

POINT DE REPÈRE

COLLISIONS ENGINES-PIÉTONS

Etat des connaissances des dispositifs de détection de piétons dans le secteur automobile

► Frédéric GARDEUX, Jacques MARSOT, INRS, département Ingénierie des équipements de travail

La prévention des accidents par écrasement de personnes travaillant à proximité d'engins mobiles (chariots élévateurs, camions, engins de chantiers...) est une problématique pour laquelle de nouvelles actions de prévention sont engagées, notamment sur l'utilisation des dispositifs de détection de personnes.

Dans l'objectif de contribuer à l'émergence de dispositifs de détection innovants en se rapprochant d'autres secteurs industriels également confrontés à cette problématique, cet article dresse un panorama des principaux projets de recherche engagés par le secteur automobile sur ce sujet depuis plus d'une dizaine d'années. Tous ces travaux s'accordent sur le fait qu'une seule technologie de perception n'est pas suffisante pour obtenir une détection de piétons robuste et fiable. On retrouve systématiquement un ou plusieurs capteurs de vision associés à des capteurs dont les principes physiques sont complémentaires et moins sensibles aux conditions de luminosité (radars, ultrasons, ondes radios). De plus, il est invariablement fait appel à des techniques de fusion de données pour améliorer la robustesse de la détection et les temps de traitement.

Si les conditions d'exploitation, la taille et les vitesses de déplacement des véhicules sont différentes, les besoins de détection des piétons restent similaires. De ce fait, certains résultats de ces projets de recherche devraient pouvoir être transposés de façon plus ou moins directe du domaine de l'automobile vers les secteurs du travail concernés par le risque de collision.

Les accidents par écrasement de personnes travaillant à proximité d'engins mobiles (engins de terrassement, chariots de manutention, camions, bennes à ordures ménagères...) restent à un niveau élevé, malgré les mesures organisationnelles mises en place pour séparer les voies de circulation, les progrès techniques accomplis sur les matériels neufs et les formations dispensées auprès des conducteurs. Ce sont en effet plus de 200 accidents qui ont été constatés ces dix dernières années dont plus de la moitié sont mortels [1].

En conséquence, de nouvelles actions de prévention sont aujourd'hui engagées, tant par les constructeurs que par les exploitants et les préventeurs. L'évolution de la technique fait qu'elles se focalisent aujourd'hui sur l'intérêt d'utiliser des dispositifs de détection pour alerter le conducteur de la présence d'une personne à proximité de l'engin, et ainsi lui permettre d'éviter l'accident.

Les dispositifs de détection qui sont aujourd'hui expérimentés sont principalement basés sur des technologies laser, ultrasons, radars ou ondes radios [2-3]. Si leur utilisation est récente dans les

secteurs industriels qui nous concernent (BTP, logistique, manutention, collecte et recyclage des déchets,...), l'industrie automobile, contrainte par les exigences européennes en matière de sécurité routière, explore cette voie depuis plus d'une dizaine d'années. En dressant un panorama des actions engagées et des connaissances acquises dans ce secteur industriel, cet article a un double objectif :

- apporter, en complément aux expérimentations aujourd'hui engagées, des éléments de réponses sur la capacité de détection, les avantages et les limites de ces principes de détection,

- favoriser le transfert vers les domaines d'application qui nous concernent de dispositifs de détection de personnes innovants ayant été mis au point pour l'automobile.

LA DÉTECTION DE PERSONNES DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Environ 9 000 piétons, cyclistes, motocyclistes... (également dénommés usagers vulnérables de la route) sont tués chaque année dans l'Union européenne dans des accidents de circulation (environ 900 pour la France). Devant ce constat, l'Union européenne a décidé de renforcer les critères d'homologation des véhicules introduits sur le marché. Une nouvelle directive européenne relative à la protection des piétons [4] conduit les constructeurs automobiles à mettre en place de nouvelles solutions pour réduire les lésions dont sont victimes les usagers vulnérables de la route qui sont heurtés par des véhicules. En complément des mesures de protection en cas d'impact (réduction de la raideur du pare-chocs avant, airbags extérieurs...), les constructeurs et équipementiers recherchent des systèmes de détection permettant d'anticiper l'accident afin d'alerter le conducteur et/ou modifier le comportement du véhicule (par exemple en freinant) bien avant l'impact.

De ce fait, de nombreux projets de recherche nationaux ou européens ont été et sont encore engagés afin de développer des systèmes innovants permettant la détection des piétons dans toutes les conditions de circulation (cf. Figure 1). Nous en présentons ci-après un bref historique.

FIGURE 1

Séquençage des principaux projets européens et nationaux sur la détection de personnes dans le secteur automobile

