



# Conseil économique et social

Distr. générale  
26 juillet 2011

Français  
Original: Anglais, français et russe

---

## Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

### Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules

154<sup>e</sup> session  
Genève, 21-24 juin 2011

#### Rapports

**du Forum mondial de l'harmonisation des Règlements  
concernant les véhicules sur sa cent cinquantième-quatrième  
session**

**du Comité d'administration de l'Accord de 1958 sur sa  
quarante-huitième session**

**du Comité exécutif de l'Accord de 1998 sur sa trente-  
deuxième session**

**du Comité d'administration de l'Accord de 1997  
sur sa huitième session**

#### Additif

A sa cent cinquante-quatrième session, le Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) a adopté le document relatif aux lignes directrices relatives à l'établissement de prescriptions concernant les signaux d'avertissement prioritaires (ECE/TRANS/WP.29/2011/90). Ce document a été communiqué par l'intermédiaire du Groupe informel des systèmes de transport intelligents (STI). Il contient la Déclaration de principes concernant la conception de signaux d'avertissement prioritaires pour les systèmes actifs d'aide à la conduite. Le Forum mondial a prié le secrétariat de diffuser la version adoptée des lignes directrices sous forme d'un additif au rapport (ECE/TRANS/WP.29/1091, paragraphe 20.)

## Annexe III

### Lignes directrices relatives à l'établissement de prescriptions concernant les signaux d'avertissement prioritaires

#### Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. Préface.....	1-6	3
II. Introduction.....	7-12	3
A. Caractéristiques des avertissements.....	13-15	4
B. Domaine d'application.....	16-20	5
C. Perception et réaction du conducteur.....	21-24	6
III. Normes existantes.....	25-29	8
IV. Déclaration de principe.....	30	9
A. Les avertissements prioritaires doivent être perceptibles dans l'environnement de conduite.....	31-39	9
B. Les avertissements prioritaires doivent pouvoir être distingués des autres messages à l'intérieur du véhicule.....	40-42	11
C. Les avertissements prioritaires doivent fournir des indications spatiales permettant de localiser le danger.....	43-47	12
D. Les avertissements prioritaires doivent prévenir le conducteur de la proximité du danger.....	48-52	12
E. Les avertissements prioritaires doivent susciter des réactions ou des décisions opportunes.....	53-57	13
F. Les avertissements multiples doivent être classés par ordre de priorité.....	58-63	13
G. La proportion de fausses alertes/d'avertissements intempestifs doit être faible.....	64-66	14
H. L'État du système et les dysfonctionnements des avertissements prioritaires doivent être affichés.....	67	15
V. Processus d'élaboration des systèmes d'avertissement.....	68	15
VI. Activités futures.....	69	15
VII. Références.....		16

## I. Préface

1. Les systèmes actifs d'aide à la conduite constituent un progrès important en matière de sécurité des véhicules et contribuent de manière déterminante à l'optimisation de leur potentiel. Le Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) a créé le Groupe informel des systèmes de transport intelligents (STI) en 2002.
2. En 2004, le Comité des transports intérieurs a organisé une Table ronde sur les systèmes de transport intelligents, à la suite de quoi il a été convenu de poursuivre les activités du Groupe informel STI du WP.29, dont le mandat consistait en 2004 à établir une base conceptuelle sur les systèmes d'aide à la conduite, à échanger des informations sur les tendances technologiques, à réexaminer ses activités au cours de la deuxième année et à en transmettre les résultats au WP.29.
3. L'un des résultats importants des activités du groupe informel en 2005 et 2006 a été un consensus sur une base conceptuelle commune pour les systèmes actifs d'aide à la conduite, qui peuvent être classés en trois catégories: communication des informations, alerte et commande. Des principes directeurs ont déjà été élaborés et sont utilisés sur une base volontaire. Le Groupe informel sur les systèmes de transport intelligents continue à suivre l'évolution de la situation dans ce domaine et fait le point régulièrement.
4. Toutefois, il n'existe encore ni règles ni principes directeurs en ce qui concerne le système d'alerte ou de commande. Il était prématuré d'envisager des systèmes de commande à l'époque et le Groupe informel sur les systèmes de transport intelligents a décidé de se concentrer sur les avertissements, qui jouent un rôle important en matière d'amélioration de la sécurité. Un système d'avertissements efficace est susceptible de corriger dans une large mesure les déficiences connues des conducteurs et donc d'éviter des accidents.
5. En 2007, le Groupe informel des systèmes de transport intelligents a invité le Programme de recherche international harmonisé (IHRA-ITS WG) à coopérer avec lui à la préparation d'un projet de déclaration sur les principes d'avertissement. En novembre 2008, l'IHRA a soumis le projet final de déclaration au Groupe informel sur les systèmes de transport intelligents lors de sa sixième session. Il a été convenu d'organiser une réunion spéciale en septembre 2009 pour discuter du contenu de ce document.
6. Le Groupe informel sur les systèmes de transport intelligents reproduit dans le présent document la Déclaration de principes sur la conception de signaux d'avertissement prioritaires pour les systèmes actifs d'aide à la conduite. Le Groupe informel sur les systèmes de transport intelligents espère que ce document sera examiné et adopté par le WP.29 pour servir de lignes directrices aux divers groupes de travail, qui pourront s'y référer en cas de besoin.

