utilisée pour conduire ce qui est extrêmement dangereux et augmente les risques d'accidents.



Figure 8 : Affichage du point d'intérêt sélectionné (Spies, Ablameier et al. 2009)

E. Conclusion

Les métaphores de visualisation pour la conduite sont nombreuses. Combinées elles seraient susceptibles d'entraîner une surcharge de l'espace visuel du conducteur. Notre premier objectif consistera donc à rendre l'affichage de notre métaphore pertinent.

De plus, les métaphores existantes font souvent l'hypothèse d'une technologie future capable d'augmenter la totalité du pare-brise. Ainsi, elles dépassent rarement le stade conceptuel. Notre deuxième objectif consistera donc à aller jusqu'à l'étape de l'intégration de notre solution.

La solution couramment utilisée pour afficher une métaphore pour la conduite consiste à utiliser un HDD (Head Down Display ou dispositif tête basse). Comme nous le verrons dans une partie ultérieure, ce dispositif présente de nombreux défauts. Ainsi, notre dernier objectif sera de trouver une meilleure solution d'affichage.

III. APPROCHE PROPOSEE

A. La métaphore de visualisation

RAMIAC vise à coupler un module de détection des obstacles avec un module d'affichage en RA. La métaphore de la girouette paraît donc toute indiquée. Elle a déjà été évaluée en simulateur grâce à la RV. L'environnement virtuel était très simple : une voiture isolée roulant sur une plaine à la visibilité optimale et sans aucun danger. Des cibles en papier étaient positionnées autour du simulateur et les sujets devaient les détecter via la métaphore tout en gardant le contrôle du véhicule. Les conditions d'évaluation étaient peu réalistes :

- Les dangers indiqués par la métaphore étaient fixes par rapport à la voiture
- Il n'y avait qu'un seul danger à la fois
- L'environnement virtuel était vide de dangers (ni piétons, ni voitures, ni intersections)
- On ordonnait à l'utilisateur de regarder la métaphore

Nous nous proposons d'améliorer cette métaphore pour permettre un usage en conditions réelles en ajoutant le support de multiples obstacles simultanés.

1) Indication du type de danger

Plutôt que d'utiliser un code couleur pour indiquer la nature des dangers, nous allons renvoyer à des symboles bien connus du conducteur : ceux du code de la route.

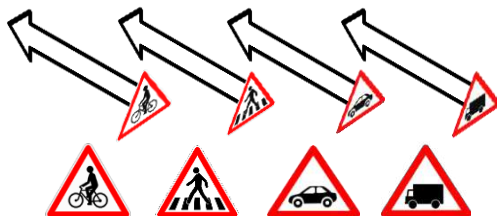


Figure 9 : Panneaux d'avertissement

2) Indication de la dangerosité

Afin de mettre en valeur les flèches correspondant aux dangers les plus critiques, nous avons adopté un code couleur du danger intuitif : le dégradé vert/jaune/orange/rouge.

En effet, il est communément admis que le vert est associé à la sûreté et le rouge au danger.

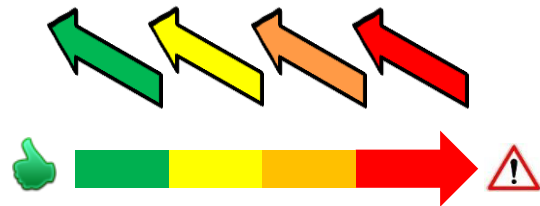


Figure 10 : Code couleur du danger

3) Indication de la criticité

Dans le but de régler le problème de superposition des flèches et privilégier l'affichage de flèches indiquant les dangers les plus critiques, nous avons décidé de véhiculer l'information de la criticité du danger par le biais de la hauteur des flèches. Les flèches sont ainsi ordonnées en visibilité par dangerosité et le conducteur peut donc les traiter par ordre.

