

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 1 de 62

## **8. AMELIORATION DE LA SECURITE ACTIVE ET PASSIVE DES VEHICULES**

La sécurité active et passive des véhicules représente un domaine particulièrement vaste et complexe. La technique et la technologie du véhicule sont, par ailleurs, en pleine évolution. L'étude et le suivi de la sécurité active et passive des véhicules ne peuvent, dès lors, être gérés à court terme dans leur entièreté.

Ce dossier se limite, par conséquent, à aborder quelques sous-domaines. Pour plus de clarté, le document a été subdivisé comme suit:

- 8.1 Sécurité active
- 8.2 Sécurité relative aux usagers faibles
- 8.3 Sécurité passive relative aux passagers de véhicules

Outre son ampleur et sa complexité, la technique du véhicule est également strictement réglementée. Cette réglementation impose, d'une part, des exigences minimales en matière de qualité et de sécurité mais veille, d'autre part, – et ceci est essentiel – à une harmonisation extrême des exigences nationales. Actuellement, la réglementation relative aux véhicules se situe à l'échelon européen (directives UE) ou même à un échelon plus vaste (règlements ECE).

Les autorités nationales ont, depuis longtemps, cédé leurs compétences en la matière; cette tendance se poursuit encore aujourd'hui. Cette évolution est, par ailleurs, irréversible. Il est dès lors impératif de continuer à situer les prochaines évolutions de cette réglementation dans ce contexte international.

### **8.1. SECURITE ACTIVE**

#### **I. INTRODUCTION**

Les mesures destinées à améliorer la sécurité active sont actuellement au centre des discussions et le seront encore plus dans les années à venir. Le développement de nouvelles technologies et leur introduction progressive dans les véhicules du futur laissent, en effet, présager une amélioration considérable de la sécurité active qui devrait se traduire par une réduction sensible du nombre d'accidents et de leur gravité.

Des éléments qui sont parfois considérés comme relevant du domaine de la sécurité préventive sont assimilés ici à la sécurité active en ce sens qu'ils ont pour but d'éviter les accidents.

Etant donné la forte harmonisation de la réglementation en matière de véhicules, l'approche doit se faire à l'échelle européenne.

Vu l'ampleur du domaine de la "sécurité active" des véhicules, le sujet a toutefois été limité pour l'instant.

Pour ce qui concerne l'amélioration générale de la sécurité active des divers types de véhicules, le Comité d'accompagnement des EGSR se rallie aux objectifs de l'ETSC [a] dont le résumé est disponible en annexe 1.

Concernant la sécurité des autocars, on s'est également basé sur le rapport final du groupe de travail "sécurité des autocars" [b].

Pour ce qui est du champ de vision des véhicules et, plus particulièrement, de l'angle mort des véhicules des catégories N2 et N3, l'IBSR a participé (et participe encore) activement aux diverses initiatives nationales. Etant donné que cette problématique est déjà traitée en détail, tant au niveau européen que national, on se contente ici de donner

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 2 de 62

un aperçu des mesures prises et d'énumérer une série de mesures possibles qui ne relèvent pas du domaine de la technique du véhicule.

Pour l'aspect "daytime running lights", on s'est basé principalement sur une étude du SWOV qui fait la synthèse et qui retravaille les données reprises dans 24 études et projets déjà menés sur le sujet.

## **II. MESURES EN COURS**

### **Sécurité active générale**

Directive UE 2001/85/CE du 20/11/2001 relative aux exigences techniques auxquelles doivent répondre les véhicules M2 et M3 pour le transport de personnes.

La directive stipule que les véhicules chargés doivent avoir une stabilité statique au retournement d'au moins 28°.

La directive stipule, par ailleurs, que la stabilité directionnelle des véhicules articulés doit être garantie.

En août 2000, l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles regroupant BMW, Fiat, Ford, GM, DaimlerChrysler AG, Porsche, PSA Peugeot Citroen, Renault et Volkswagen) a présenté une proposition en vue d'un accord pour une meilleure protection des usagers faibles avec la Commission Européenne (cfr. Paragraphe 8.2). Ce document sera débattu devant le Parlement Européen dans le courant du mois de juin 2002. Dans son volet sur la sécurité active, cet accord stipule ce qui suit :

Un système de feux de roulage diurne sera installé dans tous les nouveaux véhicules à partir de 2002.

Un système ABS (Anti-lock braking system) sera placé dans tous les nouveaux véhicules à partir de 2003.

Divers règlements ECE dans le domaine de la sécurité active sont en pleine évolution.

### **Sécurité des autocars [b]**

Limiteur de vitesse fiable et à l'épreuve des fraudes.

Au 01/10/2001, la norme EURO 3 est devenue d'application pour tous les nouveaux types de véhicules. C'est également à partir de cette date que le limiteur de vitesse électronique a été installé, de manière générale, sur ces véhicules. Ce système limite la vitesse via la commande du moteur; il devient dès lors plus difficile de tricher.

### **Angle mort [d]**

Projet de loi Malcorps pour les véhicules N2 et N3 (01/2001).

Projet de loi Brepoels pour les véhicules N2, N3, M2, M3 (05/2001).

Obligation pour les véhicules utilisés dans le cadre de l'exécution d'un marché public flamand (2001).

Projet d'AR pour les véhicules N2 et N3 (12/2001).

Projet d'AR pour les véhicules M2 et M3 (02/2002).

Obligation pour les véhicules des autorités fédérales (03/2002).

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 3 de 62

Obligation pour les véhicules utilisés dans le cadre de l'exécution d'un marché public fédéral de travaux ou de services (05/2002).

Subvention pour les tracteurs avec une MMA de 18000 kg ou plus (05/2002).

### **III. MESURES A PRENDRE**

A court terme, le Comité d'accompagnement des EGSR propose les mesures suivantes pour promouvoir la sécurité active des véhicules [a]:

#### **Conception des voitures**

##### *Recommandation 8.1.1*

De nombreux projets et études ont d'ores et déjà été consacrés aux "daytime running lights".

L'annexe 2 fait la synthèse de la situation actuelle [e]. Chaque étude et chaque projet dressent un bilan positif de l'usage des DRL pour la sécurité routière. Il apparaît, en outre suivant cette étude, que l'introduction de ces DRL n'aurait d'effets négatifs sur aucune catégorie d'usagers de la route.

Le comité d'accompagnement des EGSR considère avec beaucoup d'intérêt l'option "DRL" mais redoute cependant des impacts négatifs au niveau de la sécurité d'autres usagers, en particulier les motos, et souhaite pouvoir mieux cerner les impacts effectifs sur la sécurité routière d'une telle mesure sur la base d'expériences complémentaires avant de prendre position de façon définitive.

##### *Recommandation 8.1.2*

Une analyse plus approfondie concernant le fonctionnement et l'utilité des systèmes de freinage antiblocages, les systèmes d'assistance au freinage et les systèmes de stabilité s'impose afin de pouvoir évaluer leur contribution à l'amélioration de la sécurité routière. De nombreux projets européens concernent l'étude des fonctions des systèmes d'aide à la conduite – repris sous le terme ADAS – mais aussi, le cas échéant, de leurs interfaces homme-machine (HMI).

Le Comité d'accompagnement des EGSR recommande que le gouvernement encourage le financement et/ou la participation d'instances belges aux études sur l'impact sur la sécurité routière des systèmes de freinage antiblocages, des systèmes d'assistance au freinage et des systèmes de stabilité.

#### **Conception des motocyclettes**

##### *Recommandation 8.1.3*

Montage obligatoire de Daytime Running Lights sur les motocyclettes.

##### *Recommandation 8.1.4*

Montage obligatoire de systèmes avancés de freinage sur les motocyclettes.

Le comité d'accompagnement des EGSR propose de soutenir ces deux mesures auprès des instances européennes et nationales et souhaite l'introduction d'une réglementation EU ou ECE dans la matière.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 4 de 62

## Conception des camions

Amélioration du champ de vision (direct, indirect) et de la visibilité (marquage du contour) des camions.

Plus précisément dans le cadre de la problématique de l'angle mort, le Comité d'accompagnement des EGSR propose les mesures suivantes [d]:

### *Recommandation 8.1.5*

Réglementation relative au champ de vision indirect.

Finalisation de l'adaptation de la CE/71/127 (directive rétroviseur).

### *Recommandation 8.1.6*

Réglementation relative au champ de vision direct.

Il faut tendre vers l'élaboration d'une réglementation européenne concernant le champ de vision direct des véhicules M2, M3, N1, N2 et N3. Cette problématique doit être considérée en liaison avec celle du champ de vision indirect.

Le comité d'accompagnement des EGSR propose que la Belgique appuie l'amélioration du champ de vision réglementaire – sans dégradation des autres caractéristiques importantes du véhicule – dans les groupes de travail EU et ECE concernés.

### *Recommandation 8.1.7*

Montage de systèmes d'amélioration du champ de vision.

Il est recommandé de stimuler les efforts des constructeurs et/ou importateurs de véhicules N2 et N3 qui proposent des systèmes d'amélioration de la vision en option (ou standard). Ceci constitue, d'après nous, la meilleure garantie de disposer de systèmes valables, correctement montés sur le véhicule.

Le comité d'accompagnement des EGSR recommande que le gouvernement réalise un accord avec les constructeurs et importateurs de véhicules N2 et N3 pour le montage standard de dispositifs améliorant le champ de vision.

### *Recommandation 8.1.8*

Veiller au respect des temps de conduite et de repos.

Le dossier 3 traite de la fatigue comme cause d'accident.

### *Recommandation 8.1.9*

Amélioration de l'enregistrement des accidents.

Ce problème est abordé dans le Chapitre III du rapport du comité d'accompagnement.

### *Recommandation 8.1.10*

Formation des chauffeurs en matière d'angle mort

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 5 de 62

Les chauffeurs professionnels ne savent pas toujours comment régler correctement leurs rétroviseurs ni à quel point c'est important. Des formations et des actions de sensibilisation s'imposent.

Le comité d'accompagnement des EGSR recommande d'aborder la problématique de l'angle mort lors de la formation à la conduite.

*Recommandation 8.1.11*

Formation des piétons, des cyclistes et des cyclomotoristes

Les connaissances de l'usager faible à propos de la problématique de l'angle mort sont susceptibles d'être améliorées. L'usager faible ne peut, en fin de compte, se permettre de commettre une imprudence sur ce plan. Des formations et des actions de sensibilisation sont nécessaires comme pour la plupart des problèmes liés à la sécurité routière (voir dossiers 1, 2, 3, 4, 6, 7).

*Recommandation 8.1.12*

Systèmes de perception intelligents

L'adaptation de la directive européenne 71/127/CEE – même avec définition d'un champ de vision obligatoire optimal – ne pourra empêcher que des accidents dus à cet aspect continueront à se produire. Il est dès lors recommandé de s'intéresser à l'impact de l'erreur humaine sur les types d'accidents visés ici.

Le comité d'accompagnement des EGSR recommande d'encourager des recherches en matière de systèmes de perception intelligents (utilisant radar, caméra infrarouge, technologies de reconnaissance d'image, ...) et des études de ADAS et HMI. Voir mesure 2.

*Recommandation 8.1.13*

Impact de l'infrastructure

L'infrastructure joue aussi un rôle important dans la problématique de l'angle mort. Le dossier 9 traite de l'infrastructure routière.

**Conception des autocars**

*Recommandation 8.1.14*

Cruise control [b]

Pour obtenir une amélioration de la sécurité active des autocars, le comité d'accompagnement des EGSR recommande que la Belgique appuie, à l'échelon européen (règlements ECE), l'interdiction d'utiliser des systèmes qui se contentent de régler la vitesse et qui diminuent la vigilance du conducteur. Elle encouragera, par ailleurs, le développement de systèmes destinés à promouvoir la sécurité du conducteur et des passagers.

A plus long terme, le comité d'accompagnement des EGSR envisage les mesures suivantes :

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 6 de 62

## **Conception des voitures**

### *Recommandation 8.1.15*

Réduction de la vitesse des véhicules. Les développements en matière d'ISA doivent être standardisés au niveau européen.

Le comité d'accompagnement des EGSR propose que le gouvernement encourage les projets locaux avec ISA, afin de créer et de consolider la portée de cette technologie. Le comité d'accompagnement propose aussi d'encourager l'élaboration et l'incorporation de systèmes ISA par les constructeurs automobiles. Enfin, le comité d'accompagnement propose que le gouvernement soutienne l'harmonisation et la mise en place d'une infrastructure ISA.

### *Recommandation 8.1.16*

Etude et développement de systèmes permettant de contrôler la vigilance des chauffeurs. Voir dossier 3 (La fatigue comme cause d'accident).

## **Conception des camions et autocars**

### *Recommandation 8.1.17*

Etude concernant la vigilance des chauffeurs

Voir dossier 3 (La fatigue comme cause d'accident) et dossier 9 (Infrastructure).

## **IV. CONCLUSIONS**

L'amélioration de la sécurité active est un processus de longue haleine. Rien que sur le plan technique, le développement de produits fiables et de qualité demande du temps. La phase de standardisation de certains produits techniques requiert, quant à elle, énormément de temps. De nombreuses interventions techniques dans le domaine de la sécurité active appellent une modification des directives UE et/ou des règlements ECE étant donné qu'il s'agit de composants essentiels du véhicule en matière de sécurité (direction, système de freinage, ...).

La directive UE 2001/85/CE relative aux exigences techniques s'appliquant aux véhicules M2 et M3 pour le transport de personnes, place indubitablement la barre plus haut pour les équipements de sécurité appartenant au domaine de la sécurité active.

L'aspect de la responsabilité représente également un problème important pour l'avenir. La réglementation actuelle – conservatrice par définition – part du principe que le chauffeur est toujours responsable du contrôle de son véhicule ; c'est toujours le chauffeur qui prend les décisions (l'actuelle responsabilité du constructeur au niveau du produit n'est pas prise en considération ici). Si, en vertu de l'application de nouvelles techniques et technologies, une décision devait être confiée à un algorithme logiciel, cela risquerait de compromettre fortement le principe de la responsabilité du chauffeur. Cette matière relève indubitablement de la compétence des juristes.

On insiste sur le fait que toute modification de la réglementation relative à la technique du véhicule doit être traitée à l'échelon européen.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 7 de 62

## **V. INDICATEURS**

p.m.

## **VI. BIBLIOGRAPHIE**

- [a] Priorities for EU Motor Vehicle Safety Design.
- [b] Rapport final du groupe de travail « sécurité des autocars » (rapport du 11/06/01).
- [c] Sécurité des personnes transportées en autocar – problématique des vitres latérales (rapport IBSR du 27/11/2001).
- [d] Document interne IBSR consacré à la problématique de l'angle mort.
- [e] Document interne IBSR "Feux de roulage diurne"

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 8 de 62

## **8.2. SECURITE PASSIVE RELATIVE AUX USAGERS FAIBLES**

### **I. INTRODUCTION: SITUATION SUR LES ROUTES EUROPEENNES**

Le texte qui suit a pour but de décrire la problématique de la protection des usagers faibles de la route ainsi que les initiatives qui ont été ou peuvent être prises pour réduire les risques encourus par les piétons et cyclistes sur la voie publique.

#### **a. Généralités**

Les dangers de la route représentent, à l'heure actuelle, la principale cause de décès ou de blessures accidentelles dans la Communauté Européenne et dans le monde [a]. Chaque année, 42000 morts sont à déplorer sur nos routes et au moins 3,5 millions de personnes sont blessées. Dans ces chiffres, les usagers faibles ont leur part : 8900 piétons et cyclistes ont été tués et 180000 grièvement blessés dans les pays de l'Union Européenne en 1998 [b]. Dans les pays de l'Union Européenne, les piétons courent 9 fois et les cyclistes 8 fois plus de risques que les passagers de voitures [c].

Cela justifie que des efforts soient consentis pour améliorer ce bilan dont la tendance est déjà à la baisse depuis quelques années.

#### **b. Caractéristiques des usagers faibles**

Les usagers faibles se caractérisent notamment par leur vulnérabilité, leur flexibilité au sein du trafic et donc une certaine imprévisibilité, leur faible visibilité, et le risque de distraction [d].

Un élément supplémentaire provient de leur instabilité (danger de chute). Selon le centre de recherche sur la sécurité routière néerlandais SWOV, 40 % des accidents de vélos sont de simples chutes [d].

Ils disposent également de capacités variables. Par exemple, il est quatre fois plus probable pour une personne âgée que pour toutes les autres tranches d'âge d'avoir une collision fatale avec une voiture. Pour les cyclistes, par contre, le taux de mortalité est le plus élevé entre 10 et 17 ans.

#### **c. Circonstances des accidents [d]**

Avant de chercher des solutions au problème des usagers faibles, il est important de se familiariser avec quelques circonstances habituelles des accidents les impliquant.

Tout d'abord, les statistiques montrent que la plupart des accidents impliquant une voiture se déroulent dans des zones urbaines et résidentielles (voir dossier 6 – Code de la Rue) et que le choc a lieu avec l'avant du véhicule. La majorité des personnes ainsi touchées sont des enfants ou des personnes âgées. Les collisions se déroulent le plus souvent à des vitesses inférieures à 40 km/h.

De plus, la moitié des accidents fatals pour les piétons ont lieu lorsqu'ils traversent une rue et en général à moins de 50 m d'un passage pour piéton ; un quart lors des embarquements ou débarquements de bus ou de voiture. Les personnes âgées sont plus fréquemment touchées à mi-chemin sur la chaussée alors que les enfants le sont plus souvent au moment de s'engager.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 9 de 62

Par contre, la plupart des crashes graves ou fatals impliquant des vélos ont lieu à des jonctions. Nombreux sont frappés de côté alors qu'ils avancent tout droit ou qu'ils tournent en travers du trafic. 10 % des accidents proviendraient de la perte de contrôle du vélo.

Dans tous les cas, le manque de visibilité est une cause majeure. Une étude a montré qu'un tiers des piétons impliqués dans une collision affirmaient que quelque chose, comme une voiture garée, bloquait leur vue. De même pour 2/5 des chauffeurs.

Il est intéressant de noter qu'une grande proportion des piétons, cyclistes et chauffeurs impliqués connaissait le site du crash.

Les blessures à la tête sont la cause du décès dans 75 % des cas pour les cyclistes. Elles sont plus souvent le résultat de chutes que de collisions. Les conséquences de telles blessures se font souvent ressentir à long terme.