## II. Introduction

7. Les systèmes actifs d'aide à la conduite (système d'alerte collision ou système d'alerte sortie de voie) sont conçus pour aider les conducteurs à éviter ou à limiter les effets des accidents. Des signaux d'avertissement prioritaires sont émis par ces systèmes pour sensibiliser les conducteurs et les inciter à réagir à temps et de manière appropriée dans des situations potentiellement ou immédiatement dangereuses et susceptibles d'avoir des conséquences graves ou fatales.
8. S'agissant des principes directeurs de l'interface homme/machine (IHM) relatifs à la diffusion d'informations à l'intention des conducteurs, l'Europe dispose déjà de sa

Déclaration de principes (ESoP), l'Amérique du Nord des principes directeurs de l'Alliance des associations de constructeurs d'automobiles et le Japon de ceux de l'Association japonaise des constructeurs d'automobiles, dans tous les cas à titre facultatif. Ces principes directeurs s'appliquent cependant à la conception de systèmes d'information et de communication embarqués mais pas aux systèmes d'alerte, qui sont à bien des égards différents et auxquels il conviendrait donc d'appliquer des principes directeurs différents.

9. Certains principes directeurs existent déjà pour les systèmes d'alerte. Plusieurs normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) portent par exemple sur certains types de systèmes ou sur certains aspects des alertes. Le Japon a aussi mis sur le papier ses propres considérations en matière d'interface homme/machine pour des systèmes d'aide à la conduite embarqués qui affichent des informations, des mises en garde et des avertissements aux conducteurs (Japan ITS Promotion Council, 2007). Il n'existe cependant pas encore de principes directeurs généraux applicables aux alertes et mondialement acceptés.

10. Le présent document a pour but de mettre en évidence les principes et pratiques des facteurs humains qui s'appliquent à la conception d'avertissements prioritaires pour les systèmes actifs d'aide à la conduite. Il faut tenir compte de chacun de ces principes lors de la conception d'avertissements prioritaires. L'application de ces principes devrait permettre de rendre les interfaces d'avertissement plus visibles et plus compréhensibles pour les conducteurs, moins déroutantes et plus prévisibles.

11. Le présent document donne aussi aux parties intéressées une vue d'ensemble des lignes directrices et des normes pertinentes, ainsi que des indications sur les moyens d'y accéder. Les principes ne sont toutefois pas destinés à se substituer aux règlements existants ou aux normes actuelles, dont il faut toujours tenir compte. On peut par conséquent se référer au présent document lors de la conception de systèmes d'alerte prioritaires, mais le respect des principes n'est pas obligatoire.

12. Il importe enfin de relever que les valeurs normales contenues dans le présent document sont présentées sous forme d'illustrations basées sur les résultats les plus récents de la recherche. Elles sont susceptibles d'être améliorées et ajustées en fonction de résultats ultérieurs. Aucune innovation future destinée à améliorer la sécurité des véhicules ne saurait être exclue d'emblée du champ d'application de ces principes directeurs.

