



CONSEIL NATIONAL DE LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

COMITÉ DES EXPERTS

SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET SÉCURITÉ AUTOMOBILE

DOSSIER THÉMATIQUE

Ont contribué à ce dossier : Jean-Pascal Assailly, Dominique Bouton, Roger Braun, Yvan Casteels, Marie-Line Gallenne, Emmanuel Lagarde, Sylvain Lassarre, Bernard Laumon, Damien Léger, Dominique Mignot, Michèle Muhlmann-Weill, Yves Page, Louis-Rachid Salmi, Philippe Toussaint et Pierre Van-Elslande.

Nos remerciements vont à Christian Machu et Manuelle Salathé.

Sécurité Routière et Sécurité Automobile

Synthèse

Les systèmes de sécurité (de protection des blessures en cas de crash ou de prévention des accidents) et d'aides à la conduite adressent aujourd'hui un nombre croissant de types d'impacts (frontal, latéral, arrière, retournement) et d'accidents (accidents de guidage, de contrôle, accidents dus à des erreurs ou des violations, accidents de voiture et de voiture contre d'autres usagers, etc.). De nombreuses études montrent un effet sécuritaire potentiel ou avéré pour beaucoup de ces systèmes. Ils sont par conséquent une voie prometteuse pour la sécurité routière.

La dynamique de déploiement de ces systèmes dans le parc automobile neuf est plutôt positive : la concurrence pousse à leur diffusion rapide et l'EuroNCAP ajoute constamment des étoiles à leur présence/performance sur les modèles neufs. Les principaux challenges à leur développement sont leur coût, leur performance technologique, leur bon usage par les conducteurs, et la formation des conducteurs à leur utilisation. Enfin, le dernier challenge est l'évaluation de l'efficacité et de l'efficience de ces systèmes, leur sélection, leur priorisation, voire l'identification des effets éventuels homéostasiques du risque qu'ils sont censés diminuer.

Nous avons par conséquent identifié 4 ensembles de mesure adressant chacun de ces challenges pour accélérer la diffusion sur le marché des prestations technologiques de sécurité les plus efficaces.

Mesure 1. L'identification des leviers économiques permettant la diffusion et la démocratisation des technologies de sécurité de protection et d'évitement des collisions peu diffusées aujourd'hui

Mesure 2. Le développement des études d'efficacité des technologies sur la sécurité routière

Mesure 3. L'établissement de modules d'apprentissage de la conduite, en formation initiale ou continue, intégrant l'utilisation des technologies de sécurité préventive.

Mesure 4. L'encouragement des offres de car-sharing et de co-voiturage avec des véhicules équipés des technologies de sécurité.

Il n'est pas vraiment possible de chiffrer le nombre de vies que l'on pourrait sauvegarder plus longtemps pour chacune de ces mesures, ce sont des mesures qui renforcent et accélèrent un courant actuel de recherche et de déploiement des technologies automobiles, mais rappelons ici qu'une étude récente a montré que, sur la diminution du nombre de tués constatée chaque année en France entre 2000 et 2010 (-48 % en 2010 par rapport à 2000), 6 points étaient dus aux progrès faits en matière de technologies de sécurité automobile. Ça paraît peu mais quand on considère que le taux de déploiement de ces technologies a été relativement faible (le parc est renouvelé tous les 15 ans), et au début sur des véhicules haut de gamme exclusivement, le potentiel est très élevé.

Bien sûr, ces mesures sont à effet lent puisque l'équipement de technologies sécuritaires dans le parc ne concerne que les véhicules neufs¹ (très peu de systèmes présentent des possibilités de deuxième monte), soit autour de deux millions de véhicule par an sur les plus de 30 millions que compte le parc automobile français. Elles contribuent par conséquent à une amélioration de la sécurité routière sur le moyen et long terme qui, conjuguée avec des efforts continus sur l'infrastructure, peut au final entrer en résonance avec les deux paradigmes forts de la sécurité routière aujourd'hui : le système sûr (safe system) et la sécurité durable (sustainable safety).

¹ Nous nous sommes focalisés dans cette note sur les technologies automobiles récentes et sur la manière de favoriser leur diffusion. Nous n'avons pas abordé d'autres sujets connexes concernant la technologie, comme par exemple l'équipement en pneus d'hiver ou la manière de rajeunir le parc, ce qui pourrait faire l'objet d'un autre travail. De la même manière, nous n'avons pas traité les technologies applicables aux deux-roues motorisés, qui ont été traitées dans le tome 2 des recommandations du Comité des Experts (2014).

1. Introduction

Depuis une quinzaine d'années se développent dans un certain nombre de pays des plans stratégiques à 5 ou 10 ans qui présentent de manière structurée des programmes d'actions destinés à améliorer la sécurité routière dans les pays concernés. Ces programmes répondent en premier lieu à un diagnostic assez précis des problèmes de sécurité à régler, généralement divisés en trois catégories : les **facteurs de risque** (par exemple la vitesse, l'alcool, la vigilance, la distraction, etc.) ; les **usagers vulnérables** ou les **groupes à sur-risque** (par exemple les jeunes conducteurs, les deux-roues motorisés, etc.) et les **types d'accidents** (par exemple les pertes de contrôle à véhicule seul, les accidents d'intersection, les accidents de nuit). Les actions préconisées sont évidemment une réponse à ces problèmes, mais, au-delà de ça, elles s'inscrivent dans un cadre de pensée et de valeurs, appelé 'Safe System' qui se caractérise notamment par les principes suivants :

- L'être humain a une capacité de **résistance** biomécanique aux chocs limitée. Il convient donc de limiter ou d'éviter les chocs, notamment par une gestion des énergies d'impact et de l'exposition des personnes à des forces susceptibles d'entraîner des blessures.
- L'être humain est **faillible**, donc **défaillant**. Il commet des erreurs et le système de trafic et de transport routier doit prendre en compte, dans sa conception, ces erreurs.
- Un **diagnostic** complet de sécurité doit être réalisé afin d'identifier les mesures de sécurité qui ont un potentiel sécuritaire fort et un ratio efficacité / coût élevé.
- Ces mesures doivent être cohérentes avec des **choix de société**, économiques, humains et environnementaux, bénéficiant notamment aux prestataires de produits et services de sécurisation du transport routier.
- La **responsabilité** des actions de sécurité routière doit être partagée entre l'ensemble des acteurs et non pas supportée par un seul acteur.
- La sécurité est générée d'abord par la suppression des accidents a priori les plus facilement évitables, puis par le maintien d'une infrastructure de transport (pas exclusivement la route) compatible avec la sécurité des générations à venir.

Ces principes généraux sont souvent déclinés, dans ces programmes, en 4 chapitres, finalement assez conventionnels, mais qui mettent en exergue les aspects systémiques, holistiques et intégrés de la politique de sécurité routière (graphique 1).

Ces 4 chapitres sont :

- Des vitesses sûres
- Des véhicules sûrs
- Des routes et des bords de routes sûrs
- Des usages de la route sûrs.

Et bien sûr... des secours et toute une chaîne de soins performante.



Graphique 1. Principes généraux du 'Safe System' (Système Sûr)

2. Des véhicules sûrs

Nous nous intéressons ici spécifiquement aux véhicules, et notamment (mais pas exclusivement) aux voitures de tourisme qui représentent en France 83 % des véhicules motorisés et 75 % des kilométrages effectués annuellement. Ils sont aussi impliqués dans 78 % des accidents corporels et 75 % des accidents mortels.

Qu'est-ce qu'un véhicule sûr ? La réponse à cette question impose de préciser certaines notions de base pour bien comprendre comment la **conception automobile** participe à la sécurité routière.

La **sécurité** consiste en un ensemble de dispositions qui assurent la réalisation d'une tâche ou d'un ensemble de tâches sans qu'elles ne provoquent de dommages matériels ou corporels ou de préjudices d'autres natures telles que le préjudice moral, le préjudice économique, le préjudice social ou même le préjudice esthétique, ni à celui ou celle qui réalise la tâche, ni aux tiers.

La sécurité peut être traitée sous plusieurs angles :

- la sécurité **primaire**, qui vise à prévenir ou éviter un dommage².
- la sécurité **secondaire**, qui vise à réduire les conséquences d'un dommage (la gravité des blessures).
- la sécurité **tertiaire**, qui vise à apporter les soins les plus rapides et les plus performants aux victimes.
- la sécurité **quaternaire**, qui vise à diminuer les séquelles physiques et psychologiques suite à un dommage.

La **sécurité automobile** consiste par conséquent en un ensemble de dispositions qui assurent, via le véhicule, des déplacements automobiles avec le minimum d'effets externes.

