



Sécurité routière

L'IMPACT DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports
Transports Transports Transports

© OCDE, 2003.

© Logiciel, 1987-1996, Acrobat, marque déposée d'ADOBE.

Tous droits du producteur et du propriétaire de ce produit sont réservés. L'OCDE autorise la reproduction d'un seul exemplaire de ce programme pour usage personnel et non commercial uniquement. Sauf autorisation, la duplication, la location, le prêt, l'utilisation de ce produit pour exécution publique sont interdits. Ce programme, les données y afférentes et d'autres éléments doivent donc être traités comme toute autre documentation sur laquelle s'exerce la protection par le droit d'auteur.

Les demandes sont à adresser au :

Chef du Service des Publications,
Service des Publications de l'OCDE,
2, rue André-Pascal,
75775 Paris Cedex 16, France.

Sécurité routière

L'impact des nouvelles technologies



ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

Also available in English under the title:

Road Safety

Impact of New Technologies

© OCDE 2003

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, tél. (33-1) 44 07 47 70, fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : www.copyright.com. Toute autre demande d'autorisation de reproduction ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

AVANT-PROPOS

L'OCDE réunit 30 pays membres et aide les gouvernements à faire face aux défis d'une économie mondialisée. Le Programme de recherche en matière de transports routiers et liaisons intermodales (RTR) est une approche de coopération parmi les pays membres de l'OCDE visant à traiter de questions liées au transport.

La mission du Programme RTR est de promouvoir le développement économique dans les pays membres de l'OCDE en améliorant la sécurité, l'efficacité et la durabilité des transports grâce à un programme de recherche en coopération sur les transports routiers et intermodaux qui produise des recommandations relatives à des options pour l'élaboration et la mise en œuvre de politiques efficaces de transport dans les membres de l'OCDE et qui favorise la vulgarisation pour les pays non membres.

Cette étude a été réalisée par le groupe de travail de l'OCDE sur la sécurité et les technologies. Sur la base des recherches conduites dans le monde, elle vise à analyser l'impact des nouvelles technologies de transport sur la sécurité routière. Elle fournit des recommandations à l'attention des gouvernements et de l'industrie pour assurer que la sécurité routière est améliorée et non compromise par l'arrivée des nouvelles technologies.

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

N° ITRD* : F100545

Les dernières années ont connu des développements rapides et importants dans les technologies du transport routier. Celles-ci incluent les technologies de sécurité, les systèmes et équipements avancés d'information et de distraction des voyageurs. Ce rapport présente une synthèse des connaissances actuelles sur l'impact de ces systèmes sur la sécurité routière. On estime que les technologies de sécurité pourraient réduire de 40 pour cent le nombre de tués et de blessés sur les routes des pays de l'OCDE, ce qui représenterait des économies de plus USD 270 milliards par an. Ces chiffres optimistes doivent toutefois être relativisés car la mise en œuvre des nouvelles technologies qui ne visent pas la sécurité routière peut également avoir des effets secondaires ou des inconvénients. En particulier, les pays membres de l'OCDE doivent veiller à résister fermement à la prolifération non réglementée de technologies susceptibles de distraire le conducteur ou d'aller à l'encontre de la sécurité routière. Le rapport examine les défis liés au déploiement des technologies et fournit des recommandations à l'attention des gouvernements et de l'industrie pour maximiser les bénéfices de sécurité et des nouvelles technologies et minimiser les inconvénients.

Domaines : conception des véhicules et sécurité ; étude des accidents ; aspects économiques et administrations.

Mots-clés : accident, amélioration, dimensionnement, gouvernement, information du conducteur, OCDE, information du passager, politique, prévention, risque, sécurité, système de transport intelligent, technologie.

* La Documentation Internationale de Recherche sur les Transports de l'OCDE (ITRD) est une base de données qui contient plus de 300 000 références bibliographiques sur la littérature dans le domaine de la recherche sur les transports. Près de 10 000 références sont ajoutées chaque année. L'ITRD est un outil puissant qui permet d'identifier les recherches conduites dans le monde sur les transports, grâce à une extraction rapide de résumés détaillés des rapports de recherche répondant aux critères sélectionnés.

TABLE DES MATIÈRES

Note de synthèse et conclusions.....	7
Chapitre 1. Introduction	15
Chapitre 2. Les technologies pour la sécurité routière : vue générale.....	21
Chapitre 3. Les technologies non conçues pour la sécurité routière	41
Chapitre 4. L'évaluation des nouvelles technologies.....	61
Chapitre 5. Les questions de fond.....	75
Annexe A. Glossaire des abréviations	101
Annexe B. Membres du Groupe de travail sur la sécurité et la technologie	103

NOTE DE SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Le tribut humain et social prélevé par les accidents de la route dans les pays membres de l'OCDE est énorme. Chaque année, plus de 125 000 personnes sont tuées dans ces accidents et des millions d'autres sont blessées, pour beaucoup de manière définitive. Le coût du problème de sécurité routière dans la zone OCDE s'élève à 2 % ou plus du produit intérieur brut (PIB).

Récemment, un grand intérêt a été porté au développement des systèmes de transports intelligents (STI) susceptibles d'améliorer la sécurité et l'efficacité du transport routier en même temps que le confort et la commodité de l'utilisateur. Tous les pays membres de l'OCDE se trouvent impliqués à un degré ou un autre dans le développement ou le déploiement de ces technologies. Au fur et à mesure de l'avancement de ce processus, on a réuni une grande quantité d'informations relatives aux avantages qui pourraient découler, au fil du temps, du déploiement complet des STI. On a notamment mesuré ou prévu les avantages en termes de sécurité pour une grande variété de technologies. Ce rapport résume et documente la perspective internationale actuelle concernant la capacité des STI à contribuer à améliorer la sécurité routière dans les pays de l'OCDE.

Outre les technologies STI qui améliorent la sécurité routière, les systèmes avancés d'information du voyageur ainsi que les systèmes conçus pour la commodité et la récréation ont connu un développement considérable. Le marché mondial pour les dispositifs embarqués devrait dépasser les USD 40 milliards d'ici 2010. Ces technologies qui peuvent exercer sur la sécurité routière un impact considérable sont décrites dans ce rapport.

Le déploiement des nouvelles technologies : avantages

La plupart des pays de l'OCDE souffrent des mêmes problèmes de sécurité. En particulier, les sorties de route, les chocs en intersection et les collisions frontales constituent les principaux types d'accidents qui sont préoccupants. De même, les pays ont en commun un ensemble de facteurs qui contribuent lourdement aux accidents de tous les types. En particulier, l'alcool, la vitesse, la fatigue et les caractéristiques d'utilisation de la ceinture de sécurité jouent tous un rôle dans les scénarios d'accident. Il s'ensuit que les pays sont en général d'accord sur l'idée que quatre types de technologie (éviter des collisions, statut et performance du conducteur, régulation de la vitesse et contrôle automatisé) présentent le potentiel le plus fort de réduction du nombre et de la gravité des accidents.

Ces technologies sont décrites dans ce rapport avec les résultats d'évaluation lorsqu'une évaluation a été menée. En se fondant sur les données disponibles, les technologies STI pour la sécurité recèlent un potentiel d'impact spectaculaire sur la sécurité routière dans les pays de l'OCDE. En se limitant à des prévisions conservatrices, les résultats suivants seraient possibles :

- Les technologies STI pour la sécurité peuvent épargner jusqu'à 47 000 vies par an dans les pays de l'OCDE.
- Les technologies STI pour la sécurité pourraient réduire d'environ 40 % le nombre total de personnes blessées ou tuées.
- Les économies sur les coûts associées à la seule réduction du nombre des tués peuvent être situées, de manière conservatrice, à un niveau supérieur à USD 73 milliards chaque année.
- Les économies associées à une réduction de 40 % du nombre de blessés et de tués s'élèveraient à environ USD 194 milliards chaque année.

Les avantages présentés et la diminution associée des accidents, blessés et tués se fondent sur l'hypothèse d'un déploiement achevé de ces technologies dans les pays de l'OCDE. Ainsi, les avantages décrits peuvent ne pas se réaliser avant 20 ou 30 ans. Toutefois, la simple indication de la possibilité de réaliser de tels avantages devrait pousser les gouvernements de l'OCDE à soutenir activement et à promouvoir autant que possible le déploiement complet de ces technologies pour la sécurité.

Les défis du déploiement

Il convient toutefois de tempérer l'optimisme de ces valeurs par les effets secondaires éventuels des technologies pour la sécurité ou par les défauts que pourrait entraîner la mise en œuvre de technologies qui ne sont pas conçues pour la sécurité. Les principaux chefs de préoccupation sont le risque de distraire le conducteur de la tâche de conduite ou d'induire chez lui un faux sentiment de sécurité, favorisant ainsi un comportement plus risqué. Les gouvernements sont instamment priés de résister avec vigueur à la prolifération déréglée de technologies qui vont détourner encore plus l'attention du conducteur ou dégrader de toute autre manière la sécurité sur la route.

Le financement

Les avantages présentés dans ce rapport ne sont pas hors d'atteinte mais plusieurs défis restent à surmonter avant que ces avantages puissent être complètement réalisés. Le plus élémentaire est d'ordre financier : le coût élevé des nouveaux systèmes de sécurité est la contrainte majeure. Il crée une entrave à la mise en œuvre en ce qu'il empêche la plupart des consommateurs d'acquiescer la nouvelle technologie. Cet obstacle peut être surmonté avec le temps par les forces du marché, si la technologie procure vraiment un avantage quantifiable au consommateur et si les prix diminuent suite à l'augmentation de la production et à la poursuite des progrès technologiques.

De nombreux pays ne disposent déjà pas des budgets suffisants pour réaliser les investissements fondamentaux dans les technologies pour la sécurité, que dire des budgets pour des technologies plus récentes, non éprouvées? Ceci peut conduire à une absence de volonté politique pour pousser des technologies susceptibles de se démarquer des autres. Si certains pays font des efforts pour relever ces défis, il faut appeler à des efforts accrus de promotion et de vulgarisation.

L'évaluation

Comme avec toute approche ou technologie nouvelle, l'utilisation peut révéler des risques ou inconvénients inconnus. De nombreuses technologies introduites dans le passé (par exemple les coussins gonflables ou les ceintures de sécurité) ont fait la différence dès

le début même si elles souffraient d'imperfections techniques qui ont entraîné des problèmes de bien moindre importance. Au fur et à mesure que les connaissances s'accumulaient, la nouvelle technologie s'adaptait et les résultats, en termes de sécurité, devenaient encore meilleurs. Il arrivait que ces connaissances proviennent d'une réaction – c'est-à-dire de plaintes ou de constats négatifs par des agences de sécurité – plutôt que d'une pro-action – c'est-à-dire l'élaboration d'un plan d'évaluation et son application sur une longue période. Il est clair que cette deuxième approche est préférable. Il est donc essentiel de prévoir et de maintenir un programme ciblé d'évaluation en accompagnement pour suivre en continu la performance des technologies STI pour la sécurité.

La formation du conducteur

Les nouvelles technologies peuvent compenser les erreurs du conducteur, mais il est important que les conducteurs prennent conscience des capacités et des limitations des systèmes. Pour réaliser pleinement les avantages des nouvelles technologies, les conducteurs doivent apprendre à les utiliser et gagner en expérience. Il est essentiel que la conception soit adaptée pour éviter de submerger le conducteur. La formation ne peut pas compenser la mauvaise conception d'une technologie.

Les questions de responsabilité

L'un des grands défis du déploiement porte sur la responsabilité. Des problèmes liés à la responsabilité de produit sont susceptibles de survenir avec des systèmes d'assistance dont le conducteur ne peut reprendre le contrôle ou qui interviennent au-delà des limites de la performance humaine (par exemple les systèmes anti-collision). Le traitement de cette question peut prendre deux formes différentes. La première est de tolérer un déploiement incontrôlé des nouvelles technologies en faisant confiance aux contrôles liés à la responsabilité de produit pour assurer la sécurité de produits qui sont construits d'abord pour faire vendre les voitures. La seconde consiste à essayer d'influencer le développement, de promouvoir les technologies prometteuses d'une amélioration de la sécurité routière, de minimiser les effets des technologies non adaptées et d'éduquer les conducteurs de façon à ce qu'ils tirent pleinement parti de l'abaissement des coûts de l'électronique.

La première approche comporte un risque que certaines technologies ne soient jamais développées en dépit d'énormes avantages potentiels en termes de sécurité. Les constructeurs peuvent considérer que certains systèmes vont rendre leurs produits moins attractifs et peuvent donc mettre en avant des obstacles légaux ou liés à la responsabilité de produit, à l'introduction de tels systèmes, même s'ils n'existent pas. La seconde approche risque d'étouffer l'invention en introduisant une réglementation rigide fondée sur des preuves insuffisantes. Le défi est donc de dépasser ces problèmes de responsabilité en établissant un équilibre entre les deux approches de façon à ne pas geler l'invention chez les constructeurs et que d'autres technologies prometteuses soient mises en avant et déployées.

Les questions d'infrastructure

Un autre défi pour le déploiement réside dans la nécessité d'introduire une infrastructure robuste, une architecture non restrictive et des plates-formes de normes. Une infrastructure robuste par exemple supporte les véhicules anciens, permet l'interface avec l'infrastructure existante, ne requiert qu'une formation minimale, tolère les erreurs et assure la sécurité en cas de défaillance. Dans le premier cas, ce défi se concentre sur la

prise de décisions adaptées en matière d'architecture pour tenir compte de l'introduction et de l'intégration des technologies STI et les faciliter. La plupart des pays ont mis en place des approches d'installation des architectures STI. Celles-ci doivent incorporer une attention explicite aux STI liés à la sécurité et des informations pour en faciliter le déploiement. Comme avec n'importe quelle technologie STI, la normalisation est également essentielle pour le succès du déploiement et de l'utilisation des technologies pour la sécurité. La normalisation peut contribuer à la pénétration à la fois la plus large et la plus rapide du parc de véhicules et du système routier par les technologies STI pour la sécurité. Elle peut également contribuer à l'efficacité globale de la production de produits complets ou de composants qui sont essentiels pour le déploiement des technologies STI pour la sécurité. Faute de normalisation vont se poser de nombreuses questions quant à la certitude que les systèmes vont se comporter comme prévu au moment où c'est le plus crucial. Là encore se trouve requise une attention explicite à la sécurité et aux questions spécifiques posées par les technologies de sécurité lors de l'élaboration de normes.

Une autre question concernant l'infrastructure pourrait être un élément central du déploiement effectif des technologies STI pour la sécurité, il s'agit de la numérisation des cartes du réseau routier et de l'infrastructure de positionnement. Les cartes numériques et l'infrastructure seront au cœur de nombreuses applications STI pour la sécurité. Toutefois, la qualité actuelle de ces cartes, lorsqu'elles existent, est insuffisante pour des applications effectives de sécurité. L'absence de cartes de qualité et d'un environnement de positionnement constitue un obstacle majeur au déploiement. Les efforts à l'échelle nationale ou régionale pour développer des cartes numériques cohérentes sont vivement encouragés. Elles devraient donner une base et une impulsion au développement et au déploiement rapide des technologies de positionnement automatique des véhicules dans les applications de sécurité.

La formation des professionnels de la sécurité et la vulgarisation

Il existe un besoin spécifique de fournir une formation aux professionnels des STI et de la sécurité dans les pays membres de l'OCDE. Cette formation devrait favoriser la prise de conscience des possibilités offertes par la technologie pour traiter la sécurité routière et générer une compréhension réciproque entre les tenants des deux spécialités, STI et sécurité routière. En outre, la formation stimulerait une coopération renforcée et, au final, accélérerait l'acceptation des STI et l'adoption de technologies STI disponibles spécifiques comme mesures exploitables de prévention pour la sécurité. Il existe quelques exemples de ce type de formation et la mise en commun d'informations est encouragée.

Un aspect de ce problème consiste à comprendre le rôle des constructeurs et surtout de leurs responsabilités. Une bonne compréhension réciproque entre les constructeurs et les fonctionnaires, quant aux technologies qui sont le mieux susceptibles de servir les intérêts de la sécurité routière, va assurer que les arguments touchant la responsabilité et le risque peuvent être traités précocement, que les architectures et les normes adaptées peuvent être créées et que les technologies seront rapidement développées et déployées. Il est recommandé d'assurer une formation qui vise le secteur privé et qui facilite le dialogue sur des questions qui intéressent à la fois le secteur public et le secteur privé.

Recherche et développement

L'engagement de mener une action de recherche et développement ciblée est un aspect critique du succès du déploiement. Ceci inclut le développement de programmes de vulgarisation pour communiquer des informations sur les technologies, leurs avantages

et leurs inconvénients et mieux comprendre comment rendre les systèmes simples et compréhensibles. D'autres domaines de recherche et développement concernent les facteurs humains, les différentes technologies individualisées, les questions légales et les évaluations des technologies en cours. Une autre question critique pour la recherche et le développement est liée aux données. Plus précisément, de meilleures connaissances et une meilleure compréhension en matière de données et d'évaluation de la sécurité seraient souhaitables dans la mesure où elles pourraient déboucher sur le développement de technologies qui ciblent mieux les causes spécifiques d'accident. De même mettre l'accent sur l'amélioration du stockage et de l'utilisation des données générées par les technologies STI pourrait entraîner une amélioration globale des systèmes et des contre-mesures pour la sécurité.

Ce que peuvent faire les gouvernements

On entend souvent dire que le mieux pour le développement des technologies serait de réduire ou d'éliminer le rôle du gouvernement dans la mesure où il aurait pour conséquence négative d'étouffer ce développement. Toutefois des entreprises privées sont en train de développer des équipements comme des télécopieurs, des ordinateurs embarqués qui permettent l'accès à l'Internet, des systèmes de jeux et d'infotélévision/vidéo et d'en promouvoir l'utilisation à bord des véhicules. Ces développements prennent place sans liaison avec le gouvernement et ils comportent un véritable risque d'augmenter la distraction et la tâche de conduite du conducteur. L'effet au final sur la sécurité routière, s'il n'est pas certain, est prévisible. L'introduction de ces systèmes STI non conçus pour la sécurité peut entraîner un risque s'ils ne sont pas conçus en gardant la sécurité du conducteur présente à l'esprit. L'introduction de technologies ou produits installés après la vente pose le plus grand défi.

Le rôle naturel du gouvernement de préservation et de protection de la sécurité des opérations de transport routier conduit à la conclusion certaine que, pour les gouvernements, adopter la posture « ne rien faire » face au développement et au déploiement des technologies n'est pas la réponse appropriée. On suggère donc la tactique suivante :

- Développer et utiliser des indicateurs de performance en matière de sécurité pour les technologies STI et autres utilisées dans les véhicules. Le rapport donne un point de départ pour les types d'indicateurs susceptibles d'être utilisés ainsi que pour l'argumentaire en leur faveur. Le recours à des indicateurs va également aider à suivre la recommandation adressée par le groupe de travail sur la sécurité et les technologies aux gouvernements d'insister sur l'évaluation en cours des technologies et sur leur déploiement du point de vue de la sécurité.
- L'introduction des nouvelles technologies devrait être gérée en s'assurant qu'elles s'intègrent à des plans et stratégies nationaux de sécurité. Une telle approche assure que le gouvernement s'engage fortement sur la cible sécurité et fait ressortir l'importance des technologies en question. Gérer l'introduction de nouvelles technologies exige des processus normalisés pour réaliser pleinement les avantages en termes de sécurité inhérents à ces technologies. Atteindre ces résultats signifierait que le développement intervient d'une manière très focalisée, les technologies les plus importantes étant ciblées les premières. Ces processus vont également encourager la coopération et la communication en dehors des axes traditionnels au sein des organismes de transport routier, parmi les spécialistes des STI, chez les responsables de l'entretien ou d'autres qui vont avoir de nouvelles

responsabilités et qui demanderont des compétences nouvelles pour que le déploiement soit un succès.

- Il est indispensable que les gouvernements fournissent l'infrastructure élémentaire pour assurer le déploiement le plus rapide et le plus réussi des technologies STI pour la sécurité. Un exemple en est les cartes routières numériques et l'infrastructure de positionnement qui peuvent motiver le développement et le développement de technologies pour la sécurité fondées sur la position. D'autres exemples pourraient être fournis par n'importe quel équipement ou technologie en bord de route qui serait en définitive nécessaire pour les systèmes coopératifs sol/véhicule. La présence de tels équipements peut en elle-même constituer une incitation à l'innovation technologique et au déploiement correspondant.
- Les gouvernements devraient encourager et financer des actions ciblées de recherche et développement sur des technologies spécifiques pour la sécurité, surtout lorsque le secteur privé n'est pas impliqué.
- Les gouvernements devraient s'impliquer pour assurer que les nouveaux produits présentent de réels avantages pour la sécurité et ne la menacent pas. La forme prise par cette implication, fixation de normes, essais produit, recherche ou toute autre forme, est moins important à ce stade que la reconnaissance du rôle et l'engagement à le tenir. Par exemple, les problèmes d'interface homme-machine se posent réellement vis à vis de la distraction et ils appellent très fortement une implication du gouvernement. Les gouvernements devraient donc prendre note des énoncés de principes mentionnés dans le rapport et avaliser ou soutenir leur adoption. Un autre exemple tiré du rapport est l'importance de s'assurer que les systèmes STI pour la sécurité ont un mode de défaillance logique si bien que le conducteur est conscient de la défaillance et peut agir de manière adéquate.
- Les gouvernements devraient fixer des priorités pour le déploiement des technologies installées sur l'infrastructure qui devrait faciliter un développement et un déploiement plus rapides des technologies par le secteur privé et d'autres sources indépendantes.
- Les gouvernements devraient assurer le pilotage de la vulgarisation et de l'éducation auprès des collectivités et des décideurs afin de s'assurer de l'entier soutien du public, des dirigeants gouvernementaux et des élus au déploiement des STI pour la sécurité.
- Les gouvernements devraient prendre la tête de l'effort en vue d'une coopération internationale continue autour du développement et de la dissémination des architectures et des normes qui vont déboucher sur l'harmonisation régionale si nécessaire ou sur l'harmonisation mondiale lorsqu'elle s'impose.

Ce que peut faire l'industrie

Alors que les gouvernements établissent le cadre pour assurer un environnement routier sûr pour tous les usagers, l'industrie joue un rôle capital dans le développement et l'amélioration de la sécurité routière. Par exemple, nombreux des bénéfiques recherchés dans l'application des technologies STI reposent sur la réussite du développement et du marketing par l'industrie privée. Lorsque l'on examine les domaines d'action possibles de l'industrie, il convient de garder à l'esprit ses forces et ses faiblesses. Par exemple, les entreprises de l'industrie excellent dans la recherche et le développement qui contribuent

à améliorer leur avantage compétitif et à satisfaire les besoins des clients. Elles excellent également pour établir des normes, en particulier celles qui concernent la rationalisation et l'intercommunication des systèmes. Toutefois, l'industrie a une capacité limitée à conduire des tâches de coordination de grande ampleur et n'a pas la motivation ou l'intérêt pour introduire des systèmes qui ne semblent pas émaner de la demande du marché, comme l'identification électronique des véhicules, les boîtes noires pour enregistrer les données ou l'adaptation intelligente de la vitesse. Ceci étant dit, le rapport suggère les actions suivantes pour l'industrie :

Maintien d'un haut niveau d'engagement en faveur de la sécurité

Une des opportunités prometteuses des technologies STI est de répondre à l'importance croissante de la sécurité routière dans un certain nombre de pays de l'OCDE. Pour que les technologies STI puissent pleinement réaliser leur potentiel de sécurité, les promoteurs et les constructeurs du secteur privé doivent établir et maintenir un engagement crédible en faveur de la sécurité routière. Un tel engagement se caractérise tout d'abord par une compréhension claire du problème de la sécurité routière qui permet d'accorder l'importance qu'il se doit aux orientations visant à assurer que les systèmes ne dégradent pas la situation. En outre, comprendre la situation en matière de sécurité routière fournit une meilleure base pour parvenir à un équilibre entre sécurité, fiabilité et coût.

Une fois qu'un haut niveau d'engagement est établi et respecté, il est plus probable que l'on puisse surmonter les résistances au développement des technologies qui visent tout d'abord la sécurité routière et qui semblent moins « attrayantes ». En outre, si la sécurité constitue une préoccupation forte pour l'industrie, celle-ci se trouve mieux positionnée pour établir des évaluations réalistes de la manière dont un conducteur utilisera les technologies STI afin de mieux mesurer et rendre compte des bénéfices ou risques potentiels pour la sécurité de l'introduction d'un nouveau produit. Ceci nécessite en effet de conduire des analyses visant à identifier les défauts potentiels des technologies et les conséquences de ces défauts.

Développement de partenariats constructifs avec les organismes gouvernementaux concernés

La plupart des actions des gouvernements en relation avec les technologies STI peuvent avoir un effet direct et parfois profond sur l'industrie. Rien que de ce point de vue, un partenariat réel et continu est essentiel à la réussite à long terme du déploiement des technologies. D'autre part, les gouvernements et l'industrie ont souvent des intérêts mutuels ou partagés qui ne peuvent être réalisés que s'il existe un moyen de dialogue actif entre les acteurs. L'industrie et les gouvernements ont le désir commun de s'assurer que des normes appropriées sont en place qui permettront d'une part d'assurer un certain niveau de sécurité routière et d'autre part d'encourager, plutôt que de limiter, le développement des produits de consommation par le secteur privé. Un exemple est d'éviter la confusion du conducteur en assurant la fourniture d'informations cohérentes et d'une interface humaine sûre et consistante avec les technologies embarquées ou dans le même esprit de créer des scénarios pour le développement de systèmes qui ne fournissent que des informations sélectionnées ou pertinentes afin d'éviter la surcharge du conducteur. Dans ces deux cas, un partenariat industrie-gouvernement s'avère très productif et positif.

Un autre aspect est l'élaboration de normes pour des systèmes interactifs entre frontières juridictionnelles. Dans ce cas, une coopération et collaboration effective

peuvent conduire à des systèmes qui répondent aux préoccupations premières des gouvernements en matière de sécurité tout en améliorant la capacité du marché à absorber de nouveaux produits de consommation.

Comme décrit dans le rapport, il est nécessaire de conduire des évaluations itératives de la sécurité tout au long du cycle de vie des nouveaux produits. Les gouvernements comme l'industrie devraient s'y impliquer et s'intéresser aux résultats de ces évaluations. Un partenariat effectif peut faciliter la collaboration pour le recueil, la mise en commun et l'analyse des données. Une telle collaboration peut contribuer au développement de cadres réglementaires qui permettent une exploitation sûre des véhicules avec les nouvelles technologies sans désavantager les véhicules non équipés de la technologie et peut aider à gérer les questions de responsabilité qui émaneront du déploiement technologique.

Un autre domaine qui intéresse l'industrie est la classification des technologies en fonction de leur objectif principal de confort ou de sécurité. Pour assurer que la plus grande attention est accordée à la sécurité routière, il est préférable que les gouvernements et l'industrie travaillent ensemble pour déterminer ce qui constitue une technologie de confort et ce qui constitue une technologie ayant des implications (bonnes ou mauvaises) sur la sécurité. Ce travail de définition orientera la prise de décision concernant les applications et usage appropriés et la communication avec le public qui ont tous un impact sur les approches qui seront poursuivies par les constructeurs et autres.

Mise en place d'une aptitude à communiquer avec le public avec concision et clarté

L'industrie a un rôle primordial de communication avec le public sur les capacités et limites des systèmes. Si les systèmes proposés n'ont qu'une vocation de confort, l'industrie doit développer des moyens de communication qui l'expliquent clairement aux consommateurs afin de s'assurer que ce qu'ils attendent de la technologie ne va pas au-delà de sa capacité à améliorer la sécurité. En particulier, l'industrie doit avertir le public de la manière dont certaines technologies peuvent présenter des défis pour le conducteur et des défis auxquels le conducteur peut être confronté. En outre, l'industrie doit clairement informer le public des limites des technologies et des conditions dans lesquelles la technologie n'est plus efficace et pour lesquelles l'entière responsabilité revient au conducteur. Enfin, l'industrie doit informer le public des performances des nouvelles technologies mais aussi de leur impact positif et négatif sur le risque de conduite.

Un cadre pour l'action

Les recommandations contenues dans ce rapport forment un cadre à l'intérieur duquel les gouvernements peuvent commencer à examiner les possibilités et les orientations pour le développement et le déploiement de technologies STI pour la sécurité. Cette information devrait servir à renforcer les plans nationaux d'action pour la sécurité existants dans des pays isolés et susciter le développement d'actions ou de plans nouveaux dans des pays isolés ou en ignorant les frontières internationales. Au final, ces actions vont pousser à plus de développement et de déploiement et aider tous les pays à atteindre l'objectif de tous, à savoir sauver des vies.

Chapitre 1

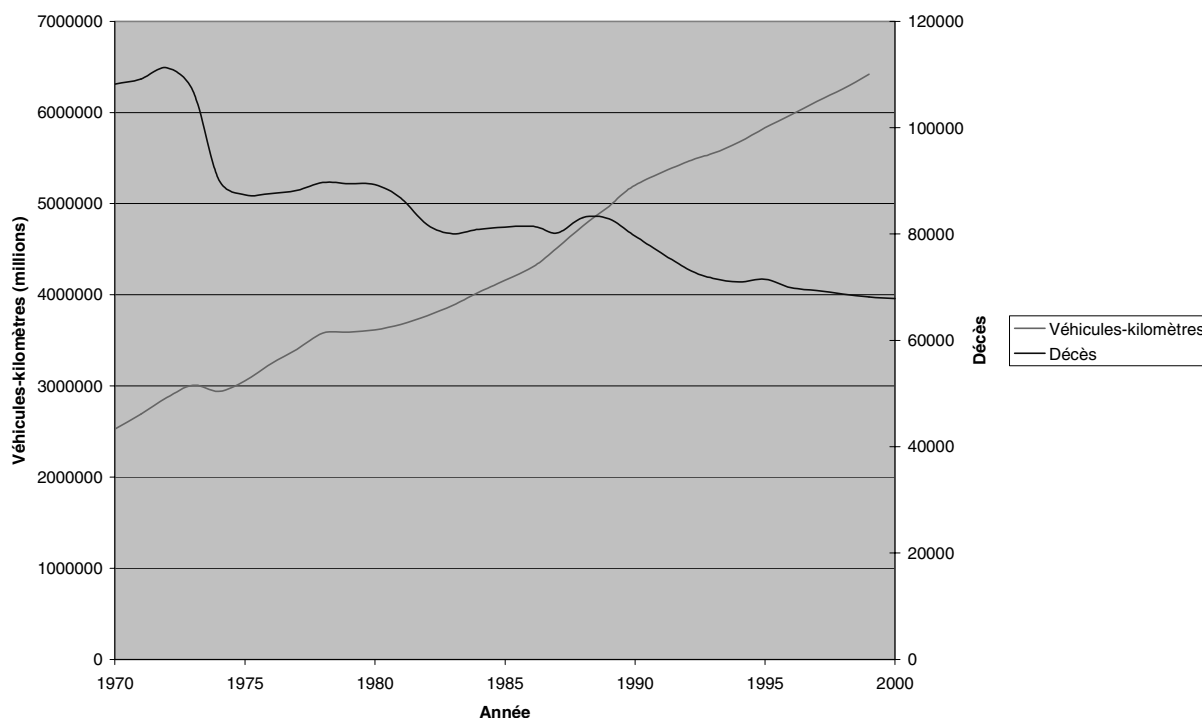
INTRODUCTION

Résumé. Ce chapitre décrit l'évolution de la sécurité routière et présente l'impact potentiel des technologies sur la sécurité routière. En outre, il aborde la question des conséquences sociales et économiques des tués et blessés sur les routes, et des obstacles politiques à l'amélioration de la sécurité.

Le contexte

Depuis le début des années 70, date à laquelle de nombreux pays de l'OCDE ont commencé à s'attaquer sérieusement aux problèmes de sécurité routière, le nombre de tués sur la route a globalement diminué comme l'illustre la Figure 1.1. Parmi les facteurs qui ont contribué à cette diminution, on peut citer le développement du port de la ceinture de sécurité, la diminution de la conduite sous l'emprise de l'alcool, la meilleure résistance au choc des véhicules et l'aménagement des infrastructures.

Figure 1.1. Décès sur la route et véhicules-kilomètres effectués dans neuf* pays de l'OCDE



* Autriche, Belgique, Danemark, États-Unis, France, Japon, Royaume-Uni, Suède, Suisse.

Source: OCDE, Base de données internationale sur la circulation et les accidents de la route (à intervalles de cinq ans).

Un autre aspect de ces changements réside dans l'évolution du comportement du conducteur ces 20 dernières années. Plus précisément, dans la plupart des pays de l'OCDE, le grand public a pris conscience des dangers associés à certains comportements d'où des changements assez spectaculaires des attitudes des gens sur la route. Par exemple, au plan de l'acceptation sociale de la conduite sous l'emprise de l'alcool, on est passé du point de vue « il n'y a vraiment pas de mal à conduire alors qu'on a bu » à l'intolérance à l'égard d'un tel comportement. De même, dans la plupart des pays, le port de la ceinture de sécurité s'est installé comme une norme pour la majorité des conducteurs. Dans le même ordre d'idée, l'utilisation des dispositifs de retenue pour enfants – c'est-à-dire des sièges pour enfants- a également gagné en popularité et est maintenant largement acceptée.

En général, les périodes de forte croissance économique s'accompagnent d'une hausse spectaculaire du trafic alors que les périodes de récession se caractérisent par une stagnation voire une diminution. Cette exposition accrue sur les routes contribue souvent à faire augmenter les nombres d'accidents, de dommages corporels et de tués. Si l'on se reporte à la Figure 1.1, les périodes de croissance rapide du trafic coïncident avec deux pointes dans le nombre de tués à la fin des années 1970 et à la fin des années 1980. Elles sont venues contrer les progrès en matière de sécurité qui ont été introduits au même moment. Il est clair qu'en l'absence des améliorations en matière de sécurité introduites par de nombreux pays et d'évolution du comportement des conducteurs, le nombre de tués sur la route aurait largement dépassé les niveaux constatés.