## **A. Caractéristiques des avertissements**

13. Tingvall a décrit en 2008 la succession des événements qui conduisent à un accident: conduite normale, erreur de conduite, situation d'urgence, situation critique et accident inévitable. À chacune de ces étapes, peut intervenir une série de contre-mesures. Les principes énoncés ci-après mettent l'accent sur la situation critique, les quelques secondes qui laissent encore une possibilité d'éviter l'accident. Les avertissements prioritaires peuvent être définis comme des messages de sécurité émis depuis l'intérieur du véhicule intéressant la sécurité et destinés à prévenir les conducteurs qu'ils doivent immédiatement agir ou prendre une décision pour éviter un accident potentiel susceptible d'avoir des conséquences graves voire mortelles. Les études dont on dispose indiquent qu'il y a trois niveaux de priorité en matière d'avertissements:

a) Faible: le conducteur dispose d'un laps de temps compris entre 10 secondes et 2 minutes pour agir ou prendre une décision; il peut y avoir passage à un niveau supérieur en cas d'inaction;

b) Moyen: la situation exige d'agir ou de prendre une décision dans un délai de 2 à 10 secondes; il peut y avoir passage au niveau supérieur en cas d'inaction;

c) Élevé: l'avertissement exige du conducteur qu'il agisse immédiatement (dans un délai de 0 à environ 2 secondes) pour éviter un accident potentiel pouvant avoir des effets graves voire mortels.

14. Des avertissements prioritaires, ou de niveau élevé, peuvent intervenir sans préavis, ou succéder à un avertissement de niveau inférieur. Les avertissements urgents mais qui peuvent être ignorés sans conséquences graves, ne sont pas toujours prioritaires. Ainsi, par exemple, quand un système de navigation commande au conducteur de tourner, celui-ci doit parfois obtempérer promptement, mais le fait d'ignorer ce signal ne porte pas nécessairement à conséquence dangereuse. Les avertissements qu'il pourrait être dangereux d'ignorer mais qui n'appellent pas de réaction immédiate de la part du conducteur n'ont pas la plus haute priorité. Ainsi, une panne de capteur ne nécessite généralement pas une action immédiate de la part du conducteur.

15. Les avertissements prioritaires ne constituent pas nécessairement la meilleure façon de protéger les personnes et les biens. D'autres stratégies peuvent s'avérer plus efficaces ou plus fiables. L'une d'entre elles consiste à éliminer le risque, si possible, grâce à une conception améliorée. Il pourrait par exemple être préférable de concevoir des véhicules ayant une meilleure visibilité arrière que de s'en remettre à un système avertisseur de recul utilisant un capteur pour prévenir les conducteurs de la présence d'obstacles. Ou alors, si le danger ne peut pas être éliminé, une certaine forme de protection pourrait permettre de limiter les dégâts. S'il n'est pas possible d'améliorer la visibilité arrière en modifiant la conception d'un véhicule, un système actif d'aide à la conduite pourrait éviter à un véhicule de heurter un obstacle en reculant. Des avertissements prioritaires se justifient lorsqu'il n'est pas possible de prévenir les dangers ou de s'en prémunir. En pratique, une combinaison d'avertissements et d'interventions constitue souvent la stratégie la plus efficace.

## B. Domaine d'application

16. Les présents principes s'appliquent essentiellement aux systèmes d'alerte collision destinés aux véhicules routiers de transport de personnes (voitures particulières et véhicules de transport de personnes de catégorie  $M_1$ ). L'idée principale s'appliquera toutefois aussi à d'autres catégories de véhicules telles que  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $N_2$  et  $N_3$ . Le tableau 1 énumère un certain nombre de systèmes actifs d'aide à la conduite qui sont susceptibles de relever de ces principes. Ces principes ne se limitent pas expressément aux alertes collision mais peuvent aussi s'appliquer à d'autres systèmes d'alerte pour véhicules. Ils peuvent s'appliquer à l'équipement d'origine ou à des dispositifs qui ne le sont pas et ont été installés ultérieurement. Il est cependant à noter qu'il pourrait y avoir actuellement quelques problèmes de compatibilité entre de tels dispositifs et les systèmes d'alerte mis au point par les constructeurs automobiles.