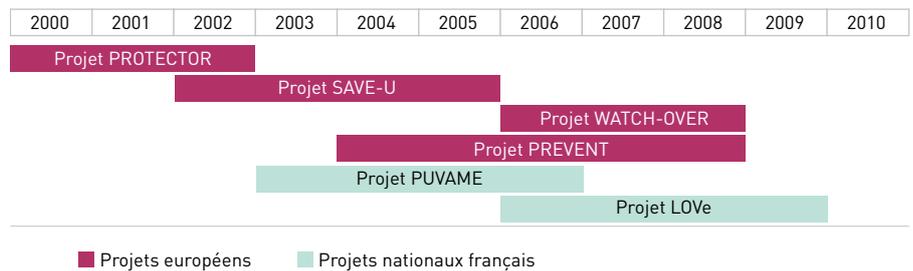
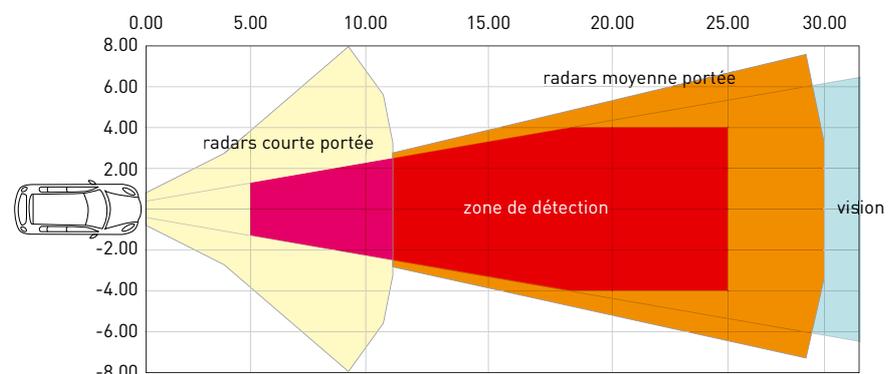


FIGURE 2

La zone de détection



PROJET « PROTECTOR » (PREVENTIVE SAFETY FOR UNPROTECTED ROAD USER)

Au niveau européen, le projet le plus ancien sur ce sujet est PROTECTOR. Il avait pour objectif la détection de piétons à l'avant d'un véhicule circulant en milieu urbain de jour, quelles que soient les conditions climatiques (pluie, vent, neige, brouillard...). Pour atteindre cet objectif, trois technologies de détection ont été explorées : le scrutateur laser (ou LIDAR¹), des radars micro-ondes et la stéréovision dans le domaine du visible.

A la fin du projet, le niveau de performance atteint ne permettait pas d'envisager une exploitation à court terme de ces technologies [5]. Le taux de fausses détections était encore trop élevé et les temps de traitement limitaient la capacité de perception à une vitesse du véhicule maximum de 30 km/h. Ces résultats ont toutefois été jugés suffisamment encourageants pour continuer d'investiguer sur ce sujet dans le cadre d'un deuxième projet européen dénommé « SAVE-U ».

PROJET « SAVE-U » (SENSORS AND SYSTEM ARCHITECTURE FOR VULNERABLE ROAD USERS PROTECTION²)

Dans le prolongement du projet PROTECTOR, les principaux objectifs de ce projet européen SAVE-U étaient, d'une part, d'obtenir une perception des piétons avec une vitesse de déplacement du véhicule pouvant atteindre 50 km/h (milieu urbain) et, d'autre part, réduire le nombre de fausses détections. Pour cela, une plate-forme de détection basée sur différentes technologies de capteurs a été développée [6]. Elle met en œuvre cinq radars 24 GHz retravaillés en termes de sensibilité pour la détection de personnes et soit une caméra infrarouge associée à une caméra couleur, soit un système de stéréovision. Les radars permettent la localisation angulaire des obstacles et le suivi de leur trajectoire, les systèmes de vision identifient et classent le type d'obstacle (piétons, cycliste, autres...). La zone de détection finale est donnée par le recouvrement des zones couvertes par chacun de ces capteurs (cf. Figure 2).

¹ LIDAR : Light Detection And Ranging.

² SAVE-U : projet IST-2001-34040 (<http://www.save-u.org>)