² La distinction entre prévention et évitement est assez floue. Disons pour simplifier que toutes les mesures de sécurité qui consistent à agir sur les attitudes et comportements des usagers de la route mais aussi des acteurs de la circulation routière (en charge de la conception, de la maintenance et du contrôle des véhicules, de l'infrastructure et de l'organisation des déplacements) sont du domaine de la prévention, alors que les mesures qui consistent à récupérer une situation de conduite qui tourne mal est plutôt du domaine de l'évitement. Nous ne parlerons pas ici de la précaution, qui consiste à prendre des mesures de lutte contre un risque nouveau, inconnu, et non documenté, ce qui oblige des mesures très restrictives.

La prévention du risque routier est aujourd'hui coordonnée par les pouvoirs publics qui encouragent les initiatives associatives et les partenaires privés à développer, chacun dans son domaine d'activité, les actions qui peuvent prévenir ou éviter les accidents ou, à défaut, éviter ou alléger les blessures en cas d'accident. Cependant, depuis longtemps, par souci d'innovation et de sécurité et/ou sous la pression réglementaire ou consumériste, les constructeurs et équipementiers automobiles ont développé des systèmes de protection des occupants (la ceinture de sécurité date de 1903 et le concept de tampon rempli d'air de 1941) pour renforcer la sécurité à l'intérieur des automobiles en réduisant les conséquences de l'accident. La sécurité active est présente également depuis longtemps via les performances des organes de direction, de freinage et de tenue de route.

Un constructeur automobile participe aux efforts de prévention des accidents de la route par de nombreuses actions de sécurité automobile (via la technologie) et également par des actions de sécurité routière et de responsabilité sociale (formation, éducation, sensibilisation, recherche et mécénat, ...). Il contribue en effet à l'effort national (et international) de sécurité routière en agissant spécifiquement sur la sécurité automobile, c'est-à-dire en équipant ses véhicules de systèmes de sécurité primaire (assistant le conducteur dans sa tâche de navigation, de guidage et de contrôle du véhicule), de sécurité secondaire (c'est à dire capable d'optimiser la protection des occupants et des usagers externes au véhicule en cas de choc) et de sécurité tertiaire (i.e. notification automatique d'accident, plus communément appelé e-call ; rescue code (code de secours) ou QR Code posé sur le pare-brise permettant aux pompiers de disposer rapidement, sur les lieux de l'accident, d'une fiche informatisée du véhicule précieuse pour pouvoir le découper sans danger en cas de désincarcération ou dépavillonnage).

Ces systèmes spécifiques ont des origines diverses: soit la disponibilité de la technologie, soit une idée d'un ingénieur ou d'un utilisateur, soit l'existence de tel ou tel système chez un concurrent, soit une politique d'entreprise axée sur la sécurité, soit un intérêt économique, soit une réglementation, soit une norme, soit des tests consommateurs, soit bien sûr une analyse de l'insécurité routière qui révèle des problèmes d'insécurité que peuvent a priori traiter ces systèmes.

2.1. La sécurité secondaire ou sécurité de protection

Séquentiellement, un choc automobile induit un impact entre un occupant (ou un usager extérieur à l'automobile) et une partie du véhicule (ou d'un autre élément de l'environnement si l'occupant est éjecté) puis des chocs entre les différents organes du corps de la victime.

Le premier choc est, pour un occupant, la conséquence de l'un des 3 mécanismes lésionnels suivants:

- L'**intrusion** dans l'habitacle.
- La **projection** (ou la **décélération**) d'un occupant contre une partie rigide de l'habitacle ou l'interaction entre l'occupant et un système de retenue.
- L'**éjection** du corps ou d'une partie du corps hors de l'habitacle³.

La gravité des lésions dépend bien entendu, pour chacun de ces mécanismes, de la violence du choc, de sa configuration (frontal, latéral, arrière, retournement, etc.), de la rigidité de l'obstacle, et des tolérances biomécaniques du corps humain. Ce sont ces trois mécanismes que doit traiter la sécurité secondaire et elle les traite traditionnellement par deux voies :

- La **structure** des véhicules,

³ Il existe d'autres manières d'être blessé ou de mourir sur la route, comme la carbonisation ou l'intoxication par les fumées par exemple

- Les systèmes de retenue.

La **structure des véhicules** doit permettre de diffuser les énergies libérées lors de l'impact tout en préservant l'habitacle, c'est-à-dire limiter l'intrusion tout en limitant les efforts que subit l'occupant lors de l'impact. Très simplement, une structure molle aura tendance à bien diffuser l'énergie lors de la déformation et à limiter les efforts sur l'occupant, mais favorisera l'intrusion. Une structure rigide aura tendance à limiter l'intrusion mais à faire passer beaucoup d'efforts dans l'occupant.

Les véhicules étant très différents les uns des autres (de la 2cv au 38 tonnes pour les poids-lourds), il faut également assurer une certaine compatibilité entre les véhicules (compatibilité de **masse**, compatibilité de **rigidité** et compatibilité **géométrique**) pour que certains ne soient pas trop agressifs vis-à-vis des autres. C'est pour cela par exemple que les camions sont équipés de dispositifs anti-encastrement ou que les véhicules de tourisme plus lourds (gros SUV par exemple) ne doivent pas être trop rigides pour ne pas défavoriser les petits véhicules en cas de choc à deux véhicules, mais être suffisamment rigides pour protéger leurs occupants en cas de choc contre un obstacle lui-même rigide...

Les **systèmes de retenue** (ceinture de sécurité avec prétensionneur et limiteur d'efforts réglé pour des personnes biomécaniquement fragiles ; airbags frontaux ; airbags latéraux pour le thorax et la tête ; bossage de siège ; etc.) sont un complément indispensable à une structure de véhicule rigide. Les occupants doivent absorber leur propre résiduel d'énergie cinétique, le prétensionneur (tension de la ceinture) bloque l'occupant à son siège et à son dossier. En choc frontal par exemple, le limiteur d'effort permet de dérouler quelques centimètres de la ceinture pour ne pas que la ceinture provoque des blessures au thorax puis l'airbag accueille l'occupant et diffuse encore les efforts tout en empêchant le thorax et la tête de percuter des parties rigides du volant et/ou du tableau de bord. Evidemment, ces dispositifs fonctionnent à des vitesses d'impact raisonnables. Au-delà d'une certaine violence d'impact (équivalente par exemple à un choc frontal contre un obstacle déformable inférieure à 70-75 km/h), les lois de la physique font que la protection devient très difficile, le véhicule se déformant quand même, ne limitant plus l'intrusion et les systèmes de retenue ne supportant plus une énergie trop élevée.

Les progrès en sécurité de protection (dite sécurité passive) ont été nombreux à la fin des années 1990, avec une politique de progrès volontariste de certains constructeurs automobiles pionniers dans le domaine, et avec le développement de règlements sur le choc frontal (Directive 96/79/CEE et ECE.R94) et sur le choc latéral (Directive 96/27/CEE et ECE.R95), ainsi qu'avec le développement des tests consommateurs EuroNCAP qui attribuent des points puis des étoiles (de 1 à 5) aux véhicules nouveaux. Le premier véhicule à avoir obtenu 5 étoiles est un véhicule français, en 2001. Depuis, de très nombreux véhicules obtiennent 5 étoiles aux tests EuroNCAP, même avec un élargissement et un durcissement des tests depuis 2009 et jusqu'en 2020 (voir RoadMap EuroNCAP publiée en 2014 qui sévérise notamment les tests de performance en sécurité passive et ajoute des points pour les équipements de sécurité préventive. A noter que l'EuroNCAP ne se focalise pas sur la protection des occupants de voiture mais que les tests concernent également la sécurité des piétons et bientôt la sécurité des cyclistes dans des chocs contre les voitures).

2.2. La sécurité primaire

L'analyse du système de circulation révèle que celui-ci est formé d'un ensemble d'**usagers** motorisés et non motorisés qui se déplacent sur des **routes**, souvent dans des **véhicules**, et que ces déplacements s'effectuent dans un environnement général et certaines **conditions de circulation** que l'utilisateur ne maîtrise pas (trafic, météo, signalisation temporaire, travaux,...). Ces déplacements sont réglementés par le code de la route. Chaque usager est donc censé réguler sa conduite en fonction de la réglementation générale en vigueur qu'il est supposé connaître puisqu'il a obtenu un titre de

circulation (le permis de conduire), de la situation temporaire dans laquelle il se trouve (réseau emprunté, motif du déplacement, véhicule conduit, ...), et de la présence d'autres usagers au même moment et au même endroit.

La diversité des composants du système de circulation montre bien que l'utilisateur n'est pas responsable de tout. Ce n'est pas lui qui construit les routes et les véhicules, ce n'est pas lui qui choisit la météo, ce n'est pas lui qui choisit la densité du trafic, la présence de travaux, la signalisation manquante, etc. Par contre c'est à l'utilisateur de prendre les décisions qui s'imposent en fonction de ce qu'il rencontre sur la route. En d'autres termes, il est le dernier régulateur de son déplacement. Les véhicules qu'on lui vend ou le réseau routier qu'il emprunte, voire la gestion de la circulation, doivent accroître sa sécurité et lui permettre d'optimiser ses décisions et ses actions (même si, dans une tâche fortement automatisée, les 'décisions' sont souvent implicites), et même de les pardonner quand elles sont erronées.