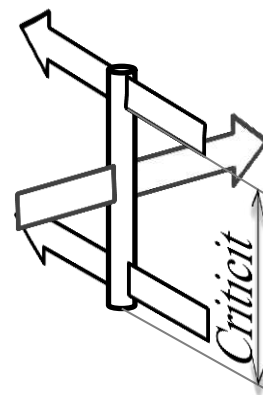


Figure 11 : Priorisation des flèches

4) Animation de la métaphore

Afin de rendre la métaphore plus agréable à l'œil, et de lui donner un comportement plus crédible, nous avons décidé l'animer. Concrètement, cela a consisté à lisser les variations de ses états et à lui ajouter un peu de physique.

Voici un schéma indiquant les principaux ajouts de notre métaphore par rapport à la métaphore de la girouette originale :

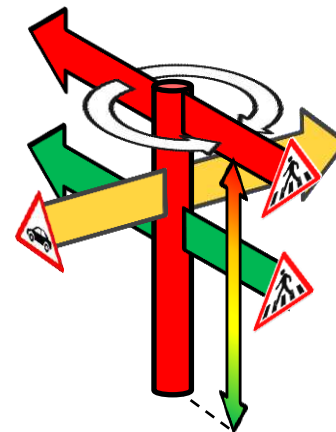


Figure 12 : Evolution de la métaphore de la girouette

IV. DEVELOPPEMENT ET PLATEFORME

A. Dispositif d'affichage

Le dispositif le plus adapté pour un projet de RA automobile serait à n'en pas douter le HUD (Head Up Display ou dispositif tête haute). Son principal avantage face au HDD est le gain de temps qu'il apporte au conducteur. En effet, les allers retours du regard entre la route et le tableau de bord privent le conducteur d'un temps précieux, tout comme le besoin de réadapter constamment sa vue aux changements de distance.

Le HUD résout ces deux problèmes : Il est proche de la route, ce qui limite les allers retours du regard, de plus l'image formée se situe derrière le pare-brise, ce qui atténue les réadaptations visuelles.

Consulter une information sur un HUD plutôt que sur un HDD ou un autre appareil tel que la radio ou le compteur de vitesse fait économiser au conducteur environ 1 seconde. A 90km/h, cela correspond à 25m parcouru par la voiture sans qu'il ne fasse attention à la route. Ce gain de temps est donc vital.

Le second avantage à utiliser un HUD est qu'il est actuellement sous-exploité pour la réalité augmentée automobile. Pour le moment, les constructeurs automobiles l'utilisent simplement pour afficher la vitesse, voire les grandes directions.

Nous décidons donc de proposer une solution low-cost de HUD qui utilisera un *iPad*. La solution consiste à le coucher sous le pare-brise de la voiture et à afficher notre métaphore.

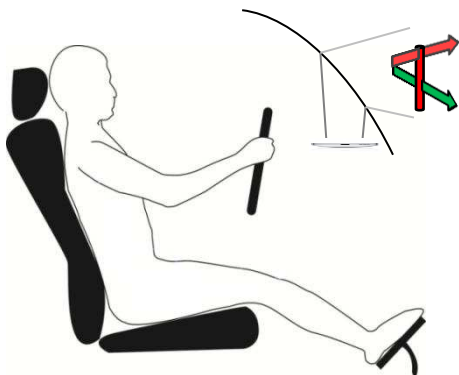


Figure 13 : *iPad* comme HUD

B. Détection d'obstacles

Pour réaliser la détection d'obstacles, nous utiliserons le système d'ADAS (Advanced Driver Assistance Systems ou aide à la conduite) *Mobileye*. Une caméra montée sur le pare-brise du véhicule filme la route, un ordinateur récupère le flux vidéo et le traite afin d'en extraire plusieurs informations utiles pour des applications d'aide à la conduite : La position des piétons, et des véhicules (Voitures, camions, bicyclette et motocyclette), la vitesse du véhicule, les marquages au sol etc.

Il est à noter que *Mobileye* est un produit commercial destiné aussi bien au grand public, qu'aux professionnels.