FIGURE 3

Illustration de l'architecture de la plate-forme de détection SAVE-U

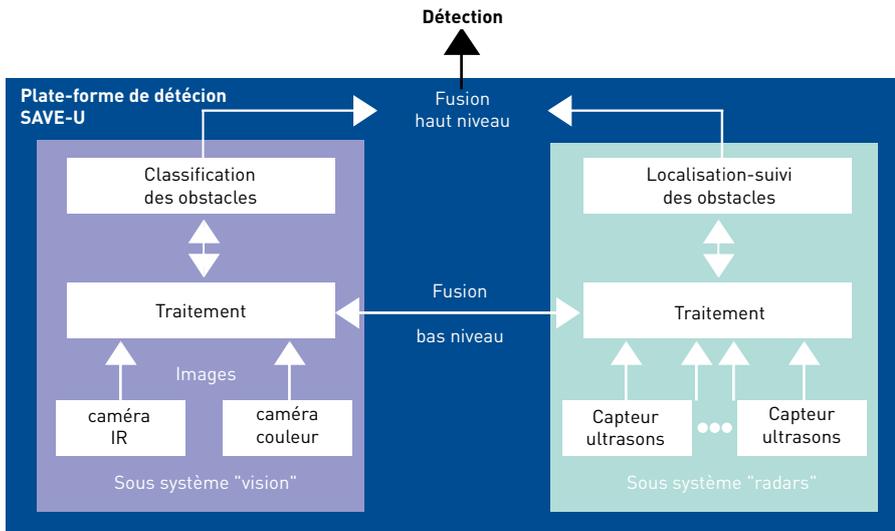


FIGURE 4

Emplacement des capteurs sur un des prototypes roulants

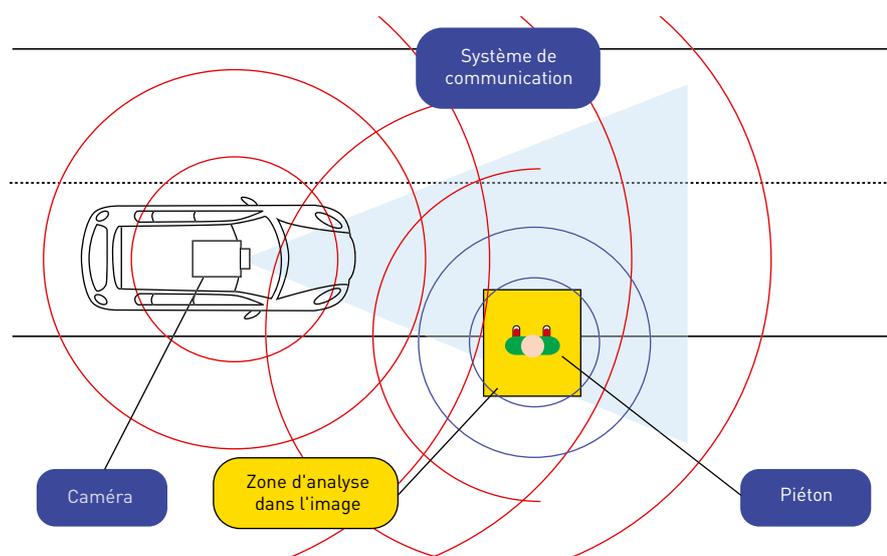


Radars sur la face avant

Caméras sur le toit

FIGURE 5

Illustration du principe de détection développé dans WATCH-OVER



Un concept de fusion de données³ spécifique à deux niveaux (dès l'apparition de l'obstacle et après son identifica-

tion) a été développé dans le cadre de ce projet afin de rendre la détection plus rapide et plus robuste (cf. Figure 3).

Ce projet a abouti en 2005, à deux prototypes roulants (cf. Figure 4) qui, du point de vue de la détection, se différencie par le système de vision. Le premier est équipé d'une caméra couleur associée à une caméra infrarouge et le second d'une paire de caméra stéréovision.

Les expérimentations menées avec ces deux prototypes ont montré que la configuration associant couleur et infrarouge est plus performante que celle mettant en œuvre la stéréovision, le gain venant pour partie de l'infrarouge dans les conditions limites de luminosité. La vitesse maximale du véhicule pour laquelle le système de détection est capable de fournir une information exploitable est de l'ordre de 40 km/h. Au-delà de cette vitesse, le système de détection est aveugle (temps de réponse trop long). Le nombre de fausses détections relevé est au mieux de un pour trois heures de conduite. Le coût des capteurs était encore trop élevé pour envisager un déploiement industriel de ce type de dispositif à court terme.

PROJET WATCH-OVER (VEHICULE TO VULNERABLE ROAD USER COOPERATIVE COMMUNICATION AND SENSING TECHNOLOGIES TO IMPROVE TRANSPORT SAFETY)⁴

Le projet WATCH-OVER s'inscrit dans le prolongement direct du projet SAVE-U. Son originalité réside dans l'approche technologique choisie pour résoudre le problème de la détection de piétons. L'idée consiste à associer des techniques de vision et de détection par ondes-radio [8]. Comme illustré par la Figure 5, un dispositif de communication embarqué dans chaque véhicule dialogue avec ceux portés par les usagers vulnérables de la route ; cela suppose que tous les véhicules et tous les usagers soient équipés. Un système de

³ La fusion de données représente l'ensemble des techniques numériques permettant de mélanger des informations provenant de sources différentes dans le but de fournir une meilleure décision par rapport à l'utilisation séparée des sources de données. Elle trouve ses applications dans un grand ensemble de domaines tels que la robotique, le contrôle et le commandement militaire, la médecine, la vision robotique, l'interprétation d'images (fusion d'images satellites ou médicales), le contrôle et le monitoring de processus, l'extraction de connaissances dans de grandes banques de données, etc. [7].

⁴ WATCH OVER : projet IST- 2004 - 027014 (<http://www.watchover-eu.org>)

fusion de données permet de recouper ces informations avec celles issues d'un système de vision également embarqué sur le véhicule afin de limiter les zones de recherche dans l'image, d'éliminer les fausses détections et de borner la zone de détection du dispositif basé sur les champs électromagnétiques [9].

En ce qui concerne les systèmes par ondes-radio, différentes techniques parmi celles disponibles sur le marché ont été investiguées. On citera par exemple le standard IEEE 802.15.4 qui fonctionne dans la bande de fréquence 868/915 MHz ou en 2,4 GHz, les techniques RFID⁵ qui permettent d'identifier de façon non ambiguë un objet au moyen d'un tag radio fréquence ou encore les technologies UWB⁶ fondées sur l'émission d'un train d'ondes de faible puissance et de courte durée.

De même, pour la vision, différents capteurs ont été testés, de la stéréovision et une caméra 3D active travaillant dans le proche infrarouge issue du projet PREVENT présenté ci-après.

Le temps de réponse du système de détection développé dans ce projet est de moins de 100 ms, ce qui permet d'atteindre l'objectif visé d'une détection jusqu'à 50 km/h. Le taux de fausse détection a également été amélioré, il est environ quatre fois inférieur à celui du projet SAVE-U. Par ailleurs, les technologies mises en œuvre devraient permettre d'obtenir des systèmes « à coût raisonnable ».

