

SAFEMAP: EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE DES BASES DE DONNEES CARTOGRAPHIQUES DEDIEES AUX AIDES A LA CONDUITE

M. CHEVREUIL
Directeur Général Adjoint ISIS, France
m.chevreuil@isis.tm.fr

& les partenaires SAFEMAP

RESUME

SafeMap est un projet franco-allemand lancé dans le cadre du programme DEUFRAKO en 2004, rassemblant des partenaires industriels (constructeurs automobiles, fournisseurs de cartes) et des laboratoires de recherche publics. L'objectif principal du projet SafeMap est d'évaluer la faisabilité socio-économique de bases de données cartographiques intégrant des données relatives à la sécurité.

Afin d'atteindre cet objectif, le projet a été organisé en deux phases principales. Un point d'arrêt a été défini à la fin de la première phase pendant laquelle une première estimation grossière de l'efficacité de ce type de carte a été élaborée. Cette estimation a ensuite été affinée lors de la seconde phase. Ce papier présente la démarche du projet et les principaux résultats : le projet s'achèvera en mai 2007.

1. INTRODUCTION

Les systèmes de navigation deviennent des équipements standards dans les voitures récentes. En utilisant les capacités de localisation des véhicules, des fonctions d'information des conducteurs déclenchant des alertes sur les dangers en aval peuvent être développées afin d'améliorer la sécurité (par ex. systèmes d'alerte vitesse, d'alerte virages, de pentes dangereuses).

La mise en œuvre d'applications de sécurité basées sur des cartes, qui délivrent ce type d'information nécessite des bases de données géographiques qui intègrent les données de sécurité pertinentes. Ces données doivent être de bonne qualité et plus que tout, une mise à jour permanente est nécessaire afin d'assurer cette qualité pendant la durée de vie des systèmes embarqués. Jusqu'à présent, le manque de qualité suffisante des cartes contenant des données relatives à la sécurité s'est révélé être l'obstacle principal pour le déploiement de systèmes autonomes « e-sécurité », considérés pourtant comme la voie la plus prometteuse pour continuer d'améliorer la sécurité routière.

Ainsi, l'objectif principal de SafeMap est de fournir une évaluation complète de la faisabilité de bases de données cartographiques contenant des attributs relatifs à la sécurité. Cette évaluation doit intégrer toutes les dimensions, socio-économiques, légales et techniques qui peuvent être utilisées par les acteurs concernés (autorités publiques, fournisseurs de cartes, industrie automobile) pour aider à leur prise de décision concernant la mise en œuvre de systèmes « e-sécurité ».

2. DEMARCHE

Le consortium du projet franco-allemand SafeMap comprend des partenaires de l'industrie automobile (DaimlerChrysler, Renault Trucks, PSA), des fournisseurs de cartes (TeleAtlas,

NavTeq) et des instituts publics de recherche (BAST, LCPC/LIVIC). Le coordinateur du projet est ISIS du Groupe EGIS (France). Les travaux collaboratifs du projet ont démarré en janvier 2004. Une premier jalon a été atteint début 2005 (cf. Figure 1) : l'objectif principal de cette première phase était de fournir une première analyse coûts bénéfices du potentiel des bases de données cartographiques sur la sécurité routière.