Tableau 1

### **Systèmes actifs d'aide à la conduite avec avertissements à haute priorité**

---

Systèmes d'alerte collision avant (FCW)
Systèmes d'alerte sortie de voie (LDW)
Systèmes d'alerte sortie de route (RDWS)
Systèmes d'alerte de marche arrière
Systèmes de surveillance de l'angle mort

---

17. Les systèmes actifs d'aide à la conduite qui n'émettent pas d'avertissements, comme les systèmes de maintien dans la voie, d'aide au stationnement et de vision nocturne, ne sont pas concernés par ces principes. Ils ne s'appliquent pas non plus aux systèmes d'alertes moins urgentes ou moins critiques, comme les signaux avancés portant sur la vitesse, les virages dangereux, les points noirs où les accidents sont fréquents et les travaux en cours sur la route. Ils pourraient toutefois s'avérer appropriés, utiles et pertinents pour des systèmes de ce genre.

18. Ces principes s'appliquent aux systèmes d'«intégration du conducteur dans la boucle de commande» qui alertent les conducteurs ou leur fournissent les moyens d'éviter des accidents. Cela signifie que ces principes ne s'appliquent pas aux systèmes entièrement automatiques (comme par exemple le système antiblocage des roues (ABS), aux systèmes de contrôle de stabilité (ESC) ou aux systèmes embarqués d'information et de communication concernant le véhicule (systèmes de navigation)). Ils s'appliquent aux systèmes qui appellent de la part du conducteur une ou plusieurs des réactions suivantes:

- a) Freiner immédiatement pour éviter un accident;
- b) Effectuer une manœuvre de direction immédiate pour éviter un accident;
- c) Mettre fin immédiatement à une action entamée;
- d) Faire le point de la situation et faire l'une des choses qui précèdent; et
- e) Reprendre immédiatement le contrôle du véhicule.

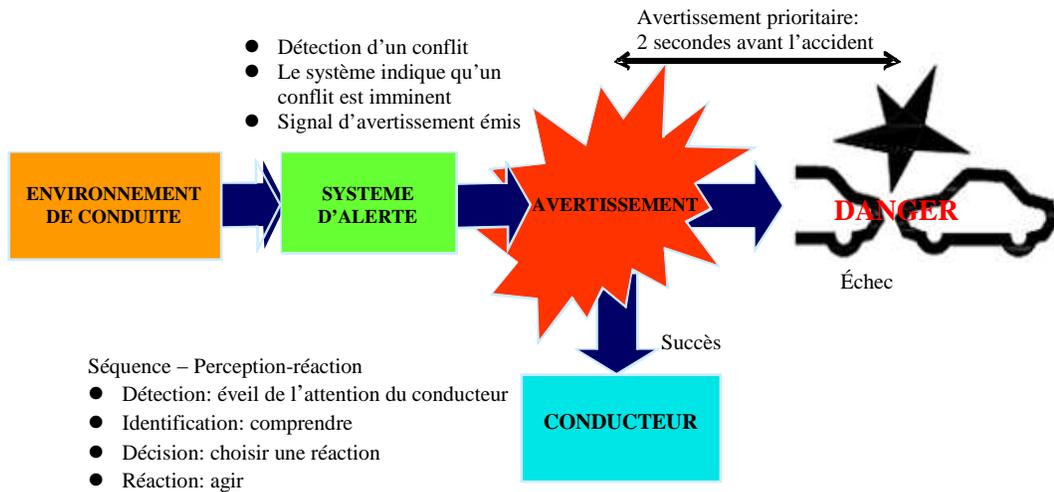
19. Le présent document ne concerne que la conception des signaux d'avertissement prioritaires. Il ne traite pas des réactions du conducteur ni de la facilité d'utilisation du système, même si des orientations seraient nécessaires sur ces questions également.