Toutefois, ce type de dispositif présente un inconvénient majeur qui freine sa diffusion. En effet, la détection par ondes-radio nécessite que tous les usagers de la route, véhicules et vulnérables, soient équipés, ce qui pose des problèmes techniques (autonomie et légèreté des batteries, par exemple) et organisationnels difficiles à résoudre.

PROJET PREVENT (PREVENTIVE AND ACTIVE SAFETY APPLICATIONS)⁷

Ce projet qui, du point de vue temporel, s'est déroulé en parallèle des projets SAVE-U et WATCH-OVER, aborde le sujet de la prévention des collisions de façon beaucoup plus large. En effet, il traite non seulement de la détection de piétons, mais aussi de la régulation d'allure de trains de véhicules, de la sécurisation des intersections, des manœuvres de changement de voies de circulation...

La protection des piétons a été plus particulièrement abordée dans les sous-projets COMPOSE⁸, APALACI⁹ et UserCams¹⁰ qui traitent respectivement de la détection d'obstacles, des stratégies pour prévenir les collisions et du développement de capteurs innovants.

Le sous-projet COMPOSE était pour partie dédié à la prévention de risque de heurt entre un véhicule léger circulant à une vitesse maximale de 50 km/h et un piéton ou un cycliste traversant la chaussée ou circulant sur le bord de la route. La détection doit être réalisée quelles que soient les conditions environnementales (pluie, brouillard, vent, neige) et les conditions de luminosité (obscurité, fort ensoleillement...). La zone de détection spécifiée allait de 5 à 30 mètres à l'avant du véhicule sur une largeur d'environ 8 mètres [10].

Le système de détection développé pour répondre à ces spécifications associe plusieurs techniques de détection : des radars courtes et longues portées 24 GHz, un scrutateur laser multiplans et une caméra infrarouge pour les conditions d'éclairage faibles (cf. Figure 6). Les données de ces différents capteurs sont ensuite traitées par un système de fusion de données qui permet d'obtenir un temps de traitement satisfaisant (0,02 à 0,04 seconde). Les expérimentations réalisées avec cette plate-forme de détection montrent un taux de détection de 100 % et environ 2 fausses alarmes pour 2 heures de conduite en conditions réelles de circulation.

Dans le cadre du sous-projet APALACI, un dispositif interdisant le démarrage d'un poids lourd si un ou plusieurs piétons sont situés dans l'angle mort à l'avant du véhicule a été développé et testé.

Ce dispositif est basé sur de la stéréovision ; les caméras sont montées sur la face avant de la cabine (cf. Figure 7). Les algorithmes de traitement d'images sont issus des applications de vidéo surveillance intelligente utilisées pour le contrôle de trafic dans les tunnels. Ils fonctionnent par différentiation entre une image courante et une image de référence supposée valide (aucun piéton dans la zone de détection). Le choix de la stéréovision permet d'améliorer la robustesse de la détection vis-à-vis des ombres.

FIGURE 6

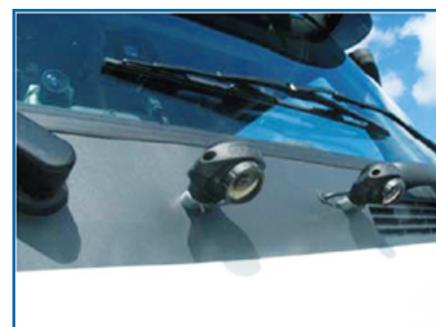
Illustration du positionnement des capteurs du démonstrateur COMPOSE



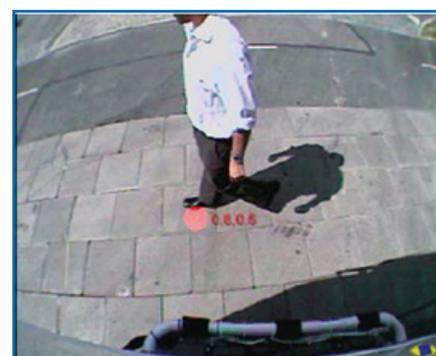
- Scrutateur laser
- Caméra infrarouge
- Radar courte portée
- Radar longue portée

FIGURE 7

Illustration du système de détection du démonstrateur COMPOSE



Vue des caméras à l'avant du camion



Exemple d'image avec détection de piétons (point rouge)

⁵ RFID : Radio Frequency Identification

⁶ UWB : Ultra Wide Band Radio

⁷ Projet intégré IST FP6-507075 (<http://www.prevent-ip.org>)

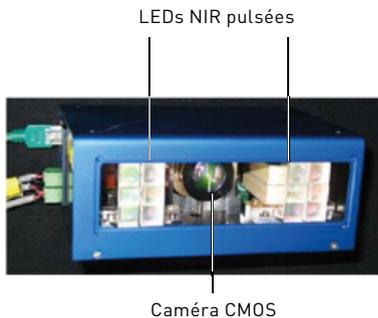
⁸ COMPOSE : Collision Mitigation and Protection of Road Users

⁹ APALACI : Advanced Pre-crash And Longitudinal Collision Mitigation

¹⁰ UserCams : Use of Active Range Cameras

FIGURE 8

Illustration du capteur 3D-CMOS du projet PREVENT



L'évaluation de ce système a démontré un niveau de performance suffisant : une fausse détection pour 40 heures de fonctionnement et une vitesse de traitement de l'ordre de 30 Hz. Il pourrait être introduit sur le marché dès 2010 [11].

