

Futurs systèmes d'assistance à la conduite

Massoud Hamidi

Le régulateur de vitesse à contrôle de distance ou *Adaptive Cruise Control* (ACC) est un des premiers systèmes d'assistance à la conduite à être introduit sur le marché, ouvrant la voie à d'autres prestations de ce type pour les années futures. En s'appuyant sur son exemple, nous essayons d'illustrer la problématique générale de l'aide à la conduite. L'évolution de la fonction de détection de l'environnement, composante maîtresse de ces systèmes, est brièvement exposée et des exemples de futurs systèmes d'assistance à la conduite actuellement en cours d'étude sont présentés.

Introduction

L'assistance à la conduite est un domaine nouveau qui se développe sous la conjonction de plusieurs facteurs :

- la possibilité de disposer, au coût pratiqué dans le secteur automobile, d'un certain nombre de capteurs permettant de situer le véhicule et ses occupants dans le monde qui les entoure (radar, lidar, caméras, GPS...) ;
- la généralisation progressive d'actionneurs à commande électrique sur les véhicules automobiles (papillon motorisé des gaz, boîte de vitesse automatique, assistance électrique au freinage et sur la direction...) rendant possible une gestion électronique des fonctions de base ;

LCN, volume 2, n° 1-2001, pages 197 à 212

– l’augmentation exponentielle des capacités de calcul embarqué et la possibilité de dialogue intersystèmes et intercomposants *via* le réseau de bord (Bus CAN...);

– l’évolution des besoins et des attentes des automobilistes (mobilité, sécurité, moins de contraintes, productivité pour les véhicules utilitaires et industriels...) vers des exigences auxquelles les technologies classiques ont du mal à répondre.

Si le champ ouvert par ces différentes évolutions est *a priori* assez vaste (cf. les différents sujets proposés dans le cadre de programmes de recherche comme Prometheus, *Automated Highway Systems* ou AHS, et autres) et très prometteur, peu de fonctionnalités sont cependant intégrées aujourd’hui sur les véhicules de série. Pour pouvoir prétendre à une introduction sur le marché, un tel système doit en effet remplir plusieurs conditions difficiles à réaliser simultanément :

– il doit avoir une utilité et apporter une réelle prestation au client. Plusieurs domaines sont envisageables : prise en charge de certaines tâches fastidieuses, amélioration de la sécurité, amélioration de la mobilité, augmentation de la productivité pour les véhicules industriels ;

– être réalisable à un ratio prestation/coût acceptable par l’utilisateur ;

– être fiable dans les conditions de production et d’utilisation des véhicules automobiles ;

– être facilement compréhensible et utilisable et sécurisé vis-à-vis d’une éventuelle mauvaise utilisation.

Un des premiers exemples de système d’assistance à la conduite, l’ACC est en cours d’introduction sur le marché. Il est très intéressant de suivre la façon dont il sera perçu, accepté et approprié par les conducteurs, pour finaliser d’autres fonctionnalités qui sont à l’étude et sortiront dans les années futures.

En ce qui concerne ces systèmes futurs, l’approche suivie par Renault et la majorité des constructeurs européens est une démarche visant à introduire progressivement de nouvelles fonctionnalités au fur et à mesure que l’évolution des techniques et du contexte économique ainsi que la compréhension générale du public le permettent. Les systèmes introduits doivent être autonomes et pouvoir opérer dans un parc de véhicules conventionnels non nécessairement coopératifs.

Cette approche se distingue des idées émises dans le cadre du programme américain AHS qui citait les conditions d’une rupture radicale visant à automatiser la conduite en convoi de voitures sur des portions dédiées d’autoroute. Le nouveau programme américain IVI (*Intelligent*

Vehicle Initiative) rompt avec l'approche AHS et revient à une démarche plus progressive.

En partant de l'exemple ACC, il est intéressant de voir quels sont les problèmes posés, les solutions potentielles et l'évolution générale du domaine.

Une application phare : le régulateur de vitesse adaptatif

Principes

Basé sur les activités de recherche initiées par le projet Prometheus, le régulateur de distance – ou ACC – utilise un télémètre embarqué (radar ou laser) permettant de contrôler la scène routière à l'avant du véhicule.