20. Ces principes ne devraient s'appliquer qu'aux nouveaux systèmes, comme indiqué au tableau 1, qui ne sont pas encore pris en compte dans le cadre des règlements existants. Les nouveaux systèmes qui ne nécessitent pas que le conducteur agisse immédiatement sont exclus du champ d'application. Ceux qui satisfont aux réglementations et/ou aux normes existantes sont considérés comme conformes aux principes génériques définis dans le présent document. Ainsi, par exemple, les témoins de port de ceinture de sécurité qui rappellent à l'ordre les conducteurs ou passagers du véhicule qui ne l'ont pas bouclée, n'entrent pas dans le cadre du présent document.

## **C. Perception et réaction du conducteur**

21. Au fur et à mesure que les événements conduisant à une situation dangereuse se succèdent, les possibilités de réagir diminuent. Les systèmes d'alerte visent à susciter une réaction appropriée de la part du conducteur pour éviter l'accident (voir fig. 1). Pour cela, le signal d'avertissement doit attirer l'attention du conducteur (détection) et l'informer de la situation. Le conducteur doit alors comprendre le signal (identification), choisir une réaction appropriée (décision) et prendre la mesure qui s'impose (réaction). La séquence perception-réponse doit avoir abouti avant qu'un conflit devienne inévitable. S'agissant des avertissements prioritaires, le délai qui sépare le signal et la survenue de l'accident peut être de l'ordre de 2 secondes, ce qui ne laisse que très peu de marge de manœuvre. La séquence perception-réaction est rapide et automatique lorsque le conducteur est expérimenté mais elle peut être plus lente lorsque les situations sont inattendues ou moins familières pour le conducteur.

Figure 1  
Séquence perception-réaction en cas d'avertissements prioritaires



22. Lorsque le conducteur a déjà pris conscience de l'évolution de la situation, l'avertissement prioritaire peut, soit confirmer l'existence d'un problème imminent, soit être considéré comme intempestif par le conducteur qui est déjà conscient de la situation et/ou sur le point de réagir.

23. Les huit principes suivants applicables aux avertissements prioritaires ont été tirés de la littérature consacrée à la recherche dans ce domaine:

- 1 Les avertissements prioritaires doivent être perceptibles dans des conditions de conduite normales;
- 2 Les avertissements prioritaires doivent pouvoir être distingués des autres messages;
- 3 Les avertissements prioritaires doivent donner des indications permettant de localiser le danger;
- 4 Les avertissements prioritaires doivent prévenir le conducteur de la proximité du danger;
- 5 Les avertissements prioritaires doivent susciter des réactions ou des décisions opportunes;
- 6 Les avertissements multiples doivent être classés par ordre de priorité;
- 7 La proportion de fausses alertes/d'avertissements intempestifs doit être faible;
- 8 L'état du système et les dysfonctionnements des avertissements prioritaires doivent être affichés.

24. Il existe une certaine redondance entre ces huit principes. Les quatre premiers concernent la détection et l'identification, les numéros 5 et 6 sont de l'ordre de la décision et de la réaction, tandis que les numéros 7 et 8 relèvent de la prise de conscience par le conducteur de l'état du système, ainsi que de la confiance qu'il lui accorde.

### III. Normes existantes

25. L'Organisation internationale de normalisation (ISO) dispose de deux groupes de travail qui élaborent des normes ayant trait spécifiquement aux avertissements prioritaires destinés aux systèmes de transport intelligents embarqués. Le premier est intitulé Systèmes de contrôle et d'avertissement des véhicules/chaussées (TC 204 WG 14). Ce groupe a élaboré les normes suivantes:

- a) ISO 15622 Systèmes stabilisateurs de vitesse adaptés;
- b) ISO 15623 Systèmes d'avertissement de collision de véhicule frontale;
- c) TS 15624 Systèmes d'avertissement des obstacles au trafic;
- d) ISO 17386 Aides à la conduite pour manœuvre à vitesse réduite;
- e) ISO 17361 Systèmes d'avertissement de départ de ruelle.