Voici qui plante une partie du décor et présente certaines tendances. Ceci dit, les statistiques menant à ce genre d'étude souffrent en général du manque de sources différentes, des rapports d'accidents souvent trop incomplets et ne présentant aucun diagnostic clinique sur la victime de la collision. La plupart des accidents n'impliquant aucun véhicule ne se retrouvent pas non plus dans ces statistiques. Il s'agit du phénomène de sous-rapportage.

Les études statistiques doivent donc être complétées par l'observation du trafic, des comportements et par l'étude des habitudes des piétons et des cyclistes.

#### **d. Mesures possibles [d]**

Voici quelques mesures ou propositions issues des constatations précédentes pour la protection des piétons et des cyclistes :

##### **Gestion de la vitesse des véhicules**

En cas de collision, si la vitesse dépasse 45 km/h, les chances de survie d'un piéton sont de 50 %. A 30 km/h, elles sont déjà de plus de 90 %.

Si les vitesses sont faibles, le partage de la voie publique entre les différents types d'utilisateurs est également plus facile et plus sûr.

##### **Infrastructure routière**

Un des problèmes majeurs dans le phénomène d'insécurité des utilisateurs faibles vient du fait que le trafic moderne est très largement orienté en faveur de la voiture. Un planning cohérent et un entretien des réseaux routiers ainsi qu'une législation adaptée pour accommoder les piétons et les cyclistes sont donc nécessaires (voir dossiers 6 et 9).

##### **Attention des utilisateurs**

Il est important d'attirer l'attention des différents utilisateurs de la route sur leurs homologues piétons, cyclistes ou chauffeurs pour éviter les collisions.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 10 de 62

En ce sens, au niveau des véhicules, les DRL ont montré leur efficacité. D'autres dispositifs peuvent également être envisagés dans le cadre de la sécurité active (voir paragraphe 8.1).

Au niveau des vélos, il existe également les feux de nuit dont l'intensité et la fiabilité peuvent être améliorées. Le port de vêtements clairs ou réfléchissants est à conseiller.

Il est également possible d'installer des signaux sur la route ou sous la forme de panneaux pour rappeler la présence des cyclistes et des piétons aux automobilistes.

### **Attitudes et comportements**

Il est primordial de faire évoluer les attitudes et comportements de conduite par l'éducation et l'information des usagers de tous âges mais aussi par la mise en application des lois. Ceci est bien sûr valable pour les usagers faibles comme pour les usagers forts.

### **Diminuer les conséquences en cas de collision**

Dans le cas où un crash n'a pu être évité, il est important d'en minimiser les conséquences.

En ce sens, le port du casque pour cyclistes est un apport positif (voir dossier 7). Toujours pour les vélos, les pannes de frein ou autres défauts sont souvent à l'origine d'accidents. Un contrôle de la qualité des vélos et de leur état pourrait être envisagé, de même que la publication de consignes de sécurité.

Dans le cadre de la sécurité passive des véhicules motorisés, le placement de protections « under-run » à l'arrière et sur les côtés des camions de marchandises empêchant des cyclistes ou piétons d'être happés par le camion quand il tourne, s'avère nécessaire. De plus, ces structures auraient l'avantage économique de réduire la consommation [a][d].

Signalons, pour terminer, que de nombreuses études sont actuellement menées dans le but de rendre l'avant des voitures moins dangereux en cas de collision avec un usager faible. Ce thème sera largement traité dans la suite de ce document.

## **II. MESURES EN COURS: INITIATIVES EUROPEENNES POUR LA SECURITE PASSIVE**

### **a. Généralités**

La thématique de la protection des usagers faibles est au cœur des discussions depuis le début des années 90 et a conduit les institutions européennes à lancer de nombreux programmes et directives dans le but d'améliorer la situation sur nos routes.

Dans ce domaine, on peut citer EuroNCAP (European New Car Assessment Programme) qui, depuis 1996, fournit aux consommateurs des informations concernant les performances en crash-tests des voitures disponibles sur le marché.

Signalons, par ailleurs, le programme de recherche EEVC (European Enhanced Vehicle Safety Committee) qui associe, depuis 1978, des laboratoires nationaux, des administrations gouvernementales et l'industrie et qui effectue des tests et des évaluations sur les voitures disponibles dans le commerce.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 11 de 62

Au niveau politique, de nombreuses propositions (1992, 1996, 2000) de directives dans le domaine des voitures plus sûres pour les usagers faibles, émanant de la Commission Européenne, n'ont pas encore abouti.

Ces dernières années, ce problème a cependant été fréquemment placé en haut des agendas par les membres du Parlement Européen, du Conseil des Ministres Européens ou de la Commission.

En août 2000, l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) a présenté une proposition en vue d'un accord sur le sujet avec la Commission. Cet accord prend pour modèle l'engagement déjà pris par l'ACEA et les associations de constructeurs japonais et coréens (JAMA et KAMA) en matière de réduction des émissions de CO2. La proposition de l'ACEA reste nulle et non avenue sans les accords de la JAMA et de la KAMA [c] ; cet accord a été obtenu entretemps.

Le Joint Research Center a été chargé de remettre un avis technique sur cet engagement. Un texte commun de l'ACEA et du JRC est présenté en février 2001.

En novembre 2000, une nouvelle proposition de directive (6065/2000) est néanmoins émise et propose l'introduction réglementaire de tests conseillés par l'EEVC à partir de 2008 pour tous les nouveaux types de voitures.

En juillet 2001, la Commission demande l'avis du Conseil de l'Union Européenne et du Parlement et dit vouloir arriver à une décision en décembre. Le Parlement a commencé ses discussions en janvier 2002.

En novembre 2001, le Conseil de l'Union Européenne soutient le texte moyennant quelques réserves.

En juin 2002, le Parlement Européen marque son accord pour la première phase mais veut une Directive Européenne pour la deuxième phase.

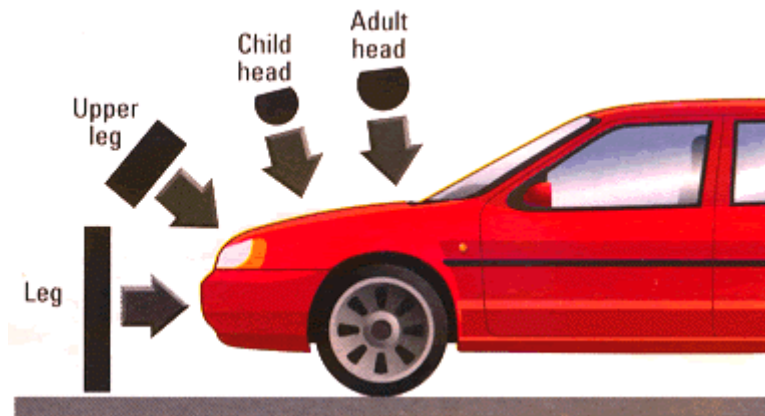
## **b. Propositions de l'EEVC**

Fin 1987, le groupe de travail 10 (WG10) sur la protection des piétons est mis sur pied. Il est chargé d'établir une batterie de tests permettant d'étudier la réaction d'un piéton en cas de collision avec l'avant d'une voiture. Des valeurs limites doivent être obtenues pour décrire la tolérance du corps humain. Le groupe de travail remet les résultats de ses études en juin 1991. Un nouveau rapport est publié en 1994 qui valide les méthodes de test et développe des outils de test.

En janvier 1997, le groupe de travail 17 (WG17) est invité à revoir les tests proposés par le WG10 en utilisant les nouvelles données issues des statistiques, de la biomécanique et des crash-tests.

### **Les essais proposés par l'EEVC (WG17) [e]**

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 12 de 62



**Figure 1 : Tests EEVC**

On en compte principalement quatre qui s'appliquent aux surfaces frontales des véhicules de catégorie  $M_1$  et  $N_1$  dérivé de  $M_1$  comme défini dans la directive 70/156/EEC:

- Essai d'impact d'une jambe factice contre le pare-chocs pour étudier les fractures et les blessures à l'articulation du genou.
- Essai d'impact d'une partie supérieure de la jambe factice avec le bord d'attaque du capot pour étudier les fractures du fémur et de la hanche.
- Essai d'impact d'une tête d'enfant factice avec le capot pour étudier les blessures graves à la tête.
- Essai d'impact d'une tête d'adulte factice avec le sommet du capot pour étudier les blessures graves à la tête.

Un cinquième essai est prévu par le WG17, dans le cas où le pare-chocs du véhicule se situerait à plus de 500 mm du sol, comme cela peut être le cas pour des véhicules tout-terrain. On procède alors à un essai d'impact horizontal d'une partie supérieure de jambe factice avec le pare-chocs.

Les impacts ont lieu à la vitesse de 40 km/h qui est, comme on l'a vu, représentative de la majorité des accidents réels. Ils représentent les parties du corps souffrant le plus fréquemment de blessures graves.

Toutes les voitures testées se trouveront dans l'attitude normale de conduite, pneus gonflés à la pression adéquate, plein d'essence, équipement standard, deux masses de 75 kg sur le siège passager et chauffeur [e].

Le détail de ces tests est traité à l'annexe 3.

Les détails des mesures, procédures et certifications sont disponibles dans [e]

### **Proposition d'implémentation sous forme de directive [e]**

Dans ses rapports, l'EEVC propose trois scénarios pour l'introduction progressive des essais qu'ils ont définis [e].

Selon le premier scénario, seule une partie des zones prévues serait testée pour atteindre la totalité au bout d'une période donnée.

Une autre possibilité d'évolution pourrait se faire au niveau des tolérances admises lors des tests.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02 Date mise à jour : 01/10/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		<b>Version : 3</b>
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		page 13 de 62

Le troisième scénario introduirait les tests de manière progressive avec la priorité suivante :

1. L'essai d'impact d'une tête factice avec le capot (avec, pour priorité, les tests enfants);
2. l'essai d'impact d'une jambe factice contre le pare-chocs jusqu'à une hauteur de 500 mm, au-dessus de laquelle on utilise l'essai d'impact horizontal d'une partie supérieure de jambe factice avec le pare-chocs.
3. l'essai d'impact d'une partie supérieure de la jambe factice avec le bord d'attaque du capot.

Une évolution est proposée par l'EEVC vers un essai d'impact sur le pare-brise et son encadrement.

### **Efficacité des tests présentés**

Selon ETSC, l'introduction réglementaire des essais de l'EEVC pourrait sauver près de 2000 vies et éviter 17000 blessures graves chaque année en Europe [h].

Cette évaluation se base sur les estimations utilisées par la Commission Européenne et provenant d'une étude du MIRA (30 % de morts, 17 % de blessures graves en moins parmi les piétons) et une estimation du SWOV (3,5 % de morts, 8 % de blessures graves en moins parmi les cyclistes).

Ces études sont elles-mêmes basées sur des données de l'IRTAD (International Road Traffic Accident Database), sur des rapports des blessures graves et fatales de nombreux pays européens et sur des estimations des failles dans le rapportage des accidents impliquant des piétons et des cyclistes.

### **Etudes coûts-bénéfices**

De très nombreuses études ont été menées concernant l'introduction des tests dans une optique réglementaire. Leurs résultats sont souvent très divergents.

En 1992, une étude de l'ACEA présente un rapport défavorable de 57 :1, ce qui met un terme aux discussions de la Commission. Cette étude est suivie, en 1993, par une estimation d'envergure européenne et très favorable (1 :7,5) du TRL (Transport Research Laboratory) britannique. Ce résultat est confirmé en 1994 par l'Institut néerlandais de recherche pour la sécurité routière (SWOV) et l'institut fédéral allemand pour la recherche autoroutière (Bast).

Deux nouvelles études de l'ACEA présentent un rapport coûts-bénéfices de 52 :1 en 1994 et 321 : 1 en 1995 !

En janvier 1997, la Commission Européenne confie au MIRA (Motor Industry Research Association) britannique le soin de réaliser une étude coûts-bénéfices pour les propositions de l'EEVC.

Les résultats publiés en janvier 1999 s'avèrent négatifs (5,3 :1). L'ETSC infirme ce résultat en dénonçant des coûts exagérés et des bénéfices sous-estimés. Une révision du MIRA à la hausse des bénéfices est effectuée et le rapport passe à 1,7 :1. Entre-temps une nouvelle étude du TRL présente à nouveau un rapport coûts-bénéfices favorable de 1 :7,1.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 14 de 62

On observe donc, dans ce chassé-croisé, un clivage remarquable entre les résultats des études menées par les industries automobiles et celles menées par les associations liées à la sécurité routière.

### Mesures concrètes

Voici quelques conclusions pratiques pour la conception de voitures plus sûres pour les piétons proposées par l'ETSC [h] et issues des essais de l'EEVC.

Le corps humain est capable de supporter de grandes forces et quelques aménagements permettent de mieux tirer parti de cette résistance comme, par exemple, l'introduction de plus grands espaces-tampons entre la carrosserie de la voiture et les parties inamovibles et particulièrement dures sous-jacentes.

#### 1. Améliorations au niveau du pare-chocs

C'est normalement la première partie qui rentre en contact avec les usagers faibles lors d'un crash. Ces derniers sont habituellement frappés de côté et les blessures qui en résultent sont des fractures ou blessures de la jambe et de l'articulation du genou.

La plupart des pare-chocs sont actuellement en plastique mais cachent un élément beaucoup plus solide qui a pour but de protéger les occupants de la voiture. Une proposition serait d'augmenter l'espace entre cet élément dur et le pare-chocs qui pourrait, en cas de collision, laisser la jambe du piéton s'enfoncer de 5 à 7,5 cm.

#### 2. Améliorations au niveau du bord d'attaque du capot

Dans les accidents impliquant les piétons, le premier contact avec le pare-chocs balaie les jambes et le contact suivant a lieu au niveau du bassin ou de la partie supérieure de la jambe contre le bord d'attaque du capot. Actuellement, la plupart des voitures sont trop rigides dans cette zone.

Des changements à la carrosserie métallique du bord avant du capot sont nécessaires pour réduire la raideur et augmenter la profondeur de déformation. Ceci peut être fait en reculant la structure de renforcement sous le capot, le cran de fermeture. La profondeur requise et les modifications nécessaires dépendent de la forme du véhicule. Les voitures profilées réclameront peu de changements comparés aux voitures plus droites, pour lesquelles une profondeur de 15 cm est avancée.

#### 3. Améliorations au niveau du sommet du capot

Le contact final se produit normalement entre la partie supérieure du corps, la tête et le sommet du capot, le pare-brise et sa structure. L'endroit exact du contact de la tête dépend bien évidemment de la stature et du mouvement du piéton, de la position de l'impact sur la largeur du capot et de la taille et de la forme du véhicule. Une large zone doit donc être prise en compte.

Rendre le capot sûr en cas de tels chocs requiert des profondeurs de pénétration de 5 à 7,5 cm et une rigidité appropriée. Les capots de voitures présentent actuellement, dans leur majeure partie, la rigidité adéquate mais requièrent un espace plus important entre la tôle du capot et les éléments lourds du moteur et de

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 15 de 62

la suspension. Certaines parties comme les bords supérieurs des ailes et la base du pare-brise sont plus solides de par la structure métallique sous-jacente qui les joint. Des modifications devraient permettre à ces parties de se déformer plus facilement.

### **c. Proposition de l'ACEA**

En août 2000, l'ACEA, regroupant BMW, Fiat, Ford, GM, DaimlerChrysler AG, Porsche, PSA Peugeot Citroen, Renault et Volkswagen a présenté une proposition d'accord à la Commission. La proposition prend exemple sur l'accord existant pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Des négociations avec les industriels japonais et coréens (JAMA et KAMA) sont prévues et de leur aboutissement dépend la validité de l'accord avec l'ACEA [c].

Le Joint Research Center est consulté pour un avis technique et la proposition de l'ACEA, modifiée par les conclusions du JRC, est présentée en février 2001. A noter que les experts de l'EEVC n'ont pas été consultés sur cet accord.

Cet accord est fortement critiqué par certains experts et par les associations de consommateurs, parce qu'il ne représenterait pas une alternative équivalente aux essais de l'EEVC.

Dans le cadre de cet accord, un comité de suivi sera mis sur pied par la Commission pour vérifier le respect, par l'industrie, de ses engagements. Un contrôle de l'état d'avancement de la réalisation des objectifs de l'engagement, y compris en matière de recherche et de développement, ainsi que la conformité aux exigences sera effectué annuellement.

Le comité sera dirigé par la Commission qui fera éventuellement appel à des experts. Les vérifications auront lieu dans des services techniques indépendants.

#### **Détails de la proposition**

Le plan proposé par l'ACEA est divisé en deux phases.

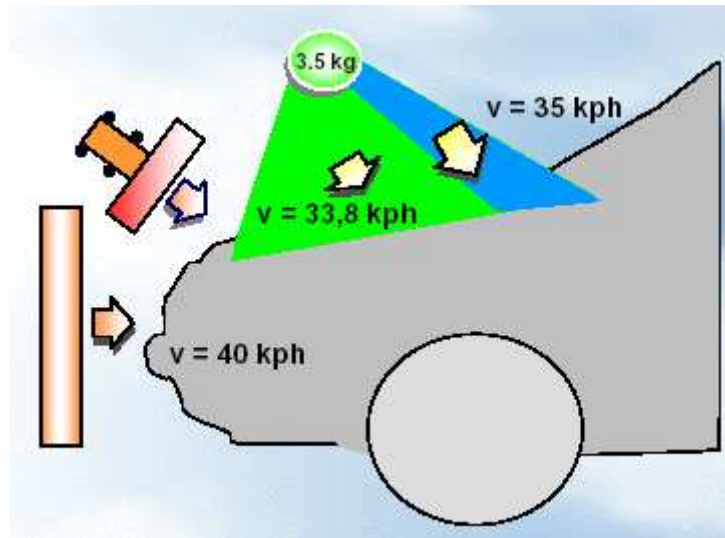
##### **1. Phase 1**

Une batterie d'essais est définie pour cette première phase. Ces essais seront applicables à tous les nouveaux types de véhicules à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2005. Le 1<sup>er</sup> juillet 2010, ces essais seront valables pour 80 % des véhicules quittant l'usine. Ce pourcentage passera à 90 % d'ici 2011 et 100 % d'ici 2012.