Le régulateur de vitesse est une extension du régulateur de vitesse standard. Pour augmenter le *confort* de conduite, on ajuste automatiquement la vitesse pour tenir compte des véhicules plus lents présents dans la voie de circulation et maintenir un intervalle de distance suffisant entre les véhicules en conduite en file. Toutes les évaluations réalisées ont prouvé que les utilisateurs montrent un grand intérêt pour ce type de produit, l'intégrant sans grande difficulté dans leurs habitudes de conduite.

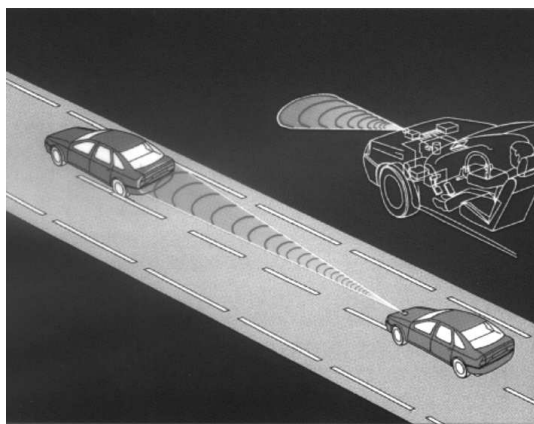


Figure 1. Le régulateur de vitesse adaptatif ACC

L'ACC est en cours d'introduction sur le marché chez la plupart des constructeurs européens et représente *une première étape* vers les nouveaux systèmes d'assistance à la conduite. Ainsi le conducteur sera-t-il de plus en plus aidé, et ceci pour des tâches de conduite de plus en plus complexes.

Limitations

Par rapport à la conduite normale d'un automobiliste, l'ACC présente plusieurs limitations restreignant son usage à des conditions bien déterminées :

- l'utilisation de l'ACC est réservée à l'autoroute ;
- il existe une vitesse minimum (environ 40 km/h) et une vitesse maximum (environ 160 km/h) de fonctionnement ;
- la décélération est limitée (à environ 1/5 à 1/3 de la puissance maximale) lors d'un freinage automatique ;
- les obstacles fixes présents sur la chaussée sont ignorés par le système.

L'ACC doit être compris comme une amélioration du régulateur de vitesse standard pour assister le conducteur, et non pas comme un système de conduite automatisée se substituant à celui-ci. Il s'agit d'une prestation de confort apportant un agrément de conduite appréciable sur autoroute et non pas d'une prestation de sécurité.

Facteurs importants dans l'évolution des systèmes d'assistance à la conduite

Au-delà de son intérêt certain, l'ACC suscite auprès des utilisateurs une attente légitime de réduction des limitations, pour étendre son domaine d'utilisation en dehors de l'autoroute et surtout vers des prestations améliorant la sécurité. Ces besoins font l'objet de travaux de recherche et de développements en cours.

D'autres prestations basées sur la détection de l'environnement sont également envisagées et à l'étude.

Pour mieux appréhender la problématique, il est utile de comprendre les difficultés rencontrées, notamment dans le cadre de l'extension des prestations offertes par l'ACC. Elles sont essentiellement de deux ordres : la difficulté à analyser correctement et de façon fiable l'environnement routier, et la complexité des interactions entre le conducteur et les boucles de contrôle automatique.

Nous exposerons dans la suite de cet article les différents moyens techniques utilisables pour la détection et l'analyse de l'environnement. C'est une fonction primordiale pour toute fonction d'assistance à la conduite, de même que pour la tâche de conduite normale de l'automobiliste. La complexité et la diversité des scènes routières ne permettent pas aujourd'hui une analyse fiable, dans tous les cas imaginables, avec les capteurs existants. L'autoroute, de part le nombre

restreint de scénarios possibles, s'y prête relativement bien. Les conditions de conduite urbaine, notamment à l'approche des intersections et de certaines grandes places, sont par contre en dehors des capacités actuelles.