Naturellement, les cycles économiques vont se poursuivre et leur impact sur la circulation et sur la sécurité est assez prévisible. Par contre, le développement rapide et l'introduction de diverses technologies vont affecter la sécurité mais ces effets sont moins prévisibles. Il est vraisemblable que les technologies liées à la sécurité ont le potentiel d'induire des modifications du changement du comportement tout aussi impressionnantes que celles auxquelles nous avons assisté ces 20 dernières années. Par exemple, l'un des principaux facteurs contributifs à la sécurité sur nos routes est la vitesse – qu'elle soit excessive, pas assez homogène ou inadaptée. Les nouvelles technologies comme la régulation adaptative de la vitesse, l'adaptation intelligente de la vitesse et l'automatisation des contrôles recèlent toutes un potentiel de changement radical de la manière dont les véhicules sont utilisés sur la route et, peut-être en définitive du comportement fondamental du conducteur qui fait de la vitesse un élément contributif majeur au bilan des accidents sur nos routes. Toutefois, le foisonnement des technologies liées ou non à la sécurité est tel que le cumul de leurs effets sur le comportement du conducteur ne peut être explicitement prédit mais on peut certainement en escompter une modification des comportements actuellement observés sur les routes des pays de l'OCDE.

Ce rapport s'intéresse principalement aux technologies qui sont recouvertes par le vocable de Systèmes de Transports Intelligents (STI). Plus précisément, il se concentre sur les technologies STI qui affichent comme objectif premier la réduction du nombre d'accidents, de dommages corporels et de tués. Il fournit également des informations sur les technologies STI qui n'ont pas pour objectif premier l'amélioration de la sécurité – par exemple les systèmes de navigation- mais qui sont susceptibles de l'influencer, que ce soit positivement ou négativement. En outre, le rapport examine certaines technologies comme le téléphone mobile et les systèmes à vocation récréative, dont l'émergence a été rapide et qui sont susceptibles d'affecter négativement la sécurité routière.

Les nouvelles technologies

Ces dernières années, de nombreuses technologies ont connu un développement rapide et significatif. A une extrémité du spectre, on dispose maintenant de la technologie nécessaire pour conduire en sécurité dans le flux de trafic sans intervention humaine (mais on est encore loin de la phase de déploiement). A l'autre extrémité, des technologies assez simples (comme la détection du port de la ceinture) pourrait réduire de manière spectaculaire le nombre de tués si elles étaient rendues obligatoires pour l'ensemble des sièges dans tous les véhicules. Même dans les pays qui, grâce aux campagnes de publicité et de contrôle, sont parvenus à des taux de port de la ceinture très élevés (95 % ou plus), les conducteurs non attachés sont substantiellement surreprésentés dans les statistiques de mortalité. Il est probable que la technologie est le moyen le plus rentable de cibler les derniers conducteurs non attachés dont la vie pourrait être épargnée.

On a assisté au développement et à l'introduction à grande échelle de technologies qui ne sont pas conçues à des fins de sécurité mais sont susceptibles d'affecter directement la sécurité routière. Si certaines peuvent faciliter la tâche de conduite (en la rendant plus aisée et donc plus sûre), d'autres technologies (comme le téléphone mobile) peuvent distraire l'attention et jouer au détriment de la sécurité.

Ce rapport cherche à réunir un argumentaire pour les nouvelles technologies qui vont dans le sens de la sécurité et à susciter la prudence et le débat pour les nouvelles technologies susceptibles de nuire à la sécurité. Historiquement, les améliorations de la sécurité routière ont été décidées à partir d'une approche rétroactive, en se fondant sur les statistiques de tués et de blessés. Ceci va à l'opposé de l'approche appliquée dans de nombreux autres secteurs de la santé et de la sécurité où les mesures sont mises en place pour éviter les décès et les blessures sans attendre que le problème ait pris de l'ampleur. Dans la mesure où, parmi ces technologies, beaucoup sont juste en cours d'introduction ou encore en cours de développement, leur impact sur le nombre de tués et de blessés ne sont pas encore connus et certains des résultats contenus dans ce rapport peuvent susciter une controverse chez ceux qui commentent traditionnellement la sécurité routière. Ces résultats n'en restent pas moins fondés sur les meilleures connaissances accessibles à ce jour et l'approche de l'évaluation adoptée est nécessairement différente.

De nombreux pays peuvent encore améliorer significativement leur niveau de sécurité routière grâce aux technologies, processus et mesures conventionnels qui sont présentés dans d'autres rapports (par exemple OCDE, 2002). Ce rapport s'intéresse à l'innovation et aux technologies dont l'introduction est récente.

Types d'accident et facteurs de causalité

Le Groupe de travail sur la sécurité et les technologies a confirmé une large part des informations relatives aux accidents contenue dans des rapports OCDE (OCDE, 1999 et 2002). Plus précisément, les principaux types d'accidents qui entraînent des décès sur les routes de l'OCDE sont les collisions frontales, les sorties de route, les chocs avec des piétons et les chocs en intersection. Les principaux facteurs de causalité sont la vitesse inadaptée, l'alcool et la fatigue. Aussi, le rapport se concentre-t-il sur les technologies qui ciblent ces types d'accidents et ces facteurs de causalité.

Il faut également prendre en compte différentes catégories d'usagers de la route. Des technologies bénéfiques pour certains usagers de la route peuvent ne pas être compatibles avec d'autres usagers de la route. Aussi, le rapport examine-t-il les besoins des

conducteurs de véhicules commerciaux, des piétons et des utilisateurs de véhicules à deux-roues. En outre, le vieillissement rapide de la population des pays de l'OCDE signifie que les besoins des usagers de la route âgés sont primordiaux (OCDE, 2001). L'acceptation et la capacité d'utilisation par toutes les tranches d'âge sont donc des points importants à prendre en compte pour les technologies examinées. Ces questions seront traitées en profondeur dans une autre étude de l'OCDE (à venir en 2004).

Contraintes légales et politiques

Une culture de la sécurité routière existe maintenant dans certains pays qui encouragent l'innovation et des mesures nouvelles pour poursuivre la réduction du nombre de tués. Ceci se traduit dans les progrès qu'ils ont accomplis en matière de sécurité routière et dans les objectifs ambitieux qu'ils se sont fixés. Toutefois, dans un plus grand nombre de pays de l'OCDE, les nouvelles mesures se trouvent souvent confrontées à des obstacles considérables en termes de volonté politique et d'acceptation par le public.

Dans certains pays, l'appareil judiciaire au niveaux national, étatal / provincial ou local peut également constituer une contrainte qui pèse sur le déploiement des technologies de sécurité routière. Par exemple, alors que l'automatisation des contrôles devrait se révéler une méthode très rentable pour modifier le comportement du conducteur et diminuer le nombre d'accidents, certaines juridictions (entités du gouvernement au niveau national ou local) ne réussissent pas à susciter le soutien politique nécessaire pour faire adopter la législation qui permettrait de la réaliser. Plusieurs autres technologies nouvelles ou en cours d'émergence, qui sont controversées mais bénéfiques sont susceptibles d'imposer des modifications législatives qui peuvent être complexes, consommatrices de temps et d'exiger un soutien politique, tout ceci rendant les progrès lents voire impossibles. D'autres complications peuvent survenir lorsque une législation ou des normes internationales sont en vigueur, comme c'est le cas en Europe où l'intégration impose que beaucoup plus de décisions soient prises pour l'ensemble de l'Europe. Enfin, les facteurs législatifs ou politiques peuvent constituer des freins puissants au déploiement de la technologie. Ces questions sont donc traitées en détail dans le présent rapport.

L'économie de la sécurité routière

La mise en œuvre d'une mesure nouvelle pour la sécurité routière, quelle qu'elle soit, ne devrait intervenir qu'à l'issue d'une évaluation des coûts de son introduction et des avantages qui en découlent. C'est pourquoi, on cherche dans ce rapport à estimer les coûts des nouvelles technologies, encore que, pour beaucoup d'entre elles, ces coûts vont diminuer significativement au fur et à mesure de leur déploiement. En termes d'avantages, donner une valeur à la vie humaine suscite la controverse et de nombreux pays évitent explicitement le recours à des valeurs monétaires. Néanmoins, un certain nombre d'études ont été menées sur le coût des accidents de la route. Citons comme exemples de résultats, un coût équivalent à 2,2 % du produit intérieur brut (PIB) aux États-Unis (Blincoe *et al.*, 2002). Une étude australienne (BTE, 2000) a estimé à 3,6 % du PIB les pertes économiques résultant des décès et dommages corporels. Les accidents mortels représentent presque 20 % de ce coût alors que les accidents avec dommages corporels correspondent à presque les deux tiers du coût total des accidents de la route.

Dans ce rapport, on prendra 2 % du PIB comme valeur du coût des accidents de la route lorsqu'on calculera les avantages. La plupart des pays de l'OCDE n'effectuent pas d'analyse coûts-avantages pour les mesures de sécurité routière. L'investissement en sécurité routière est fait à titre d'avantage social. Toutefois, l'investissement en sécurité routière étant assez considérable et en augmentation, il est clair qu'on juge que la valeur d'une amélioration de la sécurité mérite cet investissement et le chiffre de 2 % du PIB représente donc une estimation conservatrice pour la plupart des pays de l'OCDE.

Le rapport comprend cinq chapitres.

- Le chapitre 2 décrit les caractéristiques et les problèmes des nouvelles technologies représentatives liées à la sécurité. Des résultats d'études de cas sont présentés et l'efficacité de ces technologies est également décrite.
- Le chapitre 3 donne une vue générale des technologies qui ont un impact sur la sécurité sans cibler la sécurité routière.
- Le chapitre 4 évalue l'impact des nouvelles technologies sur la sécurité routière.
- Le chapitre 5 examine des questions déterminantes comme les facteurs humains, la sécurité des systèmes, les problèmes légaux, les problèmes d'éducation et d'acceptation au plan social, les besoins en matière de données et les difficultés de mise en œuvre.

Références

Blincoe, L., A. Seay, E. Zaloshnja, T. Miller, E. Romano, S. Luchter et R. Spicer (2002), *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes*, NHTSA, Washington, DC. www.nhtsa.dot.gov/people/economic/EconImpact2000/index.htm

BTE (Bureau of Transport Economics) (2000), *Road Crash Costs in Australia*, Report 102, Canberra.

OCDE (1999), *Stratégies de sécurité routière en rase campagne*, Paris.

OCDE (2001), *Vieillesse et transports: Concilier mobilité et sécurité*, Paris.

OCDE (2002), *Sécurité routière: quelle vision pour demain?*, Paris

OCDE (à paraître, 2004), *Les personnes âgées et les technologies de transport*, Paris.

Chapitre 2

LES TECHNOLOGIES POUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE : VUE GÉNÉRALE

Résumé. Ce chapitre se concentre sur les technologies de prévention et de réduction des accidents qui sont activées lorsque le véhicule fonctionne. Les systèmes destinés à minimiser les dommages consécutifs à un accident sont également couverts. La majorité de ces technologies sont des applications STI même si on présente un certain nombre de nouvelles technologies qui sont efficaces mais ne relèvent pas des STI au sens strict.

Introduction

Les systèmes de transports intelligents (STI) recouvrent l'application de l'électronique, de l'informatique et des technologies de communication aux véhicules et aux routes pour augmenter la sécurité, réduire la congestion, améliorer la mobilité, minimiser l'impact sur l'environnement, améliorer l'efficacité énergétique et promouvoir la productivité économique pour une économie plus vigoureuse. Les pays de l'OCDE utilisent et évaluent les technologies STI pour améliorer la sécurité du transport. En dépit des obstacles à la mise en œuvre de plusieurs technologies de sécurité STI, la majorité de ces pays plaident pour l'importance d'une évaluation de l'impact des technologies de sécurité et des systèmes d'information du conducteur sur la prévention des accidents. Ces systèmes recouvrent des systèmes embarqués autonomes, des systèmes installés uniquement sur l'infrastructure et des systèmes coopératifs. Lorsqu'elle est pertinente, une distinction est établie entre ces types de systèmes.

Les systèmes embarqués

Les technologies embarquées pour la sécurité recouvrent essentiellement des capteurs embarqués qui recueillent des données et des dispositifs embarqués qui émettent des alertes ou qui prennent partiellement le contrôle du véhicule. L'avantage de ces systèmes est qu'ils peuvent avertir le conducteur des dangers potentiels ou se substituer dans une certaine mesure au conducteur pour commander le véhicule afin de chercher à éviter les collisions. Les avantages ne se manifestent que pour les véhicules dotés de l'équipement embarqué. Les questions encore non résolues relatives à ces systèmes concernent l'indispensable fiabilité et l'établissement de normes système pour éviter la confusion du conducteur et les dangers potentiels dus aux variations dans les dispositifs embarqués disponibles sur le marché. En outre, il est important de faire prendre conscience aux conducteurs de la portée de la réduction du danger dont le système est capable afin d'éviter une confiance excessive dans ces dispositifs embarqués.

Les systèmes installés uniquement sur l'infrastructure

Les systèmes de sécurité installés uniquement sur l'infrastructure se composent essentiellement : (1) de capteurs en bord de route qui recueillent les informations et (2) d'un équipement en bord de route qui émet des alertes et des conseils. Les avantages de ces systèmes résident dans la détection de phénomènes qui échappent aux capteurs embarqués à bord des véhicules comme les conditions météorologiques, les obstacles ou le trafic au-delà d'une courbe ou à une certaine distance. Des données variables peuvent être fournies sur des panneaux au bord de la route et l'information peut être transmise à tous les véhicules à proximité potentiellement affectés. Un problème associé aux systèmes installés uniquement sur l'infrastructure est que toutes les données doivent être normalisées pour améliorer la compréhension par le conducteur de l'information transmise.

Les systèmes coopératifs

Les systèmes de sécurité coopératifs font appel à la fois aux systèmes installés sur l'infrastructure et aux systèmes embarqués reliés entre eux par des moyens de communication. L'avantage de ces systèmes est que l'information est reçue depuis l'infrastructure (par exemple limites de vitesse, état de la circulation et de la route) et qu'elle est transmise de manière dynamique au moment opportun aux véhicules individuels. L'information peut également être transmise en sens opposé, c'est-à-dire du véhicule vers l'infrastructure, par exemple pour avertir automatiquement les services d'urgence lorsqu'un véhicule est impliqué dans une collision. Ces services ne peuvent être fournis qu'aux véhicules qui sont équipés de dispositifs embarqués. Les cartes numériques et les technologies permettant de repérer très précisément une localisation sont également considérées comme des technologies coopératives dans la mesure où l'information liée à la sécurité peut être combinée à des cartes stockées dans l'équipement embarqué et une aire de service plus importante peut être déterminée comparé aux informations fournies par l'infrastructure. Les questions spécifiques aux systèmes coopératifs recouvrent : (1) la nécessité de préserver un équilibre entre la sécurité, la fiabilité et le coût du système et (2) la normalisation de l'interface homme-machine (IHM).

Le rapport passe en revue des systèmes de sécurité avancés embarqués, installés sur l'infrastructure et coopératifs qui sont en cours d'évaluation et de mise en œuvre dans les pays de l'OCDE : systèmes de contrôle de la vitesse, systèmes de suivi de l'état et de la performance du conducteur/véhicule, les systèmes d'évitement des collisions, les systèmes pour les véhicules commerciaux et les systèmes de contrôle automatique.

Les systèmes de sécurité avancés de contrôle de la vitesse des véhicules

La vitesse inadaptée et la vitesse excessive sont des facteurs majeurs de causalité des accidents de la route dans les pays de l'OCDE (OCDE, 2001, 1999). En outre, il existe des preuves accablantes de l'augmentation du risque d'être blessé ou tué en fonction de la vitesse avant l'accident (Baruya 1998 ; Finch *et al.*, 1994 ; Transportation Research Board 1998). Outre prévenir une partie des accidents, la technologie de contrôle de la vitesse devrait également diminuer la gravité des accidents.

Les limiteurs de vitesse

Les limiteurs de vitesse, qui limitent la vitesse maximale d'un véhicule, sont obligatoires sur les véhicules lourds de marchandises dans les pays membres de l'Union Européenne et en Australie. Certaines entreprises de transport routier aux États-Unis utilisent également des limiteurs de vitesse, encore que la sophistication croissante des moteurs de camions permette le contrôle électronique des vitesses. Les raisons principales de l'utilisation des limiteurs sur les véhicules lourds sont l'efficacité en termes de consommation de carburant, la sécurité et l'usure des équipements.

L'adaptation intelligente de la vitesse

L'adaptation intelligente de la vitesse (AIV) est une technologie coopérative de contrôle de la vitesse. L'AIV exige des informations précises sur la localisation des véhicules et les limites de vitesse, qui peuvent être obtenues en combinant un système de localisation GPS et des cartes routières numériques. Elle exige également une liaison avec certains ou l'ensemble des éléments de la transmission du véhicule : l'admission, l'allumage, l'alimentation, la boîte de vitesses et les freins.

Un aspect critique de l'AIV réside dans le niveau d'intervention assuré par le système. Un système actif intervient directement pour affecter la vitesse d'un véhicule par le biais d'une admission à commande haptique (la résistance à l'enfoncement de l'accélérateur augmente) ou un limiteur de vitesse qui rend impossible de rouler plus vite que la vitesse limite en vigueur. Les systèmes passifs reposent sur des signaux sonores ou visuels qui avertissent le conducteur de la différence de vitesse. L'AIV peut être classée selon les types ci-après :

- Indicatif : la limite de vitesse est affichée et c'est au conducteur de déterminer s'il la respecte ou non.
- Activé par le conducteur : le conducteur a la capacité d'activer ou non l'AIV de sorte que le respect est volontaire.
- Obligatoire : le système n'autorise à aucun moment le dépassement de la vitesse limite.

Une autre dimension de l'AIV est liée à la manière dont l'information relative aux limites de vitesse est collectée et traitée.

- Fixe : le véhicule est informé des limites de vitesse affichées.
- Flexible : le véhicule est en outre informé de certains endroits dans le réseau où une limite de vitesse plus basse est appliquée par exemple au voisinage de passages pour piétons ou à l'approche de courbes serrées.
- Dynamique : les limites de vitesse peuvent en outre être momentanément abaissées en fonction de l'état du réseau ou des conditions météorologiques, pour ralentir la circulation en cas de brouillard, de verglas, d'incidents graves, etc. Ces formes plus dynamiques d'AIV nécessitent des données en temps réel sur le trafic et les conditions météorologiques.

Diverses combinaisons de ces approches ont été utilisées dans des expériences pilotes de l'AIV au Danemark, en France, aux Pays-Bas, en Suède et au Royaume-Uni. L'avantage essentiel de l'AIV est qu'elle s'attaque à l'un des facteurs majeurs de causalité de l'insécurité routière – à savoir la vitesse excessive ou inadaptée. Les résultats

des différentes expériences pilotes indiquent un degré élevé d'efficacité comme le montre en détail le tableau 2.1.

Parmi les effets négatifs possibles de l'AIV figurent une diminution de l'attention du conducteur et des intervalles réduits entre les véhicules. L'impossibilité d'accélérer au-delà de la vitesse-limite pour éviter les collisions figurait au départ parmi les sujets de préoccupation exprimés par ceux qui testaient le système mais les expériences-pilotes n'ont pas révélé qu'il y avait là un danger supplémentaire. Dans au moins une expérience menée aux Pays-Bas, on a constaté que les conducteurs non équipés d'un AIV étaient plus agressifs et entreprenaient plus de manœuvres de dépassement dangereuses lorsqu'ils se trouvaient confrontés à un véhicule équipé d'un AIV obligatoire.

Tableau 2.1. Prévision des effets positifs pour la sécurité des technologies de contrôle de la vitesse réalisées dans différents pays de l'OCDE

	Technologie	Pays	Réductions des accidents au niveau du projet	Réductions des accidents au niveau du système	Référence
Contrôle de la vitesse	Adaptation Intelligente de la Vitesse	Royaume-Uni (en simulation)	N/D	Système indicatif : 18 – 24 % des accidents mortels	Carsten <i>et al.</i> (2001)
				Activé par le conducteur : 19 – 32% des accidents mortels	
				Obligatoire : 37 – 59 % des accidents mortels	
	Pays-Bas	N/D	15 % des blessés et 21 % des tués	Besseling et van Boxtel (2001)	
Régulation adaptative de la vitesse	Divers pays	N/D	5,9 % de l'ensemble des accidents	Elvik <i>et al.</i> (1997)	
Régulateur de vitesse sur les véhicules lourds de marchandises	Suède	N/D	2 % de tous les accidents avec dommages corporels	Elvik <i>et al.</i> (1997)	

Les systèmes de suivi de l'état et de la performance du conducteur/véhicule

Ces systèmes recouvrent les systèmes embarqués destinés au suivi non intrusif de la performance du conducteur et des paramètres du véhicule. En outre, des systèmes installés sur l'infrastructure collectent et diffusent l'information aux conducteurs – par exemple, systèmes de détection des animaux et signalisation dynamique par messages, ce qui affecte leur performance.

Les systèmes embarqués

Les systèmes de détection de l'alcool

Au plan international, la question de la conduite sous l'influence de l'alcool est considérée comme cruciale pour la sécurité routière. Un système d'éthylomètre anti-démarrage consiste en un analyseur d'alcool dans l'air expiré couplé à l'allumage du véhicule, qui ne peut être démarré si le conducteur ne se soumet pas avec succès aux tests d'alcool dans l'air expiré assurés par le dispositif. Actuellement des programmes

d'éthylomètre anti-démarrage fonctionnent au Canada et aux États-Unis et ils peuvent avoir un effet dissuasif important sur la conduite sous l'influence de l'alcool.

Les premières données sur le programme d'éthylomètre anti-démarrage du Québec sont très encourageantes, elles suggèrent que les taux d'accidents des participants au programme sont effectivement plus faibles sur la période avec éthylomètre que sur la période précédente : réduction de 60 % du taux d'accidents avec dommages corporels (Dussault et Gendreau, 2000). Cet effet se maintient également sur la période de six mois consécutive au retrait de l'éthylomètre. Même si les participants continuent à conduire, il semblerait qu'ils conduisent plus prudemment et/ou moins fréquemment et sans les effets gênants de l'alcool. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour valider ce qui paraît être un avantage pour la sécurité de la circulation en général associé à la participation à un programme d'éthylomètre anti-démarrage (Beirmess, 2001). D'autres pays de l'OCDE devraient envisager de tels programmes pour réduire encore l'influence de l'alcool au volant sur la sécurité routière.

Les systèmes de détection de la somnolence

Des systèmes embarqués, par exemple pour le suivi des ondes du cerveau, le suivi des mouvements des paupières, l'analyse des mouvements du volant et des systèmes de suivi du maintien de la trajectoire sont en cours d'évaluation dans la perspective de traiter les problèmes de comportement de conduite induits par la somnolence (Dinges, 1995). Cette technologie est actuellement soumise à examen dans les domaines de la physiologie, de la psychophysiologie et de la prévention des accidents. Certains de ces dispositifs alertent le conducteur lors qu'apparaissent des indications de somnolence. Des expériences rigoureusement contrôlées sont nécessaires pour évaluer l'utilité de ces outils. Un défaut inhérent à tous les types de dispositifs d'alerte est que de nombreuses personnes continuent à conduire même lorsqu'elles se sentent somnolentes et qu'elles doivent lutter pour rester éveillées. Certains experts en matière de sécurité s'inquiètent de ce que les dispositifs d'alerte risquent en fait de donner aux conducteurs un sentiment fallacieux de sécurité, de les inciter à conduire bien au-delà du moment où la gêne se manifeste et de les empêcher de prendre des mesures comportementales efficaces pour prévenir la somnolence ou y porter remède (Lisper *et al.*, 1986 ; Dinges, 1995 ; Horne et Reyner, 1995a).

D'autres systèmes surveillent la trajectoire et les mouvements irréguliers du véhicule. Parmi ces systèmes, certains surveillent des marqueurs de voie sur la route ou utilisent des détecteurs avec gyroscope pour suivre la trajectoire du véhicule et alerter le conducteur. Des expériences ont montré que certaines personnes font confiance à ces systèmes de surveillance même si les alertes sont intentionnellement rendues non fiables, ce qui indique qu'il faut être prudent dans la prévision des effets en matière de sécurité de tels systèmes (Rudin-Brown et Noy, 2002). Aux États-Unis, on est en train de tester et d'évaluer à bord de véhicules commerciaux, un dispositif d'alerte disponible sur le marché. Au Japon, a été présenté en démonstration un système d'assistance au maintien de trajectoire. La position du véhicule relative aux marqueurs de voie fait l'objet d'un suivi continu grâce à l'analyse automatique d'une image vidéo. Lorsque le véhicule se rapproche trop des marqueurs de voie, le système exerce dans la direction opposée un faible couple que le conducteur peut percevoir par le biais du volant, la poursuite de la déviation déclenche une alerte sonore. Le système ne fonctionne pas lors des changements de file si les indicateurs de changement de direction sont activés.

Enregistreurs d'événements (boîtes noires, enregistreurs d'accidents)

Les enregistreurs d'événements recèlent un potentiel d'amélioration de la sécurité routière en permettant d'augmenter la précision des reconstitutions d'accidents et en ouvrant le bénéfice de l'accès à leurs données aux chercheurs, aux accidentologues et aux constructeurs. Les enregistreurs d'accidents enregistrent les paramètres physiques du véhicule sur un court intervalle de temps juste avant et juste après un incident ou un accident. Le groupe de travail sur les enregistreurs d'événements pour les camions et autobus de la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) a établi la liste suivante des dix éléments à stocker en priorité dans un enregistreur d'événements :

- Accélération longitudinale et latérale et direction principale de la force.
- Localisation géographique du choc.
- Port ou non de la ceinture pour chaque siège.
- Nombre d'occupants et position.
- Données avant le choc.
- Heure précise du choc.
- Données relatives au renversement.
- Données relatives au mouvement de lacet.
- Informations relatives au système de freinage anti-blocage, au contrôle de la traction et au contrôle de la stabilité.
- Données relatives aux coussins gonflables, par exemple éventuelle désactivation, instant du déploiement, étape du déploiement, etc.

Même si ces données servent pour l'analyse post-accident des collisions, les enregistreurs d'événements peuvent également avoir un impact sur la prévention des accidents. Au début des années 90, une étude européenne s'est penchée sur les effets des enregistreurs d'événements au sein d'une grosse flotte de véhicules commerciaux. La conclusion a été que mécanisme de rétroaction (confrontation ou non du conducteur avec les résultats de l'enregistreur d'événements et sanction ou non en cas d'utilisation abusive du véhicule) était plus important que la technologie employée. Dans le cadre d'une étude menée en Allemagne en 1998, les enregistreurs d'événements installés à bord de ses véhicules ont aidé la police de Berlin à diminuer de 25 % le coût des dommages matériels. En dépit de leurs avantages potentiels en termes de sécurité, les questions de propriété des données, de respect de la vie privée et de confidentialité constituent des obstacles institutionnels majeurs à l'utilisation des enregistreurs d'événements et des données ainsi relevées.

Systèmes de surveillance du port de la ceinture

Les ceintures de sécurité sont considérées comme l'une des meilleures mesures de prévention des décès liés à un choc subi à bord d'une automobile. Selon des études internationales (OCDE, 2002), 50 % des décès de conducteurs et de passagers non attachés auraient pu être évités s'ils avaient porté une ceinture de sécurité.

Certains pays ont déjà atteint des taux de port élevés pour les conducteurs et les passagers des sièges avant, mais même les campagnes de sensibilisation et de contrôle les plus agressives échouent à toucher les derniers 5 à 10 % de conducteurs et passagers des

sièges avant. Dans tous les pays, les taux de port pour les passagers des sièges arrière sont beaucoup plus faibles.

Étant donné l'importance du taux d'erreur des conducteurs et des passagers dans la négligence du port de la ceinture, de bons arguments existent en faveur d'une conception des véhicules qui assure que les ceintures de sécurité sont portées, même s'il faut avoir recours à des systèmes contraignants (le véhicule ne démarre pas si la ceinture n'est pas attachée) ou à des systèmes d'alerte. Ces systèmes devraient également concerner les passagers arrière puisqu'ils sont les plus susceptibles de ne pas porter leur ceinture de sécurité.

Une récente étude indépendante réalisée par l'Insurance Institute for Highway Safety aux États-Unis (IIHS, 2002) indique que l'installation à bord des voitures Ford d'un nouveau dispositif de rappel s'est traduite par une augmentation de 5 % du port de la ceinture comparé aux systèmes traditionnels dans les modèles Ford antérieurs et que ces rappels pourraient faire baisser de 1,7 % le nombre total de tués. Le système émet une sonnerie peu agressive et fait clignoter des signaux lumineux sur une durée de cinq minutes pour inciter au port de la ceinture alors qu'avec les systèmes traditionnels de rappel, l'alerte ne durait que de quatre à huit secondes. Aux États-Unis, une augmentation de 5 % du taux de port pourrait se traduire par un gain d'environ 700 vies chaque année. Une étude australienne récente (Fildes *et al.*, 2003) a examiné les coûts et avantages probables des systèmes de rappel du port de la ceinture de sécurité pour un éventail de variantes en termes de conception et de mise en œuvre. La conclusion en est une rentabilité positive dans l'ensemble des configurations ; même pour les plus coûteuses d'entre elles, les avantages surpassent les coûts.

Les systèmes installés sur l'infrastructure

Systèmes de détection des animaux

Les collisions entre des animaux et des véhicules sont un problème récurrent qui s'aggrave avec le développement et l'augmentation des flux de circulation et des populations de cervidés. Le problème se rencontre sur l'ensemble du territoire des États-Unis et il se traduit par des coûts significatifs en termes de dommages matériels, de blessés et de tués. Deux types de systèmes de détection des animaux sont actuellement en cours de développement. Un des systèmes fait appel à un simple rayon lumineux parallèle à la route qui déclenche des signaux lumineux clignotants en cas de franchissement du rayon. Un de ses défauts est qu'il n'y a aucun moyen de vérifier si c'est bien un animal qui a coupé le rayon en pénétrant ou en quittant le bord de la voie. Il s'ensuit que les conducteurs risquent d'apprendre à ignorer de fausses alertes. La génération technologique suivante consiste en la détection, par caméra à infrarouges, des grands animaux dans une zone ce qui déclenche des signaux lumineux clignotants sur un panneau. L'avantage de ce système réside dans le fait qu'il ne devrait fonctionner que lorsqu'un grand animal se trouve dans la zone ; toutefois, le conducteur peut ne pas s'apercevoir d'une panne du système et se montrer de ce fait moins prudent parce qu'il se fie à la technologie.

Affichage des vitesses pratiquées

Les dispositifs d'affichage des vitesses pratiquées mesurent la vitesse d'un véhicule depuis le bord de la voie et ils affichent la vitesse effective du véhicule à côté de la vitesse-limite sur un panneau à message variable (PMV). A l'opposé de l'AIV, un

dispositif d'affichage n'intervient pas comme un outil de contrôle de la vitesse ; toutefois c'est un moyen efficace de rappeler aux conducteurs la vitesse qu'ils pratiquent.

Système d'affichage de l'information relative aux conditions météorologiques/à la route/à la circulation

Les systèmes d'affichage de l'information relative aux conditions météorologiques/à la route/à la circulation font appel à des panneaux à message variable pour afficher différentes informations relatives à la circulation comme l'état du revêtement, les conditions météorologiques et les embouteillages qui affectent la performance de conduite et améliorent la sécurité. Certains pays considèrent que ces panneaux servent avant tout à l'information du conducteur et à la gestion de la circulation, tandis que d'autres pays les utilisent également pour des messages de sécurité ou pour annoncer des limitations de vitesse temporaires ou recommandées. Les utilisations spécifiques non liées à la sécurité de ces affichages sont examinées dans le chapitre 3.

Évaluation des systèmes installés sur l'infrastructure

Plusieurs études se sont penchées sur l'efficacité des systèmes installés sur l'infrastructure. D'après Elvik *et al.* (1997), on peut estimer que l'information en retour sur la vitesse à partir de PMV ainsi que d'autres mesures peuvent réduire de 65 % les accidents de piétons, de 41 % le nombre de blessés et de 16 % les collisions arrière. Citons parmi les études au niveau du projet, celle de l'ATEC/ITS France (2002) qui a collecté les résultats de diverses études menées en Europe. Au Royaume-Uni, on a constaté une diminution de 28 % des blessés, en Allemagne de 10 à 30 % et de 35 % de l'ensemble des accidents en Suisse.

De manière analogue, l'AIPCR (2000) a mené une enquête sur la diminution des accidents liée aux systèmes d'informations météorologiques dans différents pays pour conclure à une réduction moyenne des accidents de l'ordre de 30 à 40 %.

Tableau 2.2. Prédiction des effets positifs pour la sécurité des systèmes touchant l'état du conducteur

	Technologie	Pays	Réductions des accidents au niveau du projet	Réductions des accidents au niveau du système	Référence
Autres technologies	Panneaux à message variable (pour la régulation de la vitesse et d'autres visées)	Divers pays	N/D	65 % des accidents avec piétons	Elvik <i>et al.</i> (1997)
				41 % de l'ensemble des accidents avec blessés	
				16 % des collisions arrière avec blessés	
		Royaume-Uni	28 % des accidents avec blessés	N/D	ATEC / ITS-France (2002)
		Allemagne (A8) conditions inhabituelles (brouillard)	10 – 30 % des dommages matériels et des accidents avec blessés		
		Suisse (A1)	Réduction de 35 % de l'ensemble des accidents		
		Surveillance météorologique avec PMV	Divers pays (Europe)	N/D	30 – 40 %
	Réponse d'urgence	Divers pays (Europe)	N/D	7 – 12 % de l'ensemble des accidents	AIPCR (2000)
	Rappel pour le port de la ceinture de sécurité	États-Unis	N/D	1,7 % de l'ensemble des tués	IIHS (2002)

Systèmes coopératifs

Notification automatique de survenue de collision

En nombre croissant, les véhicules neufs sont équipés de systèmes qui contactent automatiquement les services d'urgence en cas de collision assez grave pour entraîner le déploiement d'un coussin gonflable. L'information sur la localisation du véhicule permet à un centre de services de contacter les autorités concernées et de les renseigner sur la localisation et la nature de l'incident. En réduisant le délai entre la survenue d'une collision et la notification des prestataires de services d'urgence, les systèmes de notification automatique de survenue de collision peuvent contribuer à accélérer l'arrivée sur le site des services d'urgence et à réduire ainsi la gravité des conséquences d'un choc. La réduction des délais de notification entraîne un moindre risque de décès et de handicaps découlant des blessures. Au cours d'une expérience opérationnelle sur le terrain menée aux États-Unis, le délai moyen de notification d'un incident s'est établi à moins d'une minute avec la notification automatique et à trois minutes pour une flotte témoin de véhicules non équipés. Par le biais d'un bouton de commande unique dans le véhicule, les occupants peuvent également utiliser le système pour dialoguer avec les services d'urgence ou d'information (Bachman et Preziotti, 2001).