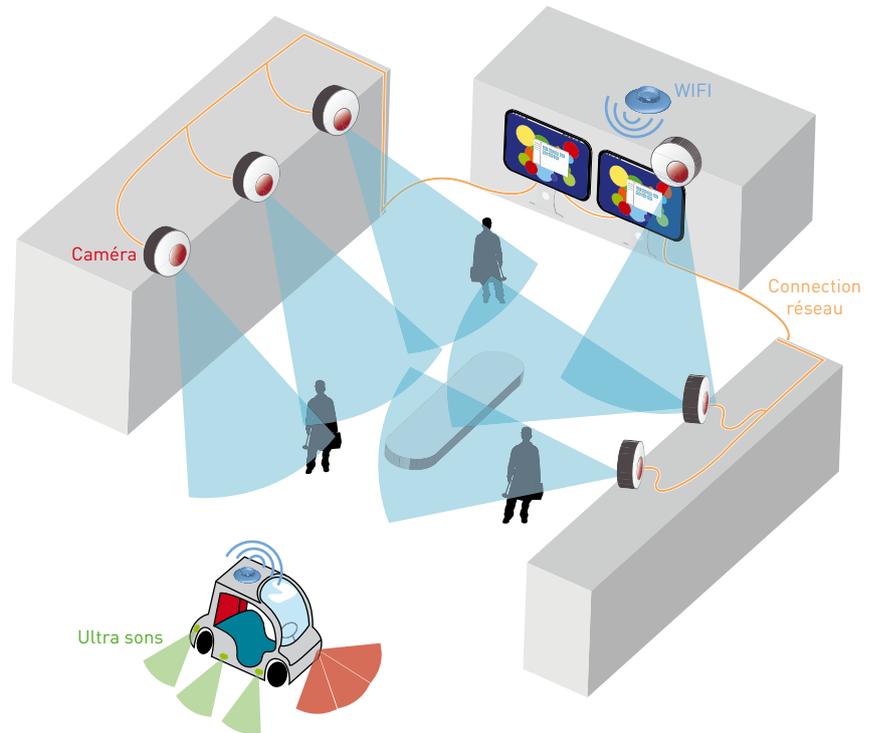
Le sous-projet UserCams a, quant à lui, conduit au développement d'un capteur innovant dénommé PMD pour « Photonic mixer devices ». Il s'agit d'une caméra active 3D qui met en oeuvre des diodes LED proche infrarouge pulsées (850 nm) et un capteur CMOS (cf. Figure 8). Son principe est basé sur le temps de vol d'une impulsion lumineuse. A la différence du scrutateur laser qui nécessite un balayage pour réaliser une image 3D, la caméra permet de construire cette image en une seule acquisition. Les tests réalisés ont montré que ce capteur permet de remplacer avantageusement, notamment du point de vue coût, les lasers à balayage classique [12]. Cette technologie de capteur est aujourd'hui transférée vers l'industrie et commercialisée¹¹.

PROJET PUVAME (PROTECTION DES USAGERS VULNÉRABLES PAR ALARMES OU MANŒUVRES D'ÉVITEMENT)¹²

L'objectif de ce projet français était de contribuer à réduire les accidents avec des usagers vulnérables dans le contexte des transports publics individuels mettant en oeuvre des véhicules robotisés autonomes. Bien que cette problématique soit différente de celle de la seule détection de personnes, il s'agit en effet de piloter un véhicule de façon autonome, elle nous paraît intéressante à citer car elle propose une approche originale consistant à exploiter l'information de capteurs fixes et de capteurs embarqués (cf. Figure 9).

FIGURE 9

Illustration du principe de détection de piétons retenus dans le projet PUVAME



Pour cela, des expérimentations ont été réalisées sur un site équipé d'un système de vidéosurveillance permettant de détecter les piétons évoluant sur les zones extérieures. Cette approche, où le dispositif de perception de l'environnement par vidéo est fixe, simplifie le problème de traitement des images : on recherche l'apparition de quelque chose dans un environnement dont les caractéristiques sont connues.

En complément, les véhicules autonomes¹³ ont été équipés des capteurs suivants :

- un laser à balayage monoplan à l'avant et un sur les côtés du véhicule,
- deux capteurs ultrasons sur l'avant du véhicule et quatre sur les côtés,
- une caméra couleur et une caméra stéréovision regardant vers l'avant,
- d'un système GPS.

Via un système de communication de type Wifi, l'ensemble des données issues de ces différents capteurs est fusionné et traité en temps réel sur un serveur central afin de piloter la trajectoire du véhicule et, si nécessaire, d'avertir les usagers vulnérables en cas de situation potentiellement dangereuse [13].

A l'issue de ce projet, les performances du système de navigation étaient encore à améliorer en termes de fiabilité et de temps de réponse. La vitesse maximale des véhicules autonomes était inférieure à 10 km/h.

PROJET LOVE (LOGICIEL D'OBSERVATION DES VULNÉRABLES)¹⁴

L'objectif du projet LOVE est de développer des logiciels de perception fiables et sûrs, capables d'être implantés sur des matériels compatibles avec une exploitation industrielle à court terme (horizon 2010 - 2012).

A partir d'un cahier des charges commun et d'une plate-forme matérielle commune (stéréovision et scrutateur laser), l'idée directrice consiste à mettre

¹¹ <http://www.ifm.com>

¹² Projet co-financé par l'ANR dans le cadre du programme PREDIT (<http://emotion.inrialpes.fr/puvame/>)

¹³ Véhicules Cycal de la société Robosoft

¹⁴ Projet co-financé par l'ANR dans le cadre du programme PREDIT (<http://love.univ-bpclermont.fr>)

en compétition les différents laboratoires de recherche français pour le développement des algorithmes de détection [14].