Les objets fixes (véhicules arrêtés sur la chaussée ou en stationnement, panneaux de signalisation, glissière d'autoroute, etc.) sont difficiles à situer correctement par un radar seul, alors que les cibles mobiles (surtout sur autoroute) correspondent à des véhicules et sont nécessairement situés sur la voie.

Partant des limitations des capteurs de détection de l'environnement, il est facile de comprendre que l'on ne soit pas aujourd'hui en mesure d'assurer la gestion complète du contrôle du véhicule. Les capacités de détection, même imparfaites, peuvent cependant être utilisées de façon intelligente pour assister le conducteur dans certaines tâches (gestion de la vitesse du véhicule, maintien dans la voie, manœuvres de parking...). Se pose alors la question de gérer l'interface entre le système d'assistance et le conducteur en tenant compte de la compréhension qu'il aura du fonctionnement du système et de ses limitations, de ses habitudes de conduite, de son état de vigilance, etc.

La réussite des systèmes futurs d'aide à la conduite dépend de la façon dont on arrivera à intégrer dans les habitudes de conduite de l'utilisateur des interfaces naturelles pouvant répondre – même partiellement – à ses besoins, et de notre capacité à lui rendre naturellement compréhensibles les limites d'utilisation des systèmes.

Il est illusoire de penser que le fonctionnement des systèmes sera appris à travers des manuels d'utilisation. La communication sur la prestation et ses limites doit être très simple à comprendre et se faire directement à travers l'usage de la fonction. Il est également important de dégager très vite des standards communs entre constructeurs pour aider à cette compréhension et pour éviter les risques de méprise d'un véhicule à l'autre.

Il existe en Europe plusieurs structures permettant une discussion et des travaux communs entre constructeurs, que ce soit sur la spécification commune des capteurs, sur les aspects ergonomiques, sur la prise en compte des aspects juridiques et légales, ou sur des aspects de standardisation.

Fonctions de détection de l'environnement

Nous entendons par fonction de détection de l'environnement tout moyen qui permet au véhicule de connaître l'état de la scène routière dans laquelle il se trouve. Nous détaillons dans ce paragraphe les principales

fonctions de détection de l'environnement que l'on trouve actuellement dans le domaine de l'assistance à la conduite.

Télémètre

Le télémètre est un capteur embarqué qui détecte et choisit dans l'environnement routier toute cible pertinente du point de vue de l'application implémentée sur le véhicule porteur.

Les télémètres considérés fonctionnent sur le principe de la mesure de temps de vol d'une onde électromagnétique. On chronomètre par différents moyens le temps que va mettre l'onde à parcourir la distance aller-retour jusqu'à l'objet d'intérêt.

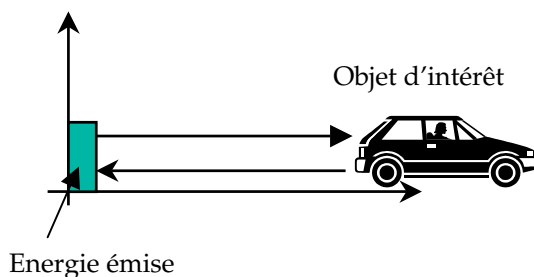


Figure 2. Principe d'un télémètre

Cela suppose qu'il y ait suffisamment d'énergie au retour pour que la détection soit possible. Il faut ainsi :

- émettre suffisamment d'énergie tout en respectant certaines normes d'exposition au rayonnement ;
- que le milieu de propagation soit clément ;
- que l'objet d'intérêt soit coopératif.

Pour les applications de contrôle en distance dans le domaine automobile, deux types de télémètres sont aujourd'hui disponibles :

- les radars hyperfréquences (77 GHz en Europe, soit $\lambda = 3,9$ nm, et 24 GHz aux États-Unis) ;
- les télémètres infrarouges ou lidar (*Light Detection And Ranging*, fonctionnant dans un domaine proche du visible ($\lambda = 850$ à 950 nm)).

La technologie lidar présente l'avantage d'un prix de revient inférieur à celui du radar. Elle est par ailleurs potentiellement capable de fournir une meilleure précision sur la position latérale des cibles détectées.