La version grand public propose une interface d'aide à la conduite notifiant la présence de véhicules, de piétons et de franchissements involontaire de lignes. Le système est également doté de haut-parleurs pour diffuser des avertissements sonores.

La version professionnelle donne un accès aux informations calculées par le système et permet ainsi de les exploiter différemment du système d'origine. *Mobileye* peut alors être vu comme un simple capteur. Les données produites sont diffusées sur le bus CAN du véhicule.



Figure 8 : Interface grand public de *Mobileye* (Documentation *Mobileye*)

C. Détection du regard

Afin de rendre l'affichage de la métaphore plus pertinent, nous avons choisi de prendre en compte le comportement du conducteur et plus particulièrement son regard. L'idée est qu'on ne lui affichera pas d'aide pour des dangers qu'il aurait déjà pris en connaissance.

FaceLAB est un système permettant de capturer la position et l'orientation de la tête et des yeux d'un utilisateur. Deux émetteurs infra-rouges illuminent le visage de l'utilisateur, deux caméras placées en configuration de stéréo-vision le filment. Un ordinateur s'occupe de traiter les images pour en extraire plusieurs informations :

- La position et l'orientation de la tête
- La position et l'orientation des yeux
- L'ouverture des paupières
- La taille des pupilles
- La fréquence de clignements des yeux

FaceLAB est un produit commercial destiné aux professionnels, il se prête aussi bien à une utilisation fixe que mobile. Les émetteurs infra-rouges assurent une illumination correcte quelques-soient les conditions d'éclairage, ce qui est particulièrement utile en extérieur. Ce système est capable de diffuser les informations qu'il extrait sur le réseau. Ainsi, on peut voir *FaceLAB* comme un simple capteur.



Figure 9 : Informations fournies par *FaceLAB* (Documentation *FaceLAB*)

D. Véhicule intelligent

Pour accueillir les dispositifs matériels précédemment cités, nous aurons besoin d'une plateforme matérielle.

CARMEN est un véhicule expérimental dédié à la recherche sur les véhicules intelligents. Il a été conçu pour être modulaire, ainsi le panel de capteurs qu'il intègre peut facilement être enrichi pour répondre aux besoins spécifiques de certains projets, RAMIAC en fait partie. Ainsi, nous avons interfacé les systèmes *Mobileye* et *FaceLAB* avec CARMEN.



Figure 10 : CARMEN, le véhicule intelligent

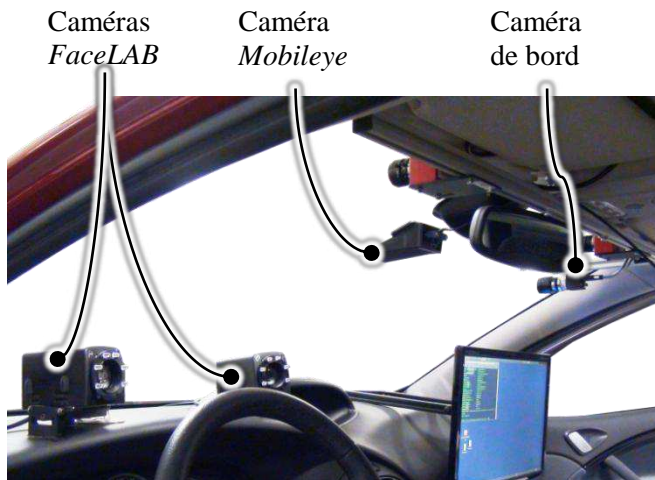


Figure 11 : Intégration à bord de CARMEN

E. DAARIA

DAARIA est le module qui contient toute l'intelligence. Il s'occupe de traiter les données capteurs pour calculer la configuration que doit prendre la métaphore de la girouette. Pour arriver à ce résultat, l'information subit plusieurs traitements successifs :

- Mesure physique : données brutes
- Analyse des données : informations
- Interfaçage des capteurs : informations hétérogènes
- Fusion d'informations : informations homogènes + informations découlant de la fusion
- Décision : informations filtrées puis transformées
- Animation : informations lissées
- Affichage : informations lisibles par un humain

Les deux premières phases sont réalisées par les capteurs (*Mobileye*, *FaceLAB* et la caméra), le reste est réalisé par DAARIA. Nous allons présenter sommairement les points clés de DAARIA : la fusion et la décision.