Par conséquent, en dehors des problèmes de **conception** et de **réalisation** des conditions dans lesquelles s'effectue le **transport de personnes** (gestion urbaine défective, plans de déplacements urbains sommaires, offre de déplacement inappropriée, transport alternatif inexistant, etc.), en dehors des problèmes de **conception** et de **maintenance** de l'infrastructure (visibilité, lisibilité, adéquation aux caractéristiques dynamiques des véhicules, possibilité de pardon, etc.), les problèmes de sécurité routière concernent des conducteurs qui **violent** les règles élémentaires de sécurité (**alcoolisation** excessive, **vitesse** excessive, consommation de stupéfiants, conduite agressive, **conduite à risque**, etc.) ou commettent des **erreurs** de perception, de cognition ou de maniement du véhicule dues à des états dégradés (alcoolisation, **inattention**, **distraction**, stress, **fatigue**, manque de sommeil), ou à une **inexpérience** de la conduite ou à des conditions particulières de déplacement qui vont détériorer la réalisation de la tâche de conduite (confiance excessive, contrainte de temps, sentiment prioritaire).

C'est dans l'assistance à la conduite que le constructeur automobile trouve une deuxième voie d'action en sécurité. Les **aides à la conduite** ont le double intérêt de faciliter certaines tâches de conduite et d'aider le conducteur à ne pas entrer dans des situations accidentogènes ou ... d'en sortir. Il existe sur le marché un nombre croissant de ces systèmes, avec un grand nombre de variantes, mais ils exigent souvent des capteurs de l'environnement encore coûteux et pas nécessairement suffisamment performants.

Il existe plusieurs classifications des aides à la conduite. Nous proposons ici une classification selon le **type** de l'aide, selon le **niveau d'influence** de l'aide à la conduite, et selon l'**implication** active ou passive du conducteur.

Selon le premier critère :

- l'aide peut être de type **stratégique**. Elle vise alors la planification de l'itinéraire et la navigation (savoir se diriger). C'est le cas des systèmes de navigation
- l'aide peut être d'ordre **tactique**. Elle vise le choix et la réalisation de la manœuvre de conduite adaptée à la situation rencontrée. C'est le cas par exemple d'un détecteur d'angle mort
- l'aide peut enfin être d'ordre **opérationnel**. Elle vise à contrôler la trajectoire du véhicule. C'est le cas par exemple d'un système d'aide au freinage d'urgence ou au contrôle de trajectoire.

Selon le deuxième critère,

- Il s'agit dans un premier niveau de fournir une **information** au conducteur (par exemple une information sur le trafic ou sur la pression de ses pneumatiques).

- Dans un deuxième niveau, le véhicule peut déclencher une **alarme** (par exemple un bip si la ceinture n'est pas bouclée).
- Le véhicule peut également fournir une **information contraignante** (un bip insistant et plus aigu si la ceinture n'est pas bouclée)
- Il peut effectuer une action **corrective** sur la conduite (c'est le cas de l'ESC –contrôle de trajectoire- qui redresse le véhicule en cas de survirage ou de sous-virage).
- Il peut enfin prendre **totalemment** le **contrôle** du véhicule, le conducteur étant alors mis en dehors de la boucle (cas du freinage automatique par exemple).

Selon le troisième critère, on distingue 3 types d'aide :

- Une aide passive (sans intervention du conducteur)
- Une aide active qui prend en charge une partie de l'activité de conduite
- Une aide active contrôlée, qui accompagne une action du conducteur

Mis à part les organes automobiles qui sont toujours de plus en plus fiables et sécuritaires (obligation de conformité à la réglementation et obligation de sécurité générale du produit), et mis à part les progrès effectués sur la direction, le freinage, et la tenue de route, les systèmes de sécurité primaire spécifiques ne sont pas aussi nombreux dans les véhicules d'aujourd'hui, et sont souvent disponibles au départ dans des véhicules haut de gamme ou en options dans des véhicules de gamme moyenne. Les limiteurs/régulateurs de vitesse sont désormais largement diffusés (en tous cas chez les constructeurs français) mais pas le régulateur intelligent de la vitesse (maintient une vitesse compatible avec la vitesse du véhicule précédent). Les systèmes tels que l'ABS, l'ESC, l'assistance au freinage d'urgence, les systèmes de navigation, l'allumage automatique des feux quand l'environnement est sombre, le passage automatique des feux de route en feux de croisement, le système de surveillance de la pression des pneus, les essuies glaces automatiques, les détecteurs d'angle mort, les suivis de ligne, les détecteurs de vigilance, les systèmes de vision nocturne, les différentes variantes du Limiteur Intelligent de la Vitesse (plus connu en France sous le nom de LAVIA) etc.. sont en cours de diffusion à un rythme désormais soutenu. Par contre des systèmes tels que les radars anti-collision en intersection ou en fronto-frontal, l'alerte en amont d'incidents, ou encore les systèmes d'information sur les sites à risque restent encore du domaine de la recherche.

Le domaine des aides à la conduite est désormais extrêmement vaste. Il est rendu possible par la maturité de capteurs de détection de l'environnement (ultrasons, caméras, radars, lidars, carte de navigation, GPS, etc..) et d'algorithmes puissants de traitement de l'information qui détectent les obstacles autour de la voiture, ou détectent les voies sur la route, les intersections, les insertions, le marquage, la signalisation, et permettent ainsi au conducteur d'être assisté dans ses tâches de navigation, de guidage, et de contrôle longitudinal et latéral.

Tout l'enjeu réside dans la capacité des constructeurs et équipementiers automobiles à proposer des systèmes de protection et aides à la conduite économiquement accessibles au plus grand nombre, ainsi qu'à leur activisme à faire progresser la réglementation technique. L'histoire récente démontre que c'est possible quand on observe par exemple la généralisation de l'ABS et de l'ESC. Reste que souvent, les systèmes les plus sophistiqués apparaissent sur des modèles premium avant d'atteindre l'entrée de gamme. C'est pourtant le renouvellement rapide du parc automobile qui offrira les résultats de sécurité les plus significatifs et en cela, le facteur économique est déterminant.

2.3. La sécurité tertiaire

Le développement des téléphones portables et bientôt de l'ecall (appel d'urgence manuel ou automatique, par exemple couplé avec un déploiement d'airbag) sont de nature à réduire les délais d'alerte et d'intervention des secours. Bien que la Commission Européenne considère que la généralisation de l'ecall pourrait sauver entre 5% et 15 % des vies en Europe, les dernières études montrent plutôt un gain de 2% à 3 % en France. En plus de l'alerte, les coopérations entre constructeurs et services de secours ont récemment abouti à une normalisation des fiches d'aide à la désincarcération qui permettent aux pompiers de procéder plus facilement au découpage des véhicules (si cela est nécessaire), en fonction des caractéristiques de structure et d'énergie, pour désincarcérer les occupants piégés à la suite d'un impact. Il est également probable qu'à l'avenir, le développement des ecall intelligents (capables de donner des informations sur le crash comme la vitesse d'impact, la présence d'occupants ceinturés ou non, etc.) et de la e-santé puisse s'appliquer à l'automobile et faciliter le diagnostic clinique des médecins pompiers et urgentistes sur le terrain.

3. Les gains sécuritaires liés à la technologie

Les études actuelles montrent des potentiels sécuritaires élevés des systèmes existants de protection en cas de crash et des aides à la conduite déjà diffusées à large échelle sur le marché. La sécurité passive des occupants de voiture couplée à des systèmes de prévention de la collision ou de réduction de ses conséquences comme le contrôle de trajectoire et l'assistance au freinage d'urgence montre déjà une efficacité quasiment inégalée depuis le port obligatoire de la ceinture de sécurité, la limitation des vitesses ou l'installation des radars automatiques en France. Un occupant avant de véhicule qui obtient 5 étoiles au test EuroNCAP et qui dispose de l'ESC et de l'AFU (Assistance au Freinage d'Urgence) a un risque de lésions graves et mortelles réduit de 70 % par rapport à un véhicule qui n'obtient que 4 étoiles, sans ESC et sans AFU !

Une étude récente a montré que, sur la diminution du nombre de tués constatée chaque année en France entre 2000 et 2010 (-48 % en 2010 par rapport à 2000), 6 points étaient dus aux progrès faits en matière de technologies de sécurité automobile. Ça paraît peu mais quand on considère que le taux de déploiement de ces technologies a été relativement faible (le parc est renouvelé tous les 15 ans), et au début sur des véhicules haut de gamme exclusivement, le potentiel est assez élevé.