L'avantage principal du radar réside dans le fait que ses performances sont peu affectées par les conditions atmosphériques ou par le brouillard d'eau soulevé par les véhicules en cas de forte pluie, ce qui n'est pas le cas du lidar.

Gyromètre

Pour pouvoir être analysée correctement, la détection de l'environnement extérieur au véhicule doit être complétée par une projection de la trajectoire propre de celui-ci. Des informations provenant des capteurs proprioceptifs (odomètre, gyromètre, angle volant...) sont utilisées pour affiner les données provenant des capteurs télémétriques. Un exemple est fourni par la détection dans les virages.

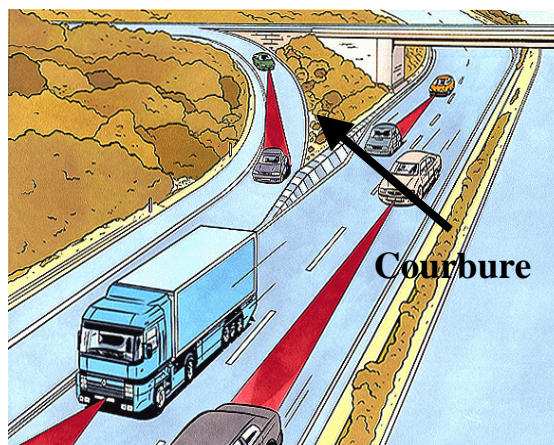


Figure 3. Gyromètre, suivi en virage

Pour pouvoir suivre correctement les cibles dans les virages, les télémètres ont besoin de connaître la courbure de la route. Pour se faire, on peut utiliser par exemple un gyromètre, l'angle volant ou bien une détection de lignes blanches par traitement d'images (cf. paragraphe « Vision »).

Sur les systèmes ACC, la plupart des constructeurs ont choisi d'utiliser un gyromètre qui présente un bon compromis entre le coût, la précision, la fiabilité et la robustesse.

Vision

Les informations provenant de télémètres radar ou lidar sont de très bonne qualité en ce qui concerne la distance et la vitesse relative longitudinales mais restent en général assez frustrées en ce qui concerne le positionnement latéral des cibles sur la chaussée.

Un complément potentiel de ces capteurs, avec des perspectives de développement intéressants dans les années futures, est constitué par la vision. On trouve essentiellement deux applications particulières liées à la vision : la détection d'obstacle et la détection de la voie de circulation.



Figure 4. La détection d'obstacles et de la voie de circulation

Par rapport à des télémètres radar, les avantages potentiels de la vision sont la précision de localisation en latéral, la détection possible de la voie de circulation, le champ du capteur (40° en latéral contre environ 10° pour les radar ACC actuels) et la possibilité de détecter des cibles non coopératives (piétons, deux-roues...).

Les inconvénients de la vision sont la sensibilité aux conditions d'éclairage, l'incapacité à fournir une mesure de distance fiable d'un obstacle par simple analyse en vision monoculaire.

Les avantages et les inconvénients des télémètres et des systèmes de vision sont complémentaires et l'intérêt d'une coopération entre ces capteurs est évident.

Les algorithmes de traitement d'image (en particulier pour ce qui concerne la détection d'obstacles) sont cependant encore loin d'être parfaitement opérationnels et demandent des puissances de calcul importantes.

Navigation et cartographie

Le système de localisation GPS (*Global Positioning System*), donne une localisation précise d'un récepteur au moyen d'une acquisition et d'une comparaison de signaux spéciaux émis par une constellation de satellites.

Le GPS actuellement disponible pour les applications civiles donne une localisation avec une précision de quelques dizaines de mètres à 3σ (depuis la suppression de la dégradation intentionnelle) qui est suffisante pour des tâches de navigation routière mais insuffisante pour la plupart des prestations d'assistance à la conduite.