1) Fusion

La fusion consiste à trouver le meilleur moyen de combiner des informations de sources hétérogènes. Il en existe 3 types de bases (Durrant-Whyte 1988) :

- Complémentaire ou redondante : Les capteurs sont indépendants mais une fois combinés, ils améliorent l'image du phénomène observé.
- Compétitive : Les capteurs réalisent tous la même tâche. L'idée est alors de réduire les effets de données incertaines ou erronées.
- Coopérative : La combinaison de plusieurs capteurs permet d'obtenir une nouvelle information, indisponible sinon.

Notre module de fusion sera clairement du 3^{ème} type : La combinaison de l'information de la direction du regard et de la localisation des obstacles permet d'obtenir l'information de l'obstacle regardé. Nous réaliserons des tests d'intersection entre le regard et les obstacles.

2) Décision

Pour déterminer si un obstacle est dangereux ou non, le module de décision a été créé. Son but est d'arriver à élaguer la masse d'informations qui lui parvient pour n'extraire que celles qui sont pertinentes. Pour mesurer la pertinence, nous nous appuyons sur plusieurs critères :

- Le Time-to-Collision: Plus ce temps est faible, plus le taux de danger est haut. Les flèches de la métaphore de la girouette sont ordonnées par taux de danger.
- L'activité de l'obstacle : On élague les obstacles immobiles.
- L'activité visuelle du conducteur : On évite de faire remarquer à l'utilisateur un danger qu'il a déjà contrôlé du regard.

3) Visualisations

L'affichage de la métaphore se fait sur l'*IPad* par transmission sans fil, la lecture s'effectue sur le pare-brise.

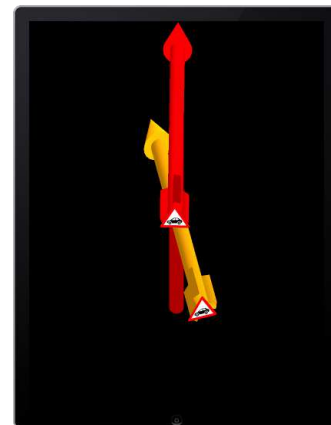


Figure 12 : IPad affichant la métaphore de la girouette

V. PREMIERS TESTS

Les premiers tests sur route nous ont permis de valider le choix des composants matériels ainsi que notre approche. Nous avons pu recueillir des données que nous pouvons désormais rejouer afin de les analyser.

VI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce projet a abouti à la réalisation d'un prototype d'aide à la conduite par la réalité augmentée : La métaphore de la girouette a été adaptée pour un usage en conditions réelles.

Le conducteur peut savoir à tout moment la localisation des dangers sans quitter les yeux de la route. Le système s'adapte à son comportement pour lui fournir l'aide la plus pertinente possible.

1) *Caractérisation de la prise en compte d'un obstacle*

Pour intégrer le comportement du conducteur dans notre système, nous avons choisi une règle très simple : Un obstacle est pris en compte lorsque le vecteur du regard du conducteur pointe vers lui.

Cette interprétation basique présente plusieurs défauts :

- Il n'y a pas de prise en compte le suivi du regard
- Le regard n'est pas un vecteur
- Une captation imprécise ou erronée peut amener à tirer de mauvaises conclusions
- Les obstacles ne sont pas immobiles, le conducteur devrait les contrôler fréquemment

Nous pourrions donc imaginer plusieurs améliorations :

- Modéliser le regard plus finement : Des cônes de densité d'attention visuelle par exemple.
- Etablir une caractérisation plus fine de la prise en compte d'un obstacle.
- Reconstituer et maintenir à jour la carte cognitive du conducteur en prenant en compte l'expiration de certaines informations.