Neuf algorithmes de détection pour la stéréovision et huit pour le scrutateur ont ainsi été développés et sont en cours d'évaluation.

DISCUSSION

Comme nous venons de le voir, les dispositifs de perception développés pour les applications de l'automobile, et plus particulièrement pour traiter le risque de collision avec des piétons, mettent en œuvre des technologies complexes.

Du point de vue des capteurs, les principes physiques investigués sont principalement les radars, les scrutateurs laser, les ondes radios, la vision et les ultrasons (cf. *Tableau I*).

Les radars constituent la technologie la plus ancienne utilisée par l'automobile. Ils ont été introduits dans ce secteur pour la régulation d'allure de trains de véhicules. Les premiers radars utilisés (76 GHz) étaient surtout adaptés à la détection de corps métalliques. Plus récemment, les équipementiers se sont tournés vers les radars (24 GHz) à courte portée (10 - 15 mètres). Ce type de radar est plus sensible aux corps mous, donc mieux adaptés à la détection de personnes.

Les scrutateurs lasers sont très efficaces à courte portée et donnent une bonne estimation de la distance. Pour améliorer les capacités d'identification et la robustesse de détection, la société IBEO¹⁵ a développé un scrutateur laser multiplans. Cette technologie reste toutefois sensible aux conditions de luminosité et il n'existe pas à ce jour sur le marché de capteur bas coût.

Les ondes-radios ont été investiguées uniquement dans le projet WATCH-OVER. Parmi les protocoles de transmission testés, le plus précis en termes de localisation est le standard UWB. La diffusion de la détection par ondes-radios est toutefois freinée par le fait qu'elle nécessite que tous les usagers vulnérables de la route et tous les véhicules soient équipés.

TABLEAU I

Récapitulatif des différents types de capteurs exploités dans les projets de recherche sur la détection de piétons

| | Radars | Scrutateurs laser (LIDAR) | Ondes radios | Vision | | | Ultrasons |
|------------|---------|---------------------------|--------------|---------|------------|--------|-----------|
| | | | | Couleur | Infrarouge | Stéréo | |
| PROTECTOR | x | x | | | | x | |
| SAVE-U | x | | | x | x | x | |
| WATCH-OVER | | | x | x | | | |
| PREVENT | COMPOSE | x | | | x | | |
| | APALACI | | | | | x | |
| PUVAME | | x | | x | | x | x |
| LOVe | | x | | | | x | |

TABLEAU II

Synthèse des performances de détection

| | PROTECTOR | SAVE-U | WATCH-OVER | PREVENT |
|-----------------------|----------------|--------------------------|--|------------|
| Détection | 99 % | 99 % | 100 % | 100 % |
| Faux positif | non communiqué | 1 pour 2,8 h de conduite | 4 fois mieux que SAVE-U (soit = 1 pour 10 h) | 2 pour 2 h |
| Vitesse de traitement | 4 - 15 Hz | 5 - 15 Hz | 10 - 25 Hz | 25 - 40 Hz |

La vision présente un intérêt majeur ; elle fournit une information suffisamment riche pour distinguer différentes catégories d'objets perçus (piéton, autre véhicule, obstacle fixe). Dans ce domaine, différentes approches ont été explorées :

- la couleur qui offre l'avantage de mettre à disposition une information relativement stable par rapport aux conditions de luminosité diurnes,

- l'infrarouge lointain qui permet de détecter des piétons quand les conditions de luminosité sont insuffisantes (nuit) ou trop intenses. La température du corps humain est une information relativement stable,

- la stéréovision permet d'obtenir une information de distance et de volume.

Si l'association d'une caméra couleur et d'une caméra infrarouge est aujourd'hui l'approche qui présente les meilleurs résultats, elle est fortement concurrencée par la stéréovision qui est beaucoup moins onéreuse (association de deux capteurs standards).

Les ultrasons sont la dernière piste investiguée dans le secteur automobile, notamment pour la détection de collision à courte distance et à faible vitesse. Dans ce cas, ils doivent être utilisés avec un cône de diffusion restreint, ce qui nécessite de multiplier les capteurs pour couvrir un champ acceptable.

Excepté le cas particulier de l'application visant à interdire le redémarrage d'un véhicule, où un seul type de capteur (la vision) associée à des traitements simples permet d'obtenir de bonnes performances, tous les autres travaux de recherche s'accordent sur le fait qu'une seule technologie de perception n'est pas suffisante pour obtenir une détection de piétons robuste et fiable.

On retrouve systématiquement un ou plusieurs capteurs de vision, qui permettent une bonne classification des objets détectés, associés à des capteurs dont les principes physiques sont complémentaires à la vision et moins sensibles aux conditions de luminosité telles que les radars, les ultrasons, les ondes-radios ou les scrutateurs lasers. Ces derniers tendent à être remplacés par les caméras 3D type PMD qui, comme nous l'avons signalé, sont plus rapides et moins coûteuses.

Il faut alors non seulement associer différents capteurs mais également exploiter les techniques de traitement de données les plus récentes afin d'améliorer la robustesse de la détection et les temps de traitement (cf. *Tableau II*). Par exemple, tous les projets cités exploitent les techniques de fusion de données.