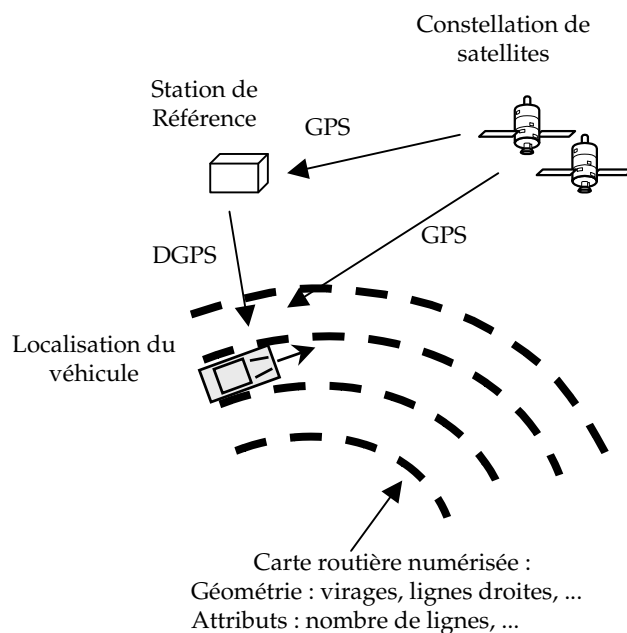


Figure 5. Combinaison de la localisation et de la cartographie

Il est possible d'obtenir une plus grande précision par l'utilisation de stations de références qui connaissent très précisément leur propre position. Ce système s'appelle GPS différentiel (DGPS). Une précision de quelques mètres est alors facilement atteignable.

La combinaison de la localisation par (D)GPS avec des bases de données numérisées de la cartographie routière permet de positionner correctement le véhicule par rapport à la route et augmente le champ de perception de

l'environnement. La précision du capteur GPS et de la cartographie doit évidemment être choisie en fonction de l'application considérée.

Infrastructure

La prise en compte de données venant de l'infrastructure peut enrichir fortement la perception de l'environnement. Dans ce cadre, Renault a participé au projet européen *Urban Drive Control* (UDC) du 4^e Programme-cadre de recherche et de développement PCRD. Un des objectifs de ce projet consistait à étendre le domaine d'utilisation de l'ACC à la conduite périurbaine en prenant en compte des informations en provenance de l'infrastructure.

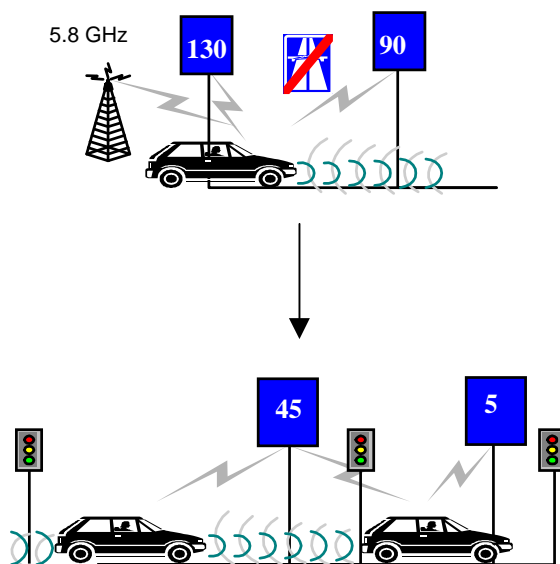


Figure 6. *Urban Drive Control*

En sortie d'autoroute, en entrant dans un domaine périurbain, des balises positionnées sur l'infrastructure envoient des informations sur la vitesse recommandée et l'état des feux de signalisation que le véhicule va rencontrer sur son chemin. Le véhicule équipé de télémètres peut ainsi non seulement réguler sa distance par rapport aux autres véhicules, mais également s'arrêter automatiquement à un croisement lorsque le feu de signalisation est au rouge et démarrer au feu vert avec validation du départ par le conducteur.

Communication entre les véhicules

Parallèlement aux systèmes embarqués autonomes ou au dialogue avec l'infrastructure, on peut, au moyen de transmission intervéhicules faire bénéficier chaque véhicule d'une zone donnée du résultat de la détection de l'environnement des véhicules environnants.