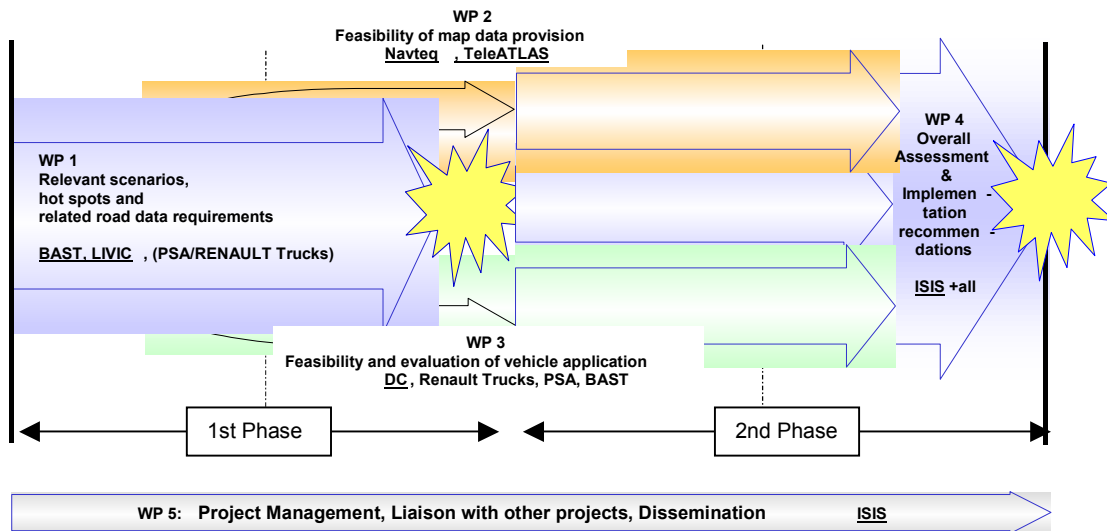


Figure 1 – Structure du projet SafeMap (deux phases)

Pendant la seconde phase du projet SafeMap la première évaluation des impacts sur la sécurité a été affinée grâce à une analyse coût bénéfice plus complète. (Workpackage 1). De plus des propositions de modèles d'affaire (Workpackage 2) et l'évaluation de l'acceptabilité et des comportements des conducteurs (Workpackage 3) permettant une évaluation globale aux niveaux socio-économique, organisationnel et technique de la faisabilité des bases de données SafeMap (Workpackage 4) ont été fournies.

3. RESULTATS DE LA PREMIERE PHASE

Les systèmes d'aide à la conduite peuvent être classés en trois catégories :

- Réplication à bord de la signalisation routière, avec pour objectif de rappeler au conducteur les signaux qui ont pu être mal compris, oubliés ou même non vus.
- Applications innovantes permettant au conducteur d'anticiper les difficultés en amont : virages, carrefours, ...
- Fonctions complètes d'assistance au conducteur (contrôle latéral, contrôle longitudinal, évitement de collision, etc.).

Il a été décidé de concentrer la démarche SafeMap sur les deux premières catégories. En fonction des premières hypothèses sur l'analyse coûts – bénéfices et les analyses d'accidents, les applications d'assistance utilisant les catégories de fonction suivantes ont été sélectionnées :

Table 1 – Définition et classification des fonctions sélectionnées

Id	Fonctions basées sur:
A	Limites de vitesse
B	Virages
C	Intersections
D	Dépassements
E	Zones dangereuses
F	Zones d'accidents
G	Restrictions physiques

Les fonctions E et F sont toutes deux basées sur les statistiques d'accidents, mais diffèrent fondamentalement : alors que pour déclencher une alerte la fonction F compare la situation actuelle de conduite aux situations passées ayant résulté en un accident, la fonction E est basée sur une analyse des accidents par rapport à la géométrie, principalement les virages et les intersections. Avec E, l'alerte est déclenchée en comparant la dynamique du véhicule à la configuration de l'infrastructure.

Cette différence entre E et F reflète les approches différentes choisies par les partenaires français et allemands lors de la première phase du projet. L'objectif était d'explorer les deux options et de les évaluer au cours du projet. L'approche « allemande » (fonction F) a été développée par l'Université Ruhr de Bochum (Prof. Brilon) sous traitant du BAST (1).

4. BÉNÉFICES

Les bénéfices attendus en termes de tués, blessés graves ou légers ont été estimés en première approche sur l'hypothèse qu'un conducteur dont le véhicule est équipé de la fonction d'assistance choisie, prend complètement en compte les alertes et que les fonctions d'assistance ne génèrent pas d'effets indésirables.

En partant des statistiques d'accidents de 2002 en France (400 000 km d'autoroutes, de routes nationales et des routes départementales principales), le gain monétarisé est d'environ 8 milliards d'Euros. En Allemagne, les gains potentiels sont une réduction de 46% de tous les accidents qui se produisent en dehors des agglomérations, ce qui représente une économie théorique de 6,8 milliards d'Euros.

5. DONNÉES REQUISES ET LEUR COÛT DE COLLECTE

Les travaux conduits lors de la première phase du projet ont aussi porté sur la définition des données nécessaires pour les applications sélectionnées et ont donné une estimation du coût de leur collecte.