Les perspectives pour des systèmes encore peu diffusés ou à venir sont également très positives. Chaque système a une efficacité attendue (en termes de vies sauvables ou de blessés graves évitables) relativement modeste (entre 2% et 5 %, un peu plus pour certains, si l'ensemble du parc en était équipé), c'est donc la combinaison des systèmes qui adressent des problèmes de sécurité différents (perte de contrôle, défaut de guidage, angle mort, freinage tardif, vision de nuit, etc.) qui est préférable. Les gains à attendre sont potentiellement élevés et les études d'efficacité de ces technologies (aujourd'hui embarquées en fonctionnement 'stand-alone', et demain en fonctionnement connectées les unes aux autres) doivent être encouragées pour identifier avec précision ce potentiel.

Il est en effet difficile d'établir un 'palmarès' précis des systèmes les plus efficaces qui permettrait de mettre l'accent sur quelques-uns plutôt que sur d'autres. Ceci pour plusieurs raisons :

- Les études d'efficacité sont de trois types : celles qui simulent les efficacités attendues de systèmes encore peu diffusés ou à venir, celles qui constatent l'efficacité réelle de systèmes dans la rue en fonction de leur taux de pénétration dans le parc, et celles qui extrapolent les gains en sécurité que procureraient les systèmes existants s'ils étaient diffusés à 100 % dans le parc. Nous avons donc un problème de cohérence entre ces différentes estimations.

- Quel que soit leur type, les études disponibles varient souvent dans l'indicateur d'efficacité utilisé, que ce soit la réduction du nombre d'accidents, du nombre d'accidents corporels, du nombre de tués, du nombre de victimes⁴, des taux de ces nombres par rapport au parc ou au kilomètre parcouru, en fonction ou non du taux de pénétration, etc. Sans parler des méthodes et techniques d'évaluation et les hypothèses de simulation (notamment sur l'appropriation par les conducteurs des aides à la conduite) ou des études de sensibilité qui établissent des efficacités en fonction de différentes valeurs de différents paramètres de fonctionnement de la fonction⁵. En conséquence, les estimations de l'efficacité peuvent être très variables d'une étude à l'autre ou d'une variante d'un système à une autre variante.
- En effet, de nombreux systèmes présentent de nombreuses variantes. Celles-ci peuvent être de type fonctionnel –par exemple un Lane Departure Warning (LDW ou alerte de franchissement de ligne) peut avoir différents seuils pour les paramètres de déclenchement de l'alerte, choisis ou pas par le conducteur ; ou un système de freinage automatique peut ne détecter que des obstacles en mouvement dans la même direction ou arrêtés, mais pas circulant en sens inverse- ou de type IHM-par exemple une manière de communiquer une information au conducteur via un son, un signe lumineux, un retour haptique, etc.).
- Les systèmes évoluent constamment et certains s'ajoutent à ceux existants, ce qui aboutit à une longue liste de fonctions (+ variantes) toujours évolutive. Un palmarès ne ferait que mettre en exergue certaines fonctions à la mode à un moment donné et cacher des fonctions prometteuses non encore étudiées. De plus certaines fonctions s'améliorent au cours du temps en étendant par exemple leur champ de couverture (freinage automatique contre véhicule arrêté puis contre véhicule en mouvement puis contre piéton, à des vitesses basses puis à des vitesses plus élevées) ou en 'robustifiant' la technologie (plus fiable et donc couvrant de plus nombreux cas d'usage), ce qui a pour but de modifier les paramètres de fonctionnement et donc les hypothèses de simulation de l'efficacité.
- Les systèmes concernent la sécurité primaire, la sécurité secondaire ou la sécurité tertiaire et ne doivent pas être considérés les uns en concurrence des autres mais parfois comme une succession de chances de régler les mêmes problèmes. Par exemple un système de vitesse intelligent peut diminuer la vitesse de circulation, un freinage automatique peut réduire la vitesse d'impact, une structure renforcée de la voiture + des systèmes de retenue peuvent être encore plus performants à des vitesses d'impact réduites et un appel d'urgence peut réduire le temps d'intervention des secours...Les classer dans un palmarès serait ignorer leur effet additif.
- Si les systèmes sont parfois complémentaires ou additifs, ils sont rarement présents isolément l'un de l'autre dans un véhicule, ce qui obligerait à établir un palmarès de packages de fonctions plutôt que de fonctions isolées. Etant donné leur nombre, classer différentes combinaisons de package est impraticable.
- Il n'existe pas, à notre connaissance, de palmarès unique et admis de toute la communauté scientifique, qui soit indiscutable.
- Certains systèmes peuvent avoir une population cible limitée (par exemple la détection d'angle mort, de l'ordre de 4 à 5 % des accidents corporels) mais un potentiel d'efficacité fort (50 % de

⁴ Eventuellement en fonction des catégories d'accidents concernés (pertes de contrôle, choc frontal, contre piétons, etc.).

⁵ Par exemple un limiteur d'effort à 400, 450, 500 ou 600 Dan, ou un forward collision warning qui se déclenche à 3, 2, 1,5 ou 1,2 secondes avant l'impact potentiel.

5 % par exemple) et un coût faible. Il ne faudrait pas les disqualifier sous prétexte que l'efficacité est faible si elle peut être atteinte à moindre coût. Le palmarès devrait donc s'établir sur la base de l'efficacité mais également sur la base du ratio efficacité/coût, ce qui le rendrait au final illisible.

- Certains systèmes, a priori efficaces en théorie, peuvent être rejetés par les conducteurs parce qu'ils les jugent inefficaces, inutiles, intrusifs ou inadaptés à leur conduite. C'est par exemple le cas aux Etats-Unis du Lane Departure Warning qui est très souvent déconnecté s'il est trop intrusif dans la conduite de tous les jours (bips trop fréquents en cas de franchissement de ligne). Ce qui renvoie à l'usage réel des systèmes et à leur paramétrisation, dont on ne sait pratiquement rien et qui compte pour beaucoup dans leur efficacité.

En conséquence, nous préférons ne pas établir de palmarès pour l'instant, et recommander de développer les études d'efficacité dans un cadre public/privé pour consolider les estimations d'efficacité disponibles aujourd'hui et lever les ambiguïtés liées à l'établissement d'un tel palmarès.

4. Les tendances actuelles

On parle beaucoup aujourd'hui de véhicule connecté et de véhicule autonome. Dans les deux cas, les concepts font à la fois rêver à des jours meilleurs pour la sécurité routière (un véhicule autonome va éliminer les 'erreurs humaines' et les aides à la conduite connectées vont être encore plus performantes que les aides à la conduite embarquées) et font peur (la technologie est-elle fiable ? Qui de l'être humain, des données personnelles, de la distraction, etc.).

Il est sans doute utile de rappeler ici les bases de la connectivité et de l'automatisation de la conduite pour éviter toute confusion ou tout malentendu. Dans la réalité, qu'est-ce que c'est exactement ?

4.1. Le véhicule connecté

La connectivité est souvent réduite, chez les décideurs en sécurité routière et dans le grand public, à des services de vie à bord, potentiellement concurrents de la conduite, et elle effraie souvent parce que l'on considère qu'elle est systématiquement synonyme de distraction. Est-ce vrai ?

Un conducteur ou un passager peut être connecté au monde extérieur via un dispositif **nomade** (par exemple un téléphone, un smartphone ou une tablette), ce qui n'implique en rien un équipement dans un véhicule. Il ou elle utilise simplement le dispositif pendant la conduite (ou pendant le trajet pour un passager) comme il ou elle l'utiliserait à l'extérieur d'un véhicule. Il s'agit dans ce cas simplement de la continuation dans la voiture de ce que l'on a coutume aujourd'hui d'appeler la vie connectée (ou la continuité numérique). Appelons-le (la) **l'usager connecté**. On peut également intégrer dans ce concept le piéton.

Un conducteur ou un passager peut aussi être connecté via un dispositif **intégré** à la voiture. Dans ce cas, c'est le dispositif dans le véhicule qui offre un certain nombre de services, qui peuvent d'ailleurs parfois être redondants avec les services offerts par les dispositifs nomades. Appelons ce véhicule, un **véhicule connecté**. Bien sûr, le véhicule connecté médiatise le conducteur (ou le passager) avec le monde extérieur (c'est le cas par exemple d'un système de navigation ou d'un système de téléphonie intégré bluetooth). Un véhicule connecté peut également donner de l'information à d'autres véhicules s'il est considéré lui-même comme un capteur (il peut par exemple détecter le manque d'adhérence de la route à l'endroit où il passe et envoyer cette information à d'autres véhicules dans la circulation environnante).