2) *Caractérisation de la dangerosité des obstacles*

Pour intégrer le comportement du conducteur à DAARIA, nous avons choisi une règle simple : Plus un obstacle est proche, plus il est dangereux. Plusieurs informations ne sont pas prises en compte :

- La nature de l'obstacle (piéton ou véhicule)
- La trajectoire et la vitesse de l'obstacle et du véhicule
- Le comportement de l'obstacle (Un piéton s'appêtant à traverser la voie)
- Il n'y a pas prise en compte du code de la route (Par exemple, les priorités à droite sont dangereuses)

Il faudrait intégrer ces paramètres pour filtrer au maximum les dangers et n'afficher la métaphore qu'en cas de danger. La métaphore s'affichant sous ses yeux, le conducteur comprendrait instantanément qu'il y a danger et pourrait freiner dans un premier temps. Dans un second temps il pourrait interpréter la nature du danger (indiquée sur la métaphore) et adapter sa conduite en conséquence.

On pourrait envisager d'adapter le système GULLIVER (Fricoteaux L. 2011). Son moteur de décision est basé sur la fusion de données issues de l'observation de l'utilisateur et de l'environnement.

3) *Expérimentation*

Afin de tester l'utilité de notre système d'aide à la conduite, il faudrait réaliser une expérimentation. Le véhicule intelligent CARMEN coûtant un prix astronomique, il est inenvisageable de faire passer des sujets d'expérimentation en

condition réelle. Un simulateur de RV présente plusieurs avantages :

- L'environnement virtuel serait informé (Nous pourrions facilement rajouter la prise en compte du code de la route par exemple)
- Les capteurs virtuels seraient idéaux, nous serions ainsi sûrs de tester la métaphore et non tous le système comprenant *Mobileye* et ses imperfections
- L'expérimentation pourrait être scénarisée et serait insensible aux perturbations du monde extérieur que l'on aurait rencontrée en réalisant l'expérimentation sur route.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les chercheurs qui l'ont encadré tout au long de ce projet pour l'aide et le soutien qu'ils lui ont apporté.

REFERENCES

- Averbukh, V., M. Bakhterev, et al. (2007). Interface and visualization metaphors. Proceedings of the 12th international conference on Human-computer interaction: interaction platforms and techniques. Beijing, China, Springer-Verlag: 13-22.
- Durrant-Whyte, H. F. (1988). "Sensor models and multisensor integration." Int. J. Rob. Res. 7(6): 97-113.
- Fricoteaux L., M. T. I., Olive J. (2011). Heterogeneous Data Fusion for an Adaptive Training in Informed Virtual Environment. Systems (VECIMS). Ottawa, Canada.
- Kim, S. and A. K. Dey (2009). Simulated augmented reality windshield display as a cognitive mapping aid for elder driver navigation. Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems. Boston, MA, USA, ACM: 133-142.
- Narzt, W., G. Pomberger, et al. (2004). A new visualization concept for navigation systems. Berlin, ALLEMAGNE, Springer.
- Narzt, W., G. Pomberger, et al. (2003). Pervasive information acquisition for mobile AR-navigation systems.
- Spies, R., M. Ablameier, et al. (2009). Augmented Interaction and Visualization in the Automotive Domain. Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction. Part III: Ubiquitous and Intelligent Interaction. San Diego, CA, Springer-Verlag: 211-220.
- Tonnis, M. and G. Klinker (2006). Effective control of a car driver's attention for visual and acoustic guidance towards the direction of imminent dangers. Proceedings of the 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE Computer Society: 13-22.
- Tonnis, M., C. Sandor, et al. (2005). Experimental Evaluation of an Augmented Reality Visualization for Directing a Car Driver's Attention. Proceedings of the 4th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE Computer Society: 56-59.