Trois types de véhicules instrumentés, déjà largement utilisés par les services d'entretien routier, doivent permettre d'effectuer les mesures de géométrie exigées (dans le cadre de l'approche française). Le coût total de collecte de données pour l'ensemble du réseau routier français a été estimé à 60 millions d'Euros (à comparer aux bénéfices attendus). Concernant l'approche allemande (basée sur les statistiques accidents), aucun coût n'a encore été estimé, étant donné que la tâche principale consiste en l'exploitation de données existantes.

Ces résultats préliminaires présentant des ratios bénéfices/coûts prometteurs ont conduit à prendre la décision de poursuivre le projet : il est clair que les bénéfices réels dépendent

de différents paramètres qui nécessitent de poursuivre les recherches. Parmi ces paramètres on peut citer la pénétration des systèmes sur la marché, les réactions potentielles du conducteur, etc.

6. DEUXIÈME PHASE

Une tâche importante de la seconde phase du projet a de ce fait été d'étudier l'acceptabilité par les conducteurs et les effets des applications embarquées SafeMap sur le comportement de conduite. Trois sites test ont été utilisés à cet effet. En Allemagne, les essais sur site ont été entrepris par DaimlerChrysler et le BAST, avec le support d'une cartographie Tele-Atlas sur un circuit test près de Stuttgart fin 2005. En France, les essais sur route ont été conduits sur un circuit situé à l'Ouest de Paris au printemps 2006 par PSA et le LCPC avec le support d'une cartographie Navteq. D'autres tests avec des poids lourds ont été conduits par VOLVO - Renault Trucks près de Lyon à l'automne 2006.

6.1. Sélection des applications pour les tests

En partant des fonctions de base choisies, diverses applications peuvent être construites : en particulier, de nombreux choix peuvent être effectués en rapport avec le niveau d'interaction entre le véhicule et l'environnement et le niveau d'interaction avec le conducteur : information seule, alerte, etc.

Le tableau suivant présente les choix d'applications qui ont été faits par les différents constructeurs automobile :

Table 2 - Sélection des applications pour les tests

FONCTIONS - basées sur :	APPLICATIONS TEST		
	DaimlerChrysler	PSA	Renault Trucks
A) Limites de vitesse	Alerte dépendant de la vitesse du véhicule.	Non	Alerte dépendant de la vitesse du véhicule.
B) Virages	Alerte dépendant de la vitesse du véhicule et seuils prédéfinis	Information sur niveau de difficultés (5 niveaux)	Alerte dépendant de la vitesse du véhicule et seuils prédéfinis (rayons de courbure)
C) Intersections	Non	Information	Non
D) Dépassement	Non	Non	Non
E) Zones dangereuses	Incluse dans B et F	Incluse dans B et F	non
F) Zones d'accidents	Alerte dépendant d'une comparaison de la situation présente avec la situation de référence.	Information	Information
G) Restrictions physiques	Non	Non	Information

6.2. Sites test

Le site test allemand est situé dans la Forêt Noire, dans la région de Herrenberg et Nagold à environ 15 min. des bureaux de DaimlerChrysler à Sindelfingen (Figure 2).

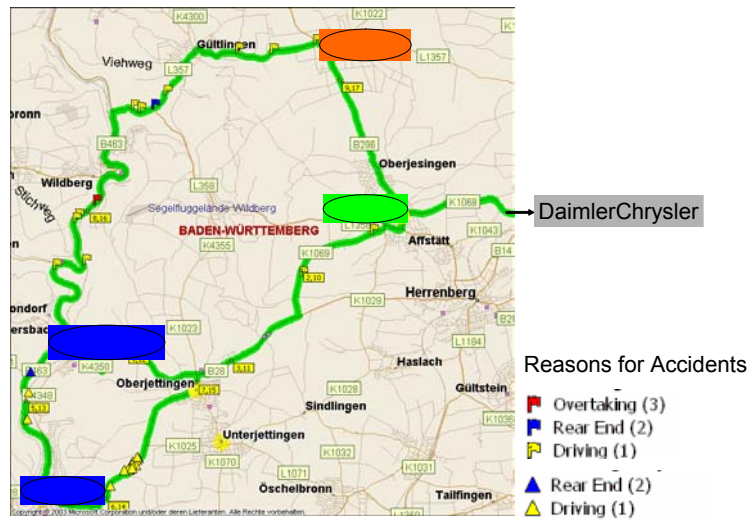


Figure 2 - Site test allemand avec les zones d'accidents et leur cause.