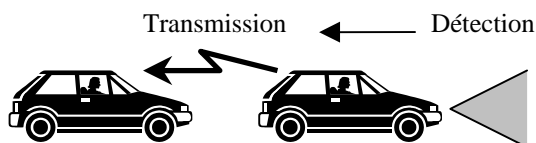


Figure 7. Communication intervéhicule

Fusion

Le développement des futurs systèmes d'assistance à la conduite nécessite d'avoir une fonction de détection de l'environnement plus complète. Une fusion entre différents moyens de détection de l'environnement est nécessaire si l'on veut atteindre ce niveau.

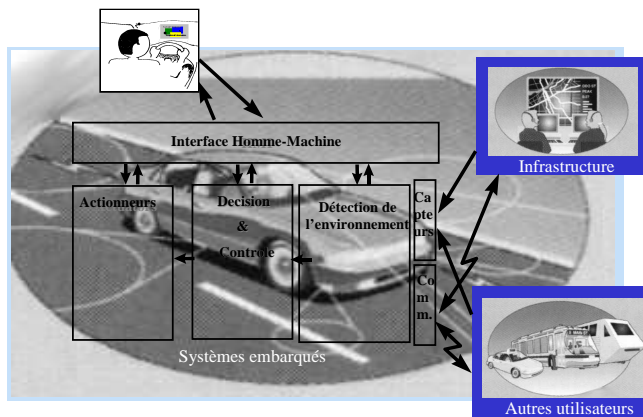


Figure 8. Fusion multicapteur

On montre en particulier sur la figure suivante le résultat d'une fusion entre un radar et un système de vision.



Figure 9. Fusion radar-vision

Quelques exemples de futurs systèmes d'assistance à la conduite

Le Stop and Go longitudinal

La prestation *Stop and Go* aide le conducteur à garder une distance suffisante avec le véhicule précédent dans le cas des basses vitesses en prenant en compte les cibles fixes. Cette prestation est adaptée aux contextes urbains et périurbains ou elle est particulièrement confortable notamment en situation de bouchons.

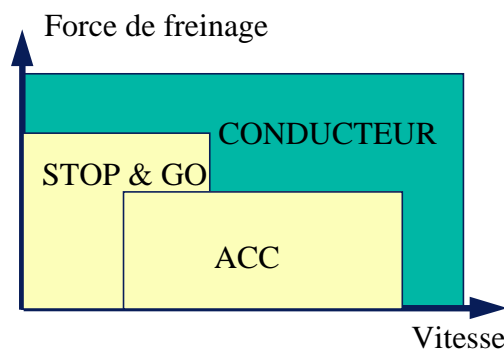


Figure 10. Domaines conducteur, ACC et Stop and Go

D'un point de vue détection de l'environnement, on est ici confronté au problème des obstacles fixes (qui ne sont pas pris en compte dans l'ACC). D'autre part, les télémètres doivent avoir un champ de vision beaucoup plus large que celui utilisé dans l'ACC pour pouvoir répondre à la problématique urbaine et périurbaine.

A la différence de l'ACC, le *Stop and Go* prend donc également en compte les véhicules déjà arrêtés, mais, comme l'ACC, elle reste une prestation de confort et non une prestation de sécurité.

Alarme sur intersection

En raison d'une mauvaise visibilité de la scène routière ou du manque d'attention de la part du conducteur, les intersections sont une cause importante d'accidents en mode rural. L'utilisation d'un système de navigation couplé à une cartographie permet d'améliorer l'attention du conducteur dans de telles situations en fournissant une alarme adaptée.

Dans ce cadre, Renault a participé au projet européen *Integration of Navigation and Anticollision for Rural Traffic Environment (In-Arte)* du 4^e PCRD. Un des objectifs de ce projet consiste à fournir une alarme sur intersection en utilisant une fonction de détection de l'environnement basée sur le système GPS actuel couplée à une cartographie améliorée, si bien que l'on obtient une erreur de localisation de l'ordre de 20 mètres à 3σ .