Systèmes d'évitement des collisions

Les systèmes d'évitement des collisions sont des mesures préventives et pré-accident destinées à améliorer la sécurité du trafic. Ils peuvent être répartis en trois grandes catégories : systèmes embarqués, installés sur l'infrastructure et coopératifs.

Les systèmes anti-collision embarqués

Deux systèmes anti-collision embarqués sont examinés : l'aide avancée à la conduite qui est déjà disponible sur certains marchés européens et les systèmes d'amélioration de la vision commercialisés par les constructeurs aux États-Unis.

L'aide avancée à la conduite

L'aide avancée à la conduite recouvre des systèmes qui assurent une automatisation ou une assistance pour tout ou partie de la charge de travail du conducteur. Les systèmes d'aide avancée à la conduite assurent une assistance dans des situations de conduite dangereuses ou difficiles. De nombreux systèmes d'aide avancée à la conduite se fondent sur la régulation adaptative ou intelligente de la vitesse (RAV) qui maintient constante la vitesse d'un véhicule tout en conservant une distance de sécurité avec le véhicule précédent. Cette technologie est essentiellement commercialisée avec des arguments de confort alors que ses implications en termes de sécurité sont importantes (voir chapitre 3). Les progrès apportés par l'aide avancée à la conduite par rapport à la RAV concernent les systèmes d'évitement des collisions par l'avant et les systèmes de maintien de trajectoire. Ils sont conçus pour éviter les chocs frontaux, en sortie de route, lors de l'insertion dans une file, d'un dépassement ou d'un mouvement tournant. Ils peuvent également prévenir les collisions en intersection/obliques et optimiser la vitesse et la distance entre les véhicules, contribuant ainsi à réduire la charge de travail du conducteur.

A titre de fonction séparée, les systèmes d'aide avancée à la conduite peuvent également suivre l'état du véhicule et du conducteur, l'environnement routier et les autres usagers de la route. Les systèmes d'aide avancée à la conduite peuvent aussi fournir divers niveaux d'assistance, depuis l'alerte dans des situations risquées jusqu'à des fonctions d'intervention qui ajustent la vitesse ou la position du véhicule dans les axes longitudinal et/ou latéral. De nouveaux systèmes d'aide avancée à la conduite vont être développés et mis en œuvre progressivement, avec l'objectif de faciliter la charge de travail du conducteur qui résulte de la complexité croissante de l'environnement de la conduite.

Amélioration de la vision

Les systèmes d'amélioration de la vision améliorent les entrées visuelles du conducteur, c'est-à-dire les informations les plus importantes nécessaires au conducteur pour gérer l'environnement de la route. La visibilité réduite est un élément important qui intervient dans 42 % de l'ensemble des collisions sur la route. Elle peut être causée par l'illumination (éblouissement, lumière artificielle, etc.) et par les conditions météorologiques (soleil en incidence rasante, poussière, obscurité, pluie, grésil, neige, brouillard, etc.). Les systèmes embarqués d'amélioration de la vision augmentent l'information dans le champ de vision vers l'avant et transmettent cette information au conducteur. Un système embarqué utilise la radiation infrarouge pour détecter les piétons, les animaux, les constructions sur les rues latérales ainsi que les autres véhicules. Les progrès rapides actuels devraient permettre d'améliorer encore ce type de système. Des versions futures

pourront tenir compte d'informations résultant d'aménagements de l'infrastructure routière comme les marquages de délimitation de voie réfléchissants à infrarouges. Les constructeurs commencent à lancer des produits d'amélioration de la vision nocturne.

Les systèmes anti-collision installés sur l'infrastructure

Cette partie introduit deux exemples de systèmes installés sur l'infrastructure qui protègent les piétons et fournissent des informations sur la circulation à l'extérieur du champ de vision.

Les systèmes de protection des piétons

Les piétons comptent parmi les usagers de la route les plus vulnérables. Avant même d'introduire des systèmes de protection des piétons, des mesures peuvent être prises comme la réduction du nombre de feux tricolores qui ne sont pas sécurisés ou dont l'exploitation ne répond pas aux normes, en augmentant de manière adéquate la durée de la phase de vert pour les piétons et en s'assurant que les conducteurs respectent strictement les feux tricolores. Parmi les technologies conçues pour prévenir les collisions impliquant des véhicules et des piétons, on trouve des lumières encastrées dans le trottoir, des boutons-poussoirs lumineux, des feux tricolores dédiés aux piétons et des capteurs spécifiques qui allongent la durée du feu pour répondre aux besoins des piétons plus lents. Ces technologies peuvent s'avérer bénéfiques en termes de réduction du nombre de collisions provoquées par le défaut d'attention du conducteur, qui se produisent de manière dominante en zone urbaine ou quasi-urbaine.

Les systèmes de fourniture d'information installés sur l'infrastructure (pour compenser l'absence de visibilité)

Les systèmes installés sur l'infrastructure sont conçus pour avertir de l'approche de véhicules venant en sens inverse dans des courbes, en faisant appel à des capteurs de détection de véhicules au bord de la voie. Cette information est transmise au conducteur au moyen de panneaux d'information. Ces systèmes sont appelés à se développer dans les systèmes co-opératifs sol-véhicule, en fournissant des informations directement au véhicule.

Les systèmes anti-collision coopératifs sol-véhicule

Les systèmes d'alerte des dangers en aval

Une application des systèmes anti-collision réside dans la fourniture d'informations pour la sécurité résultant de la détection de véhicules en sens opposé dans des courbes qui échappent au champ de vision du conducteur. Ceci est rendu possible par la communication entre l'infrastructure routière et le véhicule. L'utilisation de cartes numériques qui stockent les informations relatives à la forme de la courbe permet d'identifier à l'avance les courbes et autres dangers potentiels, de façon à pouvoir réguler la vitesse et préserver une distance de sécurité entre les véhicules. Le recours à des systèmes coopératifs sol-véhicule pour fournir des informations procure en outre l'avantage de pouvoir déterminer si un véhicule venant en sens inverse pose un danger de collision frontale.

Au Japon, l'approche de la recherche développement quant au rayon de détection possible des véhicules repose essentiellement sur l'utilisation de systèmes embarqués ; les

systèmes coopératifs traitent les zones qui se trouvent hors de la portée des systèmes embarqués.

Au Japon également, le développement des technologies coopératives sol-véhicule se poursuit activement. Toutefois, au vu des caractéristiques des technologies installées sur l'infrastructure et du problème de l'adoption généralisée de l'équipement embarqué, il est prévu de commencer le déploiement des technologies d'aide à la sécurité de la conduite par les technologies installées sur l'infrastructure.

Évitement des collisions en intersection

Les systèmes d'évitement des collisions en intersection font appel à des capteurs en bord de route, à des processeurs et à des dispositifs d'alerte, à des dispositifs de communication entre le véhicule et le bord de la route et à d'autres dispositifs d'information ou d'alerte au bord de la route. Les systèmes d'évitement des collisions en intersection peuvent être classés en deux catégories : installés uniquement sur l'infrastructure ou coopératifs sol-véhicule. Les systèmes de la première catégorie reposent exclusivement sur l'affichage d'alerte en bordure de voie pour communiquer avec les conducteurs alors que les systèmes coopératifs communiquent directement l'information aux véhicules et aux conducteurs. Les principaux atouts des systèmes coopératifs résident dans leur capacité à améliorer l'interface conducteur-système et donc à virtuellement s'assurer qu'un message est reçu. On pourrait ainsi également tirer parti du potentiel d'exercer un contrôle sur le véhicule, du moins dans les situations où la fiabilité du système peut être confirmée et où on ne peut raisonnablement attendre du conducteur qu'il prenne des actions appropriées, compte tenu de l'imminence du danger et du délai de réponse disponible.

Les systèmes d'évitement des collisions en intersection avertissent les conducteurs des collisions potentielles en suivant la vitesse et la position d'un véhicule relativement au carrefour ainsi que celles des autres véhicules à proximité et en avisant le conducteur des actions appropriées pour éviter un refus de priorité ou une collision qui menace. Aux États-Unis, on va tester un système d'alerte par le biais de technologies embarquées, qui se renforcera des informations provenant de bases de données cartographiques et d'une communication coopérative avec l'infrastructure routière. On va tester des technologies capables de repérer la position et le mouvement d'autres véhicules dans les carrefours et de déterminer s'ils sont en train de ralentir, de tourner, de transgresser les règles de priorité ou les dispositifs de régulation du trafic.

Évaluation des systèmes

On peut citer comme exemples de l'effet de ces systèmes d'évitement des collisions :

- D'après Ferlis (2000), l'introduction aux États-Unis de systèmes d'évitement des collisions en intersection se traduirait par une diminution de 50 % de ce type d'accidents.
- Au Japon, quoiqu'on ne dispose de résultats que pour les quelques localisations équipées de tels systèmes, les systèmes installés sur l'infrastructure conçus pour avertir de l'approche de véhicules venant de la direction opposée ont réduit les accidents de 46 %, tandis que les systèmes anti-collision arrière ont réduit les accidents de 78 %.

- L'AIPCR (2000) indique que les systèmes anti-collision arrière aux États-Unis ont réduit les accidents de 17 %.
- Le tableau 2.3 fait la synthèse de ces résultats.

Tableau 2.3. Prévion des effets positifs pour la sécurité des technologies anti-collision dans les pays de l'OCDE

	Accident	Pays	Réductions des accidents au niveau du projet	Réductions des accidents au niveau du système	Références
Évitement des accidents	Collisions en intersection	États-Unis	N/D	50 % des collisions en intersection	Ferlis (2000)
	Collisions arrière	Japon	50 – 80 % de tous les accidents aux endroits où le système a été installé	N/D	Road Bureau (2001)
	Collisions arrière	États-Unis	N/D	17 %	AIPCR (2000)

Encadré 2.1. La route intelligente : *Advanced Cruise-Assist Highway Systems*

Les systèmes coopératifs interactifs sol/véhicule dénommés *Advanced Cruise-Assist Highway Systems* (AHS) (routes intelligentes) sont conçus pour prévenir 75 % de l'ensemble des collisions à l'exclusion de la conduite par des chauffards et pour assister les conducteurs. Le Japon a mené des essais de démonstration qui se prolongent par cette étude des technologies que la recherche et le développement doivent traiter en priorité.

Ces systèmes transmettent en temps réel aux véhicules des informations déterminées par l'infrastructure, en utilisant des communications sol-véhicule pour transmettre des données relatives aux obstacles en amont, aux véhicules qui traversent, à la position sur la route et à l'état de la chaussée.

Le Japon participe au développement de l'AHS et a retenu sept dispositifs qui sont efficaces contre les collisions dans la circulation : alerte de non maintien de la trajectoire ; prévention des collisions sur des obstacles traversant ou en aval, prévention du dépassement en courbe, évitement des collisions lors des tourne à droite, alerte piéton et surveillance de l'état du revêtement routier.

Des systèmes pilotes ont fait leur apparition et des expérimentations AHS, notamment sur route, ont débuté en 2002.

Les véhicules commerciaux

Les véhicules commerciaux recouvrent les gros camions (véhicules lourds de marchandises) et les autocars/autobus. En raison de leurs dimensions, de leur distance d'arrêt plus importante et de leur cargaison (il peut s'agir de marchandises dangereuses), les accidents qui impliquent de gros camions ont une tendance à être graves. En outre, de nombreuses opérations de transport routier de marchandises imposent de longs trajets qui impliquent des temps de conduite significativement plus longs que le trajet moyen d'une voiture particulière. Alors que de nombreux facteurs contribuent aux accidents des véhicules commerciaux, l'erreur du conducteur (par exemple vitesse excessive et manœuvres interdites ou risquées comme le refus de priorité, le non-respect de la distance de sécurité, le franchissement des feux de signalisation au rouge et le dépassement dangereux), qu'il s'agisse d'une véhicule commercial ou non, est en général citée comme

le principal facteur de ces collisions, l'inattention et la somnolence constituant des facteurs contributifs majeurs.

On peut citer parmi les mesures prises au plan international pour améliorer la sécurité des camions et des autocars/autobus : la séparation du trafic lourd du reste du trafic, la déviation du trafic lourd de marchandises autour des agglomérations urbaines, le port obligatoire de la ceinture de sécurité, l'interdiction de dépasser, les technologies de pesage en marche et les nouvelles méthodes logistiques pour la circulation et la distribution des marchandises. Actuellement, plusieurs pays testent, évaluent et mettent en œuvre les techniques suivantes à bord des véhicules commerciaux : limiteurs de vitesse ; tachygraphes numériques ; systèmes anti-encastrement à l'avant, à l'arrière et latéral pour protéger les autres usagers de la route ; systèmes anti-collision ; régulation adaptative de la vitesse ; systèmes de détection de la somnolence ; technologies permettant d'améliorer et contrôler la stabilité au renversement ; technologies de suivi de trajectoire ; freinage électronique pour la stabilité et le raccourcissement de la distance d'arrêt ; technologies de détection de la fatigue et d'alerte correspondante ; et des enregistreurs embarqués des données de performance de la conduite comme moyen potentiel de réduire le nombre d'accidents.

Sont également très répandus des systèmes de traquage des véhicules et des cargaisons qui, outre améliorer la logistique et la sûreté des opérations, ont également des implications en termes de sécurité. Les systèmes de gestion du transport de matières dangereuses sont largement utilisés pour s'assurer du respect d'itinéraires préalablement autorisés et pour permettre une réaction rapide aux incidents. De plus, les technologies d'exploitation des véhicules commerciaux, comme la vérification électronique des accréditations, le pesage en marche et les communications sol-véhicule améliorent la logistique et contribuent à la sécurité de l'exploitation en permettant en général aux conducteurs dont les documents sont en règle de faire approuver leur véhicule sans devoir s'arrêter aux stations de pesage ou aux postes d'entrée.

Aux États-Unis, le programme pour les véhicules commerciaux consiste en initiatives qui visent à : déployer des technologies de sécurité du véhicule intelligentes et permettant d'épargner des vies ; faire respecter les réglementations qui s'appliquent aux chargeurs et aux conducteurs ; améliorer la protection et la sécurité des occupants en travaillant avec des groupes interministériels et l'industrie en vue d'identifier, d'évaluer et de diffuser l'information relative aux nouveaux concepts et processus innovants pour les véhicules commerciaux ; et soutenir le développement de politiques et normes nouvelles pour promouvoir le déploiement sur les véhicules de technologies de renforcement de la sécurité et de la sûreté.

Le contrôle automatisé

Les STI, par le biais du contrôle automatisé, peuvent être utilisés pour surveiller le trafic et en assurer le contrôle en détectant les infractions aux règles de circulation sur les routes et aux intersections. La prévention constitue un des effets significatifs des systèmes de contrôle automatisé. Lorsque des mesures de contrôle automatisé sont en place, les gens ont tendance à avoir un comportement plus prudent. Citons parmi les avantages du contrôle automatisé : la diminution des collisions, l'amélioration de la sécurité grâce à la dissuasion, une influence positive sans répression excessive et une meilleure efficacité de l'utilisation des forces de l'ordre. Parmi les problèmes actuellement associés aux caméras de surveillance des feux de signalisation on trouve le non respect de la vie privée,

l'absence d'implication des forces de l'ordre, la motivation du profit, les décisions des tribunaux et les incitations à émettre plus de contraventions.

Le contrôle automatisé de la vitesse

Les technologies de contrôle automatisé, en particulier les photos radar, offrent un moyen efficace de renforcer substantiellement l'intensité du contrôle du respect des limitations de vitesse et l'effet de dissuasion de l'excès de vitesse. La photo radar est largement utilisée pour le contrôle des vitesses en Europe et en Australie, avec comme objectif une réduction des excès de vitesse et concomitamment de la fréquence des accidents avec dommages corporels. La plupart des équipements de contrôle automatisé de la vitesse intègrent à la fois une technologie radar pour déterminer la vitesse du véhicule et en complément un équipement photographique pour enregistrer la vitesse et permettre de relever les informations relatives au véhicule. Un avantage majeur de ces systèmes réside dans la réduction des vitesses pratiquées et dans une amélioration de la sécurité ; toutefois, leur succès dépend de leurs modalités d'introduction. Le recours à des caméras en des endroits réputés accidentogènes ou à haut risque peut s'avérer très efficace et peut susciter un soutien local. Le déploiement aléatoire des caméras automatiques est susceptible d'induire des réductions substantielles du nombre d'accidents sur une zone étendue en exerçant un effet de dissuasion général. Les programmes de relations publiques sont importants pour en assurer l'acceptation collective.

On peut également mesurer la vitesse moyenne de parcours sur un tronçon donné, soit sur une courte distance (de l'ordre par exemple de 5 kilomètres) soit dans le cas de routes à péage sur de longs tronçons d'autoroutes. Un avantage de ces systèmes est que l'effet sur la vitesse n'est pas limité dans le temps comme dans le cas de caméras isolées. En outre, les conducteurs jugent ce système comme plus équitable – il est possible de compenser une augmentation temporaire de la vitesse dans le cadre d'un dépassement.

La détection du franchissement des feux rouges

Les caméras de détection du franchissement des feux rouges sont largement utilisées dans plusieurs pays pour faire respecter les feux de signalisation aux intersections, dans la mesure où les infractions de franchissement du feu rouge rentrent dans les causes principales d'accidents graves en milieu urbain. Par exemple, aux États-Unis, les feux rouges brûlés correspondent à environ 200 000 collisions par an qui se traduisent par 150 000 blessés et 1 100 tués. À côté des caméras de surveillance de la vitesse, les caméras aux feux rouges sont le type le plus répandu de contrôle automatisé dans plusieurs pays. En général les systèmes de détection du franchissement des feux rouges se composent d'une seule caméra, en amont du feu, orientée dans le sens de la circulation qui prend deux clichés, espacés d'un intervalle de temps fixe, de l'arrière d'un véhicule ; le feu figure également sur le cliché. La caméra est activée par le passage du véhicule sur des boucles d'induction lorsque le feu est au rouge.

Les franchissements de passages à niveau

Chaque année, les collisions sur des passages à niveau entraînent non seulement la mort ou des blessures pour plusieurs milliers d'usagers de la route mais elles imposent également un lourd tribut financier en termes d'interruption des services ferroviaires et routiers et de dommages matériels pour les véhicules ferroviaires et routiers. Le contrôle par caméra intervient normalement sur les passages à niveau automatique équipés d'une

demi-barrière ou non gardé. Il implique la photographie de tout véhicule qui s'engage sur le passage à niveau une fois que les barrières commencent à descendre ou de tout véhicule qui se faufile entre les barrières. La détection des véhicules fait en général appel à des capteurs à boucle d'induction.

Le contrôle du franchissement des passages à niveau est unique dans le cadre du contrôle de la circulation dans la mesure où la chaussée se trouve interconnectée avec un système ferroviaire. La commande du signal ferroviaire qui règle le franchissement impose une coopération étroite entre les autorités routières et ferroviaires. De même que pour les applications de contrôle du franchissement des feux rouges, le contrôle automatisé des passages à niveau est intéressant dans la mesure où la police ne peut pas poursuivre en sécurité quelqu'un qui vient de franchir un passage à niveau en infraction.

Aux États-Unis, l'exploitant de la Los Angeles, Long Beach Blue Line a introduit avec succès le contrôle automatisé à dix-sept passages à niveau, en menant parallèlement une campagne de publicité, réduisant ainsi considérablement le nombre d'infractions et de collisions. A l'un des passages à niveau, la fréquence des infractions est tombée de une par heure à une toutes les douze heures, soit une réduction de 92 %. Entre 1995 et 1999, environ 9 000 contraventions ont été dressées pour franchissement non réglementaire des barrières (ITE, 1999).

L'évaluation des systèmes et les questions qu'ils soulèvent

Plusieurs études ont évalué l'efficacité de ces systèmes de contrôle automatisé et une synthèse en est donnée dans le tableau 2.4.

- Le CERTU (2001) indique que les caméras ont contribué à une diminution significative des accidents en Australie. Par exemple, en Nouvelles-Galles du Sud, une réduction de 22 % des accidents est rapportée ; dans l'état de Victoria, on est parvenu à diminuer de 30 % les accidents et de 34 % les collisions mortelles sur les grandes artères urbaines. L'AIPCR (2000) a également analysé des études de ce type pour parvenir à la conclusion résumée que ces systèmes ont un potentiel de réduction de 50 % de l'ensemble des accidents. Au Royaume-Uni, des réductions de 35 % des tués et des blessés ont été observées sur des sites d'implantation de caméras, avec une réduction de 56 % du nombre de piétons tués et blessés (Department of Transport, 2003).
- La preuve de l'efficacité des caméras a été faite dans de nombreux pays. Flannery et Maccubbin (2002) rendent compte d'une réduction de 26 % des accidents provoqués par le franchissement d'un feu rouge et l'IIHS (2001) d'une réduction de 29 % des accidents avec blessés à Oxnard, Californie. Le CERTU (2001) et l'IIHS (2001) font également état de réductions d'intensité variable des accidents avec blessés en Australie et à Singapour. Certaines études ont toutefois mis en évidence tout un éventail de facteurs susceptibles d'affecter les accidents en intersection et de tempérer ainsi l'efficacité des caméras aux feux rouges (Andreassen, 1995, Mann *et al.*, 1994). Un rapport de synthèse des recherches relatives à ces caméras (NHCRP 2003) montre, même s'il ne fait pas autorité, que ces systèmes améliorent la sécurité d'ensemble des intersections qui en sont équipées. Il n'est pas possible d'avoir des conclusions définitives car pratiquement chacune des études ou analyses d'accidents examinées présentait un défaut en termes de démarche expérimentale ou d'analyse. Les études indiquent en

général une réduction des accidents sur les approches adjacentes et dans certaines situations une augmentation des collisions arrière, mais dans une moindre mesure.

Dans un certain nombre de pays, le contrôle automatisé exigerait une nouvelle législation, un obstacle qui peut s'avérer sérieux. Toutefois son efficacité avérée dans d'autres pays devrait encourager les décideurs à mettre en œuvre les réformes nécessaires.

Tableau 2.4. Prévision des effets positifs pour la sécurité des technologies de contrôle automatisé réalisées dans différents pays de l'OCDE

	Technologie	Pays	Réductions des accidents au niveau du projet	Réductions des accidents au niveau du système	Références
Contrôle automatisé	Caméras de surveillance de la vitesse	Divers pays (Europe)	N/D	50 % de l'ensemble des accidents	AIPCR (2000)
		Australie	N/D	22 % en Nouvelles Galles du Sud	CERTU (2001)
				30 % de l'ensemble des accidents sur les voies artérielles urbaines dans l'état de Victoria	
				34 % de réduction des accidents mortels dans l'état de Queensland	
	Royaume-Uni	35 % de réduction des personnes tuées ou gravement blessées. 56 % de réduction des piétons tués ou gravement blessés sur les sites d'implantation des caméras		Department of Transport (2003)	
	Caméras aux feux rouges	États-Unis	N/D	26 % des accidents en franchissement de feux rouges	Flannery et Maccubbin (2002)
				29 % des accidents avec blessés à Oxnard (Californie)	IIHS (2001)
		Australie	N/D	10,4 % des décès et 24 % des accidents avec blessés	CERTU (2001)
				46 % des accidents avec blessés dans l'état de Queensland	
				20 % des accidents avec blessés à Adelaide	
				7 % des accidents avec blessés dans l'état de Victoria	
				26 % des accidents avec blessés en Nouvelle-Galles du Sud	
		Singapour	9 % des accidents avec blessés		Retting <i>et al.</i> (2002)

Conclusion

En conclusion, actuellement, les pays de l'OCDE testent, évaluent et mettent en œuvre la technologie de sécurité STI en vue de réduire le nombre de collisions et d'améliorer la sécurité sur les routes. Les systèmes embarqués, les systèmes installés sur l'infrastructure et les systèmes coopératifs semblent prometteurs en termes de prévention des collisions et de minimisation des dommages consécutifs aux collisions.

Les progrès des technologies de l'information ont alimenté le développement de technologies de détection en vue de déterminer le danger potentiel et de localiser avec précision le véhicule, en plus de la communication sans fil et des technologies de numérisation des cartes routières. Ces progrès technologiques ont permis la création de nouvelles mesures en faveur de la sécurité de la circulation qui fournissent en temps réel des informations détaillées pour répondre aux besoins de chaque conducteur. Citons comme exemples de ces progrès technologiques : (1) l'alerte avancée et la détection rapide d'évolutions dans l'état de la circulation relayées par des technologies embarquées, installées sur l'infrastructure et coopératives sol-véhicule et (2) l'optimisation de l'information dynamique, des alertes et de l'assistance à la conduite pour les différents véhicules et conducteurs.

Cet examen a montré que de nombreuses technologies différentes deviennent disponibles. Un certain nombre d'entre elles s'attaquent aux mêmes problèmes, avec une efficacité variable. Le chapitre 4 fournit une évaluation de ces technologies.

Le rythme de développement est rapide et on peut s'attendre à d'autres progrès au fur et à mesure du renouvellement du parc de véhicules. Les systèmes coopératifs vont se développer pour permettre de faire circuler des informations et des signaux entre les véhicules dans un même flux de trafic. Dans la plupart des cas, ce sont les gouvernements et les constructeurs automobiles qui vont mettre en œuvre les technologies STI. Un certain nombre de problèmes devront être résolus pour assurer que l'on en retire le maximum d'avantages. Ces questions sont traitées dans le chapitre 5.

Références

- AIPCR (2000), *Manuel ITS 2000*, Comité du Transport Intelligent, AIPCR, Paris.
- ATEC/ITS-France (*Association pour le transport, l'environnement et la circulation*) (2002), *Télématique et sécurité routière*, Paris.
- Andreassen, D (1995), "A Long-Term Study of Red Light Cameras and Accidents", Report ARR 261, ARRB, Victoria, Australia.
- Bachman, L.R. et G. R. Preziotti (2001), "Automated Collision Notification (ACN) Field Operational Test (FOT) Evaluation Report", DOT HS 809 304, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Baruya, A. (1998), "Speed-Accident Relationship on Different Kinds of European Roads", http://www.vtt.fi/rte/projects/yki6/master/d7_r114.pdf

- Beirness, D.J. (2001), *Best Practices for Alcohol Interlock Programs*, Traffic Injury Research Foundation, Ottawa.
- Besseling, H. et A. van Boxtel, (2001), *Intelligent Speed Adaptation: Results of the Dutch ISA Tilburg Trial*, Ministry of Transport, Directorate General of Public Works and Water Management, Transport Research Center, Rotterdam.
- Carsten, O., M. Fowkes et F. Tate (2001), *Implementing Intelligent Speed Adaptation in the United Kingdom: Recommendations of the EVSC Project*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Leeds.
- CERTU et ISIS (2001), *Automatic Traffic Enforcement Systems Study*, Synthesis Report on International Practice, ISIS, Lyons, France.
- Department of Transport (United Kingdom) (2003), “A Cost Recovery System for Speed and Red Light Cameras: Two-Year Pilot Evaluation”, Road Safety Division Research Paper, 11 February, London.
- Dinges, D.F. (1995), “An Overview of Sleepiness and Accidents”, *Journal of Sleep Research*, Vol. 4, Supp. 2, pp. 23-29.
- Dussault, C. et M. Gendreau (2000), “Alcohol Ignition Interlock: One Year’s Experience in Quebec” in *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Alcohol, Drugs, and Traffic Safety (ICADTS)* (CD Paper 905), Stockholm.
- Elvik, R., A. B. Mysen et T. Vaa (1997), *The Traffic Safety Handbook, Third Edition*, The Institute of Transport Economics, Oslo.
- Ferlis, R. (2000), “Intelligent Transportation Systems, Analysis of Infrastructure-Based System Concepts, Intersection Collision Avoidance Problem Area”, Internal Paper, October 30, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- Fildes, B., Fitzharris, M., Koppel, S. et Vulcan, P. (2003), *Benefits of Seat Belt Reminder Systems*, Report CR 211, Australian Transport Safety Bureau, Canberra, Australia.
- Finch, D.J., P. Kompfner, C.R. Lockwood et G. Maycock (1994), *Speed, Speed Limits and Accidents*, TRL, Crowthorne.
- Flannery, A. et R. Maccubbin (2002), *Using Meta Analysis Techniques to Assess the Safety Effect of Red Light Running Cameras*, Department of Transportation, Washington, DC.
http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov//JPODOCS/REPTS_TE//13623.html
- Horne, J. et L. Reyner (1995), “Driver Sleepiness”, *Journal of Sleep Research*, Vol. 4, Supp. 2, pp. 23-29.
- Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (2002), “The Effectiveness of the Belt-Minder System in Increasing Seat Belt Use”, Status Report, Vol. 37, No. 2, 9 February, Arlington, Virginia.
- Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (2001), “Red Light Camera Enforcement Reduces Crashes, Not Just Violations”, Status Report, Vol. 36, No. 4, 28 April, Arlington, Virginia.
- Intelligent Vehicle Initiative (IVI), www.its.dot.gov/ivi/ivi.htm
- Institute of Transportation Engineers (ITE) (1999), *Automated Enforcement in Transportation*, ITE, Washington, DC.

- Lisper, H.O., H. Laurell et J. Van Loon (1986), “Relation Between Time to Falling Asleep Behind the Wheel on a Closed Track and Changes in Subsidiary Reaction Time During Prolonged Driving on a Motorway”, *Ergonomics*, Vol. 29 (3), pp. 445-453.
- Mann, T, Brown, S et C. Coxon (1994), “*Evaluation of the Effects of Installing Red Light Cameras at Selected Adelaide Intersections*”, Report 7/94, Office of Road Safety, Adelaide, Australia.
- NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) (2003), *Impact of Red Light Camera Enforcement on Crash Experience - A Synthesis of Highway Practice*, Synthesis 310 Transportation Research Board, Washington, DC.
http://gulliver.trb.org/publications/nchrp/nchrp_syn_310.pdf
- Retting, R., S. Ferguson et A. Shalom Hakkert (2002), *Effects of Red Light Cameras on Violations and Crashes: A Review of the International Literature*, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Virginia.
- Road Bureau (2001), *Benefits from ITS Deployment in Japan*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan
- Rudin-Brown, C. and I. Noy (2002), *Investigation of Behavioral Adaptation to Lane Departure Warnings*, Transportation Research Record 1803, Transportation Research Board, Washington, DC.
- TRB (Transportation Research Board) (1998), *Managing Speed*, Special Report 254, National Research Council, Washington, DC.

Chapitre 3

LES TECHNOLOGIES NON CONÇUES POUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Résumé. Ce chapitre examine les technologies qui sont utilisées dans le transport routier mais qui ne sont pas conçues pour la sécurité routière bien qu'ayant un impact sur celle-ci.

Introduction

De nombreux progrès technologiques actuellement en cours de réalisation ont la capacité d'affecter la sécurité routière. Kantowitz et Meyer classent de la manière suivante l'information du conducteur à bord du véhicule : 1) sécurité et évitement des collisions ; 2) systèmes avancés d'information sur les déplacements ; et 3) systèmes pour le confort et récréatifs. Ce chapitre traite des technologies qu'on peut regrouper dans les rubriques 2 et 3. Elles ciblent à la fois ce qui a trait à la conduite — c'est-à-dire les systèmes de navigation embarqués, les diagnostics/pronostics pour les véhicules commerciaux, la régulation adaptative de la vitesse – et ce qui ne contribue pas à la tâche de conduite — c'est-à-dire les téléphones mobiles, la télévision, les télécopieurs, les ordinateurs portables et les assistants électroniques (PDA).

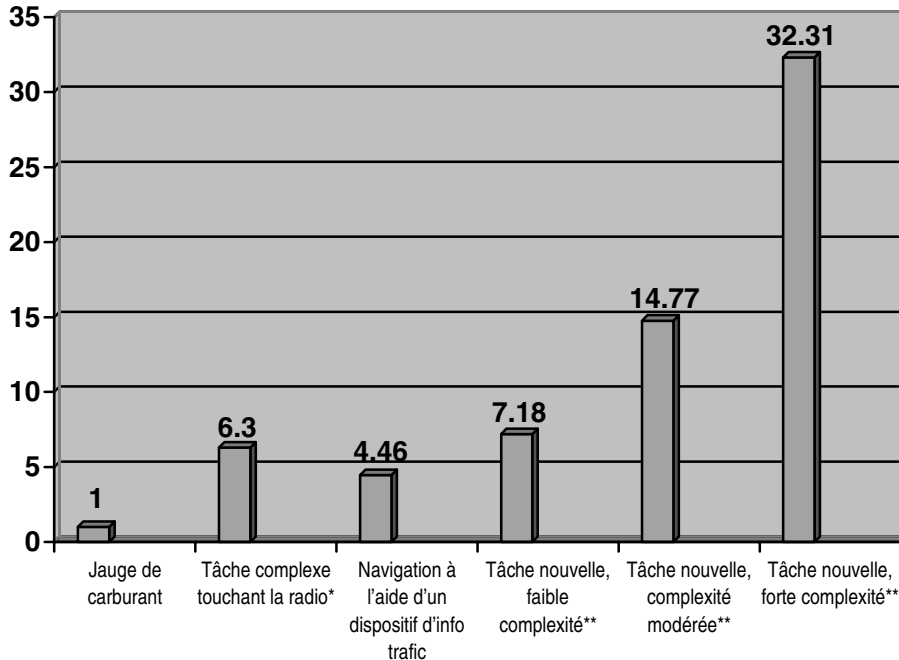
Au fur et à mesure que nous nous rapprocherons de la génération des « e-voitures », « cyber-voitures » et « véhicules en réseau » (Crawford *et al.*, 2001), les effets sur la sécurité apparaîtront plus nettement qu'aujourd'hui surtout si l'on considère que le marché mondial pour les dispositifs embarqués – par exemple information et récréation – devrait dépasser les USD 40 milliards d'ici 2010 (Sundeen, 2001).