Le site test français pour les véhicules légers est situé à l'ouest de Paris, à environ 20 km de Versailles, tandis que le site test pour les poids lourds est situé près de Lyon :

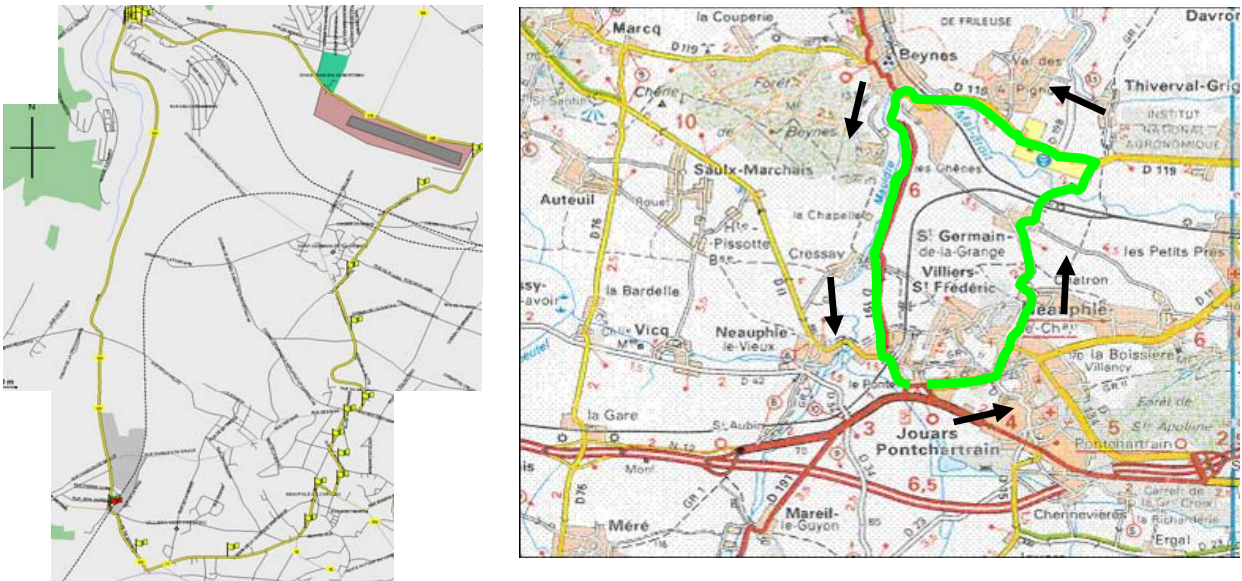


Figure 3 – Site test français avec les alertes virage

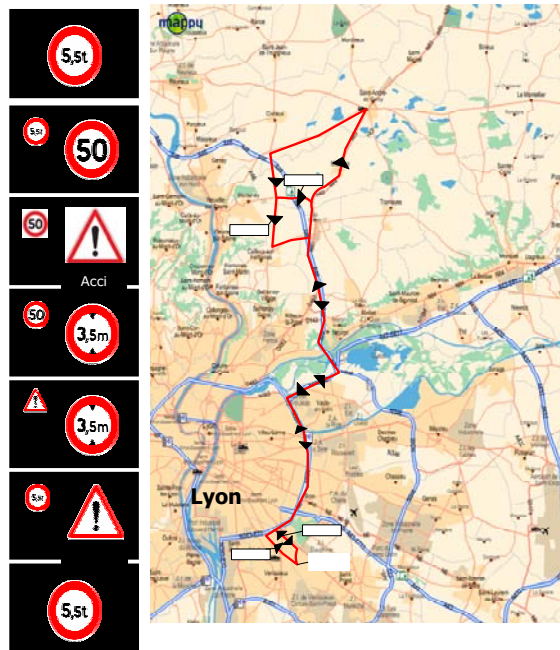


Figure 4 – Site test français pour les poids lourds et exemple d’alertes

6.3. Applications utilisant l’information virage

L’utilisation de l’information sur les virages peut conduire à concevoir différentes applications d’aide à la conduite. Pour SafeMap, Daimler Chrysler (DC) et PSA Peugeot Citroën ont développé deux applications différentes :

- l’application virage de DaimlerChrysler est une alerte qui est activée en fonction de seuils prédéfinis dépendant de la vitesse pratiquée, de l’environnement (chaussée sèche ou humide), du rayon de courbure et de l’existence ou non d’un dévers. Le diagramme suivant donne la vitesse limite admise en fonction de ces facteurs.