Dans les deux cas, les 'services' procurés par la connectivité (quelle que soit la technologie utilisée, et quel que soit le dispositif, nomade ou intégré) peuvent être classifiés en fonction de la taxonomie suivante :

- **Les systèmes de sécurité:** ces services ont pour objectif principal de prévenir les accidents et les dommages en résultant. Par exemple, les communications 'car-to-car' (ou véhicule-véhicule) peuvent aider à prévenir les accidents en intersection dans lesquelles la visibilité est réduite par des bâtiments, des arbres, abris-bus ou n'importe quel autre masque mobile ou fixe puisque les véhicules communicants peuvent mutuellement 'se voir' et se communiquer leur position et leur vitesse. Une information est alors donnée aux conducteurs des véhicules sur la présence de l'autre, information indisponible en cas de masquage.

- **Les systèmes d'assistance à la conduite:** ces services ont pour objectif principal d'aider le conducteur à réaliser une tâche de conduite (navigation, guidage ou contrôle). Par exemple, un système de navigation aide le conducteur à choisir sa route et à suivre les directions qui sont proposés par le système.

Ces deux catégories peuvent dans la plupart des cas être groupées puisque les systèmes d'aide à la conduite présentent très souvent un aspect 'sécurité' (voir annexe 1. Les systèmes étudiés dans le projet de recherche européen Drive C2X et le projet de recherche américain Safety Pilot).

- **Les systèmes d'information Trafic:** ces services ont pour objectif principal de donner au conducteur des informations sur le trafic prévu sur son trajet (par exemple route congestionnée, travaux sur le parcours, route fermée, etc.).

- **Les services liés aux transports,** comme par exemple, le télépéage.

- **Tous les autres services non liés au transport,** également appelé 'infotainment' (par exemple internet dans la voiture, lecture de vidéos, ou n'importe quel type d'applications disponibles ou pas sur smartphone ou tablette...). La radio entre dans cette catégorie. On peut la considérer comme le premier service connecté automobile.

La connexion en elle-même est assurée par un assez grand nombre de technologies actuellement disponibles (3G, 4G, DSRC, etc.), qui présentent certaines performances fonctionnelles et techniques ainsi que des limites. Par exemple, la technologie utilise le GPS pour localiser le véhicule ou un objet connecté sur terre, mais ce système n'est vraiment précis qu'à quelques mètres près, ce qui l'empêche d'être performant pour des systèmes d'évitement d'accident qui exigent une forte précision pour placer un véhicule à un endroit précis sur la route (de l'ordre de quelques centimètres).

Ces systèmes et services sont en plein essor, aujourd'hui plutôt encore en phase de pré-déploiement et font l'objet d'attentions scrupuleuses à la fois pour en limiter les effets distractifs (voir fiche distraction), pour sélectionner les services de sécurité routière les plus adaptés, et pour bien sûr pour empêcher la cyber-criminalité.

Les premières études d'efficacité a priori des systèmes de sécurité ou d'aides à la conduite connectés, sur les premiers cas d'usage (alerte d'incident en amont du déplacement, détection de présence dans l'angle mort, information sur la couleur des feux à venir, etc.) montre que les effets attendus sont positifs mais les effets marginaux, i.e. en plus des aides à la conduite embarquées dites 'stand-alone', sont relativement faibles pour chaque application.

Leur conception est encadrée par de la normalisation, par des codes de bonnes pratiques, et par de la réglementation, ce qui en limite considérablement le pouvoir distractif (voir fiche 'distraction' du Comité des Experts (2015) dans laquelle ces aspects sont détaillés).

4.2 Le véhicule autonome (ou le véhicule à conduite déléguée)

Le véhicule autonome, le véhicule automatisé ou à pilotage automatique, la conduite automatisée, la route automatisée, autonomous driving, driverless car, unmanned driving, automated car, etc... sont autant de termes utilisés pour désigner en fait un véhicule (pas nécessairement une voiture d'ailleurs) qui prend en charge tout ou partie de la tâche de conduite aujourd'hui dévolue au conducteur lors d'un trajet ou d'une partie du trajet. La délégation de conduite du conducteur vers le véhicule porte sur les tâches de contrôle longitudinal, de contrôle latéral et de monitoring de la scène de conduite, notamment la détection des obstacles.

Par conséquent, un véhicule autonome n'est pas forcément autonome constamment et l'autonomie n'est pas forcément totale, elle peut être partielle ou conditionnelle, en fonction du degré d'automatisation et des situations de conduite envisagées, que l'on appelle communément des « cas d'usages ». Un cas d'usage décrit une fonctionnalité de délégation plus ou moins importante de conduite, dans des conditions de circulation, d'infrastructure, d'environnement et de mode de délégation assez précis.

Diverses instances (NHTSA, SAE, OICA, VDA⁶, etc..) ont défini des niveaux d'autonomie sur des échelles (en général de 0 à 5), de la conduite manuelle ou assistée par des aides à la conduite d'information (niveau 0) à l'autonomie totale du véhicule en toutes circonstances (niveau 5). Ces niveaux sont établis en fonction de la répartition des tâches et de l'autorité de conduite entre le conducteur et le véhicule, notamment dans les situations où un risque d'accident est prévisible.

Les motivations pour de tels véhicules sont d'ordre écologique (optimisation du flux de trafic et réduction des émissions), démographique (aide aux conducteurs hésitants, amélioration du confort de manœuvres aux personnes âgées), sécuritaire (réduction des accidents), économique (optimisation de la durée d'utilisation des véhicules et de l'emprise des routes au sol), ou liées à la qualité de vie (temps supplémentaire pour faire autre chose que conduire dans le véhicule).

Les grands défis sont d'ordre technologique (performance et fiabilité des capteurs et intelligence artificielle), éthique et juridique (sommés-nous prêts à vivre sur quelle route automatisée et quel est le cadre juridique qui va avec ?) et ergonomique (comment concevoir une relation conducteur-automate qui gère mieux les situations de conduite et les situations de risque que le conducteur d'aujourd'hui ?)

Certaines tâches de conduite sont déjà aujourd'hui partiellement ou totalement automatisées, par exemple le contrôle longitudinal dans certaines conditions de circulation (Adaptive Cruise Control), mais l'automatisation ne viendra que progressivement, dans des cas d'usage successifs (par exemple congestion sur routes à chaussées séparées avec contrôle longitudinal exclusivement, puis sur autoroutes, puis dans ces deux cas avec contrôle latéral, c'est-à-dire du changement de voie possible, etc.).

Les conditions de déploiement de ce type de véhicules nécessitent entre autres une certification technique et qu'ils soient compatibles avec les règles et lois des codes de la route (notamment dans l'acceptation de ce qu'est un conducteur).

⁶ National Highway Transport Safety Administration, Society of Automotive Engineers, Verbandes der Automobilindustrie (Union de l'Industrie Automobile en Allemagne), Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles.

Il existe de très nombreux types de systèmes automatisés qui fonctionnent dans certaines conditions de circulation, dans certains modes (eyes-on, hands-on, eyes-off, etc.), pour des véhicules particuliers, des transports publics, d'autres types d'engin, sur des voies dédiées ou publiques. Ils sont pour l'instant en phase de recherche ou d'expérimentations, les véhicules aujourd'hui sur le marché étant équipés d'aides à la conduite qui ne dépassent pas le niveau 2 (sur 5) de l'automatisation. Autrement dit, ce sont des assistances, le conducteur peut toujours agir en supervision de ces systèmes (sauf pour les systèmes de freinage automatiques, mais qui ne sont pas classés dans les systèmes autonomes).

L'évaluation de l'efficacité a priori des systèmes automatisés démarre à peine et les quelques études disponibles ne sont pas vraiment convaincantes parce qu'elles se contentent souvent de dire que 90 % des accidents sont dues à des erreurs humaines (sous-entendu du conducteur) et que si l'on supprime le conducteur, on va supprimer les accidents... Tout ceci est discutable.

L'erreur du conducteur est le plus souvent la conséquence d'une combinaison de facteurs à la fois humains, techniques et circonstanciels qui n'ont pas permis à ce conducteur de corriger une situation critique à laquelle il a été confronté. L'erreur est un symptôme de dysfonctionnement (dysfonctionnement qui conduit parfois à l'accident), mais pas une cause première de ce dysfonctionnement : les causes se situant en amont de l'erreur, et elles agissent de façon plus ou moins directe selon jusqu'où l'on fait remonter l'analyse. Par exemple la conjugaison de la fatigue, de la vitesse et d'un problème d'adhérence constitue un ensemble de facteurs qui agissent plutôt en bout de chaîne d'un processus accidentel à l'origine d'une erreur de guidage du véhicule qui se termine par une perte de contrôle du véhicule ; mais on trouvera plus en amont de ce processus l'intervention de causes plus intermédiaires, comme la configuration de la route qui favorise la prise de vitesse en approche d'un virage difficile, l'éclairage qui ne permet pas une bonne visualisation de ce virage, etc.; ainsi que des causes encore plus "indirectes" mais pourtant essentielles du point de vue des mesures de prévention, comme la formation, l'information, voire la culture sociale à l'égard de la vitesse, de la conduite automobile, de la sécurité, etc.