Dingus (2000) s'est penché sur l'introduction de nouvelles tâches associées aux nouvelles technologies. La figure 3.1 illustre ce concept. Sur la gauche on trouve une tâche traditionnelle (consulter la jauge de carburant) et en se dirigeant vers la droite on trouve des tâches nouvelles, plus complexes, associées aux nouvelles technologies. Il suggère que certaines de ces tâches nouvelles exigent un traitement visuel substantiel et un traitement cognitif d'un ordre supérieur à ce qui est requis pour les tâches traditionnelles.

En se référant à la figure 3.1, Dingus suggère que la consultation de la jauge de carburant correspond à une demande visuelle et à peu, voire pas, de traitement cognitif. En se déplaçant vers la droite on rencontre par exemple la consultation du compteur de vitesse. Si en le regardant vous constatez que vous allez trop vite, vous pouvez lever votre pied de l'accélérateur et peut-être appuyer sur le frein. Encore plus à droite et en examinant de nouvelles tâches, vous pouvez avoir un élément d'information auditive ou visuelle ou une combinaison des deux. Dans un tel cas, vous pouvez avoir un traitement cognitif substantiel et vous pouvez avoir une demande de réponse à la fois manuelle et

verbale. Ceci peut interférer avec la conduite et présenter un risque potentiel pour la sécurité.

Figure 3.1. Prédiction du taux d'accident relatif



* Comme insérer un CD ou régler manuellement la radio.

** Valeurs caractéristiques obtenues à partir de nombreux tests. Ne correspond pas à un dispositif ou à une tâche donnée.

Source : Dingus, 2000.

Dans une enquête auprès des pays de l'OCDE menée dans le cadre de la préparation de ce rapport, très peu d'études portant sur les effets en termes de sécurité de ces technologies ou d'autres ont été mentionnés. L'étude a fait ressortir dans la plupart des pays de l'OCDE un fort degré de préoccupation relative à l'utilisation du téléphone mobile en conduisant. Il y a également des réponses mitigées quant à l'impact des systèmes embarqués de navigation et d'information.

Les technologies ayant trait à la conduite

On examinera dans cette partie les technologies conçues essentiellement pour répondre à des objectifs de confort du conducteur, d'efficacité du transport et environnementaux, notamment les technologies d'information du conducteur, la régulation adaptative de la vitesse et les systèmes de régulation du trafic et de gestion de la demande installés sur l'infrastructure. En termes d'effets attendus, ces technologies sont principalement associées à des diminutions de la charge de travail du conducteur, des temps de parcours, de la congestion du trafic, de la consommation d'énergie et des émissions des véhicules. Toutefois, dans la mesure où elles peuvent affecter les caractéristiques d'exposition et de comportement, potentiellement elles peuvent égale-

ment affecter les résultats en matière de sécurité routière. On observe aussi des situations critiques dues à l'utilisation de ces systèmes (Pauzié, 2001).

Les systèmes d'information du conducteur

On s'attend à une forte expansion de l'équipement de navigation et des autres équipements embarqués. On prévoit (Shelton, 2000) que, d'ici 2010, tous les véhicules neufs seront équipés, sous une forme ou une autre, d'un ordinateur embarqué accessible au conducteur. Au sein de ces systèmes, les systèmes de navigation ou de guidage constituent l'une des technologies STI embarquées les plus matures et de nombreux produits sont aujourd'hui sur le marché. Ils aident le conducteur à sélectionner l'itinéraire le plus court ou le plus rapide pour une destination retenue. Ils vont de simples systèmes d'annuaire qui fournissent un ensemble d'instructions de navigation au début d'un voyage à des systèmes de guidage dynamique qui intègrent l'information en temps réel sur la circulation. Les systèmes de traquage des véhicules et des cargaisons sont également largement répandus pour les véhicules commerciaux, essentiellement pour renforcer la logistique et la sécurité. Les systèmes de gestion du transport de matières dangereuses sont largement utilisés pour s'assurer que des itinéraires déposés pour autorisation sont bien suivis et pour permettre une réaction rapide aux incidents.

Une caractéristique centrale de ces systèmes réside dans la combinaison de cartes routières numérisées et de moyens de communiquer sous mode verbal ou graphique des conseils relatifs à l'itinéraire le plus efficace. La plupart sont également capables de suivre la position du véhicule afin d'assurer au conducteur la continuité de l'aide à la navigation. Les systèmes de traquage des véhicules se fondent sur l'une des trois méthodes ci-après:

- Les systèmes de navigation autonomes s'appuient sur des techniques de navigation à l'estime pour évaluer la distance et la direction du déplacement, sans information depuis des aides extérieures à la localisation.
- Les systèmes de navigation radio font appel à des satellites pour suivre la position du véhicule, souvent en combinaison avec des processus de navigation à l'estime – le système GPS Global Positioning Satellite est le plus répandu.
- Les systèmes avec balises de proximité utilisent des émetteurs terrestres de courte portée pour actualiser périodiquement la position d'un véhicule.

Les systèmes GPS se répandent de plus en plus et sont maintenant courants à bord des voitures neuves et de location en Europe, en Amérique du Nord, au Japon et en Australie.

La NHTSA (1995) a analysé les difficultés liées à l'évaluation des effets de ces technologies en matière de sécurité. Plus précisément, il est relativement simple de déterminer de combien de temps supplémentaire – c'est-à-dire le temps de distraction – une personne a besoin pour entrer une destination dans un système de navigation mais il est extrêmement difficile d'estimer le nombre d'accidents qui peuvent être imputés à cette action. Le système en question ne pouvait être programmé en roulant. Dans une étude séparée d'un système spécifique de navigation en Floride, Inman *et al.* (1996) n'ont trouvé aucun effet adverse sur la sécurité. Une évaluation à l'échelle du réseau (véhicules équipés et non-équipés) menée dans le cadre de cette étude a permis de prédire une réduction globale pouvant aller jusqu'à 4 % des accidents pour les automobilistes utilisant le système. Dans une autre étude du même système, Inman *et al.* ont indiqué qu'alors que les utilisateurs n'avaient pas une probabilité plus forte d'être impliqués dans un quasi-

accident que les non utilisateurs, les utilisateurs du système avaient une plus forte probabilité d'indiquer qu'ils avaient contribué à un quasi-accident.

Une autre étude de Tijerina *et al.* (1998) menée sur une piste d'essai a trouvé que les effets distractifs de l'entrée visuelle-manuelle de destination pendant que le véhicule était en mouvement étaient plus importants que ceux induits en cas de réglage de la radio ou de composition d'un numéro sur un téléphone mobile. Les distractions associées aux systèmes à commande vocale étaient équivalentes à celles relevées en cas de réglage de la radio ou de composition d'un numéro sur un téléphone mobile.

Dans une étude séparée (McKeever, 1998), on a trouvé une réduction globale de 1 % de types spécifiques d'accidents avec des tués et des blessés pour les gens qui utilisent des dispositifs de navigation. Elvik *et al.* (1997) ont rendu compte de deux études ciblées sur les systèmes de guidage. Dans l'une, on a trouvé que le guidage dynamique n'affectait pas le nombre d'accidents mais qu'il en réduisait les coûts de 1,5 %. L'autre étude a montré que l'optimisation du temps de parcours se traduisait souvent par un nombre d'accidents plus élevé en raison de la distribution plus uniforme du trafic sur l'ensemble du réseau, y compris en des zones de conflit plus fréquent comme les intersections.

Le Département of Transportation des États-Unis (2001) indique que la modélisation par simulation prédit que l'accès aux systèmes d'information du conducteur en préalable au déplacement peut réduire le risque d'accident d'un pourcentage aussi élevé que 8,5 % en cas d'incident majeur sur autoroute. Il indique ensuite que pour les utilisateurs d'information en route, telle qu'elle est fournie par les systèmes de navigation embarqués, le pourcentage correspondant serait de 11 % dans un scénario d'accident similaire.

Tijerina *et al.* conclurent que l'espoir est faible de pouvoir prédire le nombre d'accidents susceptibles de survenir en cas d'utilisation d'une technologie STI particulière – c'est-à-dire les systèmes embarqués d'information et de télécommunications. Ils poursuivent en disant qu'en matière de sécurité une évaluation itérative s'impose tout au long de la durée de vie du projet.

Au Japon, l'agence nationale de la police (1998) a fait état d'augmentations substantielles des accidents mortels et des blessés suite à la première introduction des systèmes de navigation embarqués, toutefois le nombre de blessés et de tués est rapidement revenu au niveau d'avant 1997 après l'introduction, à la fin de l'année 1999, d'une réglementation adaptée. En outre, une enquête menée par la Fondation automobile du Japon en octobre 2001 a démontré que les systèmes de navigation embarqués renforcent la perception de la sécurité et la confiance en fournissant une meilleure information.

Look et Abdulhai (2000) ont comparé les systèmes de guidage dynamique et les systèmes de guidage à sécurité renforcée en utilisant un réseau de transport fictif pour mesurer les gains sur les temps de parcours, le débit et les accidents entre véhicules. L'application du système dynamique permettait aux conducteurs habituels/informés de recevoir en temps réel l'information sur le trafic et de sélectionner les itinéraires les plus rapides. L'autre application fournissait aux conducteurs habituels/informés l'information relative aux mouvements tournants toutes les cinq minutes et leur permettait de sélectionner l'itinéraire présentant le moindre risque. Avec le système dynamique, ils ont trouvé une augmentation de 15,5 % des accidents pour un taux de pénétration du marché de 60 %. Avec le second système, après une augmentation au départ des accidents (de 4 %), la plus forte pénétration du marché s'accompagnait d'une diminution des accidents de 10 % en moyenne.

La Commission Européenne (2000) a examiné plusieurs projets faisant appel à des dispositifs de navigation embarqués. Le projet CLEOPATRA à Turin, en Italie, a fait la démonstration de gains de temps positifs et de la satisfaction du consommateur. Au plan de la sécurité toutefois, 20 % des conducteurs cobayes à Rotterdam se sont montrés soucieux d'être distrait de la tâche de conduite.

Regan *et al.* (2001) ont indiqué que les systèmes de guidage paraissent réduire la charge de travail cognitive permettant ainsi aux conducteurs de consacrer plus d'attention à la perception du risque et au contrôle du véhicule. Dans des études citées par Regan *et al.* (2001), on a trouvé que :

- Les conducteurs qui se guident à partir d'une carte papier exhibent un nombre de dysfonctionnements dans le contrôle du véhicule significativement plus important que ceux qui utilisent le système « CARiN », de changement de direction à changement de direction ; à la fois en termes d'infractions et de comportements de conduite imprudents relevés (Forzy, 1999).
- Les conducteurs qui se guident à partir d'une carte papier se trouvent impliqués dans un nombre plus important d'incidents frôlant l'accident que ceux qui sont équipés d'un système de guidage (Inman *et al.*, 1996).

Théoriquement, les systèmes de guidage peuvent affecter les résultats de sécurité en influençant les caractéristiques générales d'exposition au trafic, encore qu'il soit difficile de prédire l'impact net de ces influences. D'un côté, ils peuvent abaisser l'exposition générale au risque par diminution du volume de déplacements superflus ; d'un autre côté, ils peuvent encourager les automobilistes à effectuer plus de trajets dans des zones qu'ils ne connaissent pas.

ETSC (1999) a mis en évidence un problème à savoir le potentiel qu'ont les systèmes de navigation de dévier les automobilistes vers des itinéraires exhibant des risques relatifs inhérents différents. Des études quantitatives ont montré de faibles réductions des accidents liés aux systèmes de guidage mais un risque d'accidents plus fréquents si les itinéraires de déviation des autoroutes sont fréquents (FHWA, 1997 ; Elvik *et al.*, 1997 ; Perrett et Stevens, 1996 ; cités dans ETSC, 1999).

Enfin, il n'y a eu que peu d'évaluation directe des effets sur les accidents de la route. Toutefois, au fur et à mesure de la baisse des prix et de la généralisation de la présence des technologies à bord des véhicules, il est probable que l'usage va se développer et que le volume de temps que les conducteurs vont passer dans un état de distraction va augmenter. Cette exposition accrue peut entraîner une augmentation des accidents. Il est clair qu'il faut mettre en place un recueil de données plus détaillé sur les quasi-accidents et disposer d'informations sur les accidents effectifs pour, à l'avenir, s'adapter comme il convient.

On entend fréquemment exprimées des préoccupations relatives à la capacité qu'ont ces technologies de distraire les conducteurs de leur tâche normale de conduite, ce qui fait ressortir l'importance d'une bonne conception de l'interface homme-machine. Il a par exemple été suggéré (ETSC, 1999) que les systèmes de navigation embarqués :

- Ne devraient pas autoriser l'utilisation d'écrans avec des cartes pendant la conduite.
- Devraient fournir des instructions à chaque changement de direction pendant la conduite.

- Devraient se fonder sur une information complète et actualisée pour éviter la confusion du conducteur.

Cairney et Green (1999) et Regan *et al.* (2001) ont également souligné l'importance des affichages tête haute et de la modalité non-visuelle pour minimiser la nécessité de quitter la route du regard.

D'autres formes de systèmes d'information du conducteur que l'aide à la navigation sont conçues pour fournir aux automobilistes des informations en temps réel sur l'état de la route et les conditions de circulation. L'information transmise recouvre en général des avis actualisés relatifs à la congestion, aux zones sous chantier, aux itinéraires de substitution, aux conditions météorologiques, aux accidents et autres incidents. Les systèmes de diffusion peuvent se limiter à un affichage d'informations à l'extérieur (panneau à message variable) mais dans des systèmes plus avancés, on trouve une communication directe avec le véhicule qui fait appel à des techniques d'émission radio.

Parmi ces derniers, les services de *Traffic Message Channel (TMC)* sont de plus en plus couramment accessibles en Europe et en Amérique du Nord. Ces systèmes transmettent des données silencieuses telles que des signaux RDS (Radio Data System) par l'intermédiaire des programmes radio FM normaux. Des récepteurs embarqués, en général des systèmes radio ou de navigation avancés, décodent l'information et la présentent à l'automobiliste dans la langue qu'il a choisie, via les hauts-parleurs ou un écran d'affichage.

Les dispositifs au bord de la route font partie du système utilisé pour fournir l'information au conducteur, au même titre que les technologies embarquées et coopératives sol-véhicule. Les dispositifs au bord de la route qui contribuent aux systèmes avancés d'information du voyageur sont :

- Les panneaux à message variable qui donnent des informations relatives aux conditions météorologiques, à la vitesse, aux incidents et aux itinéraires disponibles, *etc.*
- Les systèmes de détection des incidents.
- L'alerte pour un véhicule se rapprochant en sens opposé et l'alerte pour la collision arrière.
- Les systèmes de gestion météo comprennent des capteurs qui détectent les conditions météorologiques, des logiciels précis de prévision de ces conditions et des dispositifs d'alerte comme des PMV ou une radio d'information routière.

Les systèmes d'alerte relative à l'état du revêtement de chaussée ou aux travaux routiers/état du trafic sont constitués de capteurs installés sur l'infrastructure pouvant détecter des revêtements mouillés ou verglacés qui imposent de réduire la vitesse. Comme la pré-annonce de zones sous chantier ou de déviations liées à de gros accidents, entrée dans le système par les autorités routières et les services d'urgence, cette information peut être relayée aux véhicules et présentée aux conducteurs par le biais d'alertes visuelles et auditives plusieurs minutes avant qu'ils n'atteignent le site concerné. La pré-annonce permet aux conducteurs de choisir un itinéraire de remplacement et d'éviter les changements brutaux de vitesses susceptibles d'entraîner des carambolages.

Tout comme les systèmes de navigation, ces systèmes sont essentiellement conçus pour aider les automobilistes à éviter d'allonger leur temps de parcours. Ils ont donc le potentiel d'affecter les résultats en matière de sécurité en influençant les caractéristiques

générales d'exposition. Peu de données d'évaluation sont disponibles. Toutefois, des effets clairs sur la sécurité ont été mis en évidence pour les systèmes qui avertissent les conducteurs de conditions spécifiques où le risque est élevé. ETSC (1999) et Cairney et Green (1999) citent différentes études qui révèlent des avantages en termes de sécurité, comme la réduction des vitesses moyennes, associés aux systèmes d'informations météorologiques.

Les systèmes de régulation adaptative de la vitesse

Les systèmes de régulation adaptative de la vitesse prolongent la capacité de gestion de la vitesse des systèmes classiques de régulation de la vitesse en incorporant une fonction de maintien de l'espacement entre véhicules. Ils permettent de diminuer automatiquement la vitesse de croisière présélectionnée pour un véhicule de façon à maintenir un écart minimal en temps ou en distance avec le véhicule précédent. Les systèmes classiques incorporent des capteurs radar ou LIDAR (détection et localisation par la lumière) pour détecter les objets en aval ainsi que des détecteurs en courbe pour s'assurer que le véhicule devant circule dans la même voie. Les données ainsi obtenues sont traitées et mises en liaison avec les systèmes de gestion du moteur et de freinage. Les systèmes actuellement disponibles auprès de différents fabricants autorisent une décélération allant jusqu'à environ $0.3 g^*$; Ceci équivaut à un freinage relativement ferme dans une situation non d'urgence. La technologie évolue donc vers un niveau qui devient plus cohérent avec l'anti-collision qu'avec la seule régulation d'allure. Toutefois, si le système permet aux conducteurs de fixer des interdistances cibles (créneaux de temps) beaucoup plus courtes que les capacités de réponse du système (comme cela s'est produit sur certains véhicules européens), il y a des inconvénients potentiels en termes de sécurité. Les systèmes d'alerte anti-collision avant couplés à la régulation adaptative de la vitesse sont déjà en cours d'évaluation et de mise en œuvre comme technologies de sécurité à bord de véhicules commerciaux.

Il est généralement reconnu que les systèmes de régulation adaptative de la vitesse ont été développés d'abord pour améliorer le confort du conducteur et qu'ils n'ont pas été conçus pour répondre à des situations de freinage en urgence ou critiques. Théoriquement, toutefois, la capacité de réduction automatique de la vitesse de ces systèmes pourrait déboucher sur un abaissement du risque d'accident ou de leur gravité. Regan *et al.* (2001) ont cité des recherches sur micro-ordinateur qui suggèrent que les collisions arrière pourraient diminuer d'un pourcentage estimé à 29 % si les conducteurs utilisaient ces systèmes à partir de 48km/h et au-delà. Des études de simulation ont suscité des préoccupations relatives à des adaptations négatives du comportement comme l'élévation des vitesses moyennes et le raccourcissement des espacements inter-véhiculaires.

Les systèmes de régulation adaptative de la vitesse comme les systèmes habituels de régulation à vitesse fixe se désactivent automatiquement et rendent la main au conducteur aux vitesses inférieures à 40 km/h et lorsque le conducteur agit sur les freins à n'importe quelle vitesse. On a fait des démonstrations de systèmes de régulation adaptative de la vitesse « discontinue » qui freinent le véhicule jusqu'à l'arrêt et l'accélèrent à nouveau en réponse aux mouvements du véhicule précédent sans intervention du conducteur. Il est indispensable d'évaluer de très près les effets d'adaptation du comportement liés au fait

* $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

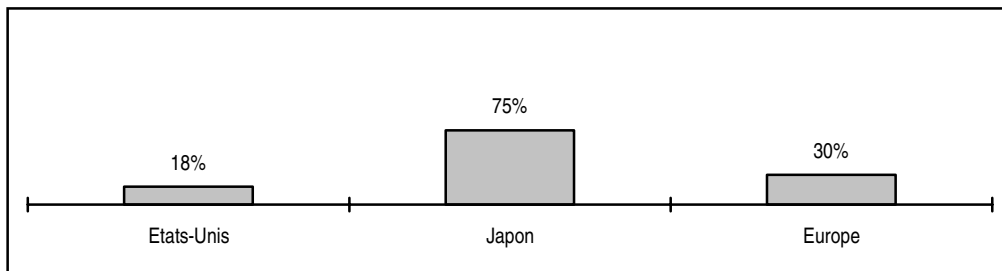
de diminuer ou supprimer l'implication du conducteur dans le contrôle de la progression linéaire du véhicule.

Les systèmes de gestion de la circulation

Les systèmes de gestion de la circulation recouvrent tout un éventail de technologies de détection et de signalisation destinées à réguler le flux des véhicules sur les voies et autoroutes urbaines :

- *La commande coordonnée des feux de signalisation* renvoie à la synchronisation des feux de circulation pour harmoniser les mouvements de véhicules dans une zone donnée. Les systèmes de commande simple utilisent des plans de feux pré-établis à partir de données historiques. Les systèmes plus avancés, comme SCATS développé en Australie ou le système britannique SCOOT, incorporent des technologies de réponse aux conditions de circulation. La figure 3.2 montre les avantages en termes de sécurité des systèmes de coordination des feux de signalisation dans différentes régions du monde. Ces exemples font clairement ressortir le potentiel des technologies en termes d'avancée significative dans la situation de la sécurité routière.

Figure 3.2. Réduction des accidents liée à l'introduction de systèmes avancés de commande des feux



Note : La valeur pour le Japon correspond à une situation où il n'existait pas de feux préalablement à l'installation du système.

Source : AIPCR, 2000.

- Meilleur phasage du tourne-à-gauche protégé. Si les phases de tourne-à-gauche protégé sont utilisées depuis longtemps dans la programmation des feux, leur principale application a été l'optimisation du flux de circulation. L'attention accrue portée à la sécurité peut susciter des recherches plus poussées sur le phasage du tourne-à-gauche protégé pour répondre aux exigences de sécurité.
- La régulation des accès est l'utilisation spécifique de feux sur les bretelles d'accès aux autoroutes en vue d'optimiser le débit de circulation sur l'autoroute et de minimiser la congestion. Là encore, le rythme d'accès peut être fixe ou dynamique.
- Les systèmes de gestion des incidents permettent la détection rapide des accidents, pannes et autres incidents et une réponse rapide. Une fois qu'un incident est détecté par le biais des images fournies par une caméra ou des boucles d'induction, les véhicules d'urgence interviennent et peuvent résoudre le problème rapidement et efficacement avec le minimum de délai. En même temps, les panneaux à message variable, la radio et autres médias peuvent être utilisés pour dévier le trafic vers des itinéraires de substitution.

Les systèmes de gestion du trafic recèlent un potentiel de réalisation d'avantages substantiels en termes de sécurité en réduisant le niveau de conflit dans la circulation. Les résultats globaux vont toutefois dépendre dans une large mesure du degré d'intégration des systèmes et des critères d'optimisation. ETSC (1999) a analysé les résultats d'évaluation disponibles qui lui a suggéré ce qui suit :

- La mise en œuvre de feux de signalisation tout simples peut faire baisser de 15 à 30 % le nombre d'accidents graves en intersection mais les avantages additionnels des systèmes coordonnés sont moins nets. Ils peuvent réduire les collisions arrière en diminuant le nombre d'arrêts mais ils sont également susceptibles d'augmenter le nombre d'accidents graves dans la mesure où ils favorisent des vitesses plus élevées dans les carrefours.
- La régulation des accès peut déboucher sur des réductions des accidents sur autoroute de 10 % à 15 %.
- Les systèmes de gestion des incidents se sont avérés réduire l'incidence des collisions secondaires de 28 %.
- La modélisation a montré que l'optimisation à l'échelle du réseau peut réduire les collisions de 12 à 30 % tout en augmentant les temps de parcours de 10 à 15 % dans un réseau congestionné.

Les systèmes de gestion de la demande

Les stratégies de gestion de la demande visent à réduire l'intensité de la congestion en modifiant les caractéristiques des déplacements et les préférences modales. Les mesures qui relèvent de cette catégorie peuvent affecter la demande de transport en imposant des restrictions physiques ou en donnant des incitations financières, ou en améliorant la disponibilité de l'information pertinente pour les déplacements :

- *Le contrôle d'accès* implique le recours à des systèmes électroniques pour limiter l'accès des véhicules à un centre urbain ou à toute autre zone délimitée. L'accès peut être limité à des types de véhicule particuliers ou à certains moments de la journée, la vérification se fait par le biais de systèmes de surveillance électronique ou de barrières fonctionnant avec un code.
- *Les systèmes électroniques de péage routier ou de péage de congestion* appliquent des stratégies de marché pour transférer des trajets effectués en période de pointe vers des horaires ou des itinéraires moins chargés ou pour obtenir des réductions globales du volume de trafic (en encourageant par exemple la mise en commun des véhicules). Ils recouvrent également des systèmes de redevance par l'utilisateur pour aider à financer des infrastructures routières plus efficaces comme des autoroutes, des tunnels ou des ponts. Les systèmes de péage autoroutier adoptent en général une tarification simple proportionnelle à la distance. Cependant, des systèmes de tarification plus complets sont techniquement faisables en utilisant le GPS et d'autres technologies nouvelles. Ces systèmes pourraient prendre en compte tout un éventail de facteurs comme la position, le moment de la journée, le type de véhicule et la distance parcourue.
- *Les mesures de réduction de la demande* peuvent affecter directement les niveaux d'exposition en réduisant la dépendance à l'automobile pour se déplacer. Elles peuvent être regroupées en deux grandes catégories : celles qui encouragent un transfert modal vers d'autres formes de transport (en général les transports en

commun) ; et celles qui favorisent des réorganisations sociales ou au travail qui aboutissent à circonvier complètement le transport physique (comme le télétravail). On peut s'attendre à ce que les nouvelles technologies jouent un rôle majeur de soutien à ces stratégies.

Les systèmes de gestion de la demande ont à l'évidence un potentiel d'influence sur les résultats de sécurité en changeant les caractéristiques d'exposition mais les données d'évaluation restent très limitées dans ce domaine. En outre, à côté des mesures qui ont un effet général de réduction de l'exposition, le sens probable, positif ou négatif, de l'impact résultant sur la sécurité reste ouvert à la discussion. Par exemple, si les systèmes de péage routier peuvent faciliter l'investissement dans une infrastructure routière de meilleure qualité, certains éléments laissent craindre que les péages routiers ne contribuent à détourner une partie du trafic vers des itinéraires moins sûrs.

Les technologies n'ayant pas trait à la tâche de conduite

Les éléments décrits au chapitre 2, qu'il s'agisse de systèmes anti-collision ou de surveillance routière ont été développés dans la perspective d'améliorer la sécurité de la circulation routière. D'autres éléments comme, par exemple, les systèmes de navigation ou d'information du conducteur décrits dans ce chapitre, ont été conçus pour faciliter d'une manière ou d'une autre la circulation routière. Les éléments qui sont décrits dans le reste de ce chapitre, comme les ordinateurs personnels ou les téléphones mobiles, ont été conçus à d'autres fins. On constate actuellement une tendance de plus en plus forte à utiliser également ces dispositifs à bord des véhicules, il s'ensuit qu'ils sont susceptibles d'avoir un impact sur la situation des accidents de la route.

Classification des technologies

Les technologies/fonctions et les dispositifs décrits dans cette partie sont :

- Les récepteurs radio/lecteur de cassettes/lecteur de CD.
- Les téléphones cellulaires (GSM/SMS/WAP).
- Les ordinateurs de bord.
- Les ordinateurs portables.
- Les imprimantes, télécopieurs, etc.
- Les assistants électroniques (PDA) – ordinateurs de poche.
- L'info-récréation.

Description des différentes technologies et évaluation de leur impact sur la sécurité de la circulation

Les critères d'évaluation des différentes technologies

L'évaluation des différentes technologies devrait reposer sur un ensemble de critères qui couvrent les qualités du dispositif et des services fournis, l'efficacité et la convivialité et la manière dont ils influencent le comportement et l'attention des conducteurs. L'analyse des accidents (Wierville et Tijerina, 1996) montre que le risque d'utilisation des technologies embarquées est lié à : *l'emplacement* où se trouve l'information, *la fréquence* à laquelle l'attention se concentre sur l'information, *la durée* de l'interaction ou

de la concentration sur le dispositif, *le degré d'envahissement* de l'information ainsi que *l'expérience qu'a l'utilisateur* de l'interface.

Les dernières recommandations de la Commission de l'UE sur les systèmes efficaces d'information et de communication embarqués dans les véhicules garantissant une sécurité optimale (Commission européenne, 2000) tiennent dans une certaine mesure compte des facteurs de risque mentionnés ci-dessus dans les principes pour l'interface homme-machine à bord du véhicule (IHM). Les principes portent sur la conception générale, l'installation, la présentation de l'information, l'interaction avec les affichages et les commandes, le comportement du système et sur les informations concernant le système.

Certains aspects sont plus importants que d'autres dans une évaluation de sécurité. Aussi applique-t-on ici les critères suivants :

- Impact de l'interface spécifique avec l'utilisateur – tactile/visuel/acoustique.
- Emplacement et accessibilité du dispositif.
- Contrôle par le conducteur.
- Fréquence de perturbation.
- Distraction de la tâche de conduite.
- Durée de la tâche spécifique.
- Contenu de l'information.

Les études de l'impact des différents dispositifs/fonctions utilisés en conduisant une voiture se sont pour l'instant concentrées sur la distraction normale de la circulation, du fait de l'observation et de la manipulation des instruments et dispositifs à bord de la voiture, radio, etc. Les téléphones mobiles sont également au cœur d'un nombre considérable de projets de recherche. Quand on en vient à l'utilisation des portables, des PDA, de l'Internet, etc. peu de recherches susceptibles de vérifier l'impact de ces technologies ont été menées.

L'information sur les risques associés à l'utilisation des technologies embarquées provient de quatre sources :

- Études en laboratoire/sur simulateur.
- Études pilotes en vraie grandeur/sur pistes d'essais.
- Études sur voirie en milieu réel.
- Analyse des accidents rapportés par la police ou des incidents rapportés par les personnes impliquées elles-mêmes.

Les récepteurs radio/lecteur de cassettes/lecteur de CD

La radio-cassette fait plus ou moins partie de l'équipement standard à bord des véhicules depuis une vingtaine d'années et les lecteurs de CD depuis cinq à dix ans. L'information sur le trafic diffusée sous forme de messages RDS (Radio Data System)/TMC (Traffic Message Channel) se généralisant progressivement, la radio doit également être considérée comme une technologie pertinente à cet égard.

Évaluation

Selon une récente analyse d'accidents menée aux États-Unis (Stutts *et al.*, 2001), les récepteurs radio/lecteur de cassettes/lecteur de CD sont la cause la plus largement citée de distraction du conducteur (11 %) sur la période 1995-1999. Le risque est associé à l'emplacement du dispositif dans le véhicule, à la complexité de l'interface tactile ainsi qu'à la possibilité d'égarer des cassettes ou des CD sur le plancher. Les nouvelles radios RDS ne constituent pas seulement une source possible de distraction auditive mais elles affichent également des informations visuelles. Jusqu'à présent les radios RDS n'ont pas encore conquis une large part de marché.

Les téléphones cellulaires

L'utilisation des téléphones cellulaires s'est rapidement développée au cours des dix dernières années. Au tout début, il s'agissait essentiellement d'un équipement pour conducteurs professionnels mais il faut aujourd'hui les considérer quasiment comme un équipement standard pour la majorité des conducteurs.

La technologie du téléphone cellulaire a évolué rapidement des premiers téléphones GSM (Global System for Mobile communication) (ainsi que d'autres systèmes) jusqu'à l'introduction des messages SMS (Short Message System) et des normes WAP (Wireless Application Protocol) et GPRS (General Packet Radio Service).

Évaluation

Selon Stutts *et al.* (2001), les téléphones cellulaires correspondent à 1,5 % des distractions du conducteur mentionnées sur la période 1995-1999. Des études sur simulateur montrent que le risque est associé aussi bien à la manipulation de l'appareil qu'à la conversation elle-même. Les problèmes caractéristiques sont liés au comportement de conduite (créneaux intervéhiculaires, non maintien de la trajectoire) et à une diminution de la conscience de la situation (contrôle moins fréquent des rétroviseurs, fixité du regard, allongement du temps de réaction, etc.). Des études sur piste et en milieu réel ont montré une augmentation des défauts de maintien de trajectoire, une réduction de la vitesse et une augmentation du rythme cardiaque lors de l'utilisation d'un téléphone cellulaire en conduisant. Les recherches ont montré que le principal risque lors de l'utilisation d'un téléphone cellulaire est lié à la conversation elle-même mais qu'il existe également un risque lié à la composition du numéro. Il est clair que ce risque peut être réduit en améliorant la conception de l'interface, avec par exemple le téléphone mains libres ou à commande vocale (Haigney, Taylor et Westerman, 2000). Il n'existe que peu d'études d'accidents qui montrent effectivement l'implication des téléphones dans les accidents. Ceci n'est toutefois pas surprenant. La plupart des études d'accidents s'appuient sur des descriptions et des causes rapportées par les personnes impliquées et il est probable que peu de gens soient disposés à admettre qu'ils utilisaient leur téléphone juste avant l'accident. Il est déjà difficile de faire contrôler par la police l'interdiction des

téléphones mobiles avec un combiné manuel, l'interdiction des téléphones mains libres serait donc virtuellement impossible à faire respecter avec les moyens traditionnels. Étant donné le danger constitué par les téléphones mobiles, on peut imaginer le développement d'équipements en bordure de voie qui créeraient des routes sans téléphone où toute communication serait impossible. Étant donné que de plus en plus de véhicules sont construits avec un téléphone intégré, il va devenir techniquement faisable de rendre impossible l'utilisation du téléphone lorsqu'on est en excès de vitesse ou trop près du véhicule précédent et ainsi de suite.

Selon une étude publiée en 1998 sur le Site Internet de l'agence nationale de la police du Japon, il est rapporté une augmentation rapide du nombre d'accidents de la circulation impliquant l'utilisation d'un téléphone cellulaire. Très précisément, en 1998 il y a eu 2 648 accidents impliquant des téléphones cellulaires. Ceci correspond à une augmentation de 15 % par rapport à l'année précédente. En ce qui concerne les téléphones cellulaires, le nombre le plus important d'accidents survient lorsque le conducteur manipule le téléphone pour prendre un appel (43 % du total). Les tableaux 3.1 et 3.2 résument les résultats de l'étude. Ces résultats se sont toutefois rapidement redressés à la suite de l'introduction d'une réglementation appropriée en 1999. Les valeurs pour 2002 sont de 212 accidents, 1 décès et 254 blessés dans des accidents de la route impliquant l'utilisation d'un téléphone mobile.