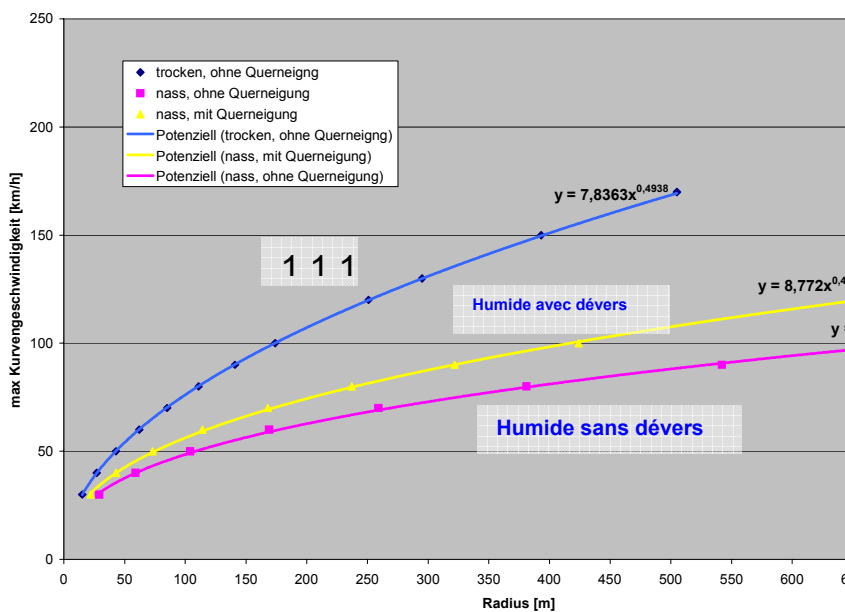


Figure 5 – Rayon de courbure et vitesse maximum pour différents états de la chaussée [RUB]

- L'application virage de PSA se présente plutôt comme une information affichée au conducteur et qui représente le niveau de difficulté du prochain virage et du suivant. Les niveaux de difficulté ont été classés en 5 catégories représentées par différentes formes et couleurs.

6.4. Applications utilisant l'information sur les zones d'accident

Afin de déterminer les zones d'accidents fréquents en Allemagne, une analyse a été conduite par l'Université de Bochum. Une probabilité relative d'occurrence d'accident est déterminée en agrégeant les accidents individuels par sections de route. La longueur des sections pour cette agrégation peut être ajustée afin de générer plus ou moins d'alertes. En plus, l'alerte est activée selon une matrice de décision qui compare les circonstances des accidents passés (par ex. jour, nuit, saison) avec les circonstances présentes.

Pour les sites test français, le choix a été fait d'afficher un message d'information sur les lieux d'accidents passés, à leur approche, en toutes circonstances. Il est bon d'indiquer que ces approches différentes en France et en Allemagne ne sont pas liées à un quelconque choix politique, mais ont été délibérément choisies afin de permettre la comparaison de différentes solutions, et d'évaluer la différence de comportement entre une alerte et une information

6.5. Méthodologie des tests

Environ 20 conducteurs ont participé au test sur chaque site. Les tests ont été conçus afin de prendre en compte le temps de familiarisation avec le véhicule et de comparer les comportements avec et sans système.

Les véhicules ont été équipés de caméras filmant les tâches de conduite, l'environnement et le regard des conducteurs. Toutes les manœuvres ont été enregistrées (pédale d'accélération, freins, volant, etc.) et un observateur était chargé de noter toute information complémentaire. Les sujets ont été interviewés lors d'étapes intermédiaires pendant les tests et à la fin à l'aide d'un questionnaire commun portant sur la facilité d'utilisation et la compréhension du système. Les analyses concernant le site allemand sont maintenant complètes pour les zones d'accidents. Pour les autres applications et pour les sites test français, l'analyse est en cours. Les résultats préliminaires sont présentés dans les chapitres suivants.

6.6. Résultats de la seconde phase

La première réaction attendue des conducteurs alertés ou informés d'une situation potentiellement dangereuse est une réduction de la vitesse (relâchement de l'accélérateur ou freinage).