Les essais proposés sont les mêmes que ceux proposés par l'EEVC dans le type, la terminologie, les définitions, procédures et méthodes avec, cependant, quelques modifications importantes.

Un essai d'impact d'une tête d'adulte sur le pare-brise a néanmoins été rajouté.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 16 de 62



**Figure 2 : Essais de la Phase 1**

Le détail de ces tests ainsi que les points de divergence par rapport aux tests EEVC sont traités à l'annexe 4.

## 2. Phase 2

L'ACEA propose l'introduction des quatre tests de l'EEVC ou de toute autre méthode au moins équivalente soumise à une étude de faisabilité avant le 1<sup>er</sup> juillet 2004, à partir de 2010 pour tous les nouveaux types de véhicules et dans la période 2012-2014 pour tous les véhicules quittant l'usine.

### Mesures additionnelles

Les pare-bœufs rigides ne seront plus installés sur les voitures à partir de 2002.

Un système de feux de roulage diurne sera installé dans tous les nouveaux véhicules à partir de 2002.

Un système ABS (Anti-lock braking system) sera placé dans tous les nouveaux véhicules à partir de 2003.

### d. Débat

L'avis de la Commission sur cet accord est qu'il constituerait une contribution décisive et novatrice à la réalisation des priorités communautaires en matière de sécurité routière [c].

L'ACEA affirme que ce plan a l'avantage de mesures plus rapides (2005 au lieu de 2008) que la proposition de directive de novembre 2000 et serait plus réalisable pour l'industrie. Les tests de la Phase 1 fourniraient une efficacité de 80 % par rapport aux tests de l'EEVC.

Selon les constructeurs toujours, un avant de voiture plus sûr pour les piétons le serait moins pour les occupants de la voiture. Il présenterait un impact négatif sur l'angle de vision, le poids du véhicule, la traînée et donc sur la consommation. De plus, le contact

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 17 de 62

avec le sol serait une cause majeure de blessures, affirmation également infirmée par des études.

Ceci dit, un débat fait rage concernant cette proposition d'engagement de l'ACEA avec la Commission. Cela fut mis en évidence lors de la conférence du 6 février 2001 menée par la commission [i].

Le ministre britannique du transport a présenté, devant le Parlement, les conclusions du TRL qui montrent que l'accord de l'ACEA (Phase 1) ne sauverait que 25% des vies sauvées par l'introduction des tests de l'EEVC [h].

Selon certains experts, le choix et les tolérances des essais de cette phase pourraient même avoir des effets pervers en accentuant involontairement l'apparition de certaines blessures. Ceci est confirmé par le BAst qui a signalé qu'un conflit pourrait survenir entre la conception des voitures suivant les tests de la phase 1 et ceux de l'EEVC.

Concernant la phase 2, une certitude reste concernant les mesures qui seront réellement prises en vertu de la mention permettant de remplacer les tests de l'EEVC par toute mesure au moins équivalente. [h]

La proposition de tests sur les chocs contre le pare-brise est considérée comme insuffisante car ces tests ne tiennent pas compte des montants rigides qui sont les parties les plus dangereuses.[h]

Il existe bien évidemment une polémique supplémentaire entre les défenseurs d'une conciliation avec l'industrie et ceux d'une réglementation européenne. Ceci n'est pas l'objet de ce document.

#### **e. EuroNCAP**

Depuis 1996, EuroNCAP (European New Car Assessment Programme) fournit aux consommateurs des informations concernant les performances en crash des voitures disponibles sur le marché. Ce programme reçoit des fonds substantiels de la Communauté Européenne.

Les tests définis par l'EEVC sont ici utilisés pour caractériser la qualité de véhicules lors de collision avec des usagers faibles. EuroNCAP a décidé d'ignorer ces tests de Phase 1 de l'accord de l'ACEA pour informer les consommateurs.

Les résultats, disponibles sur Internet (<http://www.euroncap.com/results.htm>) confirment que la quasi-totalité des voitures du marché répondent mal aux tests avancés par l'EEVC.

Le seul bon élève est pour l'instant Honda qui a présenté, dès 1996, une voiture plus sûre pour les piétons à l'ESV de Melbourne (Enhanced Vehicle Safety). La Civic répond pour 70% aux critères de l'EEVC.

Selon le TRL, le design de cette dernière dans des lignes plus sûres aurait entraîné un surcoût d'environ € 10 ! L'ETSC estime que le coût additionnel moyen pour dessiner des voitures selon les pré-requis de l'EEVC serait de € 30 [h]. En ce qui concerne l'estimation des coûts, il n'y a absolument aucun consensus entre les instances précitées d'une part et les constructeurs d'autre part.

### **III. MESURES POSSIBLES: PISTES POUR L'AVENIR**

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 18 de 62

Dans le cadre de l'amélioration de la sécurité des usagers faibles de la route, il est envisagé, pour compléter les mesures précédentes, d'étudier la protection de la tête des piétons lors de chocs avec l'encadrement du pare-brise mais également d'établir des données biomécaniques plus complètes, des critères de blessures et de meilleurs mannequins de test.

Il est également question de protections « under-run » pour camions de marchandises absorbant l'énergie et de mesures visant à améliorer la protection des jambes et du torse des motocyclistes [a].

#### **IV. CONCLUSIONS**

##### *Recommandation 8.2.1*

Le Comité d'accompagnement des EGSR conseille de soutenir la proposition de l'ACEA qui, à court terme, représente la plus concrète et rapide chance de progrès dans le cadre de la protection des usagers faibles. Cet accord entraînerait également des apports en terme de sécurité active.

Le comité d'accompagnement propose, dans un second temps, de soutenir la mise en application des critères de l'EEVC comme cela est proposé mais pas imposé dans l'accord de l'ACEA.

Le Comité d'accompagnement des EGSR propose également les mesures suivantes en vue d'améliorer la sécurité passive des véhicules (vis-à-vis de l'utilisateur faible) [a]:

##### *Recommandation 8.2.2*

Sécurisation de la partie avant des voitures en cas d'accident avec des piétons et des cyclistes:

Le comité d'accompagnement propose d'encourager la diffusion aux consommateurs des résultats des tests EuroNCAP afin de profiter du jeu de la concurrence entre les constructeurs.

Le comité d'accompagnement propose d'encourager les études des lésions à la tête provoquées par un contact avec l'encadrement du pare-brise, et l'amélioration globale des tests de collision piéton-véhicule dans le cadre d'études européennes.

##### *Recommandation 8.2.3*

Protection "under-run" pour camions en cas d'accident avec des usagers faibles:

Le comité d'accompagnement propose d'encourager l'élaboration des exigences et d'une méthode de test relative à la protection "under-run" à l'avant des camions en attendant le montage obligatoire d'une telle protection.

A plus long terme le comité d'accompagnement propose d'appuyer les études pour améliorer la protection "under-run" sur les côtés et à l'arrière des camions.

Toutes les mesures doivent être prises au moins au niveau européen. Vu le grand nombre de voitures japonaises et coréennes vendues dans l'Europe de l'Ouest, une approche plus vaste est même indispensable.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 19 de 62

## V. INDICATEURS

p.m.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

- [a] ETSC - Priorities for EU Motor Vehicle Safety Design – Bruxelles - 2001
- [b] Crash : ETSC's Newsletter on European Vehicle Crash Protection - Bruxelles - Février 2001
- [c] Communication : pedestrian protection : commitment by the European Car Industry COM (2001) 389 final of 11 July 2001 CEC. Commission of the European Communities.
- [d] ETSC - Safety of Pedestrian and Cyclist in Urban Area – Bruxelles – 1999
- [e] EEVC Working Group 17 Report – improved test methods to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars – Décembre 1998
- [f] Michel Gérardin, Jean-Pierre Halleux, Georges Solomos, Ioannis Papadopoulos - Comments on a possible normative action on pedestrian safety – Joint Research Centre – Institute for Systems, Informatics and Safety, Safety in Structural Mechanics Unit.  
[http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/tn\\_pedestrian18\\_12\\_10h30.pdf](http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/tn_pedestrian18_12_10h30.pdf)
- [g] Michel Gérardin, Jean-Pierre Halleux, Georges Solomos, Ioannis Papadopoulos - Second Comments on a possible normative action on pedestrian safety – Joint Research Centre – Institute for Systems, Informatics and Safety, Safety in Structural Mechanics Unit.  
[http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/jrc\\_dr\\_geradin.pdf](http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/jrc_dr_geradin.pdf)
- [h] Crash : ETSC's Newsletter on European Vehicle Crash Protection – Bruxelles - Janvier 2002
- [i] Hearing of the European Commission on the pedestrian protection of the 6<sup>th</sup> February 2001: Presentation from M. Cantarella, Chairman of the ACEA.  
[http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/passive\\_safety\\_systems.pdf](http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/passive_safety_systems.pdf)  
Agenda of this hearing:  
<http://europa.eu.int/comm/enterprise/automotive/pagesbackground/pedestrianprotection/hearing/agenda.htm>
- [j] Febiac Info

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 20 de 62

### **8.3. SECURITE PASSIVE RELATIVE AUX PASSAGERS DE VEHICULES**

#### **I. INTRODUCTION**

Il ressort du paragraphe 8.1 que l'on attend beaucoup des développements dans le domaine de la sécurité active.

Entre-temps, le nombre d'accidents reste néanmoins élevé. Il s'agit donc de tendre vers une amélioration continue de la sécurité passive des véhicules, de façon à limiter le plus possible les conséquences des accidents.

Etant donné la forte harmonisation de la réglementation en matière de véhicules, l'approche doit se faire à l'échelle européenne.

Vu l'ampleur du domaine de la "sécurité passive" des véhicules relative aux passagers, le sujet a été limité pour l'instant.

Pour ce qui concerne l'amélioration générale de la sécurité passive des différents types de véhicules, le Comité d'accompagnement des EGSR se rallie aux objectifs de l'ETSC [a].

Concernant la sécurité des autocars, on s'est également basé sur le rapport final du groupe de travail « sécurité des autocars » [b] ainsi que sur un rapport de l'IBSR consacré à la problématique des vitres latérales des autocars [c]. Ce dernier document s'appuie sur des données statistiques concernant des accidents réels avec des autocars sur les routes françaises (voir annexe 5).

#### **II. MESURES EN COURS**

Directive UE 2001/85/CE du 20/11/2001 relative aux exigences techniques auxquelles doivent répondre les véhicules M2 et M3 pour le transport de personnes.

La directive impose des exigences minimales en matière de protection contre les risques d'incendie.

Le type et le nombre d'issues (portes, fenêtres, trappes d'évacuation) sont réglementés dans les détails.

La directive contient également des spécifications concernant l'éclairage intérieur.

L'aménagement intérieur est réglementé au niveau de l'accessibilité des issues (portes, fenêtres, trappes d'évacuation). L'espace minimal par passager est également spécifié (siège et espace entourant le siège).

Pour ce qui concerne les autres aspects de l'aménagement intérieur, la directive fixe également des règles se rapportant aux distributeurs de boissons chaudes et au matériel de cuisine, aux mains courantes et aux poignées, à la protection des cages d'escalier, aux porte-bagages et à la section articulée de véhicules articulés.

Directive UE concernant le montage obligatoire de ceintures de sécurité dans les véhicules M2 et M3 (pas pour les véhicules avec des places debout):

La directive entre en vigueur le 01/10/99 (96/36/CE)

Jusqu'à ce jour, il n'y a pas encore eu d'AR publié en la matière.

Depuis le 01/10/99, la firme Van Hool installe de manière standard dans les véhicules, les ceintures prévues dans cette directive.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 21 de 62

En Belgique, le port de la ceinture est obligatoire aux places qui en sont équipées (Règlement général sur la Police de la Circulation Routière, article 35).

Divers règlements ECE se rapportant au domaine de la sécurité passive sont en perpétuelle évolution.

### **III. MESURES A PRENDRE**

Le Comité d'accompagnement des EGSR propose, à court terme, les mesures suivantes pour promouvoir la sécurité passive des véhicules (vis-à-vis des passagers) [a] :

#### **Conception des voitures**

##### *Recommandation 8.3.1*

Les airbags frontaux à l'avant des véhicules doivent être installés de manière universelle.

#### **Conception de minibus et de monovolumes**

##### *Recommandation 8.3.2*

Les exigences en matière de protection qui s'appliquent aux véhicules M1 (jusqu'à 2,5 ton) en cas d'impact frontal doivent être étendues jusqu'à une masse maximale autorisée de 3,5 ton.

#### **Conception des camions, autobus et autocars, minibus et monovolumes**

##### *Recommandation 8.3.3*

Montage obligatoire de ceintures de sécurité à toutes les places assises.

Pour ces trois mesures, le comité d'accompagnement propose que la Belgique appuie le changement des réglementations concernées (EU et/ou ECE).

#### **Moyens pour effectuer des analyses d'accidents**

##### *Recommandation 8.3.4*

Le rassemblement des données d'accidents et les informations à propos des lésions doivent être améliorées.

Le comité d'accompagnement des EGSR propose de soutenir cette mesure auprès des instances européennes et nationales.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 22 de 62

**Le comité d'accompagnement des EGSR recommande également, à plus long terme, les mesures suivantes (8.3.5 à 8.3.17) qui demanderont une concertation et des études supplémentaires au niveau européen [a] :**

### **Conception des voitures**

#### *Recommandation 8.3.5*

Les exigences UE pour la protection en cas d'impact frontal doivent être améliorées.

#### *Recommandation 8.3.6*

Les exigences UE pour la protection en cas d'impact latéral doivent être améliorées.

#### *Recommandation 8.3.7*

La compatibilité (géométrique) de véhicule à véhicule en cas d'impact doit être améliorée

#### *Recommandation 8.3.8*

Amélioration du pourcentage de port de la ceinture de sécurité. Introduction de systèmes rappelant au passager qu'il doit boucler sa ceinture.

#### *Recommandation 8.3.9*

Des instructions claires et l'usage de détecteurs permettant de déterminer la nature de l'occupation du siège passager sont nécessaires.

#### *Recommandation 8.3.10*

Les effets des airbags latéraux doivent être analysés plus en détail.

#### *Recommandation 8.3.11*

Amélioration des sièges pour enfants et de leur compatibilité avec tous les véhicules. Les exigences techniques et les réglementations doivent être adaptées. Le Règlement UN/ECE R44 doit être adapté.

#### *Recommandation 8.3.12*

Amélioration des exigences techniques et de la réglementation concernant l'intérieur du véhicule de manière à éviter les blessures dues au contact avec celui-ci.

#### *Recommandation 8.3.13*

Meilleure protection des passagers arrière ; type de ceintures et solidité des sièges.

#### *Recommandation 8.3.14*

Meilleure protection contre les impacts par l'arrière.

### **Conception des autobus et des autocars**

#### *Recommandation 8.3.15*

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 23 de 62

L'intégrité structurelle des bus et des cars doit être meilleure. Les sièges, ainsi que leur fixation au plancher du véhicule, doivent être améliorés.

*Recommandation 8.3.16*

Il s'agit de trouver un autre concept de vitres latérales qui empêche ou réduit le risque d'éjection (partielle ou totale) sans bloquer les éventuelles issues d'évacuation.

Il ressort du rapport [c] que la faisabilité technique de vitres faisant office de filet de sécurité n'est pas encore prouvée; des recherches dans ce domaine s'imposent.

**Moyens pour effectuer des analyses d'accidents**

*Recommandation 8.3.17*

Les mannequins de tests doivent être mieux adaptés, de manière à obtenir des résultats d'études plus représentatifs.

**IV. CONCLUSIONS**

Une série d'étapes importantes ont d'ores et déjà été franchies.

L'installation obligatoire de ceintures de sécurité à toutes les places dans les autobus et les autocars devrait se traduire, dans le futur, par une amélioration sensible du bilan médical dans le cas d'accidents avec ce type de véhicules [c].

La directive UE 2001/85/CE relative aux exigences techniques s'appliquant aux véhicules M2 et M3 pour le transport de personnes place également la barre plus haut en matière d'équipements de sécurité.

Il ressort du rapport [c] que les données statistiques concernant les accidents réels et les informations à propos des lésions (c'est-à-dire les études accidentologiques) sont particulièrement utiles pour permettre de détecter à temps les problèmes importants en matière de sécurité et pour pouvoir les quantifier.

Les études concernant la faisabilité technique d'autres concepts de vitres latérales doivent être encouragées [a], [c].

On insiste sur le fait que toute modification de la réglementation relative à la technique du véhicule doit être traitée à l'échelon européen.

**V. INDICATEURS**

p.m.

**VI. BIBLIOGRAPHIE**

- [a] Priorities for EU Motor Vehicle Safety Design.
- [b] Rapport final du groupe de travail "sécurité des autocars" (rapport du 11/06/01).
- [c] Sécurité des personnes transportées en autocar - problématique des vitres latérales (rapport IBSR du 27/11/2001).

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 24 de 62

## **ANNEXE 1: ETSC'S PRIORITIES FOR EU MOTOR VEHICULE SAFETY DESIGN**

### **Executive Summary**

#### **Introduction**

As part of ETSC's current programme which receives matched funding from the European Commission, the European Transport Safety Council has brought together independent experts from across the EU to carry out a multi-disciplinary review of pedestrian and pedal cyclist safety in urban areas. The aim is to identify the key problems which need to be addressed and successful practice internationally in implementing effective measures. Recommendations are made for appropriate actions locally, nationally and by the EU for the short to medium term.

#### **The casualty problem**

In 1996 more than 9,400 pedestrians and cyclists were killed in EU countries, contributing around 22 per cent of all road deaths. The small proportion of pedestrian and cyclist casualties that occur in rural areas are relatively severe and should not be forgotten, but this review is concerned with the great majority that occur in urban areas.

The per capita risk of death from walking and cycling in EU countries are shown in Table 1 (p.15). These figures represent the per capita risk of the activity without taking any account of the level of the activity. To obtain a better understanding of the risk to both pedestrians and cyclists, each country needs to collect information on the amount of walking and cycling.

The overall long term trend in deaths has been downward for both pedestrians and cyclists, but this may be due in some instances to a decline in walking and cycling as more people take to their cars for local journeys. However, this trend may be influenced in future by the encouragement now being given in several Member States to travel by foot, bicycle or public transport. For example, the Danish National Traffic Plan states that 4 per cent of total car traffic should be converted into cycling and walking by the year 2005 and one-third of all car traffic under 3 km into non-motorised travel. As travel by public transport is also encouraged, increasing account needs to be taken of the safety of walking or cycling to catch the bus, tram or train. Walking and cycling have much greater risk levels per hour than travel in public transport vehicles.