¹⁵ <http://www.ibeo-as.com>

FIGURE 10

Night Vision 2 affiche un pictogramme sur le moniteur quand un piéton est détecté



Même s'ils ne concernent actuellement que les véhicules haut de gamme, on commence à voir les premières retombées industrielles de ces projets de recherche.

Ainsi Lexus, sur sa gamme LS, propose en option un système de détection d'obstacles très complet qui embarque trois technologies : un radar pour détecter les obstacles de taille importante (les autres véhicules), un dispositif de stéréovision qui détecte les objets à faible réflexion radar (les piétons) et des projecteurs proche infrarouge pour la détection des objets en cas de faible luminosité¹⁶.

De même, BMW propose depuis 2005 le système Night Vision¹⁷ développé par AutoLiv [15]. Si la première version de ce dispositif se limitait à l'affichage des images réalisées par une caméra infrarouge, la version 2 intègre un système de traitement basé sur une reconnaissance de silhouettes qui signale au conducteur la présence de personnes dans le champ de la caméra (cf. figure 10). La résolution des images est suffisante pour permettre la détection de piétons sur une zone jusqu'à 100 mètres à l'avant de la voiture et pour une vitesse de 50 km/h.

De même, au niveau des capteurs, nous avons précédemment évoqué la caméra 3D de type PMD développée dans le projet PREVENT et qui est aujourd'hui commercialisée par la société IFM Electronic. On citera également le composant électronique EyeQ2 proposé par la société MobilEye¹⁸ dédiée au traitement embarqué d'images et de signaux pour l'automobile. Ce composant permet d'interfacier avec le bus de données du véhicule différents types de capteurs : des caméras mono ou stéréoscopiques, des radars, des scruta-

teurs lasers... Il est accompagné d'une plate-forme de développement et de bibliothèques permettant par exemple de réaliser la fonction de détection de piétons [16]. D'autres constructeurs tels que HITACHI [17] et NEC [18] se sont engagés dans la même voie.

CONCLUSION

Comme rappelé en début d'article, la prévention des accidents par écrasement de personnes travaillant à proximité d'engins mobiles (chariots élévateurs, camions, engins de chantier...) est une problématique pour laquelle de nouvelles actions de prévention sont engagées, notamment sur l'utilisation des dispositifs de détection de personnes. Afin de répondre aux nombreuses interrogations des industriels (concepteurs et utilisateurs d'engins) et des services de prévention sur ce sujet, l'INRS a engagé un projet de recherche dénommé PRECEP¹⁹ (2009 - 2012). Un des axes de ce projet est de contribuer à l'émergence de dispositifs de détection innovants en se rapprochant d'autres secteurs industriels également confrontés à cette problématique.

L'industrie automobile est sans doute le secteur industriel où la détection de piétons est à l'heure actuelle la plus avancée. Comme le montre cet article, d'importants travaux de recherche, tant au niveau des capteurs que des stratégies de détection, ont été engagés depuis ces 10 dernières années sur ce sujet. Si le niveau de performance des premiers dispositifs pré-industriels de détection de piétons ne permet pas encore d'agir directement sur les commandes du véhicule (freinage ou correction de trajectoire), il est toutefois suffisant pour déclencher des signaux, visuels ou sonores, d'avertissement au conducteur. Cette stratégie d'exploitation du signal de détection est également celle retenue dans le cadre du projet PRECEP.

Bien que les conditions d'exploitation, la taille et les vitesses de déplacement des véhicules soient différentes entre le secteur de l'automobile et ceux qui concernent l'INRS (BTP, logistique, manutention, collecte et recyclage des déchets...), la problématique de détection des piétons est similaire et certains

résultats des projets, cités dans cet état de l'art, devraient pouvoir être transposés de façon plus ou moins directe. Par exemple, le dispositif développé dans le projet PREVENT interdisant le démarrage d'un poids lourd quand des piétons sont présents dans l'angle mort à l'avant du véhicule répond de façon très directe à la prévention des risques de heurts dans le domaine transport/logistique. La stratégie de détection associant des capteurs mobiles et fixes (projet PUVAME) devrait pouvoir s'appliquer à des sites industriels où le risque de collision entre engins et piétons est bien localisé, comme les centres de tri des déchets. De même, le capteur 3D PMD devrait pouvoir être testé comparativement au scrutateur laser sur les expérimentations en cours avec des compacteurs. Enfin, de façon plus large, il est envisagé d'établir un partenariat avec certains acteurs français impliqués dans ces projets de recherche sur la détection de piétons afin de transférer les savoirs acquis et les technologies développées vers les secteurs industriels tels que le BTP, la manutention ou encore la collecte des déchets.

Il faut toutefois rester conscient que, malgré les avancées réalisées, la détection de piétons à partir d'un véhicule en mouvement reste un défi industriel. En effet, l'objet de la détection (l'être humain) peut se présenter dans un large spectre d'apparence et dans un environnement complexe et très variable.