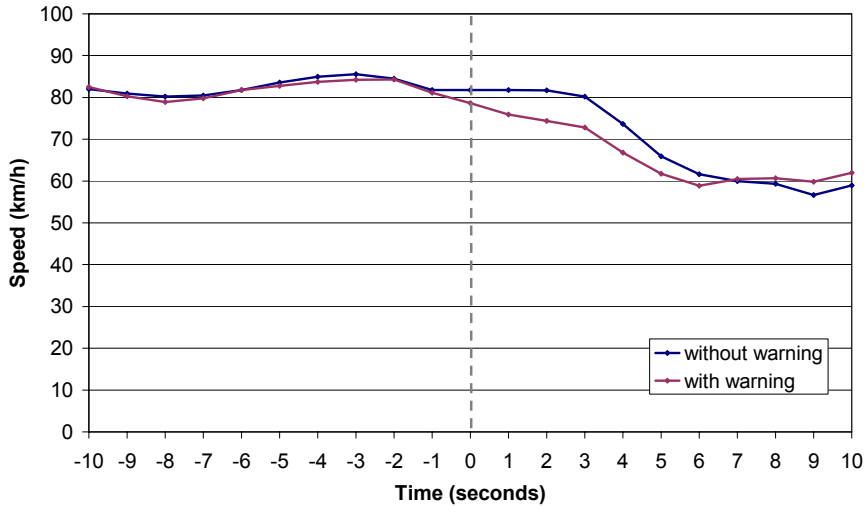


Figure 6 : réduction des vitesses avec/sans alerte (Site test allemand)

Ce comportement a été observé parmi la plupart des conducteurs sur le site allemand, mais du fait de la taille de l'échantillon il est difficile d'obtenir des résultats significatifs. En outre, la réduction de la vitesse qui peut être observée ne présente pas de différence significative entre les tests de conduite avec et sans activation des alertes. (Figure 6).

La distribution des réductions de vitesse a également été analysée côté français et côté allemand. Des exemples sont donnés ci-après :

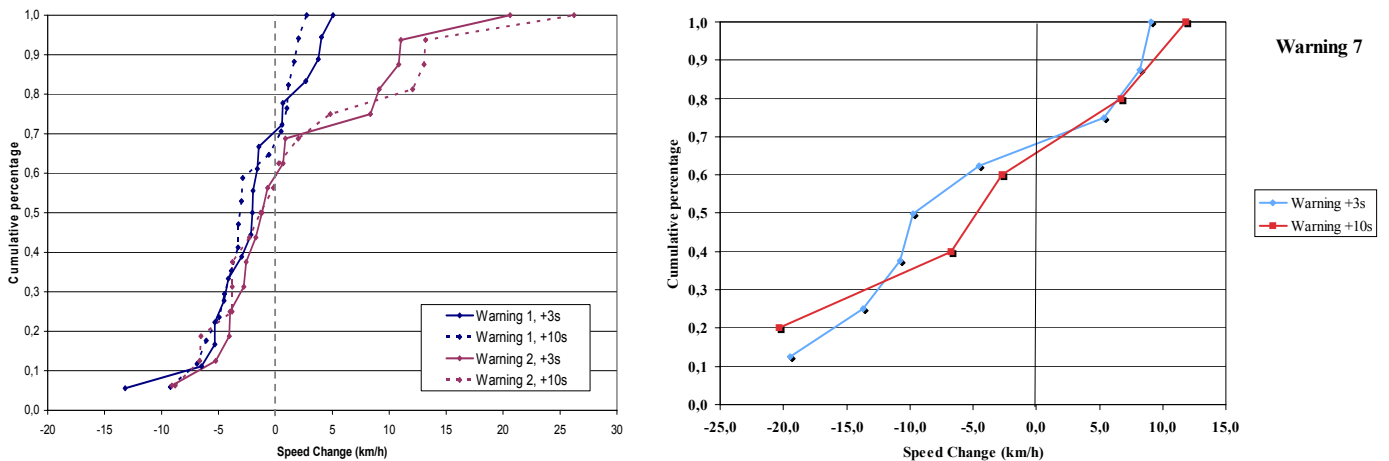


Figure 7 : distribution des réductions de vitesse (Sites français et allemands)

A partir de ces mesures on peut raisonnablement penser que les conditions de test ont incité le conducteur à porter plus d'attention à la tâche de conduite que dans une situation normale. Une confirmation est donnée par les interviews : la plupart des conducteurs ont déclaré avoir trouvé l'alerte utile et avoir été influencés...