Une façon complémentaire de présenter les choses consiste à dire que l'erreur des conducteurs, au-delà d'être un "facteur humain" représente souvent une limite d'adaptation de ces conducteurs aux situations critiques auxquelles le système de conduite, dans sa définition actuelle, le confronte parfois. En n'oubliant pas que ce même "facteur humain", malgré ses limites, est ce qui permet au système de conduite de fonctionner plus ou moins efficacement malgré toutes ses imperfections, grâce à la capacité d'adaptation qui caractérise l'humain. Et qu'en supprimant le conducteur, on supprime également la capacité d'adaptation humaine ... perte qui doit alors être compensée par les systèmes automatisés.

Les études d'efficacité vont progressivement être publiées et permettront d'avoir une meilleure idée de l'efficacité attendue des systèmes automatisés : lesquels, dans quelles conditions, dans quels cas d'usage, avec quels véhicules, sur quels réseaux, etc.

5. Les mesures proposées

La technologie automobile est soit poussée par les constructeurs et équipementiers pour disposer d'un avantage comparatif ou parce qu'elle fait partie de leur image/identité de marque, soit imposée par la concurrence entre constructeurs, soit dictée par la normalisation et la réglementation technique, soit induite par les tests consommateurs de type EuroNCAP, soit naturellement infiltrée dans le marché parce que le Monde se technologise dans tous les domaines et que la route et le véhicule n'en sont pas exclus. La technologie de sécurité est également le résultat d'une prise de conscience délibérée,

chez les industriels, de leur responsabilité en matière de sécurité routière : la technologie peut sauver des vies. C'est donc une voie majeure de responsabilité sociale.

Et c'est vrai.

Quels sont donc les **challenges** résiduels au déploiement de ces systèmes sachant que la dynamique est plutôt positive : la concurrence pousse à leur diffusion rapide (et pas seulement dans le haut de gamme), l'EuroNCAP ajoute constamment des étoiles à leur présence/performance sur les modèles neufs et la réglementation suit le plus souvent avec du retard (c'est souvent le cas en sécurité automobile, la réglementation validant souvent ce qu'il se fait déjà depuis un moment. Elle ne fait en quelque sorte que rendre obligatoire ce qui est déjà fortement optionnel).

Le principal challenge au déploiement est le **coût** de ces systèmes. Ils font appel à des technologies chères, qu'il convient de démocratiser pour l'automobile et, de plus, pour des automobiles accessibles au plus grand nombre (donc voitures moyennes et petites). Le second challenge est la **performance technologique**, liée au coût d'ailleurs. Pour une même prestation, les technologies disponibles varient et les performances également. Il existe n sortes de radars, m sortes de caméras, p sortes d'ultra-sons, etc. Ces performances sont par ailleurs limitées, le champ de fonctionnement d'un capteur et des algorithmes traitant les données de capteurs ayant également des limites. Le troisième challenge est le **bon usage** de ces systèmes, qui modifient bien sûr l'activité de la conduite et qui peuvent également entraîner des rejets, des mésusages ou des détournements d'usage (ce qui est d'ailleurs un challenge pour la conception des systèmes). Un autre challenge est par conséquent la **formation** des conducteurs à leur utilisation. Enfin, le dernier challenge est **l'évaluation** de l'efficacité et de l'efficience de ces systèmes, leur sélection, leur priorisation, voire l'identification des effets éventuels homéostasiques du risque qu'ils sont censés diminuer.

Les propositions que nous faisons ici traitent ces challenges, pour soutenir la dynamique positive autour de la diffusion de ces technologies que nous avons déjà exposée. Elles sont nécessairement en faible nombre, compte-tenu de cette dynamique.

Mesure 1. Identifier les différents leviers économiques pour promouvoir la diffusion et la démocratisation des technologies de sécurité de protection et d'évitement des collisions peu diffusées aujourd'hui par l'effet de leur coût élevé et du choix des acheteurs pour des options de vie à bord plus attractives. Ces leviers pourraient d'abord concerner les technologies qui ont a priori une efficacité élevée et un coût raisonnable (rapport efficacité / coût élevé)

Présentation

Le verrou le plus important à la démocratisation de ces systèmes de protection et aides à la conduite est leur prix élevé pour l'acheteur. Les constructeurs font un effort de réduction de leurs coûts de développement et de production mais il n'est pas suffisant pour que ce soit attractif quand un acheteur dispose d'un budget restreint pour acheter un véhicule.

Objectif de la proposition

La proposition consiste à documenter, identifier et rendre possibles les leviers économiques raisonnables pour diffuser largement ces systèmes qui ne sont accessibles aujourd'hui qu'en option (rarement en standard) sur des véhicules plutôt haut de gamme (même si la tendance est à la descente en gamme). Nous en identifions potentiellement 4 :

- Une réduction de la prime d'assurance⁷ pour l'achat d'un véhicule équipé de certaines aides à la conduite et des systèmes de protection adéquats, notamment ceux qui auront été identifiés comme les plus prometteurs en termes de diminution de la sinistralité routière et de la réduction des blessures. Cette proposition est similaire à ce qui existe aujourd'hui sur la diminution ou la suppression de la surprime 'jeunes conducteurs' pour ceux qui ont suivi l'apprentissage anticipé de la conduite dans certaines sociétés ou mutuelles d'assurance.
- Une prime à l'achat de ces systèmes par les pouvoirs publics (comme c'est le cas aujourd'hui pour les véhicules zéro émission ou comme ça a été le cas il y a quelques années avec les primes à la casse).
- En conséquence, une baisse du prix de vente de ces systèmes.
- Une réduction de la cotisation sécurité sociale ou de la prime d'assurance, ou des impôts, pour les flottes d'entreprise qui feront l'acquisition de véhicules équipés

Ces 4 propositions ne sont pas exclusives d'autres options auxquelles nous pourrions penser en documentant le sujet plus avant.

Inconvénients et difficultés envisageables pour sa mise en œuvre

Les mesures économiques de prévention du risque routier comme celles-ci sont en général difficiles à mettre en œuvre parce qu'elles déplacent la charge économique d'un acteur économique vers un autre, ici du constructeur ou de l'acheteur vers les assurances ou les pouvoirs publics. Il conviendra alors de réaliser une étude cout/bénéfices pour identifier si, au final, tout le monde profiterait de ces mesures : la collectivité par une diminution du coût de l'insécurité routière et chaque acteur par une diminution de ses coûts : coûts de production ou coûts d'achat.

Conditions de mise en œuvre (coûts, délais, organisation, partenaires, textes nécessaires...)

Poursuivre les études d'efficacité a posteriori (une fois que les systèmes équipent les véhicules) et a priori (avant que les systèmes ne soient sur le marché) pour identifier ceux qui sont porteurs des efficacités potentielles importantes. C'est d'ailleurs l'objet de la mesure 2.

Le parc de véhicule ne se renouvelant que sur un cycle relativement long, les effets attendus ne sont pas immédiats mais par contre seront progressifs et durables dans le temps, voire amplifiés avec l'arrivée toujours abondante de nouvelles technologies.

Mesure 2. Développer les études d'efficacité des technologies sur la sécurité routière, par l'accroissement du financement de la recherche publique/privée, voire par la création d'un observatoire scientifique sur le sujet.

Présentation

Les études d'efficacité des systèmes de sécurité passive sont disponibles et scientifiquement recevables depuis une trentaine d'années (un peu plus pour les études sur la ceinture de sécurité) et ont démontré l'efficacité de ces systèmes (retenue et structure). Les études sur l'efficacité attendue

⁷ Il faudra notamment étudier si cette réduction est en partie proportionnelle au revenu ou pas pour que cette mesure soit totalement démocratique et ne favorise pas exclusivement les plus riches.

des aides à la conduite sont en plein essor avec des techniques de simulation numérique de plus en plus évoluées. Les études sur l'efficacité observée (réelle) des aides à la conduite souffrent encore de la faible diffusion de ces aides sur le marché et du manque de données disponibles sur les véhicules équipés dans les fichiers accidents ou de l'inaccessibilité de ces données (exposition au risque) mais sont également en plein essor, notamment aux Etats-Unis ou en Europe (peu en France). Enfin les études sur les effets des systèmes connectés ou automatisés sont pauvres aujourd'hui et méritent d'être fortement encouragées.