Tableau 3.1. Accidents de la circulation impliquant les téléphones mobiles au Japon

	1997	1998	Augmentation
Nombre d'accidents mortels ou avec blessés	2 297	2 648	15.3 %
Tués	25	33	32.0 %
Blessés	3 328	3 814	14.6 %

Un rapport du SWOV, institut néerlandais de recherche en sécurité routière, fournit des informations relatives à l'utilisation du téléphone mobile et aux risques associés pour la sécurité routière. En particulier, le SWOV a réalisé certaines estimations de l'impact sur la sécurité routière des téléphones mobiles en se fondant sur des données de parc automobile, de kilométrage total parcouru, de victimes des accidents de la route et d'information sur les téléphones mobiles. Ils estiment qu'il y a eu 26 tués et 284 blessés aux Pays-Bas du fait de l'utilisation d'un téléphone mobile par le conducteur. Ceci représenterait une augmentation d'environ 88 victimes (quatre tués) sur les nombres estimés pour 1998.

Aux États-Unis, le débat s'est déplacé et les téléphones mobiles sont considérés comme un élément du problème plus large de la distraction en conduisant. Il est indiqué que celle-ci contribuerait à 20 à 30 % de tous les accidents (Shelton, 2001). Si l'on adopte ce point de vue, on peut arguer que l'utilisation du téléphone mobile en conduisant n'est pas aussi importante que d'autres causes de distraction au volant.

Tableau 3.2. Sources spécifiques de distraction chez les conducteurs distraits par ordre de fréquence

Distraction spécifique	% de conducteurs
Personne, objet ou événement extérieur	29.4 %
Réglage radio/cassette/CD	11.4 %
Autre occupant	10.9 %
Objet en mouvement à bord du véhicule	4.3 %
Autre dispositif/objet	2.9 %
Réglage de commandes du véhicule/climatisation	2.8 %
Manger et/ou boire	1.7 %
Utilisation du téléphone mobile/composition d'un numéro	1.5 %
Liée au fait de fumer	0.9 %
Autres distractions	25.6 %
Distraction inconnue	8.6 %

Source : Stutts *et al.*, 2001.

Tableau 3.3. Activités sources de distraction que les conducteurs admettent réaliser pendant qu'ils conduisent

Distraction	% de conducteurs
Écouter de la musique ou les nouvelles	95 %
Boire	71 %
Manger	66 %
Changer de cassette ou de CD	64 %
Lire une carte	33 %
Parler dans un téléphone mobile	18 %
Se coiffer	16 %
Se maquiller	14 %
Lire un journal ou un magazine	6 %
Se raser	4 %

Source : NHTSA, 1997.

Enfin, un rapport de la Virginia Commonwealth University (2001) traite des accidents mortels liés à la distraction du conducteur. Sur 2704 accidents mortels survenus en 3 ans et demi, environ 444 (16 %) sont indiqués comme résultant de l'inattention du conducteur. Les types de distraction sont repris dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4. Raisons identifiées de la distraction au volant ayant entraîné un accident mortel au cours d'une période de trois ans et demi en Virginie

Distraction	Nombre d'accidents mortels
Inconnue	349 (79 %)
Endormi/fatigué	77
Conducteur malade	10
Lecteur de CD	1
Éviter un animal	1
A regardé vers le bas	1
Déposer une lettre	1
Insecte dans l'oeil	1
Suivi de trop près	1
Un autre accident	1
Éblouissement	1

Source : VCU, 2001.

La Virginia Commonwealth University (2001) comme d'autres (Sundeen, 2001 ; Shelton, 2000) concluent que les données sont insuffisantes pour déterminer la portée du problème de sécurité associé au téléphone ou pour plaider en faveur d'une législation qui restreindrait l'utilisation du téléphone mobile en conduisant.

On estime en général que l'usage du téléphone mobile augmente le risque d'accident par un facteur de deux (SWOV, 2000) à quatre (Redelemier et Tibshirani, 1997) encore qu'on ne dispose pas d'informations ni de données plus exactes. Sundeen (2001) indique que de nombreux abonnés utilisent leur téléphone mobile en conduisant pour signaler des urgences, demander de l'assistance ou signaler des conducteurs ivres ou agressifs. Équilibrer ce retour positif pour la sécurité avec les effets négatifs sur la sécurité pose partout un défi auquel se trouvent confrontés les professionnels de la sécurité, défi qui n'a pas encore trouvé de réponse parfaite.

Les ordinateurs de bord

Les ordinateurs de bord sont des écrans qui fournissent en continu au conducteur l'accès à l'information sur la consommation de carburant, la vitesse moyenne depuis le début du trajet, *etc.* Ces ordinateurs font partie de l'équipement standard dans de nombreuses voitures.

Évaluation

Les études d'accident ne laissent apparaître qu'une relation ténue avec le risque. De nombreux modèles différents sont disponibles sur le marché. Certaines des fonctions peuvent être assez perturbantes du fait des alarmes sonores, des lumières clignotantes, *etc.* Le niveau de risque dépend de l'emplacement du dispositif, de sa lisibilité, *etc.*

Les ordinateurs portables

Les ordinateurs portables peuvent être classés en deux grandes catégories : une installation fixe réalisée à la construction du véhicule voiture ou camion, et une installation rajoutée ultérieurement (principalement pour les conducteurs professionnels).

Évaluation

L'utilisation d'un PC en conduisant n'est pas acceptable et il faut éliminer les effets négatifs en filtrant ou en restreignant, partiellement ou totalement, l'accessibilité pendant que le véhicule circule, comme par exemple dans le système Dynafleet de Volvo où le conducteur ne peut accéder au système que lorsque le camion est à l'arrêt. La relation tenue au risque trouvée dans les études d'accidents peut être reliée à l'exposition/utilisation limitée dans les véhicules (pour l'instant).

Les imprimantes, télécopieurs, etc.

Ces dispositifs servent surtout aux conducteurs professionnels qui ont besoin d'une copie sur papier des documents, reçus, etc.

Évaluation

Les connaissances sur le risque associé sont très limitées. Le niveau de risque dépend du type de messages ou de documents qui sont reçus sur l'imprimante/télécopieur. Il y a un risque potentiel si le conducteur prend connaissance des messages en roulant. La manipulation de ces appareils (en particulier l'envoi de télécopies) ne devrait pas être autorisée en conduisant.

Les PDA – ordinateurs de poche

Les outils du type PDA connaissent une popularité croissante. Plusieurs services conçus ou non pour une utilisation à bord d'un véhicule ont été récemment développés pour les PDA. On s'attend à une croissance rapide de leur part de marché et de leur utilisation à bord des véhicules.

Évaluation

On ne dispose que de connaissances limitées quant au risque associé. Le niveau de risque dépend des fonctions qui sont accessibles ou utilisées. Lorsqu'ils sont utilisés à des fins de navigation, le risque n'est pas nécessairement plus élevé que si on lit un guide routier. Des études portant sur les aspects de sécurité sont prévues ou sont en cours sur simulateur.

L'info-récréation

Il s'agit d'un concept qui recouvre des fonctions, des services et des dispositifs destinés aux passagers de la voiture, notamment des écrans TV ou vidéo, des films, des jeux, la consultation d'Internet, etc.

Évaluation

Il est possible que le conducteur soit distrait par le son du film/de l'appareil ou par les commentaires, rires et autres réactions des passagers qui utilisent ces équipements. Une réduction du risque peut être associée avec la moindre probabilité de perturbation ou d'énervement à cause des enfants qui se disputent à l'arrière. Le niveau de risque dépend du type d'info-récréation et du niveau de « bruit » qu'il crée. La TV, les écrans vidéo, etc ne devraient pas être accessibles au conducteur lorsqu'il est au volant de son véhicule. Les connaissances apportées par les études existantes quant à l'accroissement du risque lié à ces dispositifs sont limitées.

Conclusions

La distraction en conduisant constitue déjà un facteur contributif majeur aux accidents de la route et des préoccupations légitimes se font jour quant au potentiel d'augmentation de cette distraction du fait de l'introduction de technologies nouvelles et meilleures. Le chapitre a montré que plus la tâche cognitive est complexe plus le risque de distraction en conduisant est élevé. Ainsi, selon la complexité de la tâche ou les émotions du conducteur impliqué dans celle-ci, même l'utilisation de mécanismes à commande vocale peut se faire au détriment de la sécurité. D'un autre côté, de nombreuses technologies pour la sécurité examinées n'auront probablement pas un effet de distraction plus important que d'autres tâches et ne représenteront donc pas un danger injustifié d'augmentation du risque d'accident.

Le rythme actuel de développement des technologies embarquées est phénoménal. Une large part de ce développement se fait indépendamment des projets des gouvernements ou des constructeurs automobiles qui visent à rendre les déplacements plus sûrs et plus efficaces. Le développement des technologies embarquées sans implication du gouvernement ou sans intégration avec les technologies embarquées installées par les constructeurs peut représenter une évolution vers un accroissement de la distraction et de la charge de travail du conducteur découlant de dispositifs embarqués rajoutés après l'achat. A contrario, il est possible qu'une réglementation excessive par les organismes gouvernementaux contre les technologies embarquées ne finisse par déboucher sur une situation où les gens font appel à différentes technologies aisément accessibles (portables, téléphones mobiles, PDA) pour remplir des objectifs ou fonctions similaires d'une manière moins sûre.

Il faut également admettre que les dispositifs de seconde monte (portables, téléphones, PDA) peuvent être utilisés pour transporter des informations préalables au déplacement ou des informations dynamiques sur le trafic pendant le trajet relatives aux incidents, aux blocages, à l'état de la route, aux zones sous chantier et à d'autres facteurs susceptibles d'améliorer la conscience qu'a le conducteur de la situation et de réduire le risque d'accident. Les téléphones mobiles peuvent également servir à appeler une ambulance lorsqu'un accident s'est produit. Le risque dépend dans une certaine mesure de la manière dont les dispositifs sont intégrés dans les véhicules et de la qualité de l'adaptation des interfaces homme-machine aux conducteurs et aux conditions de conduite.

Pour tous les équipements destinés à communiquer avec le conducteur ou à lui donner des informations, il est raisonnable de se demander, comment et quand, l'information doit être transmise. Cette communication se fonde sur une interface visuelle, auditive ou tactile. La gestion de l'information fournie au conducteur et de celle qui est requise de lui, à la fois dans le temps et dans l'espace, est cruciale pour la régularité et la sécurité de l'exploitation de tels systèmes. Les systèmes de hiérarchisation de la priorité des messages selon leur importance et en liaison avec l'attention exigée par la route et la situation de circulation deviennent nécessaires avec l'extension de tels systèmes de communication.

La sécurité de l'utilisation des technologies embarquées peut être assurée par :

- La convivialité de la conception, en tenant compte des limitations de l'être humain (capacité à se laisser distraire, limite de la mémoire, du champ de vision, de l'attention, etc.).
- Des solutions intégrées (par exemple interruption automatique de la radio lors d'un appel téléphonique ou arrêt de l'ordinateur lorsque le véhicule roule).
- Des solutions adaptatives (par exemple adaptées aux conditions de conduite).
- Des procédures de test normalisées de la charge totale de la tâche (visuelle, cognitive, manuelle).
- La certification.

Les gouvernements ont clairement un rôle à jouer en créant un environnement propice à ces actions.

Références

- AIPCR (2000), *Manuel ITS 2000*, Comité sur le transport intelligent, AIPCR, Paris.
- Cairney, P. et F. Green (1999), *The Implications of Intelligent Transport Systems for Road Safety (RC 7032)*, ARRB Transport Research, Vermont South, Australia.
- Commission Européenne (2000), "Recommandation de la Commission, du 21 décembre 1999, sur les systèmes efficaces d'information et de communication embarqués dans les véhicules et garantissant une sécurité optimale: déclaration de principes européenne concernant l'interface homme/machine [notifiée sous le numéro C(1999) 4786]", *Journal officiel n° L 019 du 25/01/2000 p. 0064 - 0068*, Bruxelles.
- Crawford, Jason A., Michael P. Manser, J.M. Jenkins, C.M. Court et E.D. Sepúlveda (2001), "Extent and Effects of Handheld Cellular Telephone Use While Driving", Research Report 167706-1, Texas Transportation Institute, College Station, Texas
- Dingus, T. A., (2000), "Driver Distraction: New Features, New Tasks, New Risks", Public Meeting On The Safety Implications of Driver Distraction When Using In-Vehicle Technologies, 7/18/00, US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC.
- Elvik, R., A. B. Mysen et T. Vaa (1997), *The Traffic Safety Handbook, Third Edition*, The Institute of Transport Economics, Oslo.
- ETSC (European Transport Safety Council) (1999), *Intelligent Transportation Systems and Road Safety*, ETSC, Brussels, www.etsc.be/systems.pdf.
- Federal Highway Administration (FHWA) (1997), *Review of ITS Benefits: Emerging Successes*, FHWA, Washington, DC.

- Forzy, J.F. (1999), “Assessment of a Driver Guidance System: A Multilevel Evaluation”, *Transportation Human Factors*, Vol. 1(3), pp. 273-287, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- Haigney, D.E., R.G. Taylor et S. J. Westerman (2000), “Concurrent Mobile (Cellular) Phone Use and Driving Performance: Task Demand Characteristics and Compensatory Processes”, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 3, Issue 3, 113-121, Pergamon.
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/keitai/sokuhou2.html>
<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-13/driver-distraction/PDF/28.PDF>
- Inman, V., R. Sanchez, L. Bernstein et C. Porter (1996), TRAVTEK Evaluation Orlando Test Network Study: USDOT, Washington, DC.
- Kantowitz, B. et M.J. Moyer, Integration of Driver In-Vehicle ITS Information, Federal Highway Administration, Washington DC.
- Look et Abdulhai (2000), “Accident Risk Assessment Using Microsimulation for Dynamic Route Guidance”, paper presented at the 80th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, 7-11 January 2001.
- McKeever, B. (1998), “Estimating the Potential Safety Benefits of Intelligent Transportation System”, Working Paper, Mitretek Systems, November.
- National Police Agency of Japan (1998),
- NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) (1995), Safety Evaluation of Intelligent Transportation Systems: Workshop Proceedings, May 1-2, 1995, Reston, Virginia, NHTSA, Washington, DC.
- NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) (1997), *An Investigation of the Safety Implications of Wireless Communications in Vehicles*, NHTSA, Washington, DC.
- Pachiaudi, G. (2001), *Les risques de l'utilisation du téléphone mobile en conduisant*, INRETS, Lyons.
- Pauzié, A. (2001), *L'ergonomie des systèmes communicants dans les véhicules : usage et sécurité*, Actes no. 71, INRETS, Lyons.
- Perret, K.E. and A. Stevens (1996), *Review of the Potential Benefits of Road Transport Telematics*, TRL Report 220, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
- Redelmeier, D.A. et R.J. Tibshirani (1997), “Association Between Cellular Telephone Calls and Motor Vehicle Collisions”, *The New England Journal of Medicine*, Vol. 336, No. 7.
- Regan, M., J. Oxley, S. Godley et C. Tingvall (2001), *Intelligent Transport Systems: Safety and Human Factors Issues*, Royal Automobile Club of Victoria, Noble Park, Australie.
- Shelton, R. L. (2000), “Statement Before the Subcommittee on Highways and Transit, US House of Representatives”, Washington, DC, 9 May 2000.
- Stutts, J.C., D.W. Reinfourt, L. Staplin et E.A. Rodgman (2001), *The Role of Driver Distraction in Traffic Crashes*, AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC.
<http://www.aaafoundation.org/pdf/distraction.pdf>

- Sundeen, M. (2001), *Cell Phones and Highway Safety: 2001 State Legislative Update*, National Conference of State Legislatures, Washington, DC.
- SWOV Institute for Road Safety Research (2000), *The Use of In-Car Information Systems That Are Not Relevant to the Driving Task*, SWOV, Leidschendam.
- Tijerina, L., E. Palmer et M. J. Goodman (1998), “Driver Workload Assessment of Route Guidance System Destination Entry While Driving: A Test Track Study”, *Proceedings of the 5th ITS World Congress*, Seoul, Korea, 12-16 October.
- United States Department of Transportation (2001), *Deploying and Implementing ITS: 20 Questions*, US Department of Transportation, Washington, DC.
- VCU (2001), “Driver Inattention and Driver Distraction Study”, Special Report No. 15, Virginia Commonwealth University, Richmond, Virginia.
- Wierville, W. W. and L. Tijerina (1996), “An Analysis of Driving Accident Narratives as a Means of Determining Problems Caused by In-Vehicle Visual Allocation and Visual Workload”, in A.G. Gale (ed.), I.D. Brown, C.M. Haslegrave and S.P. Taylor (co-eds.), *Vision in Vehicles*, V. Elsevier, Amsterdam.
- www.itsdocs.fhwa.dot.gov/jpodocs/repts_te/1gv01!.pdf
- www.nhtsa.dot.gov/nhtsa/announce/testimony/distractiontestimony.html

Chapitre 4

L'ÉVALUATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Résumé. Ce chapitre discute des méthodes d'évaluation pour les nouvelles technologies. Il estime la réduction du nombre de tués et blessés que peuvent apporter les nouvelles technologies ainsi que les bénéfices économiques associés.

Introduction

« La société pense qu'il s'agit d'un problème de comportement plutôt que d'un problème qui appelle des changements à la fois dans le comportement et dans la technologie. »
– Brian O'Neill, Directeur Général, Insurance Institute for Highway Safety

Les chapitres précédents ont porté sur les diverses technologies STI et autres qui recèlent un potentiel d'impact sur la sécurité routière. On examinera plus spécifiquement dans ce chapitre les effets positifs ou négatifs susceptibles d'apparaître du fait d'une pénétration du marché ou d'un déploiement par le secteur public significatif. Comme c'est le cas avec n'importe quel dispositif ou approche nouvelle, il est extrêmement difficile d'évaluer dans toute sa portée l'impact sur la sécurité avec un historique court ou inexistant. Aussi, dans ce chapitre, les prévisions des avantages se fondent-elles sur la meilleure information disponible, qu'elle provienne d'une large utilisation, de l'expérimentation ou d'une évaluation prédictive. Les conclusions correspondent à la meilleure information disponible actuellement au plan mondial mais peuvent ne pas représenter la réalité de la situation dans 20 ou 30 ans, lorsque le développement et le déploiement des nouvelles technologies seront achevés.

Les principes d'évaluation

Des principes d'évaluation sont utilisés depuis le début des tests à grande échelle des systèmes ITS à la fin des années 1980. Plusieurs fonctions STI visent des finalités de sécurité et se concentrent sur la réduction du nombre des accidents et de la probabilité de décès si un accident survient. On trouve parmi les mesures habituelles de l'efficacité, le taux global d'accidents, le taux d'accidents mortels et le taux d'accidents avec blessés. Ces taux d'accidents sont en général calculés en termes d'accidents par tête ou par million de véhicules-kilomètres effectués.

L'évaluation des avantages des technologies STI a été réalisée sur la base de plus de 200 essais opérationnels et expériences précoces de déploiement en Amérique du Nord, en Europe, au Japon et en Australie (AIPCR, 2000). Trois grandes catégories d'approche de l'évaluation sont actuellement utilisées (Proper et Cheslow, 1998) :

- *La mesure* : des résultats empiriques de mesures sur le terrain, qui sont les plus contraignantes.
- *L'anecdote* : des estimations établies par des personnes directement impliquées dans les projets de terrain, qui sont également contraignantes mais moins fiables.
- *La prédiction* : des résultats d'analyse et de simulation, qui peuvent être des outils utiles pour estimer l'impact d'un déploiement de STI.

Parmi les premières évaluations beaucoup tombent dans la seconde catégorie ci-dessus et présentent un biais du fait de l'implication du personnel du projet. Plusieurs catégories peuvent être combinées pour donner une image plus complète avec des résultats à la fois qualitatifs et quantitatifs.

Les STI représentent un large ensemble d'applications et de technologies. Il est fréquent que plusieurs technologies se combinent, créant par synergie un avantage plus important qu'une technologie isolée. Les systèmes intégrés ont souvent plus d'un partenaire institutionnel et différents mécanismes de financement et calendriers de déploiement.

Plusieurs problèmes sont associés aux techniques actuelles d'évaluation. Les données historiques précédentes peuvent ne pas être disponibles, les méthodes de recueil de données peuvent être incomplètes, l'affectation d'avantages spécifiques à une technologie spécifique en présence de nombreux facteurs est délicate et enfin la mesure du comportement et de l'acceptation du conducteur est difficile à isoler.

Outre les problèmes ci-dessus, des facteurs à l'échelle du système sont susceptibles d'influencer une occurrence particulière de déploiement de système. Dans le cas d'une évaluation à l'échelle du système, le déploiement complet n'est en général pas possible. Il est très délicat d'extrapoler les résultats d'un projet de déploiement isolé pour prévoir les effets du déploiement du système dans son ensemble.

Une autre influence réside dans l'évolution au fil du temps de l'effet sur le comportement du conducteur. Au fur et à mesure que les conducteurs adoptent de nouveaux systèmes et technologies, leur comportement évolue de sorte que les données et observations initiales peuvent s'avérer totalement dépassées à long terme.

De nombreuses données ont été recueillies ces quelques dernières années. Aux États-Unis, l'ITS Joint Program Office du Ministère des Transports collecte activement des données depuis 1994. Des connaissances substantielles sont disponibles pour de nombreux services STI mais des lacunes restent également à combler (Proper *et al.*, 2001).

En définitive, les niveaux de performance du système d'ensemble vont dépendre du déploiement par les institutions ou du niveau d'utilisation par les conducteurs, des perceptions de l'efficacité à améliorer la sécurité de la conduite et du potentiel d'acceptation par le marché.

Les évaluations assurent que les finalités du déploiement des STI sont bien remplies et que des progrès sont accomplis vers la réalisation de la vision de STI intégrés. Les évaluations sont également essentielles pour comprendre la valeur, l'efficacité et l'impact des programmes STI et pour permettre l'amélioration continue des programmes.

Afin d'évaluer l'impact en termes de sécurité routière des technologies STI et autres, il est essentiel de comprendre comment ces systèmes influencent la sécurité du conducteur. L'European Transport Safety Council (ETSC, 1998) a suggéré que les STI

ont la capacité d'influencer trois variables essentielles qui jouent sur le niveau de sécurité routière – l'exposition à la circulation, le risque d'accident à niveau d'exposition donné et les conséquences d'un accident. L'ETSC propose la synthèse suivante de la manière dont les STI peuvent influencer ces variables :

- La modification directe à bord du véhicule de la tâche de conduite en fournissant des informations, des conseils, de l'assistance ou en prenant le contrôle partiel de la tâche. Ceci peut influencer l'attention du conducteur, la charge mentale et la décision relative à l'action, par exemple le choix de la vitesse par le conducteur.
- L'influence directe par des systèmes en bordure de voie, principalement en donnant des informations et des conseils, par exemple, changer l'itinéraire choisi.
- La modification indirecte du comportement de l'utilisateur. Fréquemment, celle-ci ne se manifestera pas immédiatement après un changement mais à l'issue d'une période d'adaptation du comportement. Elle peut prendre des formes différentes, par exemple, un conducteur équipé d'un système anti-collision peut avoir tendance à conduire de manière plus agressive, en se sentant mieux protégé par son système.
- La modification indirecte du comportement du non-utilisateur. Les usagers de la route non équipés peuvent imiter le comportement de ceux qui le sont, par exemple en suivant de plus près ou en roulant plus vite qu'ils ne le devraient alors qu'ils courent en fait un risque plus important.
- La modification de l'interaction entre utilisateurs et non-utilisateurs. Les STI vont changer la communication entre usagers équipés. Cette évolution peut affecter la communication traditionnelle avec des usagers non-équipés, par exemple les piétons.
- La modification des conséquences des accidents par des systèmes intelligents embarqués de réduction de la gravité des blessures, par une signalisation rapide et précise des accidents et par un délai réduit d'intervention des secours.

Il existe un grand nombre d'études et de rapport qui détaillent les types d'indicateurs utilisés pour mesurer ou suivre la sécurité. Ces rapports vont du niveau dit microscopique au niveau plus global. Les indicateurs microscopiques sont souvent utilisés dans le processus de modélisation. Par exemple, Saka et Glassco (2001) suggèrent que la réduction des incidents avec freinage brutal et remontée de retenue de poids lourds constitue un indicateur utile pour examiner l'efficacité en termes de sécurité des panneaux à message variable et des technologies de pesage en marche. Si ces types d'indicateurs sont pertinents pour des applications technologiques, des mesures de niveau supérieur le sont beaucoup plus lorsqu'il s'agit d'analyser les avantages potentiels pour la sécurité à l'échelle du système de ces technologies. Deux publications de l'OCDE, en particulier, examinent les types d'indicateurs ou de mesures qui sont utilisés dans différents pays de l'OCDE.

Principes et modèles de sécurité routière (OCDE, 1997a) énonce que des indicateurs quantitatifs de sécurité routière sont nécessaires pour définir les situations actuelles en matière de sécurité et pour exprimer les cibles à atteindre. Comme l'ETSC cité précédemment, il indique que l'exposition, le risque d'accident et les conséquences en termes de blessure constituent les trois dimensions du problème de la sécurité routière et que la magnitude du problème de sécurité est le produit de ces trois facteurs. Le rapport poursuit en constatant que les blessures et les décès sont à la base de tous les indicateurs

utilisés pour identifier le problème de sécurité qu'ils soient exprimés sous forme de valeurs absolues ou relatives rapportées à la population, au nombre de véhicules ou au kilométrage parcouru. Les mesures effectivement utilisées pour la situation en matière de sécurité routière doivent être fortement corrélées avec ces mesures élémentaires et être faciles à relever. Ainsi considère-t-on dans ce contexte des mesures comme la vitesse, la consommation d'alcool et le port de la ceinture de sécurité. Il existe d'autres mesures potentielles qui ne sont en général pas utilisées actuellement comme par exemple le délai d'intervention des secours ou la vitesse au moment du conflit.

Dans *Les indicateurs de performance pour le secteur routier* (OCDE, 1997b) les indicateurs de sécurité routière sont présentés suivant trois perspectives différentes, celles du gouvernement, de l'administration des routes et de l'usager de la route. Les ensembles d'indicateurs pertinents pour la sécurité routière qui résultent de cette analyse sont résumés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1. Les indicateurs de performance pour la sécurité routière suivant trois perspectives

Gouvernement (ministère)	Administration des routes	Usager de la route
<ul style="list-style-type: none"> Risque d'accident: tués et/ou accidents mortels et/ou avec blessés par véhicule-kilomètre (# de tués et de blessés) Existence d'un programme/plan national pour la sécurité routière Pourcentage d'accidents impliquant des conducteurs sous l'empire de l'alcool 	<ul style="list-style-type: none"> Existence de méthodes d'évaluation des résultats des programmes de sécurité (o/n) Pourcentage du flux de circulation en excès de vitesse (pondéré) Pourcentage de routes ne satisfaisant pas les normes minimales de référence Exposition des piétons et des cyclistes à la circulation automobile 	<ul style="list-style-type: none"> Risque pour l'usager de la route non protégé Délai entre l'alerte et le traitement Pourcentage de la population qui considère les blessures dans la circulation comme un problème de santé publique

Il est clair que tous les indicateurs suggérés dans les deux publications ne sont pas nécessairement pertinents pour évaluer les applications STI. Néanmoins, ils fournissent un point de départ et de bonnes orientations quant aux indicateurs qui peuvent potentiellement servir à évaluer ou suivre l'efficacité en termes de sécurité de différentes technologies.

L'Association Mondiale de la Route (Manuel ITS, 2000) identifie deux mesures de la sécurité pour les tests opérationnels des STI, à savoir le pourcentage de réduction des accidents et le pourcentage de réduction du délai d'intervention des secours. Le manuel note que la première est une indication directe de la sécurité mais qu'elle est difficile à obtenir dans un test opérationnel. La seconde ne fait que se subroger à la sécurité et peut ne pas être corrélée avec des réductions du nombre de tués à cause de facteurs de confusion comme la gravité de l'accident.

Une étude menée aux États-Unis (Mitretek, 2000) suggère que la performance en termes de sécurité peut être mesurée directement en utilisant des indicateurs de sécurité spécifiques comme la fréquence, le taux et la gravité des accidents, ou qu'elle peut être induite indirectement en utilisant des « indicateurs liés à la sécurité » comme les temps de réponse aux incidents, l'efficacité de l'information d'alerte et les conflits dans la circulation. Proper et Maccubbin (2000) donnent les accidents et les décès comme mesures pour l'évaluation des STI.

Les indicateurs de sécurité routière pour les STI

Il ressort assez clairement des discussions ci-dessus, que, quelque soit la technologie, l'indicateur de sécurité routière de référence sera son impact sur le nombre de tués et de blessés. Il s'agit du fondement pour déterminer l'efficacité des technologies en termes d'impact soit sur des types spécifiques d'accidents soit plus globalement sur la sécurité d'un réseau routier. En fait, on a réalisé de nombreuses estimations de la manière dont les STI vont affecter la sécurité de ces deux points de vue ; elles seront examinées plus avant dans ce chapitre. En résumé, sur la base de ce qui précède et des indicateurs déjà été pris en compte dans les tests de déploiement des STI, certains indicateurs sont suggérés dans le tableau 4.2.

Naturellement, les éléments suggérés dans le tableau 4.2 ne sont que des indicateurs qu'il faudrait relier au panorama du total des décès et des blessés sur l'ensemble du système. Si le nombre de tués et de blessés ne diminue pas, il est possible que les technologies qui ont été déployées ne répondent pas aux problèmes de sécurité les plus significatifs.

Tableau 4.2. Éventuels indicateurs de sécurité routière pour les technologies STI

Indicateur	Argumentaire
Existence d'un programme/plan national pour la sécurité routière qui favorise l'utilisation des STI pour atteindre les objectifs nationaux de sécurité routière	Cette mesure permettrait d'apprécier les progrès vers la pleine réalisation du potentiel des STI technologies à traiter la sécurité routière ainsi que le degré d'engagement en faveur d'un déploiement complet.
Pourcentage de véhicules équipés de technologies STI pour la sécurité dans le total des ventes.	Ils indiqueraient le degré de pénétration des technologies pour la sécurité. En d'autres termes, quelle est la portée de l'utilisation de ces technologies et/ou quel degré d'acceptation par le public ont-elles atteint ?
Nombre de technologies STI installées sur l'infrastructure déployées	
Pourcentage du flux de circulation en excès de vitesse	Si les technologies touchant la vitesse (c'est-à-dire l'adaptation de la vitesse, radar photo, etc.) sont mises en application, il est probable que moins de voitures seront en excès de vitesse et la gravité globale des accidents devrait diminuer.
Délai entre l'alerte et le traitement	Difficile à mesurer aujourd'hui. Les technologies STI vont faciliter un suivi plus précis de ce délai et fournir ainsi des opportunités d'améliorer la réponse dans l'heure décisive.
Taux d'infraction	Pour certains comportements dangereux – excès de vitesse, feux rouges brûlés – qui relèvent d'un contrôle automatisé, les taux d'infraction constitueraient un indicateur de l'effet des technologies sur le changement de comportement.
Trajets effectués/non effectués	Quoique difficile à mesurer, certaines technologies STI vont inciter certaines personnes à décider de ne pas se déplacer parce que la météo, des incidents ou d'autres informations rendent le trajet non désirable. L'exposition se trouvera réduite.

Les défis de l'évaluation des STI en termes de sécurité

La sécurité routière est en général définie de manière négative. Une circulation sûre se caractérise par l'absence d'accidents, de blessés et de tués. Ainsi, l'amélioration de la sécurité routière se traduit-elle naturellement par la réduction du nombre d'accidents, de blessés et de tués sur la route. Malheureusement, ces mesures fondées sur les accidents n'ont qu'une fiabilité assez faible. Leur précision n'est pas bonne dans la mesure où les accidents sont des événements rares au plan statistique. Aussi requièrent-elles une mise en œuvre à grande échelle dans la circulation et de longues périodes d'exposition. A l'évidence, on ne peut pas collecter de telles statistiques avant une longue période de présence des systèmes sur la route, alors que la sécurité doit être évaluée avant leur mise sur le marché. La pénétration progressive du marché par les STI peut également modifier le comportement de l'utilisateur de la route d'une manière qu'il est très difficile d'étudier à un stade précoce. Ainsi des modifications continues peuvent-elles s'avérer nécessaires pour retirer le maximum d'avantages des STI.

Une autre approche de la mesure de l'impact des STI en termes de sécurité est l'utilisation d'indicateurs de performance, comme les conflits, l'exposition, la vitesse, le port de dispositif de protection personnelle et d'autres mesures analogues qui n'ont pas de relation directe avec les accidents mais dont on sait qu'elles sont liées ou corrélées avec les mesures directes de la sécurité routière. Ces mesures ont comparativement une bonne fiabilité mais une validité plus faible ou inconnue puisqu'elles ne mesurent pas directement les accidents. Les décideurs tendent à accorder plus de crédit aux mesures directes de sécurité routière qu'aux mesures indirectes.

Différentes méthodes en laboratoire, de simulation ou statistiques ainsi que des essais en vraie grandeur et des études de suivi après le déploiement initial sont employées dans l'évaluation des STI en termes de sécurité. Les études de suivi sont particulièrement importantes dans la mesure où elles permettent d'identifier rapidement tout problème éventuel de sécurité et d'y répondre, ainsi que des ajustements appropriés aux systèmes et aux normes.

De tout ce qui précède, il ressort clairement que la qualité de l'évaluation dépend de la disponibilité de bonnes données pour une analyse d'efficacité. Certains scénarios envisagés pour acquérir ces données impliquent le recours à des enregistreurs électroniques de données embarqués. Les données ainsi obtenues s'avèrent très utiles pour analyser les actions du conducteur avant l'accident et elles sont déjà utilisées comme éléments de preuve devant les tribunaux, lorsque se posent des questions relatives à l'instant et à l'opportunité du déploiement du coussin gonflable.

Une autre possibilité serait que les systèmes STI puissent incorporer des moyens de suivre leur propre performance, ce qui, conceptuellement, est analogue aux enregistreurs électroniques de données. Si cette option était retenue, il faudrait inclure les variables de suivi dans les normes du système. Des accords entre agences de l'administration, fournisseurs du service, constructeurs de véhicules et d'équipement STI sont nécessaires pour assurer le recueil et l'analyse des données pertinentes de sécurité – c'est-à-dire les conflits de trafic, les accidents, etc.– et l'efficacité (temps de parcours). L'exploitation des données des enregistreurs électroniques pour suivre le fonctionnement des systèmes STI embarqués pourrait se faire sur une base volontaire, avec un remboursement aux propriétaires des véhicules, par exemple une réduction sur l'abonnement mensuel de connexion.