Afin de ne pas submerger le conducteur par des alarmes trop fréquentes, l'alarme est adaptée à l'attente du conducteur : en considérant une vitesse « raisonnable » pour passer une intersection donnée, une alarme est émise

uniquement si la décélération nécessaire pour atteindre cette vitesse est au-dessus d'un certain seuil.

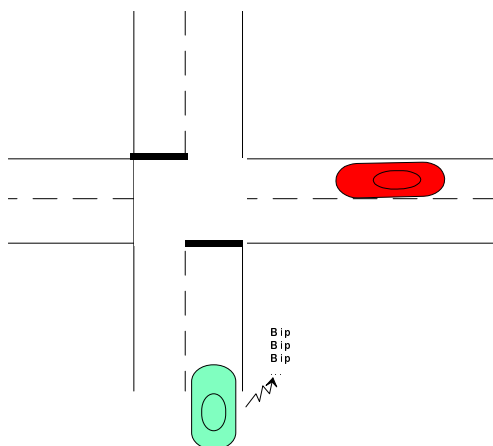


Figure 11. Alarme sur intersection

Anti-collision

Renault a participé au projet européen Anti-Collision-ASSISTANCE (AC-ASSIST) du 4^e PCRD.

L'objectif était de valider un premier système autonome capable d'offrir une assistance au conducteur pour les situations critiques dans l'axe longitudinal du véhicule par une alarme et/ou par une intervention sur les freins.

La méthode de détection de l'environnement explorée était la fusion de données entre des données caméras (pour la reconnaissance de lignes blanches) et un radar.

Les démonstrateurs Renault, Volvo, Fiat (*Centro Ricerca Fiat*) et Jaguar ont été évalués en Allemagne avec 20 conducteurs recrutés par voie de presse, d'une part sur route ouverte en mode « Alarme », puis sur piste en mode « Intervention » : une cible en mouvement représentant un motocycliste servait de cible pour le véhicule équipé.

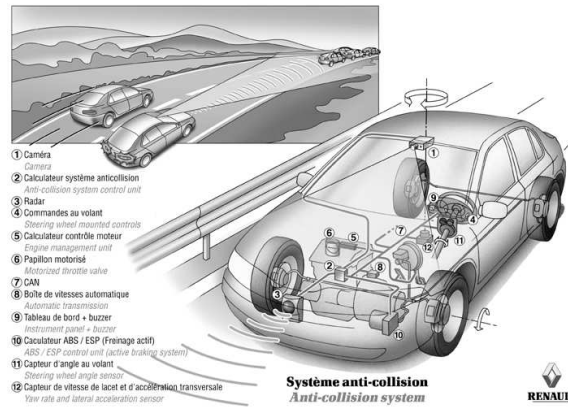


Figure 12. Anti-collision par fusion vision/radar

L'intérêt des prestations Alarme Anti-Collision et de l'Anti-Collision (intervention) a ainsi été prouvé. Il est aussi apparu nettement que les télémètres actuels n'ont pas les performances nécessaires en terme de détection d'obstacles pour réaliser la prestation seuls. La fusion multicapteur peut apporter une solution à ce problème, des études sont en cours sur ce sujet.



Figure 13. Test avec une cible tractée représentant un motocycliste.

Conclusion

Les systèmes d'assistance à la conduite sont juste au début de leur introduction sur le marché. Afin d'étendre les fonctionnalités de l'ACC et de développer de nouvelles prestations, des améliorations de la fonction de détection de l'environnement doivent être réalisées. Une manière d'augmenter les performances de celle-ci consiste à utiliser de manière conjointe plusieurs capteurs, chacun d'eux ayant ses propres caractéristiques et performances.

Dans cet article, nous avons montré quelques futures applications de l'assistance à la conduite. Il est clair que dans les années à venir de nombreux systèmes de ce type seront introduits sur le marché. Une composante importante de ces systèmes est le conducteur lui-même, sa perception et compréhension de ces systèmes. Pour le moment, il y a peu de recul sur le sujet, de nombreux essais sont encore nécessaires avant d'introduire ces systèmes sur le marché et le retour des conducteurs amènera sûrement une nouvelle vision sur le domaine de l'assistance à la conduite.