It should therefore be a high priority for those responsible for traffic systems in our urban areas to cater much better for the needs and physical vulnerabilities of pedestrians and cyclists, including people with reduced mobility. There are many ways in which the EU can help them to do so.

#### **Key problems for pedestrians and cyclists in today's traffic system**

Most road safety problems for pedestrians and cyclists are common to all Member States. These result from a complex mix of factors, but underlying all other problems is the fact that the modern traffic system is designed largely from a car-user perspective. There has been a lack of coherent planning of route networks for pedestrians and cyclists.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 25 de 62

**Vulnerability** Even at relatively low impact speed, pedestrians and cyclists receive severe injuries, mainly because their only protection is their clothing. Speed plays an important role in determining the severity of the outcome of collisions. If the collision speed exceeds 45 km/h the likelihood for a pedestrian or cyclist to survive the crash is less than 50 per cent. If the collision speed is less than 30 km/h more than 90 per cent of those struck survive. Speed management, therefore, is a key element in a safe traffic system for vulnerable road users.

**Flexibility** Pedestrians and cyclists are very flexible in their behaviour and flexibility is one of the main advantages of these modes. In relation to other road users, however, this presents a problem. A motor vehicle driver can never be sure when or where to expect a pedestrian or a cyclist.

**Instability** Pedestrians and especially cyclists may trip or fall in the traffic environment. A small mistake or a minor failure of the cycle may result in a severe outcome even though there are no other road users present. A pedestrian may stumble and receive serious injuries just because of an uneven surface. The instability of pedestrians and cyclists is an even bigger problem when they are mixed with motor traffic.

**Invisibility** Pedestrians and cyclists can be difficult to see: They are small compared to a car, and can be hidden by one. At night the problem is more severe.

**Differing abilities** Pedestrians and cyclists include children with lack of experience, elderly people with reduced capability, and people with reduced mobility.

**Consciousness of effort** Making a detour in a motor vehicle may use extra fuel, but for pedestrians and cyclists it means extra use of their muscles. They are therefore highly motivated to find and keep to the easiest routes, often the most direct ones.

**Estrangement** Pedestrians are often primarily doing other things than travelling on foot, like window shopping or chatting with friends. This, together with the fact that the modern traffic environment is often designed for cars rather than for pedestrians and cyclists, creates a state of estrangement of pedestrians and cyclists. Cyclists make journeys more often, but even they are frequently treated as intruders in the traffic system rather than as an integral part of that system.

These key problems need to be addressed in combination in future traffic system planning.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 26 de 62

### Key casualty reduction strategies

The key strategies for achieving a safe traffic system for pedestrians and cyclists are:

Managing the traffic mix, by separating different kinds of road use to eliminate conflicts where conditions are favourable to separation.

Creating safer conditions elsewhere for integrated use of road space, for example through speed and traffic management, increased user and vehicle conspicuity, and vehicle engineering and technology.

Modifying the attitudes and behaviour of drivers of motor vehicles through information, training and the enforcement of traffic law.

Consulting and informing pedestrians and cyclists about changes being made for their benefit, and encouraging them in steps that they can take to reduce their risk.

Mitigating the consequences of crashes through crash protective design and encouraging the use of protective equipment.

And, to these ends

Changing priorities in the minds of professionals and policymakers responsible for the traffic system through sharing of experience and promotion of research findings, and encouraging them to convince the public of the need for change.

Separation and integration to make walking and cycling safer.

Comprehensive networks of pedestrian and cycle routes need to be identified which will consist of sections of footpath or cycle path separate from the carriageway, pedestrian areas, footways or cycle tracks alongside carriageways, and areas and carriageways shared with motor vehicles. Where separation can provide attractive routes, the safety benefits can be great: Danish studies, for example, show reductions of 35 per cent in cyclist casualties after the construction of cycle tracks alongside urban roads. But the scope for providing attractive routes by practicable separation for the journeys people really want to make on foot or bicycle is limited. Elsewhere it is necessary to create safer conditions for integrated use of shared road space through speed and traffic management, by increasing conspicuity, through vehicle engineering and collision-avoidance measures, and by influencing road user behaviour, as envisaged in the Dutch concept of sustainable safety.

*Speed and traffic management* Road safety engineering measures to create safer conditions for pedestrians and cyclists can be considered in terms of traffic reduction, speed reduction, junction treatments, the redistribution of road space and the creation of special facilities.

Motor traffic on local roads within cells formed by main roads can be reduced whilst creating good routes for walking and cycling through selective road closures and traffic calming, within a strategy of urban safety management. Area-wide schemes in Denmark, Germany, the Netherlands and the UK have reduced casualties in the treated areas and on surrounding main roads by between 15 and 80 per cent.

At speeds below 30 km/h, pedestrians and cyclists can mix with motor vehicles in relative safety, and in The Netherlands 30 km/h zones have reduced personal injury crashes by 22 per cent. As a contribution to sustainable safety, they are to be

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 27 de 62

extended to cover built-up areas in general in The Netherlands, with specific exceptions for selected roads only.

Junctions are places where many pedestrians need to cross the road despite the risks in doing so, and in Denmark, for example, over 60 per cent of crashes involving cyclists occur at junctions. Good layout and sharing of the road space with the help of signs, markings and distinctive surfacing can simplify the tasks facing pedestrians and cyclists at junctions and thus reduce casualties there. Sharing of the road space between junctions is also important – not only cycle lanes, but also correct use of bus lanes and allocation of more of the width to nearside lanes on multilane roads used by cyclists.

*Increased conspicuity* The more conspicuous motor vehicles are to road users outside them, and the latter are to drivers, the more opportunity both will have to avoid collisions. Road layout can help in this and so can the use of daytime running lights by drivers, the use of lights at night by cyclists, and the wearing of reflective or light-coloured clothing by pedestrians and cyclists.

*Vehicle engineering and technology* Intelligent speed limiters, intelligent cruise control, collision-avoidance systems and vision enhancement for drivers are all forms of technology for the motor vehicle that could reduce the occurrence of collisions with pedestrians and cyclists - and better vehicle design could reduce the severity of injury to them in collisions that still occur. Better design and maintenance of cycles, helped by European Standards, could help to reduce not only such collisions but also the many injurious cycle crashes that involve no motor vehicle.

#### **Modifying drivers' attitudes and behaviour**

Training provided by driving instructors, the advice and information that drivers receive from user and safety organisations, and the influence exerted upon them by enforcement should all be reoriented to promote attitudes and behaviour based on higher priority for the safety of pedestrians and cyclists on the roads the drivers use. Emphasis should be placed both upon greater consideration and upon greater compliance with traffic laws concerning speed and giving way, whose effect on the safety of pedestrians and cyclists is strongest. Road users of all kinds would be helped in this by production of a European Highway Code summarising the common and differing traffic laws applying to road users in the various Member States.

#### **Consulting and influencing pedestrians and cyclists**

Achievement of safe routes for walking and cycling which are also attractive to their intended users will be helped by consultation with pedestrians, cyclists and prospective cyclists in the catchment areas of the routes, as well as research into the journeys they wish to make on foot or bicycle.

Even on the best practicable routes, safe walking and cycling calls for competence on the part of the pedestrians and cyclists. Information, education and training should therefore be provided for pedestrians, cyclists and potential cyclists of all ages from the nursery and kindergarten through the school years to young adulthood, and

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 28 de 62

later as parents and as middle-aged and elderly people adjusting to the changes in capability that come with advancing years.

### **Mitigating the consequences of crashes**

The consequences of those crashes that still occur despite all the other measures should be mitigated by crash-protective vehicle design and encouraging the use of protective equipment. Since many pedestrian and cyclist collisions are with cars, major improvements in crash protection for both cyclists and pedestrians should be achieved by changing car design. EU-funded research over the last 20 years has developed safer car fronts for pedestrians and cyclists. Test procedures devised by the European Experimental Vehicles Committee (EEVC) and used in the EuroNCAP (new car assessment programme) are showing that new cars are not performing satisfactorily in this respect. A new EU Directive on safer car fronts for pedestrians and cyclists incorporating all the EEVC tests should, therefore, be implemented without delay to provide the necessary protection.

In the meantime, further EU funding is needed for the EuroNCAP consumer information programme, so that as many new cars as possible are subjected to these fairly expensive tests to encourage manufacturers to build in protection earlier than the Directive will require.

When heavy goods vehicles and vulnerable road users are side by side and the vehicle turns in their direction, the pedestrian or cyclist is at risk of being run over by the vehicle. A mandatory EU requirement is needed for the fitment to all new heavy goods vehicles of sideguards that greatly reduce this risk.

However much is done to make motor vehicles less injurious to cyclists, the protection offered by cycle helmets remains crucial, not least because many head injuries to cyclists are sustained in crashes or falls that do not involve a motor vehicle. The injury-reducing effects of cycle helmets have been found to be in the region of 45-80 per cent and their use needs to be encouraged, particularly in the high-risk groups such as boys aged 10-14 years. The design of child seats can also affect the risk of injury to the young children carried in them, and a European standard for cycle child seats should therefore be developed.

### **Changing priorities in the minds of professionals and policymakers**

Effective implementation of the foregoing range of measures for safer walking and cycling requires dedicated and technically informed effort by all of the many professionals involved, together with commitment by policymakers and the support of a convinced public.

This requires systematic dissemination of research-based interdisciplinary technical guidance that synthesises current best practice to town planners, architects, highway and traffic engineers, road safety professionals, the police and judiciary, driving instructors, teachers, those who work with parents and elderly people, and designers of vehicles and protective equipment. It also requires technically supported guidance in policy formulation to be communicated to policymakers, who in turn should be encouraged to join with road safety organisations and road user groups in

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 29 de 62

campaigns to inform the public and win their acceptance of the necessary policies and measures.

### **The need for further research**

All these efforts can be started on the basis of present knowledge, but to maintain progress cost-effectively in the medium term requires:

- deeper understanding of the change that is needed and its implications;
- fuller quantification of the problem and of progress made in addressing it; and
- safer cycles and further techniques of crash protection for pedestrians and cyclists.

A range of specific topics for research in these three areas has been identified.

### **Conclusion**

By implementing known countermeasures it should be possible to achieve considerable increases in the use of healthier and more environmentally friendly means of transport and still reduce the numbers of deaths and injuries among pedestrians and cyclists. Deep commitment is needed from policymakers at local, national and EU levels to bring about this positive scenario. The following actions are recommended at these three levels.

### **Recommendations**

#### *For action by Member States and Local Authorities*

Give priority to the safety and convenience of walking and cycling in policymaking for planning, development and transport in urban areas, and in the implementation of development plans and the maintenance and enhancement of the transport and traffic systems of towns and cities.

#### *For action by the EU*

- Give priority to the safety and convenience of walking and cycling in all aspects of policymaking relevant to planning, development and transport in urban areas and encourage Member States and Local Authorities to do likewise.
- Encourage Member States to collect exposure data on pedestrian and cyclist travel and include it in the CARE database (Community databank on road crashes and casualties in Europe).

Regularly ascertain level of under-reporting and extend the EHLAS (European home and leisure accident surveillance system) database to include road collision reporting.

Encourage information exchange to promote better conditions for walking and cycling through development of EU technical guidelines for professionals particularly on:

Ways of providing for walking and cycling

Safety audit and safety impact assessment

Urban safety management

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 30 de 62

Speed management

Low cost/high return road safety engineering measures

Training and encouragement for drivers in helping the integration of pedestrians and cyclists into the traffic system

- Initial and in-service training in the integration of pedestrians and cyclists for those involved in road safety education and training, driver training and the enforcement of traffic law
- Road safety education and training at pre-school, primary, secondary and tertiary levels, emphasising activity as pedestrians and cyclists
- Education and training of elderly road users
- In-service training for professionals in providing facilities for walking and cycling all in the context of the interdisciplinary approach that the task requires.
- Bring forward mandatory EU fitment requirements for:
  - safer car fronts for pedestrians and cyclists incorporating EEVC test procedures
  - closed sideguards on all new heavy goods vehicles
  - daytime running lights for motor vehicles
- Give continued support including more financial support to Euro NCAP.
- Introduce EU Whole Vehicle Type Approval for cycles incorporating a range of technical safety criteria.

Develop a European standard for cycle child seats and promote the use of cycle helmets for which a European standard (EN 1708) already exists.

Develop and disseminate advice on sensible road use via a European Highway Code summarising the common and differing traffic laws applying to road users in different Member States.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 31 de 62

## **ANNEXE 2: FEUX DE ROULAGE DIURNE**

### **Introduction**

L'idée de feux de roulage diurne ou Daytime Running Light est née dès 1961, lors d'une campagne de sensibilisation à la sécurité routière initiée par le gouverneur du Texas. L'objectif, à l'époque, n'était pas l'amélioration de la visibilité des véhicules. L'allumage volontaire des phares de jour affirmait la volonté du chauffeur de conduire prudemment.

Depuis, l'usage des feux de jour, qui semble souvent difficilement compréhensible pour les usagers de la route, a fait son chemin. De nombreuses études ont été réalisées pour en établir l'impact et cette mesure est entrée dans la législation de plusieurs pays. En Belgique, entre autres, elle est d'application pour les motocyclistes. L'extension à tous les véhicules est, depuis près de 20 ans, un sujet de débat en Belgique.

### **Evolution politique**

C'est dans les pays scandinaves que l'usage des DRL sur tous les véhicules s'est répandu le plus rapidement en raison des conditions de luminosité particulières à ces régions nordiques.

L'usage obligatoire de DRL a été introduit en Finlande au cours de l'hiver 1972-73. Deux années de campagne en faveur de cette mesure avaient précédé son introduction, ce qui avait amené plus de 50% des automobilistes à y adhérer volontairement. Lorsque la même mesure fut prise en Suède en 1977, l'usage des DRL y était déjà de plus de 50%.

En Norvège, l'allumage volontaire des phares en journée, promu par des campagnes répétées, était de plus de 60 % en 1985. Un système automatique de DRL devint un standard dans les nouveaux véhicules et fut ensuite imposé à tous en 1987-88.

Une politique similaire fut adoptée au Danemark à partir de 1990 malgré une certaine réticence des conducteurs.

La même année, aux Pays-Bas et en Autriche, une proposition en ce sens fut repoussée en raison de l'opposition des groupes écologistes et des associations de piétons et cyclistes.

Les DRL ont été introduits progressivement entre 93 et 94 en Hongrie et une obligation hivernale existe en Pologne depuis la même époque.

A l'échelon européen, cette mesure a déjà été désignée, en 2000, comme prioritaire par la Commission Européenne et l'ETSC [6], [7].

En août 2000, l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles - regroupant BMW, Fiat, Ford, GM, DaimlerChrysler AG, Porsche, PSA Peugeot Citroën, Renault et Volkswagen - a présenté une proposition d'accord à la Commission dans le cadre d'une meilleure protection des usagers faibles. Elle prend exemple sur l'accord existant entre l'industrie et les autorités pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et mentionne l'installation d'un système de feux de roulage diurne dans tous les nouveaux véhicules à partir de 2002 [8].

Des négociations avec les industriels japonais et coréens (JAMA et KAMA) sont prévues. De leur aboutissement dépend la validité de l'accord.

De l'autre côté de l'Atlantique, les DRL sont obligatoires au Canada sur tous les modèles depuis 1990 et on note 30 % d'usage volontaire des phares en journée.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 32 de 62

## Principe

L'utilisation des phares en journée est souvent mal comprise par les automobilistes. Une enquête du SWOV [1] a pourtant montré que la perception diurne dans les meilleures conditions reste loin d'être parfaite. En effet, 8 % des véhicules en plein jour et dans un espace dégagé ne sont pas visibles à une distance notable sans l'usage de DRL. La visibilité se détériore davantage encore si la luminosité diminue et en fonction de l'arrière-plan.

Or, des études approfondies sur les accidents montrent que le fait de ne pas voir un autre usager est à l'origine de 50 % des accidents diurnes et de 80 % des accidents diurnes à des croisements. Il est donc primordial de voir mais aussi d'être vu.

Le lien entre l'amélioration de la visibilité du véhicule et la probabilité d'accident est, par contre, difficile à chiffrer.

Les feux de roulage de jour agissent sur la visibilité en améliorant le contraste entre les véhicules et l'arrière-plan, quelle que soit la luminosité ambiante.

Cette visibilité accrue se répercute à tous les stades du processus de conduite, que ce soit la reconnaissance, la prise de décision ou l'action.

Des études [1] montrent que les voitures roulant avec DRL sont plus facilement identifiées comme telles. Leur distance et leur vitesse sont estimées avec plus de sûreté. Les DRL peuvent même induire des jugements «trop» sûrs car un véhicule avec phares est imaginé plus proche qu'un véhicule sans phares.

La distance et l'angle de détection sont également plus importants. Des recherches ont montré que les DRL améliorent la visibilité des véhicules en journée mais influencent aussi la perception périphérique des véhicules effectuant des manœuvres conflictuelles.

Un avantage supplémentaire est d'obtenir l'homogénéité de l'usage des phares par les automobilistes à des périodes de transition comme l'aube et le crépuscule.

Le problème majeur des DRL est le risque d'éblouissement des autres chauffeurs, qui peut aller de l'inconfort à l'aveuglement partiel ou total. Des DRL trop intenses peuvent masquer des véhicules non équipés de tels feux, les motocyclistes, les piétons...ou les clignoteurs s'ils sont placés près des phares.

Cette problématique est déjà reprise dans les standards nationaux et internationaux pour les phares de voitures. Par exemple, l'intensité des feux de croisement ne doit pas dépasser 250 cd dans la direction du trafic approchant, selon les normes de l'Union Européenne.

Il faudra donc trouver un compromis entre visibilité et éblouissement.

Une parade éventuelle et très facilement réalisable serait un contrôle électronique de l'intensité des phares en fonction de la luminosité ambiante [1].