D'autres solutions traditionnelles ou éprouvées sont également ouvertes à l'évaluation. Par exemple, l'utilisation de véhicules de détection se pratique pour certains systèmes et pour certaines situations. La recherche d'informations de caractère anecdotique par le biais d'enquêtes publiques ou de sondages sur Internet peut apporter des informations précieuses, encore qu'elles puissent parfois être entachées de certains biais.

Les avantages potentiels en termes de sécurité

En se fondant sur les résultats des données d'évaluation des STI en termes de sécurité, McKeever (1998) rapporte des avantages en termes de sécurité pour des systèmes STI complètement déployés repris dans les figures 4.1 et 4.2. Les estimations à l'échelle du système sont celles qui anticipent les effets en termes de sécurité sur l'ensemble du système de transport routier après le déploiement complet des technologies. A cet égard, si l'on prend en compte l'importance du nombre total d'accidents qui se produisent sur un vaste système routier, les avantages retirés, même faibles en pourcentage, peuvent être assez substantiels.

Figure 4.1. Réduction des accidents mortels à l'échelle du système grâce au déploiement complet des STI

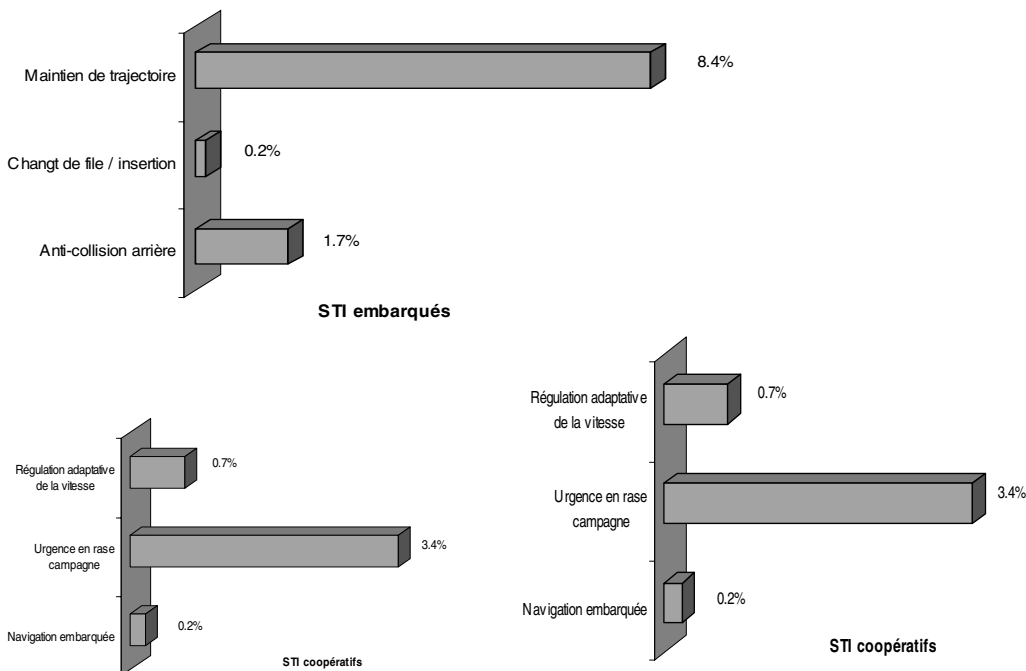
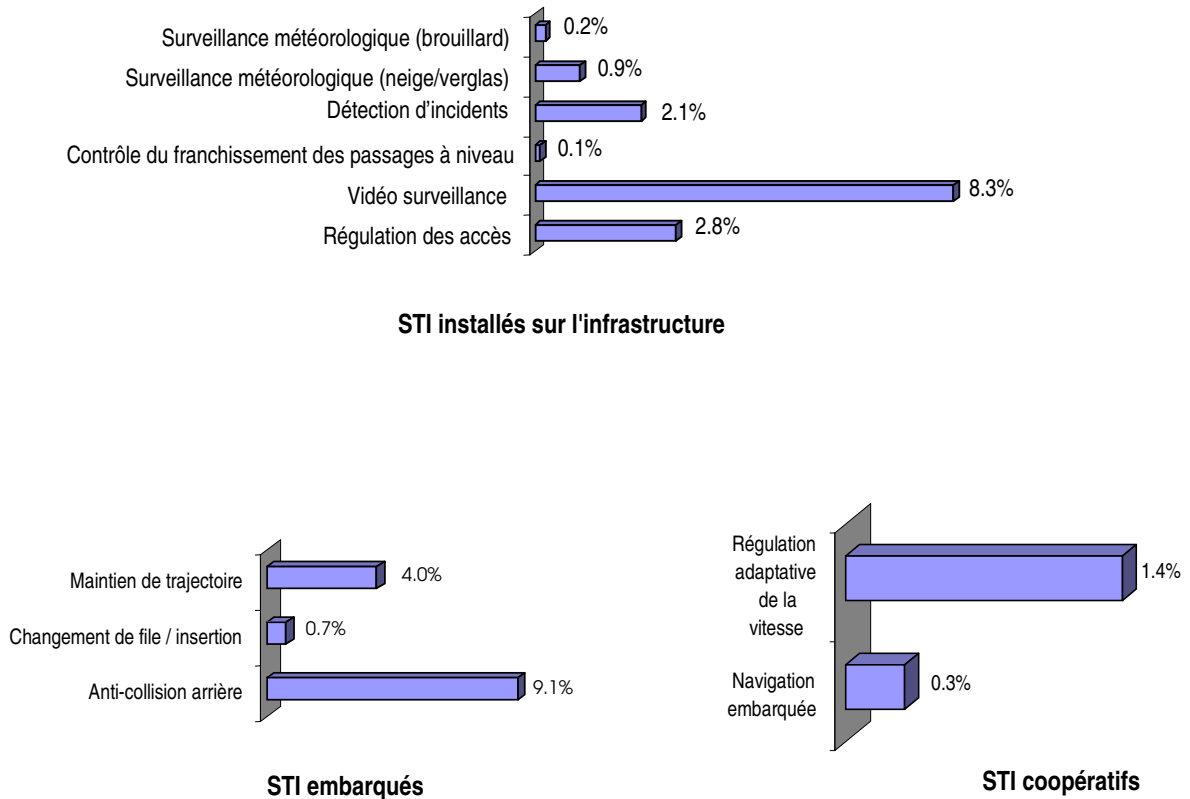


Figure 4.2. Réduction des accidents avec blessés à l'échelle du système grâce à un le déploiement complet des STI



Les réductions des accidents représentées ici se fondent sur des estimations contenues dans un document de travail et elles sont susceptibles de s'écarter de ce qu'on trouve en réalité. En outre, elles ne reflètent que l'expérience des États-Unis et les résultats sont susceptibles de variations d'un pays à l'autre.

Informations sur les coûts/avantages

L'ITS Joint Program Office du Ministère des Transports des États-Unis tient une base de données des informations relatives aux coûts et avantages du déploiement des STI. Le site Internet (www.benefitcost.its.dot.gov) a recueilli et classé les informations sur les coûts unitaires ainsi que sur les avantages agrégés dont une partie est utilisée dans le logiciel IDAS (ITS Deployment Analysis System) de système d'analyse du déploiement des STI (voir encadré 4.1). Ces coûts unitaires suivent en général la liste d'équipement IDAS. Les coûts estimés sont répartis entre coûts en capital, coûts d'exploitation et coûts d'entretien. L'hypothèse sur la durée du cycle de vie pour le type de catégorie d'équipement figure également. On peut penser en termes de coûts récurrents et non-récurrents. Les coûts du projet sont la résultante de nombreux éléments : équipement,

installations, communications, personnel, etc. Dans la mesure où les coûts des projets peuvent varier significativement, cette base de données donne des valeurs hautes et des valeurs basses pour les éléments de coût.

Encadré 4.1. Un outil d'analyse de la sécurité en préalable au déploiement — IDAS

Développé par la Federal Highway Administration, l'IDAS (ITS Deployment Analysis System) (système d'analyse du déploiement des STI) est le premier logiciel informatique développé en vue de planifier les investissements en STI. Il a actuellement la capacité de prédire les coûts et avantages relatifs pour plus de 60 types d'investissements STI quoique les hypothèses et calculs ne soient pas encore transparents pour l'utilisateur. L'évaluation en termes de sécurité fait partie des fonctionnalités.

Le logiciel IDAS utilise les données actualisées sur les avantages des STI, recueillies auprès des sites de mise en œuvre sur l'ensemble des États-Unis afin de générer des facteurs d'estimation raisonnable pour les avantages des investissements en STI. Ces facteurs servent ensuite dans l'analyse pour estimer l'information relative aux coûts et avantages de la mise en œuvre des STI. La précision des résultats dépend des données sur les coûts et avantages. Au fur et à mesure que la mise en œuvre des STI va gagner en importance et que des études de suivi plus nombreuses vont être menées, on pourra parvenir à une bonne analyse de rentabilité dès la phase de planification.

Il convient de noter que l'intégration des composantes ITS peut entraîner des économies significatives sur ces coûts unitaires. Aussi, une bonne estimation des coûts ne se réduit-elle pas nécessairement à la simple addition des coûts unitaires. Il convient également de noter que les coûts annualisés récurrents des STI sont en général plus importants (de l'ordre de 1 % des coûts en capital) que les coûts d'exploitation et d'entretien (environ 3 %) des ouvrages d'art et des chaussées (AIPCR, 2000).

Les catégories d'équipement ci-dessus sont reliées dans le logiciel IDAS à des champs généraux du programme où sont rentrées les données relatives aux avantages. IDAS est alors capable d'établir les coûts du projet STI en jeu et de les comparer aux avantages du déploiement des STI. Les champs généraux du programme sont : la gestion des voies artérielles, la gestion des autoroutes, la gestion des transports collectifs, la gestion des incidents, la gestion des urgences, la perception électronique du péage, la perception électronique des tarifs, les intersections route-voie ferrée et l'information des voyageurs au niveau régional. Si cette base de données est utile et importante pour l'utilisation du logiciel IDAS, elle ne se prête pas aisément aux projections qui visent spécifiquement les avantages en termes de sécurité.

L'AIPCR (2000) offre des informations parmi les meilleures disponibles sur le rapport avantages/coûts pour différentes technologies STI qui sont résumées dans le tableau 4.3. Le lecteur doit être conscient que dans ce tableau les rapports avantages/coûts correspondent à des applications isolées, ils seront en général plus élevés lorsqu'une infrastructure commune aux STI est en place. En outre, certains des avantages de ces technologies peuvent concerner avant tout un domaine autre que la sécurité – soulager la congestion par exemple – et ils ne sont pris en compte ici que s'ils présentent également un avantage collatéral en termes de sécurité.

Tableau 4.3. Rapport avantages/coûts pour une sélection de technologies

Technologie	Rapport avantages/coûts
Détection d'incident	1.7 – 3.8
Régulation de la vitesse	2.9
Inversion de voie	2.7
Régulation d'accès	3.6
Commande des carrefours	34.0
Priorité aux véhicules d'urgence	4.8
Contrôle des vitesses	4.1

Source : AIPCR, 2000.

Carsten *et al.* (2001) ont examiné divers scénarios de mise en oeuvre de la régulation adaptative de la vitesse (RAV) au Royaume-Uni. Ils ont étudié les trois systèmes possibles – c'est-à-dire conseillé, activé par le conducteur et obligatoire – dans un contexte de croissance forte ou faible du PIB, entre autres facteurs. Tous les scénarios conduisent à des rapports avantages/coûts supérieurs à 5, dans un intervalle allant de 5 à presque 17.

L'estimation des avantages en termes de sécurité

Un large éventail d'estimations issues d'évaluations et de recherches montrant les avantages potentiels de diverses technologies a été repris dans les tableaux 2.1 à 2.4 et dans les figures 4.1 et 4.2. Les estimations les plus conservatrices de réduction des nombres de blessés et de tués sont résumées dans le tableau 4.4. Il s'agit d'estimations à l'échelle du système. On donne également les réductions maximales qui ont été mentionnées, mais il ne s'agit pas nécessairement d'estimations ou de résultats à l'échelle du système.

Tableau 4.4. Réduction estimée du nombre de tués et blessés grâce à diverses technologies

Technologie	Réduction du nombre de blessés (%)	Réduction du nombre de tués (%)	Réduction maximale rapportée
Surveillance météorologique	1,1	2	30 - 40 % de l'ensemble des accidents en rapport
Contrôle automatisé	8,3	4,4	50 % de l'ensemble des accidents en rapport
Régulation des accès	2,8	2,3	2,8 %
Évitement des collisions (carrefour, arrière, etc.)	13,8	10,3	17 % de l'ensemble et 50 - 80 % pour les systèmes anti-collision arrière
Régulation adaptative de la vitesse/espacement	1,4	0,7	5,9 % de l'ensemble des accidents
Adaptation intelligente de la vitesse	15	18	Obligatoire – 59 % des accidents mortels

Dans certains cas, ces technologies vont cibler le même type d'accident (par exemple caméras de vitesse et RAV) ; par conséquent l'introduction des deux technologies en même temps ne va pas nécessairement produire un avantage combiné. Dans d'autres cas, les technologies ont des avantages complémentaires (par exemple caméras de surveillance des feux rouges et systèmes anti-collision arrière) et les progrès en termes de sécurité obtenus en combinant les deux systèmes peuvent être supérieurs aux résultats de chaque système pris séparément.

Dans ce rapport, on a décrit un certain nombre d'autres technologies qui préviennent ou qui réduisent les principaux facteurs de causalité des accidents et qui sont susceptibles d'améliorer la sécurité routière. Il s'agit par exemple des éthylomètres anti-démarrage (la conduite sous l'influence de l'alcool intervenait comme facteur pour 35 % de l'ensemble des tués sur la route aux États-Unis en 2002 (FARS) et pour 28 % en Australie en 1997 (Federal Office for Road Safety, 1999) ainsi que des systèmes de détection de la somnolence (on estime que la fatigue intervient comme facteur dans 17 % des accidents en Australie (Australian Transport Safety Bureau 2002)). Toutefois, on ne dispose pas encore d'estimations des avantages à l'échelle du système de ces technologies, il n'est donc pas possible de les inclure dans le tableau 4.4.

Les estimations conservatrices du tableau 4.4 couplées avec des réductions complémentaires du fait des technologies qui réduisent ou préviennent d'autres facteurs de causalité, indiqueraient des réductions de l'ordre d'au moins 40 % pour les décès et de 40 % pour les blessures déclarées. 125 000 personnes trouvent la mort chaque année sur les routes des pays de l'OCDE. Une réduction de 40 % des décès correspondrait à 47 000 vies épargnées.

Dans un certain nombre de pays, on calcule le coût des décès et des blessés et ces valeurs sont de plus en plus fréquemment utilisées dans le cadre de la planification de la circulation et de la sécurité routières. Certains pays évitent d'utiliser le coût des décès et des blessés quoique implicitement ils affectent une valeur au fait d'épargner une vie ou d'empêcher une blessure lorsqu'ils acceptent ou rejettent des mesures de sécurité routière.

Les accidents avec blessures ou dégâts matériels représentent également un coût important pour la société. Leur nombre étant bien supérieur, leur coût dépasse largement celui des accidents mortels. Le tableau 4.5 montre le coût des accidents par catégorie de blessure en Australie. Le coût total des accidents avec blessés graves équivaut à presque deux fois et demi le coût de tous les accidents mortels.

Tableau 4.5. Le coût des accidents par catégorie de blessure en Australie
(en milliards d'AUD)

Accidents mortels	2.92
Accidents avec blessés graves	7.15
Accidents avec blessés légers	2.47
Accidents matériels	2.44

Source : BTE, 2000.

Trawen *et al.* (2002) ont comparé le coût des décès sur la route dans 11 pays (Australie, Autriche, Danemark, États-Unis, Finlande, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse). Ce travail conclut que le coût moyen d'un décès s'élève à USD 1,56 million. A partir de cette valeur, le coût épargné pour la collectivité correspondant aux 47 000 vies sauvées dans les pays membres de l'OCDE serait

d'environ USD 73,3 milliards chaque année. En se fondant sur le ratio australien entre les coûts des décès et des blessés graves, une réduction de 40 % des blessés ferait économiser plus de USD 194 milliards

Les économies totales pour les pays de la zone OCDE pour l'ensemble des accidents (mortels, avec blessés et matériels) peuvent être estimées, de manière conservatrice, à plus de USD 267 milliards par an.

Il faut toutefois tempérer l'optimisme de ces valeurs par les effets secondaires ou les défauts potentiels qui peuvent résulter de la mise en œuvre des nouvelles technologies. En particulier, il est instamment demandé aux pays membres de l'OCDE de résister vigoureusement à la prolifération sans contrôle de technologies qui vont distraire encore plus le conducteur ou avoir d'autres effets négatifs sur la sécurité routière.

En outre, ces estimations se fondent sur une hypothèse de déploiement complet des technologies dans tous les pays de l'OCDE. Dans de nombreux pays, il faudra surmonter des obstacles considérables en termes d'acceptation par le public et de motivation des décideurs. Ces points seront examinés dans le chapitre suivant ainsi que d'autres problèmes de mise en œuvre.

Nonobstant ces réserves, les avantages décrits constituent une formidable incitation à pousser aussi vigoureusement que possible l'application des technologies qui apportent des bénéfices en termes de sécurité dans les pays de l'OCDE.

Conclusion

Les chapitres 2 à 4 montrent les bons mais aussi les mauvais côtés de l'introduction des nouvelles technologies dans l'environnement routier. Que ces technologies soient destinées aux loisirs, à la communication, à l'information ou à la sécurité, il faut se préoccuper très sérieusement, tout au long du processus de développement et de déploiement, des réactions et comportements des conducteurs en présence de ces technologies.

Les valeurs présentées pour les avantages en termes de sécurité ne peuvent correspondre qu'à des estimations étant donné la disponibilité limitée des données sur les effets en termes de sécurité de technologies dont le déploiement, lorsqu'il a commencé, ne s'est encore fait que de manière limitée. En outre, si l'argument selon lequel les avantages de certaines technologies sont surestimés n'est pas dépourvu de fondement, on peut également avancer avec une certaine certitude qu'il existe d'autres technologies susceptibles d'améliorer la sécurité qui n'ont pas été prises en compte dans cette étude. Enfin, il est réaliste de penser que le nombre de vies épargnées pourrait être plus important si ces technologies déjà existantes et d'autres encore à développer étaient déployées. Malgré l'insuffisance des données, on a montré dans ce chapitre qu'il y a pour les pays de l'OCDE des avantages tangibles à retirer de l'investissement dans les technologies avancées pour améliorer la sécurité.

Références

- AIPCR (2000), *Manuel ITS 2000*, Comité du Transport Intelligent, AIPCR, Paris.
- Australian Transport Safety Bureau (2002), *Fatigue-related Crashes: An Analysis of Fatigue-related Crashes on Australian Roads Using an Operational Definition of Fatigue*, OR 23.
- Besseling, H. et A. van Boxtel (2001), *Intelligent Speed Adaptation: Results of the Dutch ISA Tilburg Trial*, Ministry of Transport, Directorate General of Public Works and Water Management, Transport Research Centre, Rotterdam.
- Blincoe L., A. Seay, E. Zaloshnja, T. Miller, E. Romano, S. Luchter et R. Spicer (2002), *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes*, NHTSA, Washington, DC. www.nhtsa.dot.gov/people/economic/EconImpact2000/index.htm
- Bureau of Transport Economics (2000), *Road Crash Costs in Australia*, No. 102, Canberra.
- Carsten, O., M. Fowkes et F. Tate (2001), *Implementing Intelligent Speed Adaptation in the United Kingdom: Recommendations of the EVSC Project*, Institute of Transport Studies, University of Leeds, Leeds.
- Commission Européenne (2000), “Telematics Applications Programme – Transport Area Results (4ème Programme Cadre)” www.cordis.lu/telematics/tap_transport/research/10.html
- Elvik, R., A.B. Mysen et T. Vaa (1997), *The Traffic Safety Handbook, Third Edition*, The Institute of Transport Economics, Oslo.
- ETSC (European Transport Safety Council) (1998), “Telematics and Intelligent Transport Applications for Road Safety”, November, <http://www.etsc.be>
- ITS Joint Program Office of the US Department of Transportation, *Data Base of Cost and Benefit Information on ITS Deployments*. www.benefitcost.its.dot.gov
- National Police Agency of Japan (1998), *Car Phone Related Traffic Accidents During the First Half of 1998*, Handout presented at ITS America Safety and Human Factors Committee Meeting, Dublin, OH, July 28, 1999.
- Nouvier, J. (2002), “Telematics and Road Safety: the French Approach”, ITS World Congress, October, Chicago.
- Nouvier, J. (2003), “Towards Renewing the Enforcement System in France”, Smart Moving Conference, April, Birmingham.
- Nouvier, J., M. Aron et M. Marchi (2002), “La télématique au service de la maîtrise des vitesses”, *Revue générale des routes et aérodromes*, Paris.
- OCDE (1997a), *Principes et modèles de sécurité routière*, OCDE, Paris.
- OCDE (1997b), *Indicateurs de performance pour le secteur routier*, OCDE, Paris.
- Proper, A.T. et M.D. Cheslow, (1998) *ITS Benefits: Continuing Successes and Operational Test Results*, FHWA Report no. FHWA-JPO-98-002, Washington, DC

- Proper, A.T., R.P. Maccubbin et L.C. Goodwin (2001), “Intelligent Transportation Systems Benefits: 2001 Update”.
- Proper, A. et R. Maccubbin (2000), *ITS Benefits: Data Needs Update 2000*, Prepared in connection with the ITS Benefits Data Needs Workshop, 12 July, Washington, DC. www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/ByLink/DBDocs
- Saka, A. et R. Glassco (2001), *Modeling Traffic Safety Benefits of Intelligent Transportation System Technologies at Truck Inspection Facilities*, Transportation Research Record No. 1779, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Stutts, J.C., D. Reinfurt, L. Staplin, et E.A. Rodgman (2001), *The Role of Driver Distraction in Traffic Crashes*, AAA Foundation for Traffic Safety, Washington DC. www.aaafoundation.org/pdf/distraction.pdf
- SWOV Institute for Road Safety Research (2000), *The Use of In-Car Information Systems That Are Not Relevant to the Driving Task*, SWOV, Leidschendam.
- Trawen, A., P. Maraste et U. Persson, 2002, “International Comparison of Costs of a Fatal Casualty of Road Accidents in 1990 and 1999”, *Accident Analysis and Prevention*, 34 (2002), pp. 323-332, Pergamon.

Chapitre 5

LES QUESTIONS DE FOND

Résumé. Ce chapitre discute de questions qui doivent être traitées avant de promouvoir l'introduction de nouvelles technologies de sécurité et limiter le potentiel de développement des technologies potentiellement dangereuses. Ces questions incluent les objectifs des gouvernements, les facteurs humains, l'acceptation collective, l'éducation du public, l'harmonisation, la réglementation, les questions d'ordre juridique, le recueil et l'utilisation des données ainsi que les questions de mise en œuvre.

Introduction

Le transport routier motorisé se développe depuis plus d'un siècle. Durant cette période, des traditions et des procédures se sont établies par le biais soit de l'expérience soit de la législation en se fondant sur la technologie disponible du moment. Les technologies électroniques et informatiques devenant abordables, une opportunité de progrès majeur dans le contrôle et l'information s'ouvre pour le transport routier ; elle pourrait se traduire par des avantages majeurs en termes à la fois de sécurité et d'efficacité. Toutefois, cette promesse d'avantages doit être mesurée à l'aune des perceptions de l'utilisateur et de l'évolution de l'environnement de la circulation, au plan technologique, légal et réglementaire. Prendre des mesures positives peut s'imposer pour s'assurer que les avantages des nouvelles technologies se réalisent pleinement et que les inconvénients éventuels sont minimisés. Ceci peut entraîner la nécessité de modifier les pratiques actuelles, par exemple le code de la route et l'éducation des usagers de la route.

Ce chapitre traite des questions suivantes, susceptibles de se poser lors de l'introduction de n'importe quelle nouvelle technologie de transport :

- Des *visions* concurrentes de la forme à terme du système de transport.
- La nécessité de traiter la question des *facteurs humains* inséparable de l'exploitation des systèmes qui assurent de nouvelles fonctions, pour éviter des distractions dangereuses de la tâche de conduite.
- La nécessité d'*éduquer* le public sur les avantages et coûts des nouveaux systèmes pour en assurer l'*acceptation collective*, surtout si les effets sur la sécurité ne sont pas nets.
- La nécessité de *normes* produit techniques pour permettre une production économique des nouveaux systèmes, un fonctionnement fiable lorsqu'ils se trouvent intégrés à des systèmes plus vastes et pour faciliter la communication et la coopération entre les véhicules et l'infrastructure.
- La nécessité de nouvelles lois et *réglementations* fondées sur des résultats de recherche de qualité pour autoriser, restreindre, imposer ou interdire le

déploiement ou l'utilisation d'une nouvelle technologie, tout en permettant la poursuite en sécurité de l'utilisation des technologies antérieures sans imposer, de manière prématurée et coûteuse, leur remplacement.

- Les questions *d'ordre juridique* comme la responsabilité et les lois habilitantes.
- Le recueil automatique, à bord des véhicules eux-mêmes et par des systèmes de trafic, de *données* sur l'utilisation du véhicule et les incidents ainsi que les questions, en rapport, de propriété, stockage et de confidentialité des données.
- Les considérations touchant la *mise en œuvre* comme les interactions, bénéfiques ou non, entre les nouvelles technologies et les systèmes pré-existants.

L'alignement des visions nationales en matière de transport

Les systèmes de transport intelligent sont coûteux à développer et à introduire et leurs utilisateurs potentiels se comptent par millions à travers le monde. Il faut identifier et aligner les priorités nationales qui diffèrent en matière de mobilité ou de sécurité, de préférence par le biais de discussions et d'accords internationaux. La communauté de vision au niveau national ou régional va faciliter le déploiement de systèmes réalisés en respectant des cahiers des charges normalisés. Elle va également encourager la concurrence qui va déboucher sur des gains de performance et des réductions de coût.

Il existe des différences significatives dans les caractéristiques nationales du problème de sécurité routière, par exemple, le taux de port de la ceinture, la consommation d'alcool, la proportion d'accidents qui impliquent des piétons et des cyclistes, les différences de taille des véhicules et la vitesse de circulation. Ces différences dans les priorités en matière de sécurité devraient favoriser des différences dans les priorités de mise en œuvre des systèmes d'un pays à l'autre.

Par exemple, les collisions avec des piétons sont relativement plus nombreuses en Europe et au Japon qu'en Amérique du Nord. En conséquence la priorité y est plus forte pour le développement de systèmes avertisseur de piéton. L'intérêt en Amérique du Nord pour la sécurité des piétons pourrait augmenter si des systèmes pertinents pour le problème, comme la vision nocturne, pouvaient être fournis à faible coût et avec une finalité plus large. Cet exemple indique comment l'alignement au plan international des visions nationales pour les Systèmes de Transport Intelligents (STI), en dépit des différences significatives dans les profils nationaux de sécurité, pourrait créer des opportunités pour des avantages dépassant ce qu'un plan STI national conçu de manière isolée pourrait apporter.

Il est indispensable de trouver un équilibre entre la normalisation internationale et les différences nationales. Maintenir des visions nationales distinctes à un certain niveau de systèmes techniques en parallèle à des efforts internationaux similaires peut s'avérer contre-productif, par exemple en apportant des restrictions à l'exploitation des véhicules qui ont à franchir les frontières nationales. Ainsi, faut-il évaluer de manière objective les hypothèses de différences exceptionnelles entre les situations nationales.

Les principaux constructeurs automobiles ont un point de vue mondial, ce qui a une influence positive sur la normalisation et produit des solutions économiques rationnelles. Toutefois, la participation du gouvernement est également nécessaire pour assurer que tous les secteurs du public des voyageurs bénéficient des nouvelles technologies. Il est nécessaire de se doter d'un cadre réglementaire qui se traduise par une performance homogène et sûre, pour tous les véhicules routiers équipés des nouvelles technologies, et

qui facilite le déploiement rapide des technologies intéressantes sans pénaliser les utilisateurs de véhicules dépourvus de ces systèmes.

On trouvera ci-après des exemples d'obstacles au déploiement efficace des systèmes STI susceptibles de se dresser dans différents pays à des degrés divers :

- Le défaut de pression sociale et de priorités politiques en faveur de l'amélioration de la sécurité.
- Le défaut d'attention du grand public et des médias pour la sécurité routière.
- Des perceptions différentes du risque.
- L'absence de cartes numériques.
- L'absence d'outils appropriés de systèmes d'information géographique (SIG) et de plates-formes d'application.
- Les différences dans le degré de responsabilité imputé aux constructeurs et aux utilisateurs en cas de collision.
- L'absence de normes harmonisées pour la construction des véhicules ou des systèmes de régulation du trafic.
- La résistance de l'industrie à des systèmes perçus comme impopulaires ou peu attractifs, un exemple étant la régulation adaptative de la vitesse (RAV).
- Le caractère incomplet ou imprécis des données sur les collisions et leurs coûts pour apporter un fondement à des décisions relatives à des nouvelles réglementations ou à de nouveaux investissements en infrastructure.

L'alignement des politiques ou visions nationales de sécurité routière dans leurs grandes lignes vient en précurseur du succès du déploiement des STI au niveau national, régional ou mondial. Les différences nationales dans les caractéristiques et le calendrier du déploiement ne devraient pas entraîner d'incompatibilité des systèmes. L'alignement des visions nationales de sécurité routière devrait élargir la portée du déploiement de systèmes de sécurité compatibles et pousser les coûts à la baisse. S'il n'est pas possible d'aboutir à un consensus mondial, le consensus régional doit être accepté comme un objectif intermédiaire. Des normes de performance non-restrictives et une architecture système adaptable sont des éléments essentiels de la vision.

Les facteurs humains*

L'introduction de nouvelles technologies provoque de véritables bouleversements dans la circulation et le transport routier. Il n'est pas possible de prédire complètement comment la circulation future, en particulier le comportement de conduite et le rôle des usagers de la route, vont être influencés. L'introduction de nouvelles composantes (STI) dans l'interaction traditionnelle entre conducteur, véhicule et environnement entraîne une complexité accrue du système de circulation routière (Rumar, 1990). Dans une perspective facteurs humains, il est raisonnable de penser que la tâche de conduite va progressivement évoluer avec la mise en œuvre des nouvelles technologies. Certaines tâches de conduite vont être exécutées par des systèmes d'assistance technique tandis que d'autres seront peut-être modifiées et que de nouvelles tâches viendront s'ajouter.

L'expérience dans d'autres domaines (par exemple l'aviation et l'industrie de transformation) montre que la mise en œuvre de technologies avancées recèle un potentiel de changement aussi bien dans la structure des tâches que dans leur allocation entre les systèmes technique et humain. Du point de vue traditionnel selon lequel les facteurs humains sont fréquemment à l'origine des accidents, il serait logique de remplacer autant de tâches manuelles que possible par des fonctions automatiques. Toutefois, les recherches disponibles suggèrent que ce n'est pas nécessairement la solution. Les opérateurs humains sont tout à fait nécessaires dans le cas d'un degré élevé d'automatisation (Wickens, 1992 ; Endsley et Kiris, 1995). Lorsqu'on introduit une nouvelle technologie, le rôle de l'opérateur se transforme habituellement d'un rôle surtout manuel à un rôle plus tourné vers la surveillance. La demande sur les fonctions cognitives humaines augmente en général, tandis que celle d'action humaine diminue (Wickens, 1992). L'impact du comportement du conducteur peut devenir plus plutôt que moins important (critique) dans la future circulation « haute technologie ». Le fait que le conducteur n'ait qu'à surveiller sans avoir à accomplir d'activités manuelles, le place en dehors de la boucle. Ceci peut entraîner une conscience amoindrie de la situation et une dépendance complète au système STI (même lorsqu'il est défaillant). En outre, moins (ou l'absence) de pratique des tâches manuelles amoindrit la performance dans la tâche. Les deux sortes de dégradation peuvent avoir un impact négatif sur la capacité du conducteur à reprendre le contrôle de la situation en cas de défaillance technique.

Pour aboutir aux effets positifs attendus et au succès de l'utilisation des nouvelles technologies dans la circulation routière, il faut prendre en compte un certain nombre de questions touchant les facteurs humains. Les questions cruciales concernent :

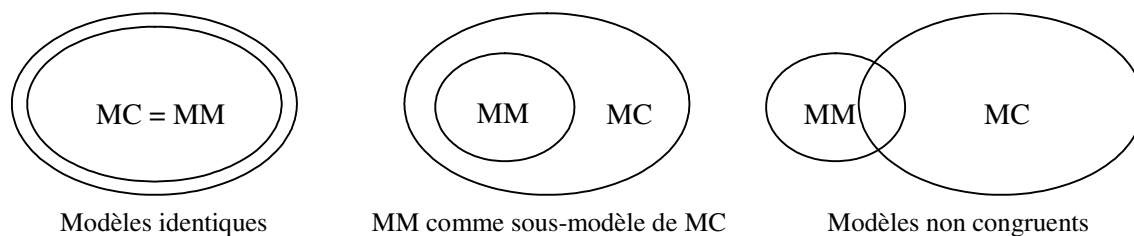
- L'expérience qu'ont les conducteurs de la nécessité et de l'utilité des systèmes d'assistance informatiques (utilité).
- La conception de l'interface/interaction homme-machine (IHM).
- L'acceptation par les utilisateurs des systèmes d'assistance informatiques.
- La compréhension par les utilisateurs de la fonctionnalité des systèmes d'assistance (prévisibilité).
- Les attentes des autres conducteurs (prévisibilité).

* Nilsson *et al.*, 2001.

- La capacité des systèmes d'assistance à assurer une assistance semblable (cohérence générale).
- L'influence des systèmes d'assistance sur la performance de tâches de contrôle spécifiques (maniabilité).
- Les effets généraux des STI sur le comportement de conduite et notamment l'adaptation du comportement (impact) (Grayson, 1996).