Objectif de la proposition

Créer les conditions d'un partenariat public / privé pour que ce genre d'études se développent à la fois pour estimer l'efficacité des technologies existantes, mais aussi pour estimer l'effet espéré des technologies à venir, notamment celles sur lesquelles portent les efforts d'investissements de l'industrie aujourd'hui : les systèmes connectés et l'automatisation de la conduite. Ce partenariat pourrait prendre la forme de subventions de recherche spécifiques via l'Agence Nationale de la Recherche, la création d'un Observatoire dédié ou d'une structure dédiée au sein de l'Institut de la Transition Énergétique VeDeCom ou de l'IFSTTAR par exemple.

Inconvénients et difficultés envisageables pour sa mise en œuvre

Pas d'inconvénients identifiés à ce stade. Les industriels conduisent déjà ce genre d'études, notamment en Allemagne, au Japon et aux Etats-Unis mais les instituts publics de recherche s'en désintéressent un peu, peut-être à cause du manque de données disponibles. La réunion des deux (publics/privés ou labos/universités) pourraient être bénéfiques à chacun, l'industrie apportant les informations sur les systèmes et leur fonctionnement, et les instituts de recherche / universitaires apportant les méthodes d'évaluation fondées sur les développements scientifiques les plus récents. Les problèmes de financement de la recherche et de réalisation par les acteurs même de la recherche par ceux qui ont un intérêt à la faire seraient ainsi résolus.

Conditions de mise en œuvre (coûts, délais, organisation, partenaires, textes nécessaires...)

La compétence existe, les structures existent, ce n'est qu'un problème d'affectation prioritaire des ressources et de volonté.

Mesure 3. Développer des modules d'apprentissage de la conduite, en formation initiale ou continue, intégrant l'utilisation des technologies de sécurité préventive.

Présentation

Si ce n'est pas le cas des systèmes de sécurité passive (il n'est pas nécessaire de savoir comment fonctionne un airbag pour qu'il se déclenche☺), les systèmes de sécurité préventive (lane departure warning, blind spot, ACC, etc.) et les systèmes de plus en plus connectés et automatisés (ainsi que leur interface avec le conducteur) vont exiger de plus en plus une formation à leur utilisation, la conduite assistée n'étant plus une conduite traditionnelle. La prise en main du véhicule, la compréhension de ces systèmes et leur bon usage ne seront plus aussi intuitifs qu'auparavant (étant donné leur nombre et leur variété), ce qui va nécessiter de les apprendre, de se les approprier, de les utiliser à bon escient et de connaître leurs limites. Une formation à leur usage doit par conséquent être envisagée, en complément d'une information à leur fonctionnement (publicité, notice d'utilisation, etc.).

Objectif de la proposition

- Former les jeunes conducteurs à l'utilisation des technologies dès l'apprentissage initial de la conduite, à la fois sur le plan théorique par l'ajout d'enseignement spécifique sur le sujet et de questions spécifiques lors de l'épreuve théorique du permis de conduire, et sur le plan pratique lors des phases de conduite sur route et lors de l'épreuve pratique.
- Inciter les organismes de formation post-permis à utiliser des véhicules équipés de technologies pour leur formation et à tester les aptitudes des stagiaires à les utiliser.
- Développer dans les affaires (succursales, concessions et agents) de bonnes pratiques pour la prise en main des véhicules neufs et d'occasion, notamment développer le discours sécurité chez les vendeurs en contact avec la clientèle.

Inconvénients et difficultés envisageables pour sa mise en œuvre

Aucun inconvénient. La difficulté est d'équiper les auto-écoles de véhicules possédant les nouvelles technologies, de former les moniteurs à leur utilisation et à leur enseignement. Une autre difficulté est d'allonger le temps de prise en main du véhicule lors de l'achat neuf et de sensibiliser les vendeurs de véhicules d'occasion (notamment les particuliers) à la nécessité d'une prise en main lors de la vente.

Mesure 4. Développer les offres de car-sharing (encouragement des initiatives de type auto lib') et de co-voiturage avec des véhicules équipés des technologies de sécurité.

Présentation

En parallèle du traitement des risques, un des axes naturels et évidents de la prévention des blessures et des accidents de la route aujourd'hui est la diminution de l'exposition au risque d'accidents. Moins de trajets ou moins de trajets en mode risqué = moins d'accidents. Par exemple, les mesures de restriction de la mobilité individuelle motorisée en ville (péage, restrictions des places de parking, pistes ou bandes cyclables, sites propres pour les bus, rétrécissements de chaussée, voies piétonnes, etc.) sont de nature à décourager les trajets en centre-ville, et donc l'usage de la voiture au profit des transports de groupe, moins accidentogènes, ou de la marche à pied.

Par ailleurs, de plus en plus de lobbies académiques, notamment dans les pays émergents, plaident pour le remplacement d'une mobilité motorisée individuelle par une mobilité collective (transport public ou co-voiturage) ou par une mobilité individuelle non motorisée, ce qui est bénéfique pour la santé et pour l'environnement : plus d'efforts physiques et moins de pollution.

Enfin, les nouvelles formes de motorisation hybride ou électrique semblent induire des comportements de conduite plus apaisés, plus respectueux des autres et de l'environnement.

L'enjeu du développement de l'offre de transports collectifs ou semi-collectifs, de l'usage de la bicyclette ou de la marche à pied et du développement des modes motorisés à faible ou aucune teneur en CO² est donc majeur pour la fluidité du trafic, le respect de l'environnement, la préservation d'une meilleure santé, et la diminution des accidents de la voie publique.

L'idée est ici de combiner cet enjeu de sécurité (et d'autres valeurs) avec les technologies automobiles.

Objectif de la proposition

La proposition consiste à documenter, identifier et rendre possibles les leviers pour développer et rendre attractifs les systèmes de car-sharing (chacun la même voiture sécurisée grâce aux avancées technologiques, chacun ayant accès à ce véhicule à des moments différents), et de co-voiturage (tous dans la même voiture sécurisée). Nous faisons l'hypothèse que ce type de transport semi-collectif aurait, en plus, une influence apaisante sur la conduite puisque le conducteur aurait une responsabilité (de passagers) ou une co-responsabilité (de véhicules) plus forte.

Nous retenons essentiellement 3 pistes:

- Le développement du car sharing (de type auto lib') dans les communautés urbaines, et pour des trajets courts inter-urbains.
- Le développement des sites de co-voiturage dans les grandes entreprises
- Le développement des sites de co-voiturage pour les trajets des vendredi et samedi soir, autour des centres de sorties des jeunes.

Inconvénients et difficultés envisageables pour sa mise en œuvre

Les mesures de prévention du risque routier comme celles-ci, axées soit sur la diminution de l'exposition au risque routier (moins de véhicules sur les routes) soit sur la modification de l'exposition (transfert de modes agressifs vers des modes collectifs, donc plus apaisés) sont en général difficiles à mettre en œuvre parce qu'elles exigent des transformations lentes des habitudes de déplacement et impliquent que des acteurs privés trouvent dans le développement d'une activité de mobilité nouvelle une rentabilité économique. Il conviendra alors de réaliser une étude cout/bénéfices pour identifier si, au final, tout le monde profiterait de ces mesures : la collectivité par une diminution globale de l'insécurité routière et de nouveaux acteurs économiques par la pérennité d'initiatives pas nécessairement rentables a priori. La question du développement des transports publics dans les grandes communautés urbaines, notamment de périphérie à périphérie est en particulier confronté à des problèmes de coût, de disponibilité de l'espace public et de rentabilité des investissements. Elle pourrait trouver une solution avec ces offres de car-sharing ou de co-voiturage.

Conclusion

Les systèmes de sécurité (de protection des blessures en cas de crash ou de prévention des accidents) et d'aides à la conduite adressent aujourd'hui un nombre croissant de types d'impacts (frontal, latéral, arrière, retournement) et d'accidents (accidents de guidage, de contrôle, accidents dus à des erreurs ou des violations, accidents de voiture et de voiture contre d'autres usagers, etc.). De nombreuses études montrent un effet sécuritaire potentiel ou avéré pour beaucoup de ces systèmes. Ils sont par conséquent une voie prometteuse pour la sécurité routière.

La dynamique de déploiement de ces systèmes dans le parc automobile neuf est plutôt positive : la concurrence pousse à leur diffusion rapide et l'EuroNCAP ajoute constamment des étoiles à leur présence/performance sur les modèles neufs. Les principaux challenges à leur développement sont leur coût, leur performance technologique, leur bon usage par les conducteurs, et la formation des conducteurs à leur utilisation. Enfin, le dernier challenge est l'évaluation de l'efficacité et de l'efficience de ces systèmes, leur sélection, leur priorisation, voire l'identification des effets éventuels homéostatiques du risque qu'ils sont censés diminuer.

Nous avons par conséquent identifié 4 ensembles de mesure adressant chacun de ces challenges pour accélérer la diffusion sur le marché des prestations technologiques de sécurité les plus efficaces.