La mesure de l'acceptabilité en terme d'opinions formulées a été effectuée au moyen de traductions en allemand et en français d'un test d'acceptabilité de l'utilisateur publié à l'origine par Van der Land et ses collaborateurs en 1997. Il était demandé aux sujets d'exprimer leur jugement après les tests de conduite sur neuf items, gradués sur une échelle à cinq niveaux. Les items sont formulés selon des paires de qualitatifs (cf. figure 8). Toutefois, à cause des effets psychométriques non connus induits par la traduction de cet

instrument, les résultats sont présentés de manière descriptive item par item et sans l'agrégation sur deux échelles telle que proposée par Van der Laan et al. (1997). Pour résumer les résultats présentés sur la figure 8, on peut dire que la moyenne des jugements de nos sujets sont sans exception proches de l'extrémité « sémantiquement positive » des échelles, révélant une attitude générale positive vis à vis du système.

My judgements of the system are

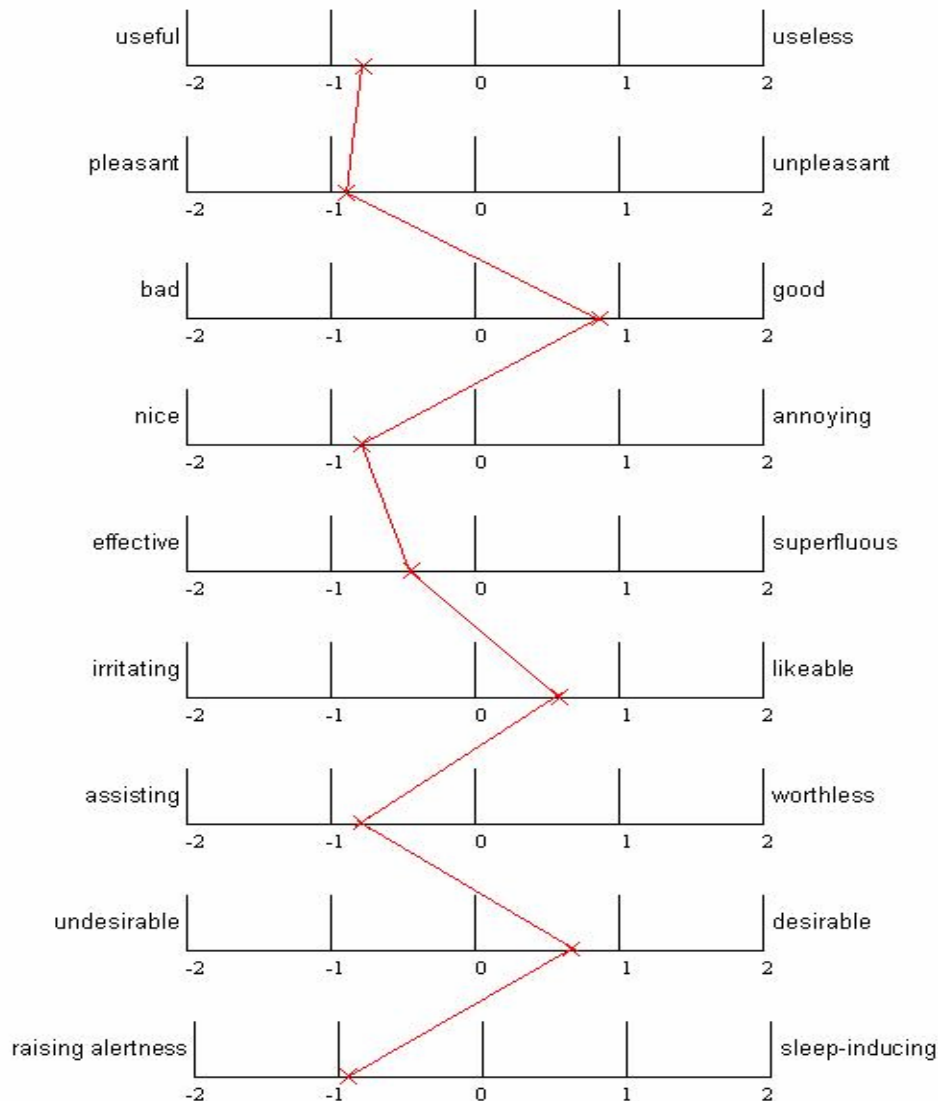


Figure 8 : Moyennes arithmétiques des notes des sujets sur les paires de qualificatifs du questionnaire (van der Laan et al., 1997) (n=22).