Dans l'idéal, la représentation que se fait le conducteur (modèle mental, MM) d'un STI devrait correspondre à la description technique (modèle conceptuel, MC) du même système (Kopf *et al.*, 1999). C'est toutefois loin d'être toujours le cas. Par exemple, au moment de l'introduction de l'ABS (système de freinage antiblocage), les conducteurs étaient habitués à réagir à l'instabilité latérale en ayant à agir sur la direction en appliquant un modèle mental ancien. Avec l'ABS, ce n'est plus nécessaire, aussi le modèle mental est-il changé. Les conducteurs régis par l'ancien modèle mental ont dû le changer. Les conducteurs qui n'ont conduit qu'avec l'ABS n'ont pas cette expérience et peuvent faire l'expérience de l'apprentissage inverse. Ceci peut déjà se produire lorsque des véhicules sont vendus sans des équipements qui étaient la norme auparavant. Les conducteurs peuvent se trouver pris en défaut, inconscients de l'absence d'un système auquel ils sont habitués. Waern (1990) a distingué trois constellations relatives à la relation entre les modèles conceptuel et mental (voir Figure 5.1).

Figure 5.1. Trois constellations qui peuvent être distinguées en ce qui concerne la relation réciproque des modèles conceptuel et mental



Source : Waern, 1990.

Le schéma à gauche de la figure 5.1 correspond au cas idéal, CM et MM se correspondent. Seules des erreurs aléatoires non systématiques, qui ne peuvent être prédites, sont à attendre. Dans le schéma du milieu, l'utilisateur dispose d'une certaine connaissance du système mais elle n'est pas complète (par exemple, il ne connaît que la moitié des fonctions d'un système de navigation). Certaines fonctions lui restent inconnues ou il ne réussit pas à les mémoriser. L'utilisateur normal est plus enclin à exécuter des opérations compliquées mais connues qu'à apprendre des solutions inconnues même si elles sont plus efficaces. Le schéma de droite correspond à une situation avec des différences systématiques entre MM et MC. Ces défauts de congruence se traduisent normalement par des temps d'apprentissage (ou de ré-apprentissage) plus longs et peuvent occasionnellement provoquer de graves erreurs d'opération de la catégorie « j'ai tort mais cela a toujours marché » (Becker et Cieler, 1997).

Les systèmes STI peuvent modifier le comportement du conducteur observable de l'extérieur, différent de celui exhibé par des conducteurs dépourvus d'assistance dans les mêmes circonstances. Le comportement modifié peut être difficile à prédire pour les autres usagers de la route, fait qu'il faut considérer comme moins favorable à la sécurité.

Ceci est particulièrement pertinent lorsque relativement peu de conducteurs utilisent les STI, de sorte que le comportement modifié est rare et n'a pas encore été intégré par la majorité des conducteurs (ETSC, 1999).

Si les conducteurs ont la possibilité d'équiper librement leurs véhicules avec plus d'une application STI, le défaut de coordination peut favoriser l'émergence d'un certain nombre de problèmes différents, comme (ETSC, 1999) :

- L'installation d'écrans multiples d'où une complexité inacceptable de la tâche d'observation.
- Des messages en simultané, avec toutes les combinaisons possibles de modes (visuel, auditif, tactile), qui captent l'attention et dont le tri exige un délai supplémentaire.
- Des instructions, voire des actions, contradictoires.

Pour surmonter ces problèmes, le rapport ADVISORS (2001) conseille de cibler les solutions en termes de systèmes avancés d'assistance au conducteur sur des ensembles de problèmes plutôt que de rechercher des solutions distinctes à des problèmes distincts.

D'un point de vue centré sur l'homme/utilisateur, il est important de garantir que les utilisateurs/conducteurs sauront répondre aux demandes nouvelles de tâches imposées par la nouvelle technologie. Quatre principes doivent être pris en compte lorsqu'on développe des systèmes d'assistance fondés sur les technologies de l'information, à mettre en œuvre dans le système de circulation, qu'ils soient embarqués ou installés sur l'infrastructure (Kopf *et al.*, 1999).

- *La compréhensibilité.* Ce principe demande que la quantité d'information fournie par le système n'excède pas la capacité de l'utilisateur à la traiter.
- *La prévisibilité.* Ce principe demande que, si possible, le modèle mental de l'utilisateur corresponde au modèle technique du constructeur. Il faut également tenir compte des différences entre utilisateurs potentiels en ce qui concerne leurs connaissances antérieures.
- *La maniabilité.* Ce principe signifie que la maniabilité du système peut être mesurée relativement à la performance humaine au sens des compétences acquises et de la rapidité d'action et de réaction.
- *Le potentiel d'erreur d'utilisation.* Ce principe demande la minimisation de la probabilité d'un comportement nuisible à la sécurité.

Le rapport ADVISORS (2001) suggère que les systèmes avancés d'assistance au conducteur de type soutien seront souvent préférables à ceux qui se substituent à l'action humaine. Les premiers peuvent aider à maintenir ou à améliorer la conscience de la situation en élargissant les possibilités de perception, améliorant ainsi les stratégies comportementales prédictives ou en aidant à l'exécution d'une routine fondée sur des compétences. Si les systèmes avancés d'assistance au conducteur qui effectuent de manière autonome des actions de correction peuvent avoir un effet, les erreurs sont déjà manifestes et tant le temps que le type de correction sont en général limités. Ceci soulève la possibilité que la correction soit trop simple pour être valide dans toutes les situations (par exemple avec l'ABS) et qu'on obtient tout au plus un transfert vers d'autres problèmes. Une raison en est que le conducteur est effectivement exclu de la chaîne de commande pour un certain temps et qu'il doit reprendre le contrôle immédiatement après

les actions correctives. Une autre raison est que l'action réalisée automatiquement peut être complètement étrangère aux attentes des usagers de la route tout autour et qu'elle risque donc d'induire de la confusion et des difficultés. En outre, réserver au système des actions qualifiées risque de finir par éroder cette qualification chez le conducteur, ce qui peut poser des problèmes lorsqu'il repasse à un véhicule non-équipé ou en cas de dysfonctionnement du système.

Éducation et acceptation collective

Les nouveaux défis

L'arrivée des nouvelles technologies suscite plusieurs revendications et préoccupations.

- On craint que les conducteurs ne perdent des compétences qu'ils avaient précédemment. Le danger n'existe que si ces compétences sont encore nécessaires (par exemple, savoir démarrer un moteur à la manivelle est une compétence obsolète). Les conducteurs qui n'ont piloté que des véhicules munis de freins ABS peuvent ne pas être conscients de la technique de modulation de la force exercée sur la pédale de frein pour garder le contrôle du véhicule sur chaussée glissante. Des compétences anciennes susceptibles de servir encore à l'occasion peuvent ne plus être enseignées. Certains conducteurs ne savent pas se servir d'une transmission manuelle. La plus large part du danger lié à la perte de compétence se manifeste durant la période de transition d'une technologie à une autre.
- On craint que les conducteurs n'en viennent à dépendre ouvertement de la nouvelle technologie. Ils risquent d'en attendre plus que ce que pour quoi elle est conçue. Ils risquent de ne pas être en alerte sur des situations qui échappent à l'enveloppe de performance de la technologie et donc de ne pas être prêts à reprendre le contrôle manuel dans ces circonstances.
- Les conducteurs risquent de ne pas tirer tout le profit possible de la nouvelle technologie. Ce phénomène est manifeste pour d'autres technologies (par exemple, enregistreurs vidéo, ordinateurs, lave-linge) qui offrent des possibilités qui sont rarement utilisées ou trop compliquées à mémoriser. Toutefois, dans les véhicules, ces possibilités pourraient améliorer la sécurité. A défaut d'en tirer parti, le potentiel de sécurité peut diminuer jusqu'à, dans certaines circonstances, faire augmenter le tribut de tués et de blessés sur la route.
- Les conducteurs peuvent mal utiliser ou détourner la nouvelle technologie, qui peut avoir été conçue pour un objet mais entraîner une mise en danger si elle est utilisée à une autre fin.
- Les conducteurs peuvent être perturbés ou distraits par la nouvelle technologie. L'attention qui lui est accordée risque de ne laisser qu'une capacité mentale résiduelle insuffisante pour les tâches essentielles de sécurité et d'observation. Les recherches récentes menées sur l'utilisation du téléphone mobile par les conducteurs ont fait ressortir ce problème.
- Les expériences antérieures du conducteur peuvent entraîner une compréhension incorrecte de la nouvelle technologie.

- Les conducteurs peuvent considérer l'imposition de certains systèmes comme un empiètement sur leur liberté comme cela a été initialement le cas avec le port obligatoire du casque et de la ceinture de sécurité ou avec le dépistage de l'alcool dans l'air expiré.

Il est indispensable de surveiller la transition vers les nouvelles technologies et de rendre cette transition aussi logique que possible. Pour être facilement acceptés par les conducteurs, les systèmes doivent pouvoir être utilisés avec un minimum de formation et de familiarisation. La performance des différentes marques pour une même technologie ne devrait varier trop fortement de façon à ne pas perturber un conducteur qui passe d'un véhicule à un autre. Les caractéristiques opérationnelles des premières versions des nouveaux systèmes peuvent varier significativement dans la mesure où les constructeurs ont des idées différentes sur les paramètres de conception et de performance souhaitables. Les normes peuvent évoluer rapidement et autoriser un large éventail de performances pour accepter des systèmes fondés sur différentes technologies concurrentes. Une telle souplesse est acceptable lorsqu'il n'existe aucun fondement, en particulier la sécurité, pour exclure certaines variantes.

Par exemple, la norme ISO sur la régulation adaptative de la vitesse (ISO, 2002) spécifie plusieurs niveaux de performance selon le rayon minimal de la courbe dans laquelle le système suit un véhicule situé devant. La norme classe également les systèmes selon qu'ils sont ou non utilisés avec des commandes d'embrayage manuelles et suivant que la RAV agit ou non sur les freins. Au fil du temps, l'expérience peut conduire à réduire les variantes ou à proposer une fourchette de performance plus uniforme. A son tour, ceci devrait permettre aux conducteurs de s'adapter plus facilement aux différents véhicules, renforçant ainsi les bénéfices potentiels à retirer des nouvelles technologies.

Il y a un risque sérieux de disproportion des attentes. Actuellement les constructeurs font bien savoir que les tout derniers systèmes avancés d'assistance au conducteur ne visent que le confort et pas la sécurité. Il est probable que le conducteur attende de ces systèmes des avantages au plan de la sécurité et qu'il ne soit pas préparé à la situation où le système ignore un risque ou lui rend le contrôle en cas d'urgence.

Les avantages attendus de l'ABS en termes de sécurité ne sont pas encore complètement réalisés. Le défaut d'expérience des conducteurs quant à l'utilisation correcte du système peut expliquer pourquoi ils n'en retirent pas tout le bénéfice attendu en matière de sécurité (Harless et Hoffer, 2002).

Le détournement des nouvelles technologies constitue également une menace sérieuse. Par exemple, si la régulation adaptative de la vitesse se traduit par un suivi de trop près, le risque est en fait susceptible d'augmenter.

Le problème de confusion et d'interfaces trop compliquées n'est pas un phénomène nouveau mais il est amplifié par la flexibilité accrue des nouvelles technologies.

La distraction du conducteur doit être minimisée en jouant à la fois sur l'emplacement de la technologie et sur la limitation de l'accès exclusivement à ce qui est essentiel à la conduite.

Les expériences antérieures du conducteur doivent être prises en compte lors de la conception des nouvelles technologies. Actuellement les feux stop sont bien compris par les conducteurs. Leur activation signifie normalement que le véhicule ralentit, maintient sa vitesse dans une descente ou se trouve à l'arrêt. Toutefois, les systèmes anti-mise en lacet qui appliquent sélectivement un freinage sur certaines roues pour maintenir le

contrôle de la direction n'activent pas les feux stop parce que ceci comporterait un risque de confusion pour les conducteurs derrière.

La sensibilité des conducteurs à l'imposition de toute obligation doit être reconnue et il faut les convaincre des avantages à en attendre pour assurer un respect volontaire plutôt que mal accepté.

Les questions de respect de la vie privée

Les informations générées par les nouvelles technologies peuvent servir à d'autres fins que celles qui sont nécessaires dans le cadre de la tâche primaire de conduite. Il est probable que ceci va susciter, dans un certain nombre de pays de l'OCDE, des préoccupations relatives à la protection de la vie privée. Ces questions ont été traitées dans d'autres domaines, par exemple l'information relative aux transactions effectuées par carte de crédit et la capacité à utiliser les réseaux de téléphonie cellulaire pour suivre les mouvements d'une personne. Les avantages perçus du téléphone mobile et de la carte de crédit ont contre-balançé ces préoccupations relatives à la protection de la vie privée. Il faut traiter avec beaucoup de doigté et de tact la perception par le public des nouvelles technologies potentiellement capables de suivre les activités de chacun.

L'éducation du public et sa prise de conscience

Dans l'esprit d'un grand nombre de personnes, les STI sont uniquement des péages automatiques et des caméras de surveillance qui ne demandent rien au conducteur en termes de comportement et qui n'exercent pas de contrôle direct. La réalisation des avantages potentiels des systèmes STI qui affectent la sécurité et la mobilité va exiger du conducteur l'acquisition de nouvelles connaissances. L'éducation, portant par exemple sur les mérites de la ceinture de sécurité et sur les dangers de la conduite sous l'influence de l'alcool, a constitué une technique centrale pour l'amélioration de la sécurité routière.

La promotion des nouvelles technologies se fonde sur leur renforcement des capacités du conducteur à satisfaire ses préférences de déplacement et ses choix en termes de coût, moment, mode, durée du trajet, etc. Il faut également envisager une possibilité négative, à savoir que la technologie va encore plus éloigner les gens de leurs capacités naturelles dans la circulation. La défaillance d'un système STI, comme un système de maintien de trajectoire ou de contrôle de l'intervalle intervéhiculaire, à un niveau de performance inaccessible au conducteur sans l'aide des STI, dans des conditions météorologiques peu clémentes sur une autoroute, créerait instantanément une exigence d'un niveau de performance de conduite (temps de réaction, vision) qui n'est pas inhérent à l'être humain. Il deviendra nécessaire d'informer le public non seulement des capacités des nouvelles technologies mais également de leurs éventuels effets positifs et négatifs sur le risque global lié au déplacement. Avant tout, les constructeurs doivent tenir compte dans la conception des systèmes STI des caractéristiques des limites de la performance humaine pour s'assurer que leur dysfonctionnement n'impose pas des demandes inconsiderées aux conducteurs dans diverses situations de circulation.

Acceptation

La nécessité d'améliorer l'efficacité et la sécurité du transport routier est bien acceptée mais les méthodes et les coûts pour y parvenir sont souvent l'objet de débats enflammés. Les gouvernements devront décider parmi leurs priorités de la place à accorder aux nouvelles technologies et apprécier la propension du public à payer. On a besoin d'informations claires sur les coûts et les avantages des nouvelles technologies de

transport, comparé à d'autres postes budgétaires importants qui facilitent ou régulent le comportement du public. Avant espérer une large acceptation de la technologie, il est nécessaire que le public soit conscient qu'une nouvelle technologie remplit un objectif utile et qu'il peut en tirer personnellement profit.

Approches

Il est impossible d'évaluer l'effet des nouvelles technologies par les techniques habituelles de mesure des statistiques de décès et de blessés. Il y a deux réponses possibles aux opportunités offertes par les nouvelles technologies. L'une consiste à attendre jusqu'à ce qu'il y ait des preuves statistiques puis à répondre. L'autre consiste à appliquer des méthodes statistiques pour prédire les résultats probables et à gérer activement le déploiement des nouveaux systèmes dont on a pu démontrer l'efficacité probable.

Les décisions individuelles sont envisagées pour répondre à l'évidence ou au risque attendu. Par exemple, certains pays ont l'intention d'interdire l'utilisation du téléphone tenu à la main dans les véhicules en mouvement, tandis que d'autres envisagent d'interdire complètement l'utilisation du téléphone cellulaire. La CEE-ONU envisage d'étendre l'ensemble des conditions dans lesquelles les feux stop doivent s'allumer. Toutefois, ces exemples ne sont que la partie émergée de l'iceberg des problèmes afférents aux nouvelles technologies.

Tout comme les STI offrent des variantes trop nombreuses pour qu'on puisse les tester simplement, ces variantes sont trop nombreuses pour que leur introduction puisse se faire sans formation du conducteur. Pour le grand public, cette formation pourrait être limitée pour assurer la réalisation des avantages directs en termes de sécurité et pour éviter les fautes évidentes. Pour les conducteurs professionnels, la formation pourrait être renforcée pour maximiser ces avantages. La formation peut ne pas s'avérer indispensable pour les systèmes qui améliorent le confort ou la commodité. Toutefois, les décisions sur ce qui constitue le confort ne devraient pas être laissées au constructeur ; une évaluation de la manière dont le conducteur utilise la technologie peut être une meilleure mesure de la sécurité ou du danger potentiel attaché à son introduction.

La formation peut aussi chercher à répondre aux préoccupations autour de la perte des compétences de conduite. Lorsque ce n'est pas possible, la réponse peut être apportée soit en limitant la mise en œuvre d'une telle technologie déqualifiante soit en restreignant la personne déqualifiée à des équipements qui n'exigent pas cette compétence. Dans certains pays, le système du permis de conduire remplit déjà cette fonction ; les conducteurs peuvent se voir délivrer un permis qui ne leur autorise que les véhicules à transmission automatique.

Les conducteurs non formés, les STI installés sur infrastructure, les véhicules équipés/non équipés peuvent tous être contrôlés par le biais de clauses spécifiques du permis de conduire. Par exemple, un véhicule non équipé peut ne pas être autorisé à circuler sur une route équipée d'une infrastructure de STI alors qu'il le sera sur des routes « non-STI ». Les conducteurs non formés peuvent ne pas être autorisés sur certaines routes équipées et/ou dans certains véhicules équipés, selon l'équipement.

Lorsqu'on peut prédire de manière convaincante que l'utilisation obligatoire de certains systèmes va améliorer la sécurité, il faut alors persuader le conducteur de l'avantage qu'il y a à assurer une obéissance optimale. L'approche du port de la ceinture de sécurité constitue un exemple de mise en œuvre réussie de cette politique dans de nombreux pays de l'OCDE. Tout d'abord, les véhicules ont été construits avec des points

d'ancrage pour les ceintures, cela a fait l'objet d'une large publicité et les conducteurs ont été encouragés à s'équiper volontairement de ceintures par le biais de publicité qui montraient les avantages du port de la ceinture. L'étape suivante a consisté à équiper les véhicules à la construction. Là encore, on a fait appel à la publicité pour encourager le port de la ceinture, notamment en montrant des personnalités appréciées du grand public. Ce n'est que lorsque le taux de port de la ceinture a dépassé un certain niveau (60 % au Royaume-Uni) que les gouvernements ont introduit l'obligation du port. Même quand il y a eu des objections, la majorité avait déjà accepté la mesure et la tâche de contrôle du respect de la loi s'est trouvée réduite. L'acceptation de l'obligation de se soumettre au test d'alcoolémie dans l'air expiré n'a pas été aussi aisée. Il a fallu de nombreuses années pour faire évoluer les mentalités et faire accepter la position morale selon laquelle boire et conduire sont incompatibles. La publicité et l'éducation y ont également largement contribué.

Normalisation

Il est important de disposer de normes formelles portant sur la conception du système, la mise en commun des données et la fonctionnalité du système pour minimiser les coûts du produit ainsi que pour l'efficacité et la rentabilité de la mise en œuvre et le succès de l'inter-opérabilité transfrontière des nouvelles technologies dans les systèmes de circulation. Les normes fondées sur des accords régionaux ou des grands accords internationaux sont en rapport avec l'environnement réglementaire des partenaires participants.

Les lignes directrices (Commission Européenne, 1998) et les recommandations (Commission Européenne, 2000) relatives aux systèmes efficaces et sûrs *d'information et de communication* embarqués et garantissant la sécurité ont récemment été présentées comme une déclaration de principes européenne concernant l'interface homme-machine. (Une publication analogue a été diffusée en Amérique du Nord (AAAM, 2002). La déclaration européenne porte sur la portée, les dispositions en vigueur, les principes de conception générale, les principes d'installation, les principes de présentation de l'information, les principes concernant l'interaction avec les affichages et les commandes, les principes relatifs au comportement du système et les principes relatifs aux informations concernant le système. Une déclaration analogue pour les systèmes d'assistance est attendue prochainement. En outre, plusieurs groupes de travail se préoccupent du développement de normes interface homme-machine (IHM) pour différentes caractéristiques de la conception ayant trait aux systèmes STI. La présentation de l'information visuelle, la gestion du dialogue et les signaux auditifs figurent parmi les questions pour lesquelles on envisage actuellement des normes. D'autres initiatives en faveur de l'optimisation de l'IHM des nouvelles technologies sont : la Safety Checklist (liste de vérification pour la sécurité) (Stevens *et al.*, 1999) destinée aux producteurs des systèmes et actuellement en cours de révision ; le projet suédois SafeTE, qui travaille à partir d'une liste de vérification orientée vers le client ; et l'initiative IHRA-ITS (Noy, 1999).

Presque toutes les organisations de normalisation sont actives dans ce domaine avec une coordination entre ces organisations (comme les groupes de travail communs à l'ISO – International Standards Organisation et à l'équivalent européen, le CEN – Comité Européen de Normalisation). Le programme ITS du Ministère des transports des États-Unis développe environ 90 normes en faisant appel à plusieurs organismes de normalisation coordonnés au sein de Groupe de Travail 204 de l'ISO. Ces normes traitent

un large éventail de problèmes comme la définition des données, les ensembles de messages et les protocoles de partage des données entre les dispositifs et les centres de transport.

Des initiatives de normalisation peuvent également être prises en dehors des organismes officiels dans le cadre de coopérations industrielles directes. De telles initiatives peuvent viser à créer un consensus précoce entre ceux qui développent le système, ceux qui le mettent en œuvre et ceux qui le régulent, afin de coordonner les recherches lorsque la technologie n'est pas encore commercialement disponible. Un exemple d'une telle activité est le partenariat CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership – Métrique anti-collision, 1997) établi entre Ford et General Motors pour définir et développer les définitions fonctionnelles, les caractéristiques de fonctionnement, les mesures de performance et les procédures d'évaluation pour les systèmes d'évitement des collisions. En raison de leur nature pré-concurrentielle, ces travaux sont partiellement financés par le gouvernement des États-Unis dans le cadre de son programme Intelligent Vehicle Initiative (IVI).

L'introduction de normes s'accompagne d'avantages et d'inconvénients. Les inconvénients de l'absence de normes sont l'incompatibilité entre systèmes ; l'interférence avec d'autres systèmes ; le manque de reconnaissance par les consommateurs ou les clients, la nécessité de se conformer à des exigences incompatibles dans les différentes régions et en définitive des coûts de mise en œuvre et d'entretien plus élevés. Du point de vue du secteur public, il s'agit d'une considération importante dans une perspective de sécurité comme d'investissement.

Les avantages de l'introduction de normes résident dans des produits et des systèmes qui peuvent facilement partager l'information, qui fonctionnent d'une manière uniforme et prévisible, dont la conception est modulaire — ce qui facilite leur extension — et dans le fait que sur le long terme, ils peuvent se révéler plus économiques. D'autres avantages peuvent être : l'exclusion de systèmes non sûrs, l'évitement de difficultés d'interfaçage entre systèmes, l'ouverture de marchés fondée sur la reconnaissance ou l'adoption mutuelle de normes techniques.

L'introduction de normes peut également créer des difficultés : la lenteur de l'établissement de la norme, la nécessité de compromis pour parvenir à une exigence commune de performance et la nature non mature des STI qui fait de toute norme un obstacle potentiel au progrès ou un risque d'étouffer l'innovation chez les constructeurs pour développer un avantage concurrentiel.

Même s'il est théoriquement possible de concevoir un système de manière complètement isolée, l'inévitable interaction (et les éventuelles interférences) entre systèmes, ajoutée à la nécessité de transparence et de s'assurer que les protocoles appliqués sont à un niveau acceptable, signifient que le développement et l'utilisation de normes reconnues sont fortement recommandés. Les normes peuvent aller d'orientations à des pratiques industrielles détaillées et peuvent devenir le fondement de réglementations au plan national ou régional.

En matière de logiciel il y a plusieurs normes et lignes directrices, comme celles du MISRA (Motor Industry Software Reliability Association) dont on fait la promotion comme d'une technique pour assurer une bonne conception du logiciel. Il y a également plusieurs protocoles, tels que CAN et VAN, qui prétendent assurer une communication sûre entre systèmes embarqués. Les protocoles de communication sans fil comme Bluetooth ou DSRC (Dedicated Short Range Communications) deviennent également

disponibles et émergent comme normes. Les systèmes individuels STI ont des normes en cours d'émergence comme la spécification ISO pour la régulation adaptative de la vitesse (RAV) (ISO, 2002).

Outre les protocoles standard il peut y avoir des avantages à créer une architecture complète pour des groupes de systèmes ou des systèmes en relation (Jesty, 2000). Le Canada, le Japon et les États-Unis ont adopté des architectures nationales ce qui crée un cadre standard et définit les interfaces éventuellement possibles pour le développement des normes. Ceci est particulièrement pertinent pour les systèmes coopératifs sol-véhicule.

La normalisation de l'exploitation est importante pour la sécurité et l'efficacité des divers systèmes de transport. Par exemple, la séquence et les couleurs des feux de signalisation sont normalisées depuis longtemps. Aux États-Unis, le fléchage a été normalisé dans le cadre d'un manuel d'uniformisation des dispositifs de régulation du trafic (Manual of Uniform Traffic Control Devices – MUTCD).

L'élaboration de normes dans un environnement technologique en évolution rapide comme les STI constitue un défi. La réconciliation des différentes approches techniques, la concurrence entre secteurs public et privé, le positionnement dans le cycle de vie de la technologie et les essais et la certification rentrent tous comme facteurs dans l'adoption et la mise en œuvre des normes.

D'autres grandes questions se posent comme l'actualisation des versions des logiciels : le coût, la remise à niveau, la tolérance de versions antérieures « héritées » ; la participation des juridictions pour assurer la prise en compte des besoins locaux, régionaux et nationaux ; le recours à des approches ouvertes de l'élaboration des normes pour permettre ultérieurement l'incorporation de fonctions supplémentaires.

Les normes doivent être élaborées sur une base régionale et, si possible, mondiale pour éviter les difficultés d'harmonisation des normes nationales.

Les réglementations

Les effets des nouvelles technologies sur la sécurité des systèmes traditionnels

Avant la récente explosion de l'électronique à un coût abordable, les seuls STI généralement disponibles étaient les freins anti-blocage (ABS). A cette exception près, chaque système d'un véhicule, qu'il s'agisse du freinage, de la direction, de la suspension, des ceintures de sécurité, etc. pouvait pratiquement être considéré isolément. Il s'agit bien sûr d'une simplification mais chaque interaction pouvait être prise en considération au moment des essais et on avait donc jugé superflu de réglementer.

L'arrivée des STI confirme qu'une plus grande attention doit être portée à la sécurité du système. Le précédent créé par l'ABS a aidé à analyser cette situation nouvelle.

Les STI autorisent de nombreuses permutations et combinaisons d'action et de résultat. Ceci rend difficile de déclarer un système STI définitivement sûr. En outre, différents systèmes peuvent interagir. Par exemple, le système de suspension et le système de freinage peuvent être reliés et agir pour contrôler un véhicule qui est en danger de perte de contrôle dans une courbe. Les systèmes en interaction doivent être conçus pour assurer que l'interaction ne réduit pas la sécurité de l'un ou l'autre système. N'importe quelle défaillance d'un système ne doit pas réduire la sécurité de l'autre. Les usagers de la route (conducteur ou autres usagers) ne devraient pas être surpris par

l'interaction. Ceci signifie que ces systèmes complexes doivent être conçus pour assurer que le logiciel, le matériel et l'interaction du système se traduisent tous par une optimisation des avantages en termes de sécurité et une minimisation des effets négatifs.

Les réglementations relatives à la construction du véhicule

La réglementation des véhicules routiers à la construction au sein des pays de l'OCDE varie à la fois en termes de contenu et de méthode d'application. Par exemple, l'auto-certification est la règle en Amérique du Nord. Aux États-Unis, les exigences relatives à la construction des véhicules routiers sont reprises dans les normes fédérales pour la sécurité des véhicules à moteur (Federal Motor Vehicle Safety Standards). Au Canada, les normes *Normes de sécurité des véhicules automobiles* répondent au même objectif. Dans les pays de l'Union Européenne (UE) et dans les pays signataires de l'accord de 1958 de la Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies, le régime est l'homologation. L'UE utilise en général des directives pour spécifier les exigences de performance. La CEE-ONU, elle, fait appel à des règlements.

L'auto-certification impose au constructeur de conserver les preuves de conformité et d'être prêt à prouver à l'autorité réglementaire que le système respecte toutes les réglementations si cette autorité décide de procéder à des contrôles de conformité de la production. L'auto-certification permet au constructeur de mettre un nouveau véhicule sur le marché sans certification préalable. L'homologation impose au constructeur de rechercher la certification du système avant la production. Les contrôles de conformité de la production sont également partie intégrante de l'homologation.

Le principe des régimes réglementaires aussi bien d'auto-certification que d'homologation est de supprimer les entraves au commerce en s'engageant à accepter les systèmes, quelle qu'en soit la source, qui satisfont les exigences prescrites en matière de performance de sécurité.

Soit les STI rentrent dans les schémas réglementaires en vigueur, soit la prise en compte de leur arrivée appelle des mesures spéciales.

Avant l'arrivée des STI, il était possible de considérer chaque système séparément et les indicateurs de performance en matière de sécurité étaient raisonnablement simples à spécifier. En prenant pour exemple le règlement CEE-ONU n° 13 (règlement freinage), la sécurité du système de freinage est vérifiée à la fois par le calcul et par des essais physiques de la distance d'arrêt, par le freinage résiduel (en cas de défaillance du système) et par des contraintes de stabilité. Avec l'arrivée du premier système STI, l'ABS, ce contrôle de performance s'est compliqué d'un degré. Outre les calculs et essais de performance physique supplémentaires introduits pour vérifier la sécurité des ABS, comme la stabilité sur des surfaces de frottement fissurées, le règlement stipule que « le constructeur fournira au service technique une analyse des défaillances potentielles ... et de leurs effets.. ». Cette clause supplémentaire est la reconnaissance de l'impossibilité de contrôler physiquement toutes les défaillances possibles sur le véhicule terminé et sur la nécessité d'interroger le processus de réflexion du concepteur.

L'arrivée récente d'autres STI s'est traduite par une nouvelle extension du règlement freinage. Par exemple, les systèmes de freinage électronique (EBS) et la régulation adaptative de la vitesse (RAV) imposaient des approches différentes. L'EBS pouvait être considéré comme un raffinement supplémentaire du système original de freinage. L'objectif premier de la RAV était d'assister la régulation de la vitesse mais, pour cela, il faisait appel au freinage. Depuis que les autorités réglementaires de la CEE-ONU ont

reconnu que ces situations — l'une étant le développement d'une situation primaire et l'autre une utilisation secondaire d'un autre système — allaient fréquemment se produire avec le développement des STI, il a été décidé que le cas du règlement RAV/freinage devrait créer un précédent sur la manière de traiter les règlements pour les STI.

La solution proposée consiste en l'addition d'une annexe générale à un règlement CEE-ONU en vigueur et l'ajout d'exigences spécifiques au règlement lui-même. La première utilisation de cette annexe, connue sous le nom d'annexe Électronique complexe, est l'annexe 18 du règlement freinage. La prochaine utilisation prévue est en annexe 6 du règlement Direction, qui est rendue nécessaire par la technologie de direction à commande électrique, qui transmet les indications du volant au boîtier de direction électriquement et non plus par une transmission mécanique. Dans ces deux exemples, l'arrivée des STI est un raffinement supplémentaire du système original.

Actuellement, au sein de la CEE-ONU, il n'existe pas de « règlement RAV ». Dans ce cas, il n'y a pas de vérification des fondements sécuritaires de la RAV mais l'annexe Électronique complexe va assurer la vérification de la sécurité du système avec lequel il est en interface. Si, lorsqu'un véhicule est équipé de la RAV, celle-ci fait appel au freinage pour contrôler la vitesse, il faudrait modifier la certification du freinage. En appliquant la procédure prévue dans l'annexe Électronique complexe et les exigences spécifiques du règlement freinage, il faudrait montrer que l'effet de l'ajout de la RAV ne compromet pas la sécurité du système de freinage.

La question qui se pose ensuite est que faire des systèmes STI pour lesquels n'existe aucune réglementation.

La réponse la plus simple est de ne rien faire mais les inconvénients de ce parti sont que les systèmes peuvent ne pas être sûrs et, dans des états ou des régions différents, faire l'objet de traitements différents ou devoir se conformer à des exigences incompatibles. Parmi les avantages de la solution ne rien faire, on peut citer la liberté du constructeur de faire ce qu'il veut quand il veut.

L'autre solution consiste à se conformer à un règlement. Ses inconvénients seraient la lenteur de mise en place d'un tel règlement ; la nécessité de compromis pour parvenir à une exigence de performance commune, la nature encore non mature des STI qui fait de tout règlement un obstacle éventuel au progrès. Les avantages de l'existence d'un règlement seraient l'interdiction de systèmes non sûrs, l'ouverture des marchés.

Une évolution récente au sein de l'UE a donné de l'importance à la résolution de cette question. La réception européenne complète du véhicule a été introduite. Elle permet de vendre librement un véhicule dans n'importe lequel des 15 états-membres sans craindre l'entrave au commerce constituée par l'homologation nationale. Actuellement, la réception européenne complète du véhicule ne s'applique qu'aux voitures particulières et aux motocyclettes mais il est prévu de l'étendre à toutes les catégories de véhicules routiers. Dans le cadre de ce système, l'ensemble des 15 états-membres a approuvé la liste complète des homologations de systèmes qui constitue la réception d'un véhicule. La directive qui gouverne ce processus est la directive cadre et chaque système fait l'objet d'une directive séparée. Un des problèmes qui peuvent se poser avec cette approche a été reconnu. S'il n'existe pas de directive appropriée pour un nouveau système, comment un constructeur peut-il installer un tel système? Dans une telle situation, un constructeur peut demander à un comité d'autoriser la construction du véhicule avec ledit système au motif qu'il est trop novateur pour être pris en compte dans une directive en vigueur.