Mesure 1. L'identification des leviers économiques permettant la diffusion et la démocratisation des technologies de sécurité de protection et d'évitement des collisions peu diffusées aujourd'hui

Mesure 2. Le développement des études d'efficacité des technologies sur la sécurité routière

Mesure 3. L'établissement de modules d'apprentissage de la conduite, en formation initiale ou continue, intégrant l'utilisation des technologies de sécurité préventive.

Mesure 4. L'encouragement des offres de car-sharing et de co-voiturage avec des véhicules équipés des technologies de sécurité.

Il n'est pas vraiment possible de chiffrer le nombre de vies que l'on pourrait sauvegarder plus longtemps pour chacune de ces mesures, ce sont des mesures qui renforcent et accélèrent un courant actuel de recherche et de déploiement des technologies automobiles, mais rappelons ici qu'une étude récente a montré que, sur la diminution du nombre de tués constatée chaque année en France entre 2000 et 2010 (-48 % en 2010 par rapport à 2000), 6 points étaient dus aux progrès faits en matière de technologies de sécurité automobile. Ça paraît peu mais quand on considère que le taux de déploiement de ces technologies a été relativement faible (le parc est renouvelé tous les 15 ans), et au début sur des véhicules haut de gamme exclusivement, le potentiel est très élevé.

Bien sûr, ces mesures sont à effet lent puisque l'équipement de technologies sécuritaires dans le parc ne concerne que les véhicules neufs⁸ (très peu de systèmes présentent des possibilités de deuxième monte), soit autour de deux millions de véhicule par an sur les plus de 30 millions que compte le parc automobile français. Elles contribuent par conséquent à une amélioration de la sécurité routière sur le moyen et long terme qui, conjuguée avec des efforts continus sur l'infrastructure, peut au final entrer en résonance avec les deux paradigmes forts de la sécurité routière aujourd'hui : le système sûr (safe system) et la sécurité durable (sustainable safety).

Références

(N'apparaissent ici quasi exclusivement que les références des articles/rapports publiés dans ce domaine par les experts du Comité des Experts, ces articles et rapports faisant eux-mêmes références à de très nombreux autres documents scientifiques)

- Raimondo Sferco, Paul Fay, Yves Page. Potential effectiveness of enhanced stability programs (ESP). What european field studies tell us. *ESV conference 2001*
- Jean-Yves Forêt-Bruno, Yves Page et al. Comparison of thoracic injury risk in frontal car crashes between occupant restrained without belt load limiter and those with 6 kN and 4 kN belt load limiters. *Stapp Car Crash Journal, vol 45, November 2001*
- Yves Page, Jean-Yves Le Coz. Démarche accidentologique et sécurité des véhicules. *Revue de la Gendarmerie Nationale. N° 207. Juin 2003*

⁸ Nous nous sommes focalisés dans cette note sur les technologies automobiles récentes et sur la manière de favoriser leur diffusion. Nous n'avons pas abordé d'autres sujets connexes concernant la technologie, comme par exemple l'équipement en pneus d'hiver ou la manière de rajeunir le parc, ce qui pourrait faire l'objet d'un autre travail. De la même manière, nous n'avons pas traité les technologies applicables aux deux-roues motorisés, qui ont été traitées dans le tome 2 des recommandations du Comité des Experts (2014).

- Yves Page, Jean-Yves Foret-Bruno et Sophie Cuny. Are expected and observed effectiveness of Emergency Brake Assist in preventing road injury accidents consistent ? *19th ESV Conference*, Washington, June 2005
- Is Electronic Stability Program effective on French Roads ? (avec Sophie Cuny) *Accident Analysis & Prevention*, 38, 2, 357-364, 2006
- Yves Page, Pete Thomas, Véronique Hervé, Alan Kirk. An estimation of side airbag effectiveness in preventing thoracic injuries using French, British and German crash data. *50^{ème} AAAM Annual Conference*. 17-20 October, 2006. Chicago, IL.
- Yves Page, Richard Driscoll et Sylvain Lassarre. LAVIA : Les effets potentiels du Limiteur s'Adaptant à la Vitesse Autorisée sur la Sécurité Routière *Colloque LAVIA*, 9 Novembre 2006. Versailles.
- Mohamed Kassaagi, Waji Bouslimi, Clément Val, Yves Page et Jean-Marc Bersac. Effectiveness of emergency brake assist in rear-end accident scenarios, *FISITA Conference*, paper F2006D062, 22-27 october 2006, Yokohama, Japan
- Yves Paage, Thierry Hermitte. The TRACE Project, an initiative to update accident causation and evaluate the effectiveness of technologies. *ESV Conference, Lyon, 2007*
- Stéphane Couturier, Jacques Faure, Yves Page et Maxime Labrousse. The Benefits of Double Pretension in Decreasing Knees & Lower Legs Injuries in Frontal Impacts. *ESV Conference, Lyon, 2007*
- Tobias Zangmeister, Jens-Peter Kreiss, Yves Page et Sophie Cuny. Simultaneous Evaluation of Multiple Safety Functions in Passenger Vehicles. *ESV Conference, Lyon, 2007*
- Richard Driscoll, Yves Page, Sylvain Lassarre et Jacques Ehrlich. An evaluation of the potential safety benefits of the French Intelligent Speed Adaptation project, *51^{ème} AAAM Conference, Melbourne, October 2007*
- Yves Page, Maxime Labrousse. An overview of the safety benefits of (some) passenger car safety systems. *Ipass Conference, Bordeaux, November 2007*
- Sophie Cuny, Yves Page et Tobias Zangmeister. Evaluation of the safety benefits of existing safety functions. Rapport D.4.2.2. du projet TRACE (Traffic Accident Causation in Europe). Juin 2008
- Yves Page et al. Reconsidering accident causation analysis and evaluating the safety benefits of technology: final results of the TRACE Project *ESV Conference. Stuttgart, June 2009*
- Tobias Zangmeister, Jens-Peter Kreiss, Yves Page et Sophie Cuny. Evaluation of the safety benefits of passive and/or on-board active safety applications with mass accident databases. *ESV Conference. Stuttgart, June 2009*
- Yves Page et Thierry Hermiette. Ranking the safety benefits of road safety applications. Outcomes of the EU-funded TRACE project, *SIA Vehicle Dynamics Symposium, Lyon, France, Sept. 2009*
- Yves Page, Tobias Zangmeister, Sophie Cuny, Jens Peter Kreiss. The evaluation of the safety benefits of combined passive and on-board active safety applications, *53th AAAM Conference, Baltimore, October 2009*

- Yves Page. How safe is vehicle safety? The contribution of preventive and passive safety to saving lives on European road and streets. Jubilee seminar on road traffic safety. Delhi, December, 2010
- Yves Page. An overview of the safety benefits of (some) passenger car safety systems. Revue Méditerranéenne de Médecine d'Urgence. Juin 2011, Numéro 7
- Yves Page, Thierry Hermitte et Sophie Cuny. How safe is vehicle safety? The contribution of vehicle technologies to the reduction in road casualties in France from 2000 to 2010. AAAM Conference, Octobre 2011, Paris
- Yves Page. A comprehensive overview of the frequency and the severity of injuries sustained by car occupants and subsequent implications in terms of injury prevention. AAAM Conference, Octobre 2012, Seattle, USA.
- Marc Pajon, Yves Page et al. Enlighting the future: from autonomous ADAS to autonomous driving.. VISION Conference, Versailles, Octobre 2012.
- Cyril Chauvel, Brian Fildes, Julie Lahousse et Yves Page. Automatic Emergency braking for pedestrians. Effective target population and expected safety benefits. 23rd ESV Conference, Seoul, June 2013.
- Yves Page. Do vehicle technologies address specific safety issues inside urban areas. Contribution à un ouvrage 'Safety, Sustainability and future urban Transport', New Delhi, 2013.
- Yves Page. Un véhicule autonome... Pourquoi? Congrès Médecine et Traffic, Automobile Club Médical de France, Paris, Novembre 2014
- Road Safety & Connected Mobility (Collectif). Rapport. Challenge Bibendum, Chengdu, Novembre 2014.
- B. Fildes, M. Keall, N. Bos, A. Lie, Y. Page, C. Pastor, L. Pennisi, M. Rizzi, P. Thomas and C. Tingvall. Effectiveness of low speed autonomous emergency braking in real-world rear-end crashes Accident Analysis and Prevention, Volume 81, August 2015, pages 24-29.
- Yves Page et al. A comprehensive and harmonized method for assessing the effectiveness of advanced driver assistance systems by virtual simulation: the P.E.A.R.S. initiative. ESV Conference. Gothenburg, June 2015.
- Hynd D., Mc Carthy M, Carroll J., Seidl M., Edwards M., Visvikis C., Tress M., Reed N., Stevens A. Benefit and feasibility of a range of new technologies and unregulated measures in the fields of vehicle occupant safety and protection of vulnerable road users. Final report. TRL for the European Commission. March 2015.