## Configurations possibles

D'un point de vue technique, l'éclairage diurne des véhicules peut être concrétisé de plusieurs manières : en utilisant les feux de croisement normaux, les feux de croisement à intensité réduite, les feux de route à intensité réduite ou des lampes DRL séparées. Ces différentes possibilités seront abordées plus loin.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 33 de 62

L'allumage des feux, quel qu'en soit le type, peut être rendu automatique ou non. Si la décision revient au chauffeur, l'usage obligatoire des DRL peut être restreint dans le temps et l'espace par la loi. Cette formule n'est, cependant, pas aussi efficace. Par exemple, une application sur toutes les routes uniquement l'hiver conduit à une efficacité de 75 % par rapport à une obligation permanente [1]. Une obligation partielle de l'usage des DRL entraîne également un suivi moins important mais une telle formule est mieux acceptée par la population.

Les DRL peuvent être réalisés en utilisant les *feux de croisement*. Cette option a l'avantage de ne réclamer aucun matériel supplémentaire et peut-être rendue automatique ou non.

Malheureusement, le phare n'est pas utilisé de manière optimale car seule une fraction de la lumière, dirigée vers le bas et à l'horizontale, est perceptible de jour. La durée de vie des ampoules pâtirait également d'un usage permanent, de jour et de nuit.

L'intensité des phares peut être diminuée, réduisant du même coup le risque d'éblouissement mais surtout la visibilité du véhicule. Cette option n'est donc pas recommandée. La méthode utilisée au Canada est une réduction de 20 % du voltage.

Le dispositif d'allumage automatique des feux de croisement au démarrage est présent sur le marché pour 25 à 50 € et son installation requiert environ une demi-heure.

Pour ce qui concerne les systèmes enclenchés par le chauffeur, les mécanismes d'avertissement pour éviter à ce dernier d'oublier de les éteindre sont déjà largement répandus. Au cas où ils doivent être installés, ils coûtent entre 10 et 15 €.

Selon le SWOV, l'utilisation des feux de croisement constitue la meilleure solution pour installer, à court terme, des DRL sur tous les véhicules.

Des *lampes DRL spéciales* peuvent également être installées, par exemple, dans ou sous le pare-chocs. Les règles ECE n'excluent pas un montage plus élevé.

A ce sujet, la régulation ECE 87 donne les spécifications des phares tandis que la régulation ECE 48 précise les contraintes d'installation.

Les lampes DRL sont reprises dans la régulation ECE comme facultatives sous la forme de deux lampes placées à l'avant dont l'intensité lumineuse est comprise entre 400 et 800 cd au centre du faisceau pour une puissance de 21 W. Cette dernière valeur est à comparer au 55 W requis par les feux de croisement. L'allumage des phares DRL entraîne celui des feux arrière.

L'allumage de telles lampes peut également être soumis au jugement du chauffeur ou rendu automatique.

Pour le SWOV [1], il s'agit ici de la solution à long terme en raison de la moindre consommation et du très faible risque d'éblouissement.

Finalement, les *feux de route* peuvent être utilisés mais avec une réduction d'intensité de 50 % ou plus. Ceci offre l'avantage d'utiliser des lampes déjà présentes sur les véhicules et qui, de plus, sont relativement peu employées.

La diminution de luminosité est obtenue en réduisant la charge électrique et non en atténuant l'intensité par une résistance électrique comme pour les feux de croisement. Le résultat est un procédé moins gourmand en énergie.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 34 de 62

Malheureusement, les feux de route sont très concentrés. Si l'intensité est réduite à 1000 cd ou moins pour éviter l'éblouissement, on obtient un rayon de lumière à peine visible dans le plan horizontal en dehors d'une zone de 5° par rapport à la direction du faisceau.

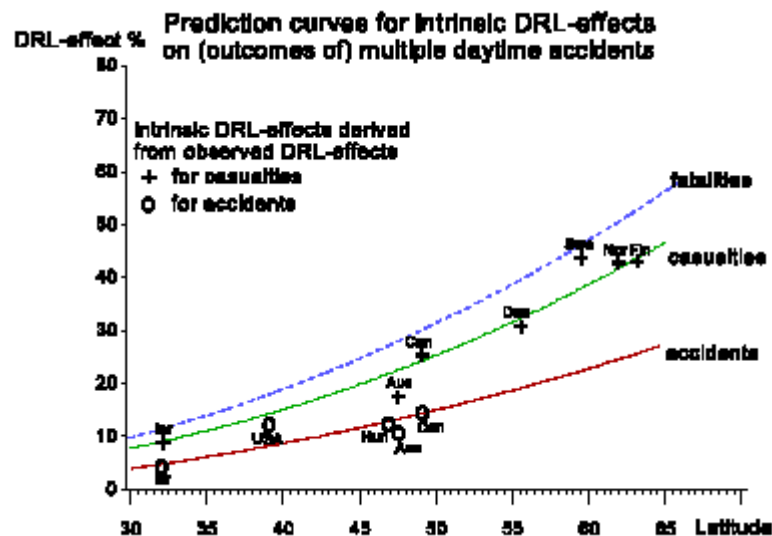
## Etudes

Depuis les années 60, les études pour déterminer l'efficacité des DRL se multiplient. La possibilité d'une réduction des accidents allant jusqu'à 38 % avait été envisagée lors des premières enquêtes.

Une étude de 1997 du centre de recherche hollandais SWOV [1] fait figure de référence en la matière. Elle reprend en effet les résultats de 24 évaluations précédentes menées dans neuf pays à travers le monde (Israël, Hongrie, Australie, Canada, Suède, Danemark, Norvège, Finlande, USA).

Parmi ces 24 études, 8 concernent l'effet concret d'une loi imposant l'usage des DRL dans 6 pays différents. Une étude nationale et une régionale se basent sur la recommandation, par des campagnes, de l'usage des DRL aux automobilistes. Les 14 autres études évaluent l'effet des DRL dans des flottes. Ces évaluations, réalisées selon des méthodes et dans des conditions différentes, ont été révisées et ré-analysées par le SWOV pour donner lieu à des conclusions globales non biaisées et comparables. Les incertitudes ont été estimées de manière optimale.

Parmi celles-ci, douze, dont 5 portent sur les accidents multipartites de jour et 7 sur les victimes d'accidents multipartites diurnes, ont permis au SWOV de déterminer des courbes de prédiction de l'effet des DRL suivant la latitude :



Cette latitude, présente en abscisse, est évidemment un paramètre majeur de l'efficacité des DRL car la luminosité moyenne en dépend. Cette courbe permet d'étendre les conclusions des études de 9 pays aux différents pays européens en se basant sur leur situation géographique.

Au niveau européen, l'introduction des DRL sur tous les véhicules signifierait ainsi 24,6% de décès et 20 % de blessés en moins dans des accidents multipartites de jour et une réduction de 14,6% de ce type d'accidents. Ceci représenterait 4430 décès, 155000 blessés, 740000 accidents enregistrés en moins par an dans l'Union Européenne.

Une obligation de DRL uniquement en hiver éviterait près de 40,4 % des décès et 32,9% des blessés dans les accidents multipartites hivernaux dans la Communauté Européenne, ce qui équivaut à 3360 morts et 115000 blessés par an.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 35 de 62

Comme on peut le voir, l'introduction des DRL aurait un intérêt même pour les pays méditerranéens car 80 % des bénéficiaires des DRL sont enregistrés en hiver.

Les chiffres précédents sont valables dans l'optique d'un allumage automatique des DRL en journée. Si ce n'est pas le cas, un suivi incomplet ou discontinu des chauffeurs est à craindre ce qui réduirait les bénéficiaires.

En guise de conclusion, le SWOV note, dans son étude ([1]), qu'aucune des évaluations précitées ne signale d'effet négatif des DRL pour quelque sorte d'utilisateur que ce soit. L'apport est même considéré comme significatif dans 8 pays sur 9 (à l'exception d'Israël). Il y aurait donc indubitablement une amélioration de la sécurité routière. Cependant, la quantification de l'impact des DRL diffère selon les pays, les types d'accidents ou de véhicules impliqués.

Cet impact positif des DRL se note tout autant pour les usagers non motorisés et l'apport des DRL imposés aux motocyclistes n'est pas modifié significativement en cas de généralisation à tous les véhicules.

La probabilité d'éviter un accident entre véhicules motorisés grâce aux DRL ne dépend pas non plus du fait que seul un ou les deux véhicules soient équipés de DRL. La preuve d'une influence des DRL sur les accidents solitaires ou nocturnes n'existe pas et est supposée ne pas exister.

Aucune évolution néfaste du comportement des chauffeurs suite à l'introduction des DRL n'a été prouvée. Une augmentation de la prise de risques reste possible mais ne supprime, de toute évidence, pas les bénéficiaires du système. L'impact du DRL semble ne pas diminuer avec le temps.

En 1996, une autre source, d'origine norvégienne, [12] distingue l'effet de deux scénarios différents de mise en oeuvre des DRL au niveau européen.

Selon cette étude, l'installation de DRL automatiques sur tous les véhicules entraînerait une réduction de 10-15 % des accidents multipartites de jour.

Un gain de 3-12% seulement est estimé dans le cas d'une loi imposant aux automobilistes l'allumage des feux de croisement de jour.

Plus récemment, une étude américaine de 2000 a abordé l'efficacité des DRL dans trois différents types de crashes : la collision fatale de deux véhicules venant de directions différentes, la collision non fatale de deux véhicules et la collision mortelle entre un piéton et une voiture. Cette enquête fut menée sur une flotte de véhicules équipés de DRL et les statistiques furent comparées aux résultats enregistrés précédemment sur une autre flotte de véhicules.

En conclusion, aucune différence n'a été décelée pour le premier type d'accident mais bien pour le second sous la forme d'une réduction de 7% et, pour le dernier cas, avec une diminution de 28 %.

## **Bénéfices-coûts des DRL**

Si l'on reprend les chiffres de l'estimation fournie par le SWOV à l'échelle européenne [1] pour déterminer les bénéfices de l'installation de DRL automatiques sur tous les véhicules européens, on peut transcrire une réduction de 4430 décès chaque année sur les routes en une économie de 4,43 milliards d'euros. Le programme européen de sécurité routière cite, en effet, le chiffre d'un million d'euros d'économie par victime évitée.

Au niveau des coûts, il faut tenir compte de quatre facteurs.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 36 de 62

Tout d'abord, l'investissement nécessaire pour équiper les véhicules du dispositif approprié. Envisageons l'utilisation des feux de croisement à allumage automatique comme DRL. Vu la simplicité du système et le matériel déjà présent dans la plupart des véhicules modernes, les frais d'équipement à la production devraient rester très faibles. Le montant imaginé est alors d'1 € par véhicule. Dans le cas de petites voitures et vélomoteurs qui nécessitent l'ajout du câblage..., les coûts additionnels en production sont évalués à moins de 15 € par véhicule [1]. Sur la base de ces montants, le coût annuel pour l'ensemble de l'Union Européenne peut être calculé.

Il faut ensuite tenir compte du surcoût en carburant dû à la consommation supplémentaire engendrée par l'usage permanent des feux. Il est estimé à 0,9 % par le SWOV dans le cas de l'utilisation des feux de croisement. Des lampes DRL conçues à cet effet réduiraient cet excès à 0,4 %.

Selon la Commission [5], l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> en cas de mise en place sur l'entièreté de la flotte européenne de lampes DRL spécialisées se situerait entre 0,21 et 1,38 %. Cet intervalle est estimé de 0,62% à 1,38 % dans le cas de l'utilisation des feux de croisement normaux.

Finalement, des coûts supplémentaires doivent être calculés comme le remplacement des ampoules des lampes DRL et les coûts environnementaux supplémentaires comme décrits dans le livre vert de la Commission Européenne « Fair and efficient pricing in Transport » de 1995 et liés à la consommation accrue.

Dans le cas de l'utilisation des feux de croisement comme DRL automatiques, nous obtenons le bilan annuel suivant:

Carburant :	2,06 milliards €
Véhicules :	0,08 milliards €
Ampoules :	1,26 milliards €
Environnement :	0,18 milliards €
 Total :	 3,58 milliards €

Ceci donne un rapport bénéfice/coût de 1,24.

En partant de ces chiffres, il est raisonnable d'imaginer que l'apport d'une législation imposant aux chauffeurs l'allumage des feux de croisement en journée serait assez similaire. Cette formule supprimerait les coûts liés à l'équipement, qui restent relativement faibles. Un suivi incomplet, volontaire ou non, de la part des automobilistes diminuerait les bénéfices de la mesure mais aussi les frais engendrés par la consommation ou les remplacements d'ampoules.

Envisageons, à présent, l'utilisation de lampes DRL spécifiques qui, avec une puissance de 21 Watts pour une luminosité maximale de 800 cd, réduiraient de 55 % la consommation en fuel par rapport aux feux de croisement normaux [1].

En conséquence, on peut escompter une réduction des frais liés à la consommation et au remplacement des ampoules. Par contre, l'installation de ces phares supplémentaires nécessiterait plus d'investissements.

On obtient donc le bilan annuel suivant:

Carburant :	1,18 milliards €
Véhicules :	0,70 milliards €
Ampoules :	0,55 milliards €
Environnement :	0,08 milliards €
 Total :	 2,51 milliards €

Le rapport bénéfice/coût est alors de 1,76.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 37 de 62

## Mise en application

L'utilisation de feux de roulage diurne, bien que présentant des avantages indéniables pour la sécurité routière, se heurte bien souvent à l'incompréhension des automobilistes, aux inquiétudes des piétons et cyclistes quant à leur visibilité et aux craintes environnementales. Ceci rend son introduction dans les règles de conduite souvent délicate.

Les expériences précédentes montrent cependant que les conducteurs sont assez vite convaincus de l'avantage qu'ils tirent du système. De plus, les compagnies d'assurances et les constructeurs supportent généralement cette idée.

Comme abordé plus haut, il existe de nombreux scénarios pour la mise en place de DRL. Il est possible de stimuler une utilisation volontaire par des campagnes. On peut également l'imposer sous forme de loi. Cette obligation peut être partielle ou être introduite progressivement dans l'espace et dans le temps. Cette optique est souvent mieux acceptée par le public. Il en va de même pour l'introduction d'un système automatique de DRL sur tous les véhicules à dater d'une certaine année.

Selon le SWOV[1], un système de DRL automatiques devrait être installé sur les vélomoteurs qui peuvent atteindre 25 km/h, les véhicules agricoles qui utilisent les voies publiques, les trams et les autres véhicules dépassant 20 km/h. Initialement, seuls les nouveaux véhicules en seraient équipés. Progressivement ensuite, les autres véhicules devraient l'être également. Une exception pourrait être envisagée pour les véhicules très anciens (plus de 30 ans).

Du point de vue des compétences légales, une loi imposant une utilisation partielle ou totale des DRL est la seule possibilité réaliste au niveau national. L'Union Européenne peut, par contre, introduire l'installation obligatoire d'un système automatique dans tous les véhicules. Là encore, le scénario de l'introduction graduelle serait mieux accepté à tous les niveaux.

Des campagnes intensives auprès de tous les usagers de la route, soutenues par la Commission Européenne, les constructeurs, les assurances, les touring clubs peuvent promouvoir l'introduction du système par la promotion de l'usage volontaire. [1]

Les études réalisées dans le domaine soulignent l'introduction désirable et urgente de ce système en Europe vu le rapport bénéfice/coût favorable. La formule la plus efficace étant les DRL obligatoires sur tous les véhicules utilisant, dans un premier temps, les feux de croisement et, par la suite, des lampes pour cet usage spécifique.

Le coût environnemental dû à la consommation d'essence supplémentaire pour alimenter les lampes n'est pas négligeable mais pourra être diminué par l'usage de phares appropriés et le contrôle électronique des feux diurnes selon la luminosité.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Mattheijs Koornstra, Frits Bijgevel, Marjan Hagenzieker – The Safety Effects of Daytime Running Lights – R-97-36 – SWOV, Pays-Bas – 1997
- [2] National Highway Traffic Safety Administration – A preliminary assessment of the crash-reducing effectiveness of passenger car daytime running lamps (DRLs) – U.S. Dept. of Transportation – Washington D.C., USA – 2000.
- [3] Bureau suisse de Prévention des Accidents – Conduite de jour avec les phares allumés – Berne, Suisse – 1999

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 38 de 62

- [4] Dernière version du rapport SWOV disponible sur Internet.
- [5] Peter Wilding – The additional Fuel Consumption due to DRL – European Commission, Directorate-General VII Transport – Brussels, 1999.
- [6] Benoît Franchimont – Feux allumés jour et nuit – Dernière Heure/ Les Sports – 10 août 2000.
- [7] ETSC – Priorities for EU Motor Vehicle Safety Design – Bruxelles, 2001
- [8] Communication : pedestrian protection : commitment by the European Car Industry COM (2001) 389 final of 11 July 2001 Commission of the European Communities.
- [9] Etude IBSR 1992
- [10] Etude belgo-hollandaise 1990
- [11] Dr. Ir. L. De Brabander – Autokopverlichting overdag – IBSR, 1988
- [12] Rune Elvik – A meta-analysis of studies concerning the safety effects of daytime running lights on cars – Institute of Transport Economics – Oslo, Norvège, 1996

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 39 de 62

### **ANNEXE 3: TESTS EEVC**

#### **1. Essai d'impact d'une jambe factice contre le pare-chocs**

Cet essai teste tous les éléments situés à l'avant de la voiture comme le becquet, le pare-chocs, la grille de ventilation, les phares, le capot, le bord d'attaque des ailes.

Le véhicule, en position normale de conduite, est fixé au sol par des supports ou son frein à main. Tout élément visant à protéger le piéton sera en état de marche et la position des éventuels accessoires mobiles (phares) sera déterminée selon le test. Il est également possible de n'utiliser qu'un sous-ensemble du véhicule pour autant qu'il comprenne tous les éléments impliqués dans le test (carrosserie, moteur, pare-brise,...).

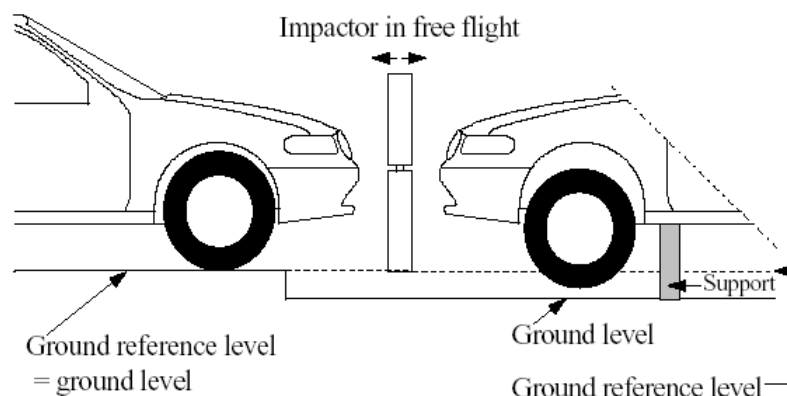
L'impacteur utilisé (présenté plus bas) sera en vol libre, propulsé par un canon (à air, hydraulique...) au moment de l'impact.