Des analyses complémentaires avec d'autres applications sur les autres sites ont été conduites. À partir des premiers résultats, qui doivent être considérés comme une hypothèse à confirmer ou démentir, les chiffres disponibles donnent une réduction médiane absolue à 3 secondes et 10 secondes après l'alerte de respectivement 0,954 et 0,971 (moyenne: 0,964)

À partir de ces chiffres et en utilisant le Modèle Puissance de NILSSON ELVIK et al. (2004), cela pourrait conduire à une réduction de 12% du nombre de tués et de 4% des accidents matériels.

Bien sûr ces gains doivent être corrigés en prenant en compte d'autres facteurs :

- 1 La pénétration sur le marché.
- 2 acceptabilité/utilisation du système
- 3 le taux d'activation de l'alerte pour les applications dépendantes des conditions externes ...

La pénétration sur le marché comprend deux aspects fortement liés :

- Le taux de pénétration des systèmes de navigation qui intègrent les applications SafeMap, dérivé du taux de pénétration des systèmes de navigation en général
- La part du réseau routier qui est couverte par le service.

Il est clair que le réseau principal national peut être couvert facilement : longueur limitée, collecte de données facile ou déjà effectuée, mais avec moins d'enjeux en sécurité, alors que le réseau secondaire est beaucoup plus étendu, dépend de plusieurs autorités, présente un coût de recueil des données élevé, et aussi les gains potentiels les plus importants en terme d'amélioration de la sécurité. ...

Ces facteurs ont été intégrés dans un outil d'analyse coûts/bénéfices complet. Cet outil permet de développer des scénarios basés sur un choix de combinaison d'applications, par ex :

- Alerte vitesse + alerte virage
- Alerte vitesse + alerte intersection
- Alerte vitesse + zones d'accidents + alerte virage

...

Une difficulté qui s'est présentée pour évaluer ces combinaisons est que les impacts élémentaires ne peuvent être additionnés : une alerte vitesse peut être activée à cause d'un virage serré et une zone d'accident peut coïncider avec une limitation de vitesse réglementaire, etc. Cette difficulté peut être résolue en hiérarchisant les applications, par exemple en donnant priorité à l'alerte vitesse.

BC Analysis	
Speed Limit	oui ▼
Curve	oui ▼
Intersections	non ▼
Overtaking	non ▼
Hazardous areas	non ▼
Accidents spots	non ▼
Physical restrictions	non ▼

[Go to Accident Statistics](#)
[Go to safety potentials analysis](#)
[Go to cost evaluation](#)
[Go to BC Analysis](#)

NPV (K€) 1 862 209

Figure 9 : Interface de l'outil d'analyse coûts/ bénéfices

L'analyse coûts/ bénéfices est toujours en cours au moment où ce papier est écrit. Les résultats consolidés seront disponibles et seront présentés au Congrès Mondial de la Route en septembre. Si l'on se réfère aux premières estimations, il ne fait aucun doute que l'évaluation socioéconomique sera favorable dans la plupart des cas. Toutefois, cela ne veut pas dire que les applications SafeMap pourront être facilement déployées. Comme pour la plupart des services STI, la clé pour un déploiement réussi réside dans la construction d'un partenariat public privé adapté et dans la mise au point d'un modèle

économique permettant aux applications SafeMap d'être rentables pour les investisseurs privé tout en améliorant la sécurité.

Il faut mentionner que sur ces sujets, le projet SafeMap coopère activement avec le projet Map&Adas financé par la Commission Européenne et coordonné par ERTICO.

REFERENCES

(1) Dr. Christhard Gelau (2005). Recent findings from the DEUFRAKO SafeMap project. Paper presented at the 5th European Congress on IST, Hannover, Germany, 1-3 June 2005.

(2) Goyat, Y., Aguilera, V. & Galenne, M.-L. (2005). SAFEMAP Digital maps for road safety: Safety benefit assessment and database content definition. Paper presented at the 5th European Congress on ITS, Hannover, Germany, 1-3 June 2005.

(3) M. Chevreuil & SafeMap consortium: SAFEMAP RESULTS: socio-economic assessment of a dedicated digital map for road safety applications. Paper presented at the 13th ITS World Congress, London, UK, 8-10 October 2006