Au sein de la CEE-ONU, seule la réception par type de système est reconnue, par conséquent la résolution de la question du traitement réglementaire des STI n'est pas aussi urgente. Il a toutefois été admis qu'il pouvait être intéressant de reconnaître d'une manière ou d'une autre l'existence d'un système novateur. Ceci permettrait aux signataires de l'accord de 1958 d'autoriser à titre individuel des systèmes novateurs dans leur liste nationale. Le Groupe de travail 29 (WP 29) de la CEE-ONU examine actuellement la manière de traiter ce point.

Les systèmes STI sont à l'évidence de bons candidats à examiner dans ces procédures.

Des pays au travers de l'Europe (et pas seulement dans les 15 états-membres de l'UE), et d'autres pays comme l'Afrique du Sud, l'Australie, la Chine et le Japon, sont signataires de l'accord de 1958 en conséquence de le WP 29 de la CEE-ONU a été renommé le Forum d'Harmonisation Mondiale. En outre, la signature d'un autre accord (l'accord de 1998) a étendu les pays concernés pour inclure d'autres régions comme les États-Unis et a conduit au principe d'introduction de règlements techniques mondiaux qui se traduiront par une spécification mondiale pour n'importe quel système.

Approches

On a commencé à traiter la question de l'impact des STI sur les normes et règlements techniques. Un nombre croissant de normes sont en cours d'examen et on envisage l'introduction de règlements pour les systèmes qui ne prêtent pas aisément à des contrôles simples de sécurité. Plusieurs organisations, depuis l'ISO et le CEN, par le biais de groupements de parties intéressées comme ITS America et ERTICO, jusqu'à des groupes politiques de haut niveau, comme le groupe à haut niveau de l'UE sur la sécurité/STI étudient comment les normes peuvent être utilisées pour assurer que le meilleur parti peut être retiré de l'arrivée des STI.

L'introduction des règlements, assistés de l'existence de normes, sur une base régionale et sur une base mondiale, pourrait se traduire par des spécifications communes de sécurité qui auraient également statut légal de priorité sur des lois contradictoires au niveau national.

L'élaboration de normes pour les systèmes interactifs véhicule-route qui communiquent par-delà les frontières juridictionnelles va exiger que s'établissent de nouveaux arrangements en collaboration impliquant des experts en infrastructure routière, en communications et en technique du véhicule qui traditionnellement n'ont pas eu besoin de travailler formellement ensemble.

Les questions légales

Fiabilité

Il s'agit d'un des aspects les plus contentieux et les plus sensibles au plan politique. L'arrivée sur la scène de nouvelles technologies, en particulier les systèmes STI qui peuvent « penser », généralement connus sous le nom de *systèmes adaptatifs*, a soulevé les questions suivantes :

- L'utilisateur peut-il s'attendre à faire confiance à tout instant aux systèmes adaptatifs ?
- Que se passe-t-il lorsqu'un problème avec le système ou une mauvaise interprétation par l'utilisateur de ce qu'il convient d'attendre du système entraîne des dommages corporels ?

Un aspect en rapport est la perception que les systèmes adaptatifs peuvent réduire la liberté de l'utilisateur.

Les STI comme la RAV, qui remplissent des fonctions normalement accomplies par les conducteurs auparavant, et des systèmes comme les systèmes d'alerte de collisions en intersection, qui interagissent pour accomplir des fonctions de contrôle ou d'alerte, vont créer de nouveaux problèmes potentiels de responsabilité. Conscients de ceci, les constructeurs de véhicules équipés de systèmes de RAV précisent bien que la RAV est destinée à la commodité du conducteur et ne prétendent aucunement qu'elle réduit le risque de collision.

Les constructeurs des nouvelles technologies et les autorités qui les mettent en œuvre doivent être conscients de la nature évolutive des lois qui permettent la compensation des dommages corporels (droit de la responsabilité civile), y compris des lois sur la responsabilité de produit et la protection du consommateur. Les pays qui ont subi l'influence de l'empire britannique suivent une procédure de primauté légale. Le Japon a un système analogue. Un projet d'harmonisation du droit de la responsabilité civile. En Europe est en cours depuis plusieurs années (Groupe Européen sur la responsabilité civile). C'est la loi américaine sur la responsabilité de produit qui a entraîné les amendes les plus élevées, mais dans d'autres pays, les règlements des engagements sont en augmentation.

Situation actuelle

Cinq initiatives récentes en Europe et une de l'ISO indiquent les attitudes actuelles à l'égard de la question de la responsabilité en cas d'incident lors de l'utilisation de systèmes adaptatifs. Il s'agit du projet européen RESPONSE, de l'amendement au règlement CEE-ONU sur le contrôle de la vitesse, du groupe de travail SpeedAlert d'ERTICO, du projet sur l'AIV au Royaume-Uni et de la norme ISO sur la RAV.

- RESPONSE (Kopf *et al.*, 1999) était un projet de l'UE étudiant l'automatisation du véhicule, la responsabilité du conducteur, la responsabilité du fournisseur, les conséquences légales et institutionnelles. Un des aspects propres à ce projet était l'implication d'avocats de plusieurs pays de l'UE. Le projet n'a pas mené à bien tous les travaux prévus (un projet RESPONSE II est prévu) mais il est parvenu à la conclusion que les systèmes ne posent pas de problème du point de vue légal ni de l'utilisateur seulement tant qu'à tout moment le conducteur peut les contrôler ou reprendre le contrôle. Toutefois, des problèmes relatifs au permis de conduire et à la responsabilité (produit) sont susceptibles de se manifester avec des systèmes d'assistance dont le conducteur ne peut reprendre le contrôle ou qui interviennent au-delà des limites de performance psychométriques de l'homme (par exemple les systèmes anti-collision).
- Le règlement CEE-ONU 89 relatif aux dispositifs de limitation de la vitesse contenait originellement la spécification relative aux limiteurs de la vitesse maximale (fixe) actuellement en vigueur dans l'UE pour les véhicules com-

merciaux lourds et les autobus interurbains. Ceci a maintenant été amendé pour couvrir les dispositifs qui permettent au conducteur d'ajuster la vitesse de contrôle à n'importe quelle valeur. Actuellement, la spécification ne permet d'intervention du freinage pour un véhicule autre qu'une « voiture particulière » mais elle autorise que l'information sur la limite de vitesse en vigueur puisse venir de n'importe quelle source (y compris les moyens télématiques).

- Le groupe de travail SpeedAlert d'ERTICO (une organisation européenne qui réunit à la fois l'industrie et les pouvoirs publics pour discuter des progrès de la télématique et pour mener des projets de développement STI) va examiner les moyens d'informer le conducteur de la limite de vitesse en vigueur. Le mandat de ce groupe limite l'étude aux systèmes qui se contentent d'offrir de l'information au conducteur.
- Le gouvernement du Royaume-Uni finance un projet sur l'adaptation intelligente de la vitesse qui couvrira l'analyse de tous les problèmes légaux prévisibles qui peuvent être posés par l'introduction de l'AIV. Un projet de recherche antérieur (alors appelé External Vehicle Speed Control – Contrôle intelligent de la vitesse du véhicule) n'a pas réussi à trouver de problème fondamental dans le fait que le conducteur soit maintenu à une vitesse inférieure à la limite réglementaire.
- Une norme ISO (2002) sur la régulation adaptative de la vitesse offre des spécifications pour de nombreuses combinaisons et permutations de RAV. Toutefois, tous ces systèmes sont considérés comme des systèmes de « confort » et non comme des systèmes de sécurité ou de contrôle.

L'opposition des lois relatives à la construction et à l'utilisation

La réglementation de la construction et de l'utilisation (conduite et exploitation) du véhicule est souvent le fait de niveaux d'autorité différents. Par exemple, l'UE contrôle les normes de construction des voitures alors que leur utilisation est réglementée par chaque pays au niveau individuel. Les règlements CEE-ONU prennent également le pas sur les lois nationales en matière d'utilisation. De même en Australie, au Canada et aux États-Unis, les gouvernements fédéraux contrôlent la construction des véhicules et les provinces et les états la plupart des lois en matière d'utilisation. Les décisions positives à un niveau régional se traduisent normalement par des discussions des exigences locales en matière d'utilisation du véhicule et l'abrogation en conséquence de toute loi contradictoire au niveau de l'état.

La capacité des réglementations sur la construction du véhicule à en contrôler *de facto* l'utilisation ne constitue pas une situation nouvelle. Parmi les exemples antérieurs de telles situations, on trouve l'introduction des ceintures de sécurité automatiques puis l'introduction des coussins gonflables par le gouvernement fédéral des États-Unis. Toutefois, la capacité accrue de technologies adaptatives, automatiques, télématiques à se substituer au conducteur dans certains aspects du contrôle du véhicule peut signifier que l'inaction des états va se traduire par une perte de souveraineté et de contrôle de la cohérence de leurs lois particulières de sécurité routière. Des tests dans ce domaine ont actuellement lieu par exemple avec la construction de véhicules dont l'allumage automatique des feux ne respecte pas les lois nationales d'utilisation.

Loi habilitante et autres initiatives du gouvernement

L'attente selon laquelle tous les progrès devraient venir des constructeurs leur impose peut-être un fardeau excessif. Leur capacité à réaliser de larges tâches de coordination est limitée. Ils accomplissent un excellent travail dans le domaine de la fixation des normes mais en se concentrant essentiellement sur l'harmonisation et l'intercommunication des systèmes et entre systèmes. En outre, les constructeurs peuvent n'avoir aucun intérêt à introduire des systèmes pour lesquels ne paraît pas exister de demande commerciale, comme l'identification électronique du véhicule, les enregistreurs embarqués d'événements et l'adaptation intelligente de la vitesse.

En l'absence d'initiatives d'autorisation prises par les gouvernements, de nombreux développements peuvent se trouver au-delà des ressources des constructeurs pris isolément ou même d'associations. Plus important dans le contexte actuel, les avantages éventuels en termes de sécurité risquent de ne jamais se réaliser. Ces initiatives peuvent notamment être des réglementations pour rendre les systèmes obligatoires, des accords sur les bandes de fréquence, l'introduction de systèmes de communication et de systèmes de positionnement, la conversion des données pour s'adapter aux méthodes numériques et un accord sur une architecture commune. Les gouvernements peuvent se lancer à la demande de l'industrie mais certaines initiatives peuvent également être spéculatives. Ces initiatives autorisant la technologie peuvent se situer au niveau du véhicule et/ou dans le cas de systèmes installés sur l'infrastructure, au niveau de l'état, régional ou global.

Encadré 5.1. L'amélioration des cartes numériques (*EDMap*)

Les États-Unis ont initié le projet Digital Map(EDMap). EDMap est financé par le Department of Transportation dans le cadre de l'initiative véhicule intelligent (Intelligent Vehicle Initiative-IVI), programme où sont menées des recherches et des expérimentations pilotes opérationnelles sur des technologies embarquées qui peuvent permettre une conduite plus sûre. L'objectif d'EDMap est de développer et évaluer un ensemble d'améliorations des bases de données pour carte numérique qui permettra ou améliorera la performance des systèmes d'assistance au conducteur en cours de développement ou envisagés par les constructeurs automobiles aux États-Unis. On compte parmi les partenaires au sein du projet EDMap les constructeurs automobiles DaimlerChrysler Research and Technology North America, Inc., Ford Motor Company, General Motors Corporation, Toyota Technical Center USA, Inc., et le fournisseur de cartes Navigation Technologies Corporation.

Le projet EDMap a commencé par l'identification de 61 applications touchant la sécurité – du court au long terme – qui bénéficieraient d'améliorations des bases de données cartographiques ou qui seraient permises par celles-ci. Pour chaque application, on a établi des descriptions et des exigences fonctionnelles. La liste des exigences a servi à définir un groupe d'informations dérivées des cartes – dénommées mapplets - qui viennent en soutien de chaque application. Citons comme exemples de ces mapplets les caractéristiques géométriques de la route, la courbure de la route, le dévers, la largeur de voie, le nombre de voies, l'emplacement des intersections, la position des feux de signalisation et des panneaux stop, les limites de vitesse et l'emplacement des zones d'interdiction de dépasser. Les mapplets sont combinés aux données fournies par d'autres capteurs du véhicule, comme la vitesse du véhicule ou l'état du revêtement, pour définir un système d'application. On a ensuite défini un ensemble de catégories d'analyse pour comparer les avantages potentiels en termes de sécurité de chaque système d'application.

Encadré 5.1. L'amélioration des cartes numériques (*EDMap*) (suite)

La première sélection des applications dont le développement doit être poursuivi dans le cadre du projet EDMap inclut l'alerte de vitesse en courbe, l'annonce des panneaux stop, l'alerte de collision avant, l'avertisseur de feux de signalisation, l'alerte de non maintien de la trajectoire, la régulation de la vitesse en courbe et l'assistance au maintien de trajectoire. Ces applications serviront à diriger le développement et le raffinement de la précision des cartes détaillées et à attribuer les exigences.

On a identifié deux zones d'essai où l'on pourra montrer et évaluer les applications. Les démonstrations d'EDMap auront lieu début 2004 et les résultats de l'évaluation seront repris dans un rapport final. Ce rapport final fournira une évaluation des types d'applications pour la sécurité permises ou améliorées par les cartes, qui pourraient être commercialement faisables dans le court, le moyen et le long terme, compte tenu des développements attendus dans la technologie cartographique et des progrès dans les systèmes de positionnement et de communications.

Discussion

Toutes ces initiatives témoignent d'une sensibilité à l'arrivée à la fois des systèmes « pensants », en particulier les systèmes qui peuvent limiter le nombre total de variantes d'action qu'un conducteur peut accomplir dans des circonstances données et des systèmes qui ont la priorité sur les règles locales. Un autre aspect est susceptible de se dissimuler derrière ces préoccupations. Il est possible que les constructeurs puissent considérer que certains systèmes, la gestion de la vitesse par exemple, puissent rendre leurs produits moins attractifs. Ils peuvent souhaiter ne faire la promotion que de systèmes qui en apparence ajoutent au plaisir de la conduite ou paraissent apporter un avantage en termes de marketing et qui peuvent, à titre d'effet secondaire, réduire la congestion du trafic et améliorer la sécurité. Toutefois, ils peuvent moins s'intéresser à d'autres systèmes dont la finalité première est de réduire la congestion du trafic et d'améliorer la sécurité et ils peuvent mettre en avant des obstacles de nature légale ou responsabilité de produit à l'introduction de tels systèmes.

Il est intéressant de noter que ni l'arrivée de l'ABS ni l'obligation d'installer des limiteurs de la vitesse maximale (sur les véhicules commerciaux) n'ont alors soulevé de telles questions. Il peut y avoir des possibilités considérables d'influencer la demande de systèmes de sécurité en vantant les avantages commerciaux pour les exploitants de flottes (aussi bien de véhicules légers que lourds) : l'AIV est un excellent exemple d'un système de sécurité qui recèle des promesses d'économies substantielles grâce à la réduction des coûts des accidents, des coûts d'entretien et de carburant. Les travaux dans ce domaine doivent être approfondis.

Il peut s'avérer nécessaire pour les gouvernements d'introduire des mesures habilitantes surtout si l'on pense qu'en l'absence de ces mesures, l'introduction des systèmes souhaités (que ce soit pour des raisons de sécurité, de congestion ou d'efficacité commerciale) risque d'être retardée ou de ne jamais arriver.

Il peut s'avérer nécessaire pour les gouvernements d'anticiper toute menace sur leurs lois locales découlant de l'arrivée des nouvelles technologies. Il existe déjà des forums pour tenir ces discussions mais une pensée active (plutôt que réactive) peut s'avérer nécessaire et l'amendement des lois de l'état concerné peut être exigé au nom du bien supérieur que les nouvelles technologies peuvent offrir à la région ou au monde.

Les données – recueil, stockage, accès, propriété

Les nouvelles technologies, en particulier les systèmes adaptatifs, génèrent et requièrent des données pour prendre les décisions. Une fois stockées, les données peuvent être recherchées rétrospectivement et utilisées pour des améliorations complémentaires. Elles peuvent également servir pour comprendre les collisions et les incidents, voire comme preuve devant un tribunal. On examine ici les considérations relatives au maniement de l'accès à ces données.

Exemples de sources et d'utilisation des données

Citons comme exemples de données collectées par les systèmes adaptatifs l'accélération, la vitesse, la pression de freinage, la pression des pneumatiques, la rotation des roues, la distance à l'objet le plus proche, les systèmes auxiliaires qui sont engagés ou activés. Ces données peuvent également servir à diagnostiquer les déviations du système par rapport à ce qui est attendu et à alerter soit le conducteur soit une organisation chargée de l'entretien ou même suivre la compétence (ou l'incompétence) du conducteur.

Ces données pourraient servir à détecter l'état d'un véhicule juste avant ou pendant un conflit dans la circulation ou une collision. Ceci permettrait une meilleure compréhension des circonstances mais également, et ceci risque d'être plus controversé, de préciser les responsabilités respectives dans l'incident.

Des données provenant de capteurs qui identifient à la fois le véhicule et sa position (par référence aux satellites GPS Global Positioning System) constituent des entrées nécessaires pour les systèmes de navigation, de logistique et de prévision des collisions. Ces données pourraient également être utilisées pour le péage routier, pour suivre la progression des véhicules pris individuellement pour surveiller la congestion du trafic et pour surveiller la performance en matière d'environnement. Ces données pourraient également servir à rechercher les individus et être utilisées comme preuves devant les tribunaux dans des cas non nécessairement liés à la tâche de conduite.

A côté des données fournies par les capteurs embarqués, celles recueillies par la police lors des enquêtes sur le lieu des accidents et des interrogatoires des personnes impliquées ont une immense valeur comme données statistiques sociales. De nombreux types de données sont également collectés, grâce à des systèmes de détection à distance, par des organisations gouvernementales, des exploitants de la route, des flottes commerciales et des constructeurs automobiles à des fins aussi variées que la planification de la circulation, la surveillance de la performance du conducteur, la logistique et le suivi de l'utilisation et de l'entretien du véhicule.

Approches

De nombreuses données sont déjà collectées, par exemple par la police, lors des enquêtes sur les collisions, par le biais des systèmes de détection à distance, par des organisations gouvernementales, des exploitants de flottes commerciales et des constructeurs automobiles. L'application de technologies de l'information ne ferait qu'améliorer la disponibilité et la précision des données.

Il faut maximiser le recours aux méthodes de protection de la vie privée (en séparant par exemple le recueil d'informations de la diffusion des données). La disponibilité de données de bonne qualité est la clé d'une analyse efficace et d'une bonne définition des politiques. Alors que la préoccupation du respect de la vie privée est importante, l'accès à

ces données à des fins de recherche en sécurité et d'optimisation du réseau présenterait des avantages collectifs énormes.

Considérations liées à la mise en œuvre

L'historique d'essai

L'évaluation des applications des nouvelles technologies ici examinées ne peut se faire complètement par le biais de tests de fiabilité, de précision, de résistance aux interférences ou d'autres mesures techniques, encore que tout ceci constitue un point de départ essentiel. En fait, l'exploitation correcte d'un système en elle-même ne révèle pratiquement rien quant à sa performance en application. Le conducteur, le trafic de véhicules et le système lui-même se combinent pour créer un système de fonctionnement complexe et variable, dont le produit est le transport en sécurité des biens et des personnes.

Pour parvenir à la compréhension qui s'impose des effets d'une nouvelle technologie, ou d'une combinaison de plusieurs technologies, sur la sécurité et l'efficacité du transport, il faut donc une simulation robuste suivie de tests opérationnels des nouvelles technologies embarquées et installées sur l'infrastructure. Le plus important exemple d'expérimentations pilotes est celui entrepris par le Ministère des transports des États-Unis. Des expérimentations pilotes opérationnelles sont menées sur un large éventail de nouvelles technologies embarquées comme la régulation adaptative de la vitesse, les systèmes d'alerte de collision avant et les systèmes d'alerte de non maintien de la trajectoire.

L'ordre de mise en œuvre

La rapidité de progrès technologiques continuels fait de la planification stratégique de la mise en œuvre des STI un véritable défi. Des systèmes qui, aujourd'hui, ne sont pas économiques ou rentables peuvent, dans un avenir proche, devenir concurrentiels. Il faut faire prendre conscience aux décideurs des cadres temporels de la commercialisation probable pour des systèmes prometteurs qui peuvent s'avérer bénéfiques comparé aux systèmes existants ou offrir des capacités exclusives.

Certains systèmes sont des pré-requis pour d'autres. Il fallait par exemple développer l'ABS jusqu'à un stade de performance avancée pour pouvoir envisager dans la pratique les systèmes de régulation adaptative de la vitesse ou de contrôle de la mise en lacet.

La coordination

De nombreux systèmes STI transmettent l'information entre le véhicule et l'infrastructure ou détectent les obstacles dans l'environnement routier et les caractéristiques de ce dernier. Assurer la capacité de fonctionnement et la fiabilité de ces systèmes coopératifs va imposer communication et coordination entre les exploitants d'infrastructure, les constructeurs de véhicules, les fournisseurs de réseaux de communication et les responsables de la réglementation. Il faudra établir des mécanismes de consultation entre les organisations, par exemple les autorités chargées de la régulation du trafic et les constructeurs de véhicules, qui peut-être n'auront jamais eu de contact auparavant et qui vont se trouver fournir des composants différents d'un même système, comme l'alerte de collision en intersection. Les organismes de normalisation pourront être amenés à travailler ensemble pour établir des normes compatibles pour l'équipement embarqué et l'équipement installé sur l'infrastructure. Les autorités responsables de la

sécurité du véhicule à moteur et des communications devront coordonner leurs activités réglementaires pour assurer par exemple qu'une bande de fréquences convenable est allouée aux composantes communications des systèmes embarqués et que l'équipement STI (qu'il soit obligatoire ou simplement autorisé) respecte les réglementations relatives aux interférences radio et au risque de radiations.

Il s'agit d'un défi particulier que de planifier le déploiement de systèmes interactifs de sorte que, sur une zone géographique donnée, ils soient immédiatement utilisables par un nombre significatif de véhicules et d'utilisateurs. Les systèmes embarqués d'alerte de collision, par exemple, qui communiquent avec les systèmes de régulation du trafic, n'auront qu'une utilité limitée si l'infrastructure n'a pas été mise en place. Les incitations du gouvernement peuvent se révéler nécessaires pour étendre les réseaux dans une région ou un pays.

La nécessaire uniformité des conditions d'exploitation

Il faut que les systèmes tolèrent la faute. La défaillance doit avoir un impact minimal sur la mobilité et la sécurité. Tous les systèmes exigent pour fonctionner de manière fiable un certain degré d'uniformité dans les conditions d'exploitation.

On développe, par exemple, des systèmes de guidage latéral des véhicules fondés sur la détection optique de lignes peintes ou autres d'autres éléments de la route. Toutefois, de nombreuses routes sont dépourvues de marquage, les lignes peuvent être discontinues ou non-uniformes et être dégradées ou endommagées. Il est essentielle que la conception de ces éléments soit normalisée et le niveau des critères et pratiques d'entretien routier uniformisé pour assurer la capacité de fonctionnement du système sur l'ensemble des réseaux routiers nationaux ou régionaux. Encore plus important peut-être, les systèmes doivent être conçus de telle sorte que le conducteur est alerté lorsque les critères opérationnels ne sont pas remplis, dans notre cas, lorsque le guidage latéral automatique ne peut plus être assuré en raison de l'absence de lignes peintes.

Les technologies avancées comme substitut aux mesures traditionnelles

Certaines technologies nouvelles sont analogues à des mesures de sécurité plus traditionnelles. Au fur et à mesure que leur application s'étend, il peut devenir faisable d'envisager de supprimer, ou du moins de ne plus entretenir, des systèmes plus traditionnels ayant le même objectif. Par exemple, avec le temps les marquages sonores le long du bord des chaussées peuvent devenir superflus suivant la fiabilité avec laquelle un système embarqué peut avertir le conducteur qu'il s'apprête à dévier de sa voie et de la rapidité avec laquelle cette nouvelle technologie se répand dans le parc. Les économies potentielles sur les coûts dans des domaines traditionnels peuvent améliorer le profil de rentabilité pour certaines technologies nouvelles.

D'un autre côté, si les nouvelles technologies qui reproduisent la fonction de mesures traditionnelles ne sont pas rendues obligatoires, une certaine proportion des véhicules neufs va probablement rester non équipée, sans autre raison que de minimiser les coûts. Dans ce cas, il sera nécessaire de laisser en place et d'entretenir les mesures traditionnelles aussi longtemps qu'elles continueront à remplir un objectif utile.

Indépendamment des capacités des nouvelles technologies, une partie de l'infrastructure actuelle ne devrait pas être remplacée. Les systèmes de navigation peuvent mal fonctionner et risquent de ne jamais couvrir l'ensemble du territoire, aussi, très probablement, les panneaux traditionnels de direction et de localisation seront-ils toujours nécessaires.

Encadré 5.2. Le déploiement dans les flottes commerciales

Les flottes commerciales correspondent aux types d'utilisateurs du système routier les plus pragmatiques et les plus dynamiques. Leur adoption des nouvelles technologies sera rapide si on peut leur montrer qu'elles sont avantageuses au plan commercial.

Les systèmes de gestion logistique, qui contrôlent le déploiement des véhicules, suivent la progression du voyage et automatisent les formalités douanières, se répandent rapidement. Le volume du trafic international de véhicules commerciaux est si élevé qu'on peut tenir pour garanti que le système sera régional ou continental.

De nombreux véhicules commerciaux sont équipés de liaisons de communications pour fournir une assistance aux fonctions de suivi logistique et de suivi de l'entretien. On pourrait ajouter des fonctions de circulation et de sécurité qui en feraient d'utiles véhicules de détection pour fournir des données aux autres conducteurs et aux autorités chargées de la circulation. De nouveaux modèles économiques seraient nécessaires pour rembourser aux entreprises de transport les données qui servent d'entrées dans un système national et qui contribuent au bien de tous. Un modèle pourrait impliquer de rembourser les individus à titre privé ou les entreprises pour les données sur la circulation ou météorologiques qu'ils fournissent à des services qui intègrent et diffusent l'information.

Conclusions

L'arrivée des nouvelles technologies, surtout de celles qui permettent une régulation adaptative et la communication avec d'autres systèmes, entraîne avec elle des considérations qui doivent être résolues aux niveaux supranational et régional. Auparavant, les systèmes pouvaient être examinés de manière isolée et le contrôle de leur sécurité élémentaire restait simple. Tout ceci a changé. Une solution possible consiste à autoriser le déploiement sans contrôle des nouvelles technologies en se fiant aux contrôles de la fiabilité du produit pour s'assurer que les produits (avant tout produits par les constructeurs pour vendre des voitures) sont sûrs. Une autre solution consiste à essayer d'influencer le développement en faisant la promotion de technologies qui promettent d'améliorer la sécurité routière. Ceci pourrait minimiser les effets d'une technologie inadaptée et éduquer le conducteur à tirer pleinement parti des capacités de plus en plus grandes offertes par l'électronique à un coût abordable mais risque d'étouffer l'invention en introduisant une réglementation sans souplesse fondée sur des preuves insuffisantes.

D'un autre côté, il existe un bon potentiel de recueil d'information par le biais de l'utilisation des nouvelles technologies pour la sécurité routière et d'amélioration de l'accès à cette information. En recueillant différents types de données de manière exhaustive et en les intégrant en bases de données utiles, diverses politiques peuvent être suivies de plus d'effets. L'efficacité du stockage, de la recherche, de la recherche rétrospective de données et l'accès aux bases de données, qui ont résulté des progrès dans les technologies de l'information, favorise l'émergence d'une variété de nouvelles applications. Le recueil de l'information en des endroits potentiellement dangereux sur les routes ou la fourniture aux usagers de la route d'information sur les dangers de l'état des routes peut aussi créer des avantages. Insistons enfin fortement sur la nécessaire amélioration des institutions en vue d'une meilleure exploitation de ces données.

Références

- ADVISORS (2001), *Problem Identification, User Needs and Inventory of ADAS*. Deliverable D1/2.1 V4. DGTREN GRD1 2000-10047.
- American Alliance of Automobile Manufacturers (AAAM) (2002), “Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems, Version 2.0”, Driver Focus-Telematics Working Group, www.autoalliance.org
- Becker, S. et S. Cieler (1997), “Die Mensch-Maschine-Schnittstelle bei Fahrzeug-informationssystemen”. *Vortrag anlässlich des Seminars “Fahrerinformationssysteme”*, Essen, Haus der Technik, 25-26 September.
- CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnership) (1997), *Development and Validation of Functional Definitions and Evaluation Procedures for Collision Warning/Avoidance Systems: First Annual Report*, NHTSA Co-operative Agreement Programme no. DTNH22-95-R-07301.
- Endsley, M.R. et E.O. Kiris (1995), “The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation”, *Human Factors*, 37 (2), pp. 381-394.
- ETSC (European Transport Safety Council) (1999), *Intelligent Transport Systems and Road Safety*, ETSC, Bruxelles.
- Commission Européenne (1998), *Déclaration de principes européenne concernant l'interface homme/machine – European Statement of Principles on Human Machine Interface for In-Vehicle Information and Communication systems (expansion of the principles)*, Task Force HMI, European Commission, DG XIII, 9 November.
- Commission Européenne (2000), *Recommandation de la Commission, du 21 décembre 1999, sur les systèmes efficaces d'information et de communication embarqués dans les véhicules : Déclaration de principes européenne concernant l'interface homme/machine*
- Farradyne, P.B, Inc., *City of San Diego Photo Enforcement System Review: Final Report*, City of San Diego Police Department (California, USA).
- Grayson, G.B. (1996), *Behavioural Adaptation: A Review of the Literature*. TRL Report 254, Crowthorne, England.
- Harless, D. et G. Hoffer (2002), “The Antilock Braking System: A Drinking Driver Problem?”, *Accident Analysis and Prevention*, 34, pp. 333-341.
- ISO (International Standards Organisation) (2002), “Transport Information and Control Systems – Adaptive Cruise Control Systems – Performance Requirements and Test Procedures”, ISO 15622:2002.
- Jesty, P.H. (2000), *What is a System Architecture?*, European ITS Framework Architecture, European Communities, 2000.www.frame-online.net/Presentations/What%20is%20a%20System%20Architecture2.PDF
- Kopf, M., S. Becker, P. Burns, J. Dahlman, E. Dilger, T. Johanning, L. Lindahl, L. Nilsson, J. Schwarz et K. Svensson (1999), “Advanced Driver Assistance Systems:

- System Safety and Driver Performance”, Deliverable No. D4.1, Projet RESPONSE (TR4022), Commission Européenne DG XIII.
- Nilsson, L., L. Harms et B. Peters (2001), “The Effect of Road Transport Telematics”, in P.-E. Barjonet (ed.), *Traffic Psychology Today*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 265- 285.
- Noy, Y.J. (1999), *ITS Safety Test & Evaluation. International Harmonized Research Activities (IHRA): Intelligent Transport*. Workshop held 14-15 April 1999, Washington, DC. Report Transport Canada, Road Safety, Ergonomics Division.
- OCDE (2002), *Sécurité routière: quelle vision pour demain*, OCDE, Paris.
- Rumar, K. (1990), “Driver Requirements and Road Traffic Informatics”, *Transportation*, 17, pp. 215-229, The Netherlands.
- Stevens, A., A. Board, P. Allen and A. Quimby (1999), “A Safety Checklist for the Assessment of In-Vehicle Information Systems: A User’s Manual”, TRL, Project Report PA3536/99.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (1993), Regulation 89, “Uniform Provisions Concerning the Approval of (I) Vehicles With Regard to Limitation of Their Maximum Speed, (II) Vehicles with Regard to Speed Limiting Devices of an Approved Type and (III) Speed Limitation Devices”, New York. http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r089e_1.pdf
- Waern, Y. (1990), “On the Dynamics of Mental Models”, in D. Ackermann et M.J. Tauber (eds.), *Mental Models and Human-Computer Interaction*, 1, pp. 73-93. Elsevier, Amsterdam.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance* (2nd edition), Harper Collins, New York.

Annexe A

GLOSSAIRE DES ABBRÉVIATIONS

ADA(S)	Advanced Driver Assistance (Systems), Systèmes d'assistance avancée au conducteur
AHS	Advanced Cruise-Assist Highway Systems, Systèmes avancés d'assistance coopératifs sol-véhicule
AIPCR	Association Mondiale de la Route
AIV	Adaptation Intelligente de la Vitesse
CEE ONU	Commission Économique pour l'Europe des Nations-Unies
CERTU	Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques
DMS	Signalisation Dynamique
EDR	Enregistreur électronique d'événements (boîte noire)
GPS	Geographic Positioning System – Système mondial de positionnement
IHM	Interface Homme – Machine
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety (Institut des assurances pour la sécurité routière)
ISO	International Standards Organisation (Organisation mondiale de la normalisation)
ITE	Institute of Transportation Engineers (Institut des Ingénieurs en Transport)
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration (Etats-Unis, Administration Nationale pour la sécurité de la circulation routière)
OBU	Unité embarquée
OCDE	Organisation pour la Coopération et le Développement Economiques
PIB	Produit Intérieur Brut
PMV	Panneau à Message Variable
RAV	Régulation Adaptative de la Vitesse
RTR	Programme de recherche en matière de transports routiers et liaisons intermodales (OCDE)
STI	Système de Transports Intelligents
UE	Union Européenne

Annexe B**LISTE DES MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL DE L'OCDE
SUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE ET LA TECHNOLOGIE**

Président	Patrick Hasson
Australie	John Goldsworthy
Belgique	Johan van Vooren
Canada	Jim White
Danemark	Lárus Ágústsson
Espagne	Ana Luz Jimenez
États-Unis	Patrick Hasson
	Amy Houser
	Mac Lister
	Doug McKelvey
France	Armel de la Bourdonnaye
	Jacques Nouvier
Grèce	Nicholas Christou
Hongrie	Peter Hollo
Japon	Shigenobu Kawasaki
	Hiroo Yamagata
Norvège	Richard Muskaug
Pays-Bas	Ragnhild Davidse
	Angelien van Boxtel
Pologne	Andrzej Grzegorzcyk
République tchèque	Jaroslav Heinrich
Royaume Uni	Geoff Harvey
Suède	Lena Nilsson
OCDE	Ceallach Levins

OECD PUBLICATIONS, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
PRINTED IN FRANCE
(77 2003 02 2 P) ISBN 92-64-10323-6 - No. 53108 2003

OECD PUBLICATION, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
PRINTED IN FRANCE
(32 2003 04 3 P) – No. 52983 2003