Trois tests, un au milieu et un sur chaque tiers extérieur, sont requis dans tous les cas et quelle que soit la forme de la voiture.

Ce test est effectué si la ligne représentative du pare-chocs est à 500 mm ou moins du sol. Il est représentatif pour un test effectué avec un mannequin complet si le contact se passe sous l'articulation du genou. La masse supérieure du corps est importante dans le cas d'un test sur la partie supérieure de la jambe mais pas dans ce cas-ci.

L'impact aura lieu horizontalement à 40 km/h avec une tolérance de  $\pm 0,2$  m/s. Les valeurs maximales tolérées sont une accélération de 150 g pour le tibia (200 g dans une alternative ultérieure), un angle de torsion de 15° pour le genou (21° proposé ultérieurement) et un cisaillement de 6 mm du genou.

Dans le cas de véhicules comme les tout-terrains qui ont un pare-chocs à plus de 500 mm du sol, un essai d'impact horizontal d'une partie supérieure de jambe factice contre le pare-chocs est l'alternative à adopter. On en verra les détails plus loin.



**Figure 3 : Essai jambe/pare-chocs**

L'impacteur est conçu dans le but de répondre comme une jambe biologique en cas de choc. Il est constitué de deux segments rigides (tibia et fémur) couverts d'une mousse et joints par une articulation déformable (genou). Des transducteurs et un accéléromètre placés dans l'impacteur permettent de mesurer l'angle de torsion, la distance de cisaillement et l'accélération subie par la jambe.

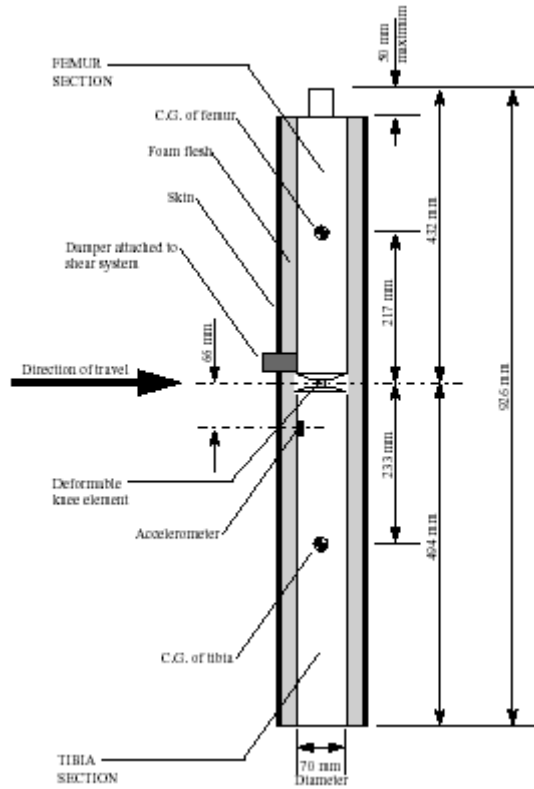


Figure 4 : impacteur utilisé

## 2. Essai d'impact d'une partie supérieure de la jambe factice avec le bord d'attaque du capot

Lors de la révision, le WG17 a noté que les blessures causées par le bord d'attaque du capot étaient en nette diminution de par le profil des nouvelles voitures. Les tests biomécaniques et les reconstructions d'accidents ont entraîné une augmentation des tolérances pour le test du bord d'attaque du capot. Cette réduction de l'énergie de l'impact vise à compenser les mouvements rotationnels et glissants qui ne peuvent être pris en compte par le test.

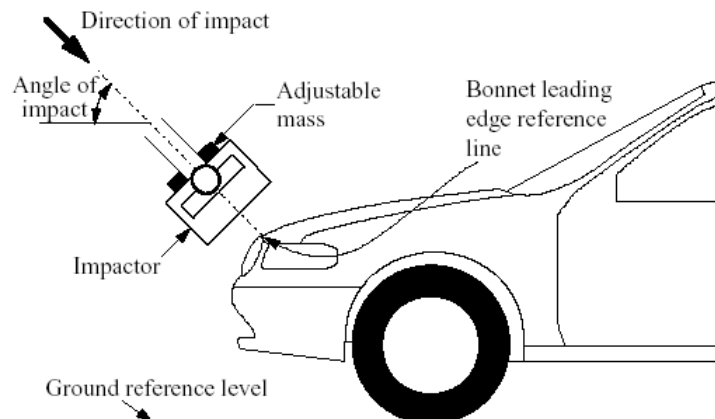


Figure 5 : Essai jambe/capot

Le véhicule, ou un sous-ensemble, est placé et fixé comme pour le test précédent.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 41 de 62

L'impacteur, présenté plus loin, est propulsé par un canon (à air, hydraulique...) mais guidé de manière à percuter le véhicule dans une direction bien précise et à ne pas la quitter.

Comme vu précédemment, dans le cas de véhicules qui ont un pare-chocs à plus de 500 mm du sol, on effectue un test similaire mais selon un axe vertical face au pare-chocs.

Trois essais, un au milieu et un sur chaque tiers extérieur du bord d'attaque du capot, sont requis. Les conditions de test comme la vitesse et l'angle à l'impact sont basés sur la forme du véhicule et sont fournies sous forme de table ou d'un logiciel ([e]).

L'impact a lieu à 40 km/h avec une tolérance de  $\pm 0,2$  m/s. Les valeurs maximales acceptées sont une somme de force de 5 kN sur le fémur et un couple de 300 Nm.

L'impacteur est rigide et couvert de mousse du côté de l'impact. Il est équipé de deux transducteurs à ses extrémités pour mesurer les forces appliquées et de jauges de contraintes mesurant les moments de torsion au centre et de part et d'autre de l'axe central.

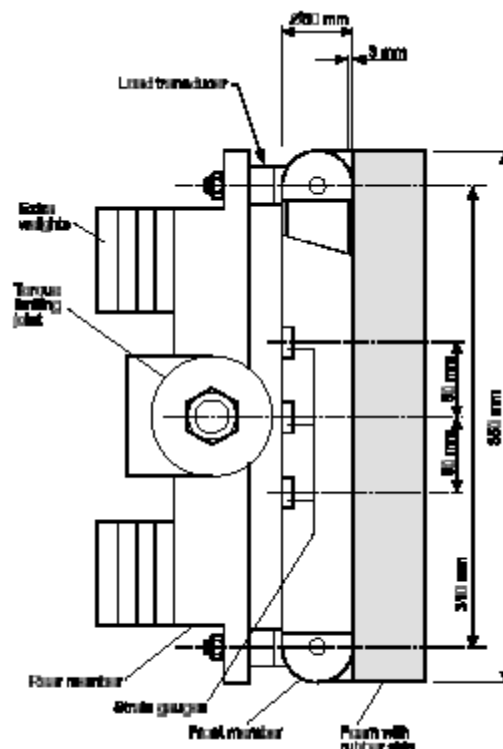


Figure 6 : impacteur utilisé

### 3. Essai d'impact d'une tête d'enfant ou d'adulte factice avec le capot

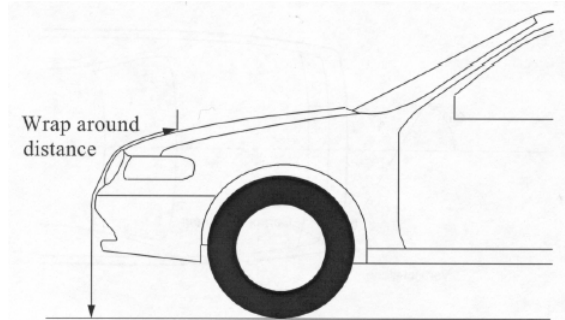
Le véhicule, ou un sous-ensemble, est placé et fixé comme pour le test précédent.

L'impacteur, propulsé par un canon (à air, hydraulique...), sera en vol libre lors de l'impact.

Neuf essais, trois au milieu et trois sur chaque tiers extérieur du capot, seront effectués au minimum pour chaque tête factice. Les contacts avec le pare-brise ou ses montants sont à éviter.

Le capot est divisé en deux zones, chacune destinée à un type de tête factice. Il faut, pour définir ces zones, aborder la notion de distance enroulée (Wrap around distance), dont une mesure est présentée sur la figure qui suit.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 42 de 62



**Figure 7 : Wrap Around Distance**

Cette mesure enroulée est la distance mesurée en partant du nez du véhicule jusqu'au sol.

La zone d'essai pour la tête d'enfant est définie sur le capot entre les distances enroulées de 1000 mm et 1500 mm ou la base du pare-brise.

La zone d'essai pour la tête d'adulte a pour limites les distances de 1500 mm et 2100 mm en mesure enroulée ou la base du pare-brise.

Selon le Joint Research Center, ces limites doivent être réétudiées. Elles partent de l'hypothèse d'un lien direct entre la taille du piéton et la distance enroulée pour déterminer l'endroit de l'impact de la tête [f], [g]. Selon le JRC, la correspondance entre ces deux longueurs n'est pas correcte.

La tolérance des têtes lors de cet essai d'impact est établie selon le critère « Head Impact Criterion » aussi appelé « Head Performance Criterion », calculé sur la base de l'évolution temporelle de l'accélération lors du test.

$$HPC = \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

**Équation 1 : HPC**

où  $a$  est l'accélération sous forme d'un multiple de  $g$  ( $= 9,81 \text{ m/s}^2$ ),  $t_1$  et  $t_2$  sont deux instants distincts exprimés en secondes choisis au début et à la fin de l'enregistrement lorsque HPC est au maximum.

Dans le cas d'un impact de tête d'enfant, la masse de l'impacteur est de 2,5 kg à la vitesse de 40 km/h avec une tolérance de  $\pm 0,2 \text{ m/s}$ . Le HIC doit être inférieur à 1000 et l'angle d'impact est de  $50^\circ$ .

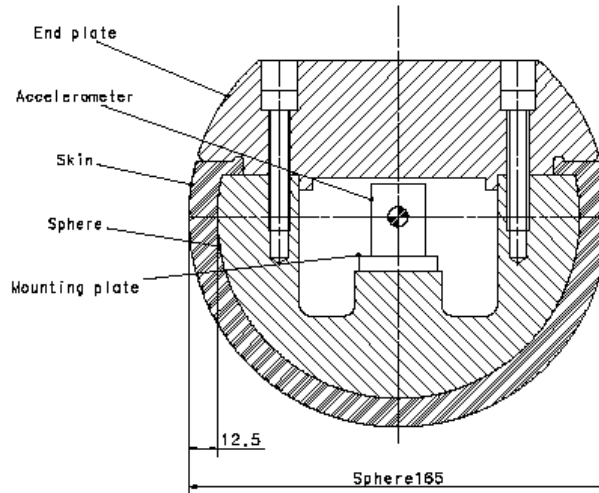
Dans le cas d'un impact de tête d'adulte, la masse de l'impacteur est de 4,8 kg à 40 km/h pour un HIC inférieur à 1000 et un angle de  $65^\circ$ .

Selon le WG17, la vitesse d'impact de la tête dépend de la vitesse mais aussi de la forme du véhicule, de la taille et de la position du piéton. Selon de nombreuses études [e], cette vitesse peut être plus ou moins importante que la vitesse du véhicule. Faute d'unanimité à ce sujet, la vitesse du véhicule sera prise comme référence.

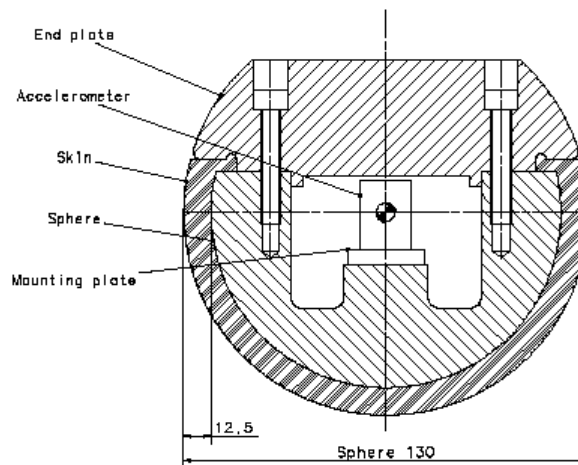
Le JRC propose, au contraire, de prendre des vitesses inférieures comme on le verra plus loin.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 43 de 62

Les impacteurs, présentés ci-dessous sont des sphères rigides, recouvertes d'une peau en vinyl d'un diamètre de 165 mm pour l'adulte et de 135 mm pour l'enfant. Ils sont munis d'un accélérateur tri-axial.



**Figure 8 : Tête d'adulte factice**



**Figure 9 : Tête d'enfant factice**

Lors de la révision, le WG17 a noté que le pare-brise et son encadrement étaient, par contre, une zone particulièrement dangereuse n'entrant pas dans les travaux de l'EEVC.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 44 de 62

## **ANNEXE 4: TESTS ACEA**

### **1. Essai d'impact d'une jambe factice contre le pare-chocs**

Selon l'ACEA, la priorité doit être donnée au genou par rapport aux fractures du tibia moins graves à long terme.

Les tolérances proposées sont une accélération au niveau du tibia, inférieure à 230 g ( $g=9,81$  N/m<sup>2</sup>), un angle de torsion inférieur à 21° et un enregistrement du déplacement de cisaillement du genou purement informatif [i].

Pour rappel, l'EEVC avait choisi les valeurs de 200 g, 21° et 6 mm pour les mêmes mesures.

L'ACEA propose, comme l'EEVC, un essai d'impact horizontal d'une partie supérieure de jambe factice avec le pare-chocs si le pare-chocs du véhicule se situe à plus de 500 mm du sol.

### **2. Essai d'impact d'une partie supérieure de la jambe factice avec le bord d'attaque du capot**

Cet essai aurait une valeur uniquement informative. Selon l'ACEA [i], le test du bord d'attaque du capot n'a plus d'importance à l'heure actuelle vu les formes profilées des voitures actuelles. Les statistiques de fractures du bassin et du fémur présentent, en effet, une nette diminution de ce genre de fractures depuis 1990.

De plus, l'essai prévu par l'EEVC ne présenterait pas une image correcte de la cinétique du piéton lors du crash. Cette critique est partagée par le JRC.

Pour l'ACEA, cet essai est une mesure intérimaire et devrait être remplacé suite à de nouvelles recherches.

Pour ce qui est de l'essai d'impact horizontal d'une partie supérieure de jambe factice avec le pare-chocs, le JRC estime que la catégorie de voiture visée devrait être mieux définie. La définition de l'ACEA se base sur la hauteur du pare-chocs et son angle d'approche.

Les tolérances sont fixées par l'ACEA, pour cet essai, à une somme de force de 7,5 kN et d'un couple de 510 Nm appliqué au fémur. Comme le suggère également le JRC, ces valeurs devraient être confrontées sous la forme d'un test plus réaliste que celui proposé par l'EEVC. Les valeurs proposées par l'EEVC étaient une force de 5 kN sur le fémur et un couple de 300 Nm.

### **3. Essai d'impact d'une tête factice avec le sommet du capot**

L'ACEA propose des subdivisions supplémentaires du capot pour refléter la structure nécessaire de la carrosserie. Les tolérances seraient différentes dans ces zones :

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 45 de 62

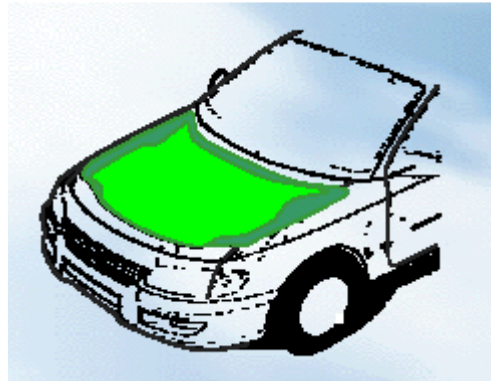


Figure 10 : Zones du capot (1)

- Dans cette zone, représentant 2/3 du capot, le HPC devrait être inférieur à 1000.
- Dans cette zone, le HPC devrait rester inférieur à 2000, ce qui augmenterait tout de même les chances de survie de 55%.

Le HPC moyen du capot resterait inférieur à 1500. [i]

Selon le JRC [g], cette demande est directement liée aux possibilités actuelles des constructeurs.

Les divisions et vitesses d'impact pour les enfants et les adultes sont redéfinies comme suit. Pour l'essai avec la tête d'enfant, la vitesse de 33,8 km/h est proposée pour un poids de 3,5 kg et un angle d'attaque de 53°.

Pour l'essai avec la tête d'adulte, une vitesse de 35 km/h pour un poids de 3,5 kg et un angle d'attaque de 65° est proposée dans une zone délimitée par une mesure enroulée de 1,8 à 2,1 m. Le schéma suivant résume ces considérations.

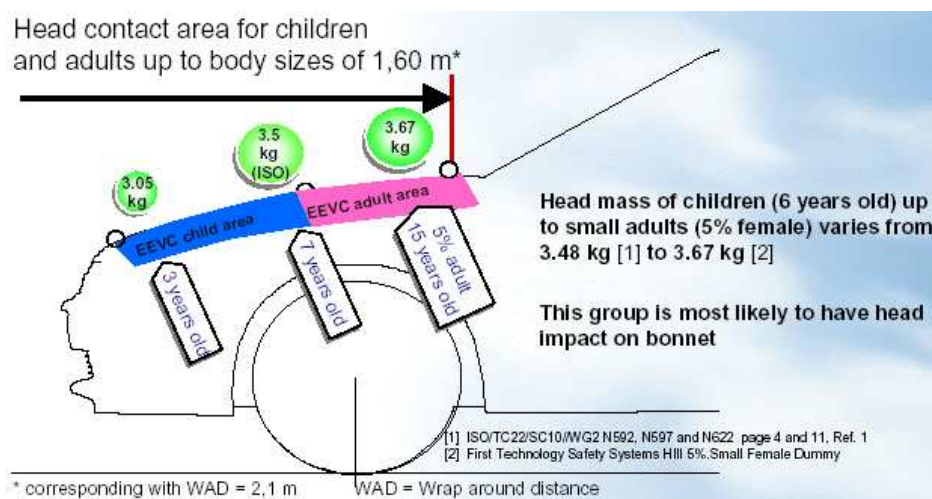


Figure 11 : Zone du capot (2)

Le JRC recommande un test de contact entre une tête d'adulte factice de 4,8 kg et le pare-brise à 35 km/h.