¹⁶ <http://www.lexus.fr/range/ls/key-features/safety/safety-obstacle-detection.aspx>

¹⁷ http://www.bmw.fr/fr/newvehicles/7series/sedan/2008/allfacts/ergonomics/night_vision.html

¹⁸ <http://www.mobiley.com/manufacturer-products/processing-platforms/EyeQ2>

¹⁹ PRECEP : Prévention des collisions engins-piétons

POINTS À RETENIR

- la prévention du risque d'écrasement des piétons par des engins mobiles concerne de nombreux secteurs d'activités dont le BTP, la manutention, la collecte des déchets et le transport/logistique.
- Du point de vue de la recherche, l'industrie automobile est sans doute le secteur industriel où la détection de piétons est à l'heure actuelle la plus avancée.
- Les systèmes de détection de piétons développés dans ce dernier secteur mettent tous en œuvre des approches multi-capteurs associant des techniques de perception par vision.
- Il est envisagé d'établir des partenariats afin de transférer et d'adapter les savoirs acquis et les technologies développées pour la détection de piétons dans ce secteur vers ceux concernés par le risque de collisions entre engins et piétons.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MARSOT J., CHARPENTIER P., TISSOT C. – Collisions engins-piétons, Analyse des récits d'accidents de la base EPICEA, Hygiène et Sécurité du Travail, à paraître.

[2] LAMPERT S. – Compacteurs routiers : gare aux piétons, Travail & Sécurité, Décembre 2006, pp. 30-32.

[3] LARCHER C. – Essais pour détecter les piétons sur les chantiers, Travail & Sécurité, Avril 2008, pp. 40-41.

[4] Directive 2003/102/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 relative à la protection des piétons et autres usagers vulnérables de la route en cas de collision avec un véhicule à moteur et préalablement à celle-ci et modifiant la directive 70/156/CEE du Conseil, JO L 321 du 6.12.2003, pp. 15-25.

[5] CICILLONI R., DEUTSCHLE S., OLTERSDORF K.M., GAVRILA D.M. - Results of Vulnerable Road User Protection System in PROTECTOR, ITS World Congress, Madrid, 2003.

[6] MARCHAL P., DEHESA M., GAVRILA D. M., MEINECKE M-M., SKELLERN N., VINCIGUERRA R. – SAVE-U Final report, Deliverable D29, <http://www.save-u.org>, August 2005, 90 p.

[7] GRANDIN J.F. – Fusion de données - Théorie et méthodes – Techniques de l'Ingénieur n° S7224, mars 2006.

[8] MEINKEN K., ANDREONE L., GUARISE A., SIKORA A. – "WATCH-OVER – The concept of a cooperative system for vehicle to vulnerable road users communication", 20th Enhanced Safety of Vehicles Conference, Lyon, France, 18-21 June 2007, 10 p.

[9] FARDI B., NEUBERT U., GIESECKE N., LIETZ H., HOLGER, WANIELIK G. – A Fusion Concept of Video and Communication Data for VRU Recognition, Proceedings of the 11th International Conference on Information Fusion, Cologne, Germany, June 30-July 03, 2008, ISBN 978-3-8007-3092-6, 8 p.

[10] WALESSA M., AHRHOLDT M., KRUSE F., FÜRSTENBERG K., TATSCHKE T., MARX M., COMPOSE Final report, Deliverable D51.11, <http://www.prevent-ip.org>, February 2002, 79 p.

[11] MÄKINEN T., IRION J., MIGLIETTA M., TANGO F., BROGGI A., BERTOZZI M., APPENRODT N., HACKBARTH T., NILSSON J., SJOGREN A., SOHNKE T., KIBBEL J. – APALACI Final report, Deliverable D 50.10b, <http://www.prevent-ip.org>, January 2007, 94 p.

[12] LISTLL., KÖNIG B., WAGNER U., WERTHEIMER R., ANTONELLO P.C., CAMART J.F., ANDERSSON H., BROCKHERDE W., KAUPPER M. - UserRCamS, Final Report, PREVENT, Deliverable D52.200.1, <http://www.prevent-ip.org>, February, 2008, 60 p.

[13] AYCARD O., SPALANZANI A., YGUEL M., BURLET J., DU LAC N., DE LA FORTELLE A., FRAICHARD T., GHORAYEB H., KAIS M., LAUGIER C., LAURGEAU C., MICHEL G., RAULO D.A., STEUX B. – PUVAME, New French Approach for Vulnerable Road Users Safety, in Proc. of the IEEE Intelligent Vehicle Symp. (2006), 6 p.

[14] TRASSOUDAIN L., CORNOU S., FLEURY B., SOLANET F. - Pedestrian Accident Context and technologic Development in LOVE Project, V.I.S.I.O.N. Proceedings, ref 2008-02, SIA, Versailles-Satory, France, 7-8 octobre 2008, 5 p.

[15] WASSB., LINQ., TJÄRNSRÖMF., ROLL J. - A far infrared night vision system with pedestrian detection, V.I.S.I.O.N. proceedings, ref 2008-02, SIA, Versailles-Satory, France, 7-8 octobre 2008, 5 p.

[16] STEIN G., GAT I., HAYON G. - Challenges and Solutions for Bundling Multiple DAS Applications on a Single Hardware Platform - V.I.S.I.O.N. Proceedings, SIA, Versailles-Satory, France, 7-8 octobre 2008, 8 p.

[17] OTSUKA Y., MURAMATSU S., MONJI T. - Development of Multi-function Camera for Automotive Use, V.I.S.I.O.N. Proceedings, SIA, Versailles-Satory, France, 7-8 octobre 2008, 8 p.

[18] CORDOBA C., KYO S. - A major step in parallel architecture for Driving Assistance. Introduction of the NEC IMAPCAR2 family, V.I.S.I.O.N. Proceedings, SIA, Versailles-Satory, France, 7-8 octobre 2008, 6 p.