Pour rappel, l'EEVC proposait, dans le cas d'un impact de tête d'enfant, une masse de 2,5 kg et un angle d'impact de 50° à la vitesse de 40 km/h pour un HIC inférieur à 1000. Dans le cas

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 46 de 62

d'un impact de tête d'adulte, la masse de l'impacteur était de 4,8 kg à 40 km/h pour un HIC inférieur à 1000 et un angle de 65°.

#### **4. Essai de tête d'adulte factice contre un pare-brise**

Lors de cet essai, l'impacteur, identique à celui utilisé pour l'adulte lors du test précédent, sera propulsé par un canon en vol libre à 35 km/h contre un pare-brise. Cinq tests de ce type seront effectués à des endroits distincts et jugés pertinents. Les impacts auront lieu à au moins 82,5 mm des bords. Le HPC devrait rester inférieur à 1000.

Selon l'ACEA, l'objectif prioritaire devrait être, dans tous les cas, l'évitement des accidents.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 47 de 62

**ANNEXE 5: SECURITE DES PERSONNES TRANSPORTEES EN AUTOCAR –  
PROBLEMATIQUES DES VITRES LATERALES**

A Monsieur Olivier COLLA  
 Chef de Cabinet  
 Cabinet de la Vice-première Ministre  
 Ministre de la Mobilité et des Transports  
 Rue de la Loi 63-65  
**1040 BRUXELLES**

Contact : J. Van Vooren  
 02/244.15.78

V/réf. : 3.2/01-257/JVV/MF  
 N/réf. : note du 20.07.2001

Bruxelles, le 03 décembre 2001

Concerne : **Sécurité des personnes transportées en autocar – Problématique des vitres latérales**

Monsieur le Chef de Cabinet,

Veillez trouver, en annexe, un rapport concernant la sécurité des personnes transportées en autocar.

Cette étude est entièrement basée sur des données statistiques relatives à des accidents réels d'autocars en France. Ces données ont été mises à la disposition de l'IBSR par Monsieur P. BOTTO, expert en accidentologie.

Après avoir procédé à l'analyse et à la synthèse de ces données, nous arrivons à la conclusion qu'il existe une réponse claire et exhaustive à toutes les questions posées dans le cadre de cette étude.

Nous proposons dès lors de ne pas charger Monsieur BOTTO de réaliser une étude supplémentaire.

Veillez agréer, Monsieur le Chef de Cabinet, l'expression de notre haute considération.

J. Van Vooren, Ir.  
 Responsable du Département  
 Homologation véhicules et équipements

P. Derweduwen,  
 Administrateur Délégué

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 48 de 62

<p><b>SECURITE DES PERSONNES TRANSPORTEES EN AUTOCAR</b></p> <p>--</p> <p><b>PROBLEMATIQUE DES VITRES LATERALES</b></p>
---

## **1. MISSION**

Référence : Note du 20.07.2001.

L'étude concernant la sécurité des autocars peut être subdivisée en deux parties, à savoir les aspects énumérés ci-après et une série de questions posées dans le cadre de cette recherche:

- rassemblement de données statistiques concernant les accidents réels d'autocars,
- analyse des diverses sortes d'impacts et de leur importance statistique,
- analyse des diverses sortes de mécanismes lésionnels, de leur gravité et de leur importance statistique,
- dans quelle mesure les passagers risquent-ils d'être éjectés du véhicule en cas d'accident ?
- quel rôle jouent les vitres latérales au niveau de la solidité de la structure ?
- quelle est l'influence du type de vitrage latéral au niveau des blessures ?
- quelle est l'influence de la hauteur des vitres latérales et de leur position relative par rapport aux passagers ?
- quelle est l'influence de la configuration du véhicule (bus à un ou deux niveaux) sur la sécurité des passagers ?

## **2. METHODE**

En application de la note précitée, messieurs J. Pelckmans et J. Van Vooren se sont rendus le 18.09.2001 au CEESAR<sup>1</sup>, où ils ont eu un entretien préliminaire avec l'accidentologue, Monsieur P. Botto.

Faisant suite à cette visite, Monsieur P. Botto a transmis à l'IBSR six rapports intéressants qui ont été publiés sur la sécurité des autocars.

Chacun de ces rapports contient des données statistiques sur les accidents réels d'autocars en France.

Ces rapports ont été analysés en profondeur et le présent compte rendu fait la synthèse de toutes les données statistiques.

Partant de ces données, nous avons ensuite formulé une réponse aux questions posées au paragraphe 1.

---

<sup>1</sup> Centre Européen d'Etudes de Sécurité et d'Analyse des Risques - Paris.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 49 de 62

### **3. DONNEES GENERALES CONCERNANT LES ACCIDENTS ET LES VICTIMES**

Toutes les données proviennent des documents [1], [2], [3], [4], [5] et [6].

Le tableau 1 donne un aperçu des données globales d'accidents qui ont été traitées. Les documents [1], [2], [3] et [5] concernent tous les types d'accidents sans distinction; les documents [4] et [6] concernent uniquement les accidents avec renversement (sur la gauche ou sur la droite).

Seuls les accidents graves ont été répertoriés : le critère de sélection est qu'il faut au moins une victime interne. Ceci explique pourquoi le bilan médical moyen est plus sévère que le bilan concernant l'ensemble des accidents d'autocars. Les sources consultées ne fournissent toutefois aucune donnée à propos de ces derniers.

Il ressort du tableau 1 que le pourcentage de victimes par catégorie (tués, blessés graves, blessés légers) est relativement stable. Ceci vaut a fortiori pour le groupe des tués et des blessés graves (~ 18 % des occupants) et pour le groupe des blessés légers et des passagers indemnes (~ 82 % des occupants).

On peut en déduire que le nombre d'accidents répertoriés est suffisamment important pour pouvoir procéder à une analyse donnant des résultats stables (et donc fiables).

A noter que le bilan médical général ne peut pas faire la distinction entre les données d'accidents, tous types confondus, et les données relatives aux renversements. D'un point de vue statistique, un accident avec renversement de l'autocar n'est donc, à priori, pas plus grave qu'un accident standard.

### **4. SITUATION GENERALE CONCERNANT LA SECURITE DES AUTOCARS**

Les accidents d'autocars sont toujours largement commentés dans les médias. D'une part, ils sont souvent spectaculaires et impliquent généralement de nombreuses personnes. D'autre part, les victimes sont souvent des enfants ou des personnes âgées et même parfois plusieurs personnes d'une même famille [5].

Les accidents graves impliquant des autocars sont heureusement assez rares. Durant la période 1988-1992, seul 0,3 % des tués dans la circulation étaient des passagers d'autocars [5].

Les tableaux 2 (France, [1]) et 3 ([2], [4]) révèlent que, statistiquement, le transport en autocar est incontestablement le moyen de déplacement le plus sûr par voie de terre.

Ces données statistiques n'ont certainement pas pour but de minimaliser le problème de la sécurité des autocars ; elles permettent simplement de considérer le problème sous le bon angle.

### **5. SITUATION GENERALE CONCERNANT LA RESPONSABILITE EN CAS D'ACCIDENT**

Le document [1] révèle que, sur les 48 accidents analysés, 73 % (soit 35 accidents) étaient dus à une faute du chauffeur. Dans 38 % des accidents (c.-à-d. 18), il n'y avait aucun autre véhicule impliqué. Il s'avère, par ailleurs, que pour 13 des 35 accidents où le chauffeur était responsable, la vitesse pratiquée avant l'accident était supérieure à la vitesse maximale autorisée.

Ces données démontrent clairement que les chauffeurs doivent faire preuve de plus d'attention et de prudence si l'on veut arriver à réduire le nombre d'accidents.

Vu le nombre élevé d'occupants qui, eux aussi, courent à chaque fois un risque, il reste toutefois indispensable d'optimiser la sécurité passive à bord des autocars afin de minimaliser les blessures en cas d'accident.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 50 de 62

## **6. DONNES STATISTIQUES CONCERNANT LES DIFFERENTS TYPES D'IMPACTS**

Dans environ deux tiers des accidents, on dénombre plus d'un impact ([1]). Dans ce qui suit, il est tenu compte uniquement de l'impact le plus important, c'est-à-dire de l'impact qui a provoqué le plus grand nombre de lésions. Le document [2], va jusqu'à dire que l'impact principal est responsable de la quasi-totalité des blessures.

On distingue les types d'impacts suivants :

- impact frontal
- renversement
- retournement
- tonneau
- incendie
- impact latéral
- impact à l'arrière

A priori, il semblerait logique de regrouper les trois types de basculement. La raison pour laquelle on ne le fait pas est que les mécanismes lésionnels sont très différents pour chaque type d'impact ([3]).

Le tableau 4 donne un aperçu statistique des accidents en fonction des différentes sortes d'impacts, et ce, pour les six rapports analysés.

40 à 45 % des accidents sont dus à des chocs frontaux. Le document [3] révèle que ceci est peu comparé aux voitures (59%) et aux poids lourds (60 %).

Les accidents dus aux trois groupes de basculement confondus varient également entre 40 et 45 %. Le résultat repris dans [1] n'a pas été pris en considération ici étant donné le grand nombre d'accidents classés sous "autres".

La proportion due aux incendies varie entre 2 et 10 %. Les impacts latéraux sont rares.

Le tableau 5 est basé sur les documents [1] et [2] et donne la répartition des victimes par type d'impact et en fonction de la gravité des blessures.

La combinaison des tableaux 4 et 5 révèle ce qui suit :

- l'impact frontal est le plus fréquent mais se traduit par le bilan médical le moins grave,
- les basculements sont fréquents. Le bilan médical en la matière correspond à la moyenne pour l'ensemble des accidents,
- l'impact latéral donne lieu au bilan médical le plus sévère mais est, heureusement, plutôt rare.

Remarque :

Dans le document [1], le nombre de tués en raison d'un impact de type « incendie » est très élevé. Ceci est dû essentiellement à un accident avec incendie qui a fait 48 morts. Le grand nombre de victimes, tuées lors d'un impact répertorié sous le groupe « autres », est dû à quelques accidents où l'autocar est tombé dans un ravin ou dans l'eau.

## **7. DONNEES STATISTIQUES CONCERNANT LES DIFFERENTS MECANISMES LESIONNELS**

Outre le type d'impact, il faut également considérer le type de mécanisme lésionnel.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02 Date mise à jour : 01/10/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		<b>Version : 3</b>
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		page 51 de 62

Le document [6] distingue six mécanismes lésionnels :

- projection : lésions provoquées par le déplacement du corps à l'intérieur du véhicule,
- intrusion : lésions provoquées par la déformation de la structure du véhicule,
- éjection totale : lésions provoquées par le fait que le corps est totalement éjecté du véhicule,
- éjection partielle: lésions provoquées par le fait que le corps est partiellement éjecté du véhicule,
- asphyxie : asphyxie due à un incendie,
- noyade : noyade due à l'immersion totale du véhicule dans l'eau.

Le tableau 6 se base sur les données d'accidents mentionnées dans les documents [1] et [2] et reprend les différents mécanismes lésionnels par type d'impact.

Il apparaît que l'intrusion est responsable d'un grand nombre de victimes en cas de chocs frontaux, de chocs latéraux et de retournements. Elle est responsable d'une petite partie des blessures en cas de renversement mais ne joue aucun rôle en cas de tonneau.

L'éjection est responsable d'un grand nombre de victimes en cas de retournement et de tonneau. Elle est également responsable d'une petite partie des blessures en cas de renversement mais n'apparaît pas lors de chocs frontaux et latéraux.

La projection représente la principale cause de lésions en cas de renversement et de tonneau et joue également un rôle important lors des impacts frontaux et latéraux. Ce mécanisme lésionnel n'apparaît pratiquement pas lors de retournements.

A chaque type d'impact se rattache(nt) donc un ou plusieurs mécanisme(s) lésionnel(s).

## **8. GRAVITE DES MECANISMES LESIONNELS**

Le tableau 7 donne la répartition des victimes en fonction des mécanismes lésionnels.

Si l'on considère l'ensemble des victimes (tués, blessés graves et blessés légers), la projection représente le mécanisme lésionnel le plus important. Si l'on prend les accidents, tous types confondus, on constate qu'environ 60 % des lésions sont dues à la projection. Dans les accidents avec renversement, celle-ci est responsable d'environ 80% des lésions.

Si l'on fait le même exercice en ne tenant compte que des tués et des blessés graves, on se rend compte que la projection n'est responsable que de 30% des lésions tandis que l'intrusion et l'éjection provoquent à elles deux environ 50 % des blessures. La projection provoque donc surtout des blessures sans gravité.

Les données relatives aux accidents avec renversement reprises dans le tableau 8 illustrent bien la situation. La projection est responsable d'environ 10% des tués, environ 60% des blessés graves et plus de 90% des blessés légers.

L'éjection, pour sa part, est responsable d'environ 90% des tués, environ 30% des blessés graves et à peu près 5% des blessés légers.

L'intrusion est responsable d'environ 10 % des blessés graves; elle ne fait pratiquement pas de tués ni de blessés légers.

Il apparaît donc que la sévérité du bilan médical n'est pas la même pour tous les mécanismes lésionnels.

Dans les documents [2] à [6] compris, l'indice de gravité d'un mécanisme lésionnel sur le plan quantitatif est déterminé comme suit :

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 52 de 62

$$indice = \frac{\text{nombre de tués} + \text{nombre de blessés graves}}{\text{nombre total de victimes}} \cdot 100 \%$$

Les résultats concernant les divers groupes d'accidents sont repris dans le tableau 9. Les données statistiques révèlent ce qui suit :

- l'éjection partielle représente le mécanisme lésionnel le plus grave. Parmi les personnes qui ont été partiellement éjectées, environ 90 % ont été au moins grièvement blessées.
- en cas d'asphyxie (incendie), l'indice s'élève à environ 80 %.
- parmi les passagers victimes d'intrusion, environ 60 % ont été au moins grièvement blessés.
- parmi les personnes victimes d'une éjection totale, environ 40 % ont été au moins grièvement blessées. Si l'on considère uniquement les accidents avec renversement, l'indice de gravité pour l'éjection totale atteint même presque 75 %.
- en cas de projection, l'indice est d'environ 15 %.

Si l'on combine la fréquence des mécanismes lésionnels et leur gravité, on en arrive à la conclusion que la projection est le mécanisme le plus courant. Ce mécanisme est responsable de la plupart des blessures légères. L'éjection partielle, l'intrusion et l'éjection totale sont, pour leur part, responsables de la plupart des tués et des blessés graves.

## **9. INFLUENCE DE LA CONFIGURATION DE L'AUTOCAR**

Dans le document [6], on évalue l'influence d'une série de paramètres sur le taux de gravité des accidents. Le nombre de tués et de blessés graves est comparé au nombre d'occupants afin de permettre une quantification de la gravité des accidents.

Pour les 16 accidents traités dans le document [6], le bilan des tués et des blessés graves s'élève en moyenne à 19 %.

Le nombre de tués et de blessés graves dans les accidents d'autocars à un niveau (12 accidents) s'élève à 14 % alors que pour les accidents d'autocars à deux niveaux (4 accidents), il est de 28 %.

Lors d'un renversement, le bilan médical est donc deux fois plus sévère lorsqu'il s'agit d'un autocar à deux niveaux plutôt qu'à un. Le document [6] révèle en effet que plus de 80 % des tués et des blessés graves se trouvaient à l'étage lors de l'accident.

La rigidité de la structure a également un impact non négligeable sur le bilan médical total. En cas de basculement n'entraînant pas ou peu de déformation de la structure (10 accidents), le bilan des tués et des blessés graves s'élève en moyenne à 16 %. Par contre, en cas de déformation importante (6 accidents), le bilan est de 23 %, ce qui représente une augmentation d'à peu près 50 %.

Tant lors des accidents réels que lors des essais en laboratoire ([6]), pratiquement toutes les vitres latérales se brisent en cas de renversement (vitres en contact avec le sol). L'apparition ou non d'une déformation importante au niveau de la structure n'est donc pas directement imputable au fait que les vitres latérales se soient ou non brisées. On peut en déduire que la diminution de la rigidité de la structure – suite au bris des vitres – n'est pas la seule cause de déformation.

L'apparition ou non d'une déformation importante au niveau de la structure dépendra de la force du mouvement de basculement au moment où le véhicule entre en contact avec le sol.

La position relative des vitres latérales – et plus particulièrement de la partie inférieure – par rapport aux occupants est également importante. Les documents [1] à [6] compris ne fournissent toutefois pas de résultats quantitatifs en la matière.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 53 de 62

Le document [1] stipule néanmoins que la partie inférieure des vitres doit se trouver au moins à hauteur d'épaule d'un passager en position assise (de taille moyenne).

## **10. INFLUENCE DE QUELQUES CONTRE-MESURES**

Il ressort du paragraphe 8 que d'éventuelles contre-mesures doivent permettre avant tout d'éviter ou de limiter toute forme d'éjection totale ou partielle ([6]).

Les documents [1] à [6] compris analysent deux contre-mesures :

- l'installation et le port de ceintures de sécurité à toutes les places du véhicule.
- le placement de vitrages latéraux qui, en cas d'impact, jouent le rôle de « filet de sécurité ».

### **a. Utilisation de ceintures de sécurité**

L'étude la plus récente concernant les accidents, tous types confondus ([5]), révèle une baisse de 47% du nombre de tués et de blessés graves. Le document [4] qui traite uniquement des accidents dus à un renversement laisse présager une diminution de 60% du nombre de tués et de 76% du nombre de blessés graves.

Il s'agit à chaque fois ici de ceintures ventrales portées à 100 %.

Les pourcentages précités relatifs à la réduction du nombre de tués et de blessés graves résultent d'une étude réalisée par des accidentologues concernant chaque passager individuel dans chaque accident. Ces valeurs ne sont donc pas des données statistiques. Lors de la réalisation de cette étude, on est parti du principe que la distance entre les sièges était suffisamment grande.

Le document [6] révèle que, lors d'essais de renversement effectués en laboratoire, aucun des mannequins – attachés à l'aide d'une ceinture de sécurité – n'a été éjecté de son siège. Aucune ceinture ne s'est détachée.

Les documents [1] et [5] révèlent que l'installation et le port de ceintures ventrales à toutes les places du véhicule permettent d'éliminer entièrement le risque d'éjection totale. Elles permettent également de réduire sensiblement le nombre de victimes par projection. Le port de la ceinture (à 2 ou 3 points d'ancrage) n'a toutefois aucun effet sur le problème de l'éjection partielle.

### **b. Utilisation de vitres latérales faisant usage de « filet de sécurité ».**

On a choisi délibérément de ne pas utiliser le terme « verre feuilleté ».

La contre-mesure visée ici est l'utilisation d'un certain type de vitre latérale qui, en cas d'impact, permet de maintenir tous les passagers à l'intérieur du véhicule. Ce type de vitre doit également rester utilisable comme issue de secours.

Il n'existe pas, actuellement, de certitude concernant la faisabilité technique d'une telle mesure à bord des autocars.

Le document [5] a néanmoins réalisé une étude concernant le taux de réduction probable du nombre de victimes, tous types d'accidents confondus, qu'entraînerait l'installation de ce type de vitres latérales en combinaison avec les ceintures ventrales précitées.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 54 de 62

En cas de combinaison de ces deux mesures, le document [5] prévoit une diminution de 55% (c'est-à-dire 8% supplémentaires pour les vitres latérales) du nombre de tués et de blessés graves.

Le document [4] prévoit, pour les accidents avec renversement, une réduction de 100% du nombre de tués (40 % supplémentaires pour les vitres latérales), et une réduction de 86% du nombre de blessés graves (10 % supplémentaires pour les vitres latérales).

L'application (si possible) de cette deuxième contre-mesure permettrait de résoudre complètement le problème de l'éjection partielle.

## **11. REPONSE AUX QUESTIONS POSEES DANS LE CADRE DE L'ETUDE**

- Q. Dans quelle mesure les passagers risquent-ils d'être éjectés du véhicule en cas d'accident ?
- R. L'éjection (totale ou partielle) est responsable d'environ 13 % des lésions. Si l'on ne tient compte que des tués et des blessés graves, l'éjection est à l'origine d'environ 30% des blessures.

Si l'on considère uniquement les accidents avec renversement (25 à 30 % des accidents), l'éjection est responsable d'environ 90 % des tués, environ 25 % des blessés graves et environ 5 % des blessés légers.

L'indice de gravité du mécanisme lésionnel est d'environ 90 % pour l'éjection partielle et d'environ 40 % pour l'éjection totale. Si l'on tient compte uniquement des renversements, l'indice d'éjection totale atteint même 75 %.

L'éjection se produit surtout en cas de basculement (40 à 45 % des accidents).

- Q. Quel rôle jouent les vitres latérales au niveau de la solidité de la structure ?
- R. Les vitres latérales contribuent à la rigidité générale de la structure. Le bris des vitres en cas d'impact réduit donc la rigidité du véhicule. On n'a toutefois pas constaté de lien concret entre, d'une part, cette baisse de rigidité de la structure et, d'autre part, la déformation de la structure faisant suite à un renversement. La force du mouvement de basculement joue un rôle important en la matière.

Les accidents avec renversement entraînant une déformation importante de la structure, se soldent par un bilan médical environ 50% plus élevé que lors d'accidents du même genre n'ayant pas entraîné de déformation notable de la structure.

- Q. Quelle est l'influence du type de vitrage latéral au niveau des blessures ?
- R. Les vitres qui, après un impact, continuent à faire office de filet de sécurité, permettent de résoudre entièrement le problème de l'éjection partielle. Aucun système de retenue (ceintures ...) ne peut, à lui seul, empêcher l'éjection partielle.

En cas de vitres faisant fonction de filet de sécurité, on estime à 8% la réduction du nombre de tués et de blessés graves, tous accidents confondus. Une condition fondamentale est toutefois que ces vitres puissent encore être utilisées comme sortie de secours. Ce dernier point n'est pas seulement dicté par la réglementation actuelle mais est indispensable, d'après les accidentologues, si l'on veut éviter une augmentation du nombre de personnes victimes d'autres mécanismes lésionnels (asphyxie, noyade ...)

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 55 de 62

Concernant les accidents avec renversement, on évalue à 40% la réduction du nombre de tués et à 10% la réduction du nombre de blessés graves.

Il n'existe actuellement aucune certitude concernant la possibilité technique d'installer des vitres latérales faisant office de filet de sécurité sans compromettre les autres aspects sécuritaires du véhicule.

- Q. Quelle est l'influence de la hauteur des vitres latérales et de leur position relative par rapport aux passagers ?
- R. D'après les accidentologues, la partie inférieure des vitres latérales doit se trouver au moins à hauteur d'épaule d'un passager en position assise (de taille moyenne).
- Q. Quelle est l'influence de la configuration du véhicule (bus à un ou deux niveaux) sur la sécurité des passagers ?
- R. Le centre de gravité d'un autocar à deux niveaux vide est situé légèrement plus haut que le centre de gravité d'un autocar à un niveau sans occupants. En cas d'occupation moyenne de 80%, la différence en hauteur entre le centre de gravité d'un autocar à deux niveaux et celui d'un autocar à un niveau est toutefois plus importante. La stabilité latérale d'un autocar à deux niveaux est donc moindre que celle d'un autocar à un niveau.

Les statistiques révèlent qu'en cas d'accident avec renversement, le bilan médical (tués et blessés graves) est deux fois plus élevé lorsqu'il s'agit d'un autocar à deux niveaux plutôt qu'un autocar à un seul niveau.

Cette conclusion quantitative est basée sur l'analyse de 16 accidents (12 avec un autocar à un niveau, 4 avec un autocar à deux niveaux) et doit donc être considérée avec prudence. La différence qualitative entre les deux configurations de véhicules est toutefois évidente.

## **12. CONCLUSIONS**

L'amélioration de la sécurité passive des autocars doit viser avant tout à résoudre ou à réduire le problème de l'éjection totale ou partielle.

Après consultation des six études rédigées par des accidentologues, il s'avère que la ceinture de sécurité constitue la mesure la plus efficace. Sur le plan réglementaire, l'installation de la ceinture est d'ores et déjà obligatoire. Une extrapolation des résultats de l'étude dans le futur devrait donc se traduire par un bilan médical nettement plus positif pour ce qui concerne les accidents d'autocars.

Il est évidemment essentiel que les ceintures de sécurité soient portées (correctement).

Une deuxième contre-mesure concerne le montage de vitres latérales qui, après un impact, continuent à faire office de filet de sécurité. Comparé à la ceinture, cette mesure a un rendement nettement inférieur et est donc beaucoup moins prioritaire. La faisabilité de cette contre-mesure n'est toujours pas certaine.

Outre l'amélioration de la sécurité passive, il s'agit également de tendre vers une amélioration de la sécurité active des autocars.

Enfin, à côté des aspects liés à la technique du véhicule, l'élément « chauffeur » revêt lui aussi une importance primordiale. La réduction du nombre d'accidents dus à une faute du chauffeur (y compris une vitesse excessive) est essentielle pour rendre le transport de personnes en autocar encore plus sûr qu'il ne l'est aujourd'hui.

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 56 de 62

L'autocar représente actuellement le mode de transport le plus sûr par voie de terre. Il est toutefois possible et nécessaire d'améliorer encore sa sécurité.

J. Van Vooren, Ir.  
Responsable du Département  
Homologation véhicules et équipements

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 57 de 62

### **TABLEAU 1 : COMPOSITION DES ECHANTILLONS**

Document	[1]	[2]	[3]	[5]	[4]	[6]
date du document	~ '85	'89	~ '91	'94	'91	~ '95
période des accidents	'78 - '84	-	'81 - '91	-	-	-
nombre d'accidents	48	31	42	47	11	16
type d'accidents	tous	tous	tous	tous	renver- sement	renver- sement
critère de sélection des accidents pour l'échantillonnage	≥ 1 mort	-	≥ 1 blessé	≥ 1 blessé	≥ 1 blessé	-

nombre total de passagers	1648	1272	1757	2058	512	727
nombre de morts	10 %	7 %	7 %	6 %	4 %	7 %
nombre de blessés graves	17 %	12 %	11 %	12 %	14 %	12 %
nombre de blessés légers	39 %	38 %	40 %	82 %	39 %	44 %
nombre de passagers indemnes	34 %	43 %	42 %		43 %	37 %

nombre de morts + blessés graves	27 %	19 %	18 %	18 %	18 %	19 %
nombre de blessés légers + passagers indemnes	73 %	81 %	82 %	82 %	82 %	81 %

### **TABLEAU 2 : VICTIMES DE LA ROUTE EN 1984 EN FRANCE**

Source : 10<sup>th</sup> ESV Conference [1]

Moyen de transport	Morts	Blessés graves	Morts par 10 <sup>9</sup> passagers/km
bus et autocars	18	152	0.5
camions	165	712	6
voitures	7111	39930	16
cyclomoteurs et motos	1684	15238	100

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 58 de 62

### **TABLEAU 3 : VICTIMES DU TRANSPORT PAR TERRE, PAR MER OU PAR AIR**

Source : 10<sup>th</sup> ESV Conference [2], [4]

Moyen de transport	Morts par 10 <sup>9</sup> passagers/km
bateau	1.19
avion	1.35
autocar	1.90
train	5.60
voiture	20
cyclomoteur	103
moto	178

### **TABLEAU 4 : REPARTITION DES ACCIDENTS PAR TYPE D'IMPACT**

Remarque : s'il s'est produit plusieurs impacts lors de l'accident, on retient uniquement l'impact le plus important, à savoir celui ayant causé la majeure partie des blessures.

Document	[1]	[2]	[3]	[5]	[4]	[6]
choc frontal	42 %	42 %	40 %	44 %	-	-
renversement	33 %	26 %	29 %	26 %	100 %	100 %
retournement		10 %	10 %	8 %	-	-
tonneau		10 %	7 %	8 %	-	-
incendie	2 %	10 %	7 %	-	-	-
choc latéral	8 %	2 %	2 %	14 %	-	-
choc à l'arrière	15 %	-	5 %		-	-
autres		-	-	-	-	-
<b>total des basculements</b>	<b>33 %</b>	<b>46 %</b>	<b>46 %</b>	<b>42 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 59 de 62

### **TABLEAU 5 : REPARTITION DES VICTIMES PAR TYPE D'IMPACT**

Document	[1]						[2]	
	M	BG	BL	I	M+BG	BL+I	M+BG	BL+I
victimes								
choc frontal	27 %	49 %	45 %	45 %	40 %	45 %	30 %	41 %
renversement							22 %	21 %
retournement	18 %	38 %	41 %	29 %	30 %	35 %	11 %	8 %
tonneau							17 %	19 %
incendie	28 %	-	-	3 %	11 %	1 %	13 %	7 %
choc latéral	6 %	9 %	5 %	7 %	8 %	6 %	7 %	4 %
autres	21 %	4 %	9 %	16 %	11 %	13 %	-	-

M : victimes mortellement touchées  
 BG : blessés graves  
 BL : blessés légers  
 I : passagers indemnes

### **TABLEAU 6 : REPARTITION DES MECANISMES LESIONNELS PAR TYPE D'IMPACT**

Le tableau suivant est basé sur le nombre de morts et de blessés graves [1]

[1]	intrusion	projection	éjection	asphyxie	autres
choc frontal	50 %	46 %	4 %	-	-
renversement					
retournement	30 % (*)	37 %	33 % (**)	-	-
tonneau					
incendie					
choc latéral	35 %	11 %	9 %	37 %	8 %
autres					

(\*) intrusion et/ou éjection partielle  
 (\*\*) éjection totale

Le tableau suivant est basé sur le nombre total de victimes [2] (morts, blessés graves & légers).

[1]	intrusion	projection	éjection	asphyxie	inconnu
choc frontal	28 %	50 %	1 %	-	21 %
renversement	9 %	83 %	8 %	-	-
retournement	71%	-	29 %	-	-
Tonneau	-	64 %	36 %	-	-
Incendie	-	-	-	100 %	-
choc latéral	52 %	48 %	-	-	-

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 60 de 62

### **TABLEAU 7 : REPARTITION DES VICTIMES PAR MECANISME LESIONNEL**

Les valeurs reprises dans le tableau sont basées sur l'ensemble des victimes (M + BG + BL) à l'exception des données du document [1], dans lequel seuls les morts et les blessés graves ont été pris en considération. Le [5](\*) reprend également des données concernant exclusivement les morts et les blessés graves.

Document	[1]	[2]	[3]	[5]	[4]	[6]	[5](*)
projection	33 %	51 %	63 %	63 %	82 %	84 %	33 %
intrusion	40 %	21 %	18 %	18 %	5 %	1 %	30 %
éjection partielle		11 %	5 %	5 %	5 %	5 %	8 %
éjection totale	14 %			8 %	8 %	8 %	10 %
asphyxie	11 %	9 %	6 %	6 %	-	-	13 %
noyade	2 %	8 %	-	-	-	-	2 %
inconnu			-	-	-	-	

### **TABLEAU 8 : REPARTITION DES VICTIMES PAR MECANISME LESIONNEL ET EN FONCTION DE LA GRAVITE DES BLESSURES - RENVERSEMENT**

Source : [4], [6]

Ne sont donc considérées ici que les données se rapportant à des accidents avec renversement.

[4]	projection	éjection totale	éjection partielle	intrusion
morts	14 %	50 %	36 %	-
blessés graves	68 %	8 %	10 %	14 %
blessés légers	95 %	3 %	-	2 %

[6]	projection	éjection totale	éjection partielle	intrusion
morts	8 %	77 %	15 %	-
blessés graves	54 %	13 %	22 %	11 %
blessés légers	91 %	5 %	3 %	1 %

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
<b>Réunion du 04 octobre 2002</b>		Date mise à jour : 01/10/02
<b>Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules</b>		<b>Version : 3</b> page 61 de 62

## **TABLEAU 9 : GRAVITE DES DIVERS MECANISMES LESIONNELS**

L'indice de gravité d'un mécanisme lésionnel est déterminé comme suit :

$$\text{indice} = \frac{\text{nombre M} + \text{nombre BG}}{\text{nombre M} + \text{BG} + \text{BL}} \cdot 100 \%$$

Dans [1], seuls les morts et les blessés graves ont été mentionnés par mécanisme lésionnel. L'indice n'a pas pu être déterminé.

Document	[1]	[2]	[3]	[5]	[4]	[6]
projection	-	20 %	13 %	13 %	21 %	15 %
intrusion	-	55 %	57 %	57 %	71 %	77 %
éjection partielle	-	45 %	92 %	92 %	100 %	73 %
éjection totale	-		41 %	41 %	74 %	76 %
asphyxie	-	80 %	82 %	82 %	-	-
noyade	-	-	-	-	-	-

## **TABLEAU 10 : INFLUENCE DE LA CONFIGURATION DE L'ACCIDENT - RENVERSEMENT**

Source : [6]

Les données reprises ci-après concernent uniquement les accidents avec renversement. Les données du tableau concernent le rapport entre le nombre de tués et de blessés graves divisé par le nombre total d'occupants. Ces valeurs donnent par conséquent la gravité du bilan médical.

Sous-groupe des accidents	morts + blessés graves
échantillon complet (16 accidents)	19 %
basculement sur un obstacle fixe (5 accidents)	30 %
basculement sans obstacle fixe (11 accidents)	14 %
basculement d'un autocar à un niveau (12 accidents)	14 %
basculement d'un autocar à deux niveaux (4 accidents)	28 %
basculement avec glissement sur le flanc (10 accidents)	26 %
basculement sans glissement sur le flanc (4 accidents)	9 %
basculement avec déformation de la structure (6 accidents)	23 %
basculement sans déformation de la structure (10 accidents)	16 %

EGSR	Comité d'accompagnement	Date création : 12/04/02
Réunion du 04 octobre 2002		Date mise à jour : 01/10/02
Dossier 8 – Amélioration de la sécurité active et passive des véhicules		Version : 3 page 62 de 62

**TABLEAU 11 : INFLUENCE DE CONTRE-MESURES EVENTUELLES SUR LE NOMBRE DE VICTIMES**

Document	[1]	[2]	[3]	[5]	[4]	[6]
ceinture de sécurité à 2 points à toutes les places, tous les passagers portent la ceinture	- 12 % morts  - 25 % blessés graves	-	-	- 47 % morts + blessés graves	- 60 % morts	-
ceinture de sécurité à 3 points à toutes les places, tous les passagers portent la ceinture	- 12 % morts  - 43 % blessés graves	-	-	-	- 76 % blessés graves	-
vitres latérales faisant fonction de filet de sécurité après l'impact	?	-	-	- 8 % morts + blessés graves	- 40 % morts  - 10 % blessés graves	-
combinaison ceinture & vitrage	?	-	-	- 55 % morts + blessés graves	- 100 % morts  - 86 % blessés graves	-
nombre d'accidents de l'échantillon	48	31	42	47	11	16

## **REFERENCES**

- [1] "Severe coach accident survey", Paper for 10<sup>th</sup> ESV Conference, 1985, C. Thomas, F. Hartemann, C. Tarrière, P. Botto, C. Got & A. Patel.
- [2] "Origine des blessures dans les accidents d'autocars en France", Paper for Elmia ergonomics, 1989, P. Botto, C. Got, A. Patel, C. Thomas & C. Tarrière.
- [3] "Autocars et accidents de la circulation", 1991, P. Botto & D. Darlot.
- [4] "Passenger protection in single and double-decker coaches in tipping over", Paper for 13<sup>th</sup> ESV Conference, 1991, P. Botto, M.C. Caillière, C. Got, A. Patel & C. Tarrière.
- [5] "Evaluation of restraint systems for coach passengers", Paper for 14<sup>th</sup> ESV Conference, 1994, P. Botto, M.C. Caillière, C. Tarrière, C. Got & A. Patel.
- [6] "Vehicle roll over and occupant retention", 1995, P. Botto & C. Got.