26. Ce groupe est en train d'élaborer des normes dans les domaines suivants: aide à la prise de décisions en matière de changement de voie, régulateur de vitesse actif sur toute la plage de vitesse, système de suivi à basse vitesse, réduction de l'impact des collisions avant, systèmes d'avertissement d'intersection et de violation du signal d'intersection.

27. Le second groupe de l'ISO s'intitule Ergonomie applicable aux véhicules routiers (ISO TC22/ SC13/ WG8). Ce groupe de travail est en train d'élaborer des principes relatifs à l'installation sur les véhicules routiers de systèmes d'avertissement dépendants du temps et émettant des signaux essentiels à la sécurité. Il a produit un rapport technique sur les avertissements (Konig & Mutschler, 2003) ainsi que plusieurs procédures et spécifications pertinentes, comme:

- a) ISO/TS 16951 – Véhicules routiers – Aspects ergonomiques des systèmes de commande et d'information du transport – Modes opératoires pour la détermination de la priorité des messages embarqués présentés aux conducteurs;
- b) ISO 15006 – Véhicules routiers – Aspects ergonomiques des systèmes de commande et d'information du transport – Spécifications et modes opératoires de conformité concernant la présentation des informations auditives à bord du véhicule.

28. Le Comité de la sécurité et des facteurs humains de la SAE (Société des ingénieurs de l'automobile) a également élaboré des normes relatives aux systèmes de transport intelligents embarqués. On peut relever parmi les normes existantes ou à l'étude:

- a) J2395 – ITS In-Vehicle Message Priority (2002);
- b) J2399 – Adaptive Cruise Control (ACC) Operating Characteristics and User Interface (2003);
- c) J2400 – Human Factors in Forward Collision Warning Systems: Operating Characteristics and User Interface Requirements (2003);
- d) J2808 – Road/Lane Departure Warning Systems: Information for the Human Interface (2007);
- e) J2397 – Integration of ITS In-Vehicle User Interfaces Standard;
- f) J2398 – In-Vehicle ITS Display Legibility Standard;
- g) J2478 – Proximity Type Lane Change Collision Avoidance;
- h) J2802 – Blind Spot Monitoring System (BSMS): Operating Characteristics and User Interface.

29. Les normes issues de ces groupes de travail de l'ISO et de la SAE tendent à faire l'unanimité au sein de l'industrie automobile.

## IV. Déclaration de principes

30. Il faut tenir compte des principes ci-après lors de la conception d'avertissements prioritaires pour les systèmes actifs d'aide à la conduite.

### A. Les avertissements prioritaires doivent être perceptibles dans des conditions de conduite normales

31. Les avertissements prioritaires doivent être perceptibles dans des conditions de conduite normales. Il faut identifier et neutraliser les sources potentielles de signaux parasites ou de bruits ambiants à l'intérieur du véhicule qui sont susceptibles de masquer les avertissements prioritaires.

32. Un dispositif d'avertissements prioritaires qui n'est pas capable d'attirer efficacement l'attention du conducteur risque de ne pas avoir l'effet escompté. Un signal visuel risque ainsi de passer inaperçu si le conducteur regarde ailleurs.

33. Pour rendre l'avertissement perceptible, il convient de ne pas exagérer les niveaux d'alerte. Des signaux d'intensité lumineuse ou de niveau sonore trop élevés ou encore un avertissement tactile trop énergique risquent de distraire, d'énerver ou de surprendre le conducteur, ce qui peut le faire réagir de manière inappropriée.

34. On peut avoir recours à trois types d'avertissements pour prévenir le conducteur: visuels, sonores ou haptiques (c'est-à-dire tactiles-kinesthésiques ou proprioceptifs). Le tableau 2 énumère quelques aspects pertinents de ces trois modes de communication sensorielle.

Tableau 2  
Modes et attributs des avertissements

<i>Modalité</i>	<i>Attributs</i>
1. Visuelle	Couleur Symbole Texte Taille Luminosité/intensité Contraste Localisation Clignotement Durée
2. Sonore	Type de son (parole, tonalité, icône auditive) Volume (absolu et relatif par rapport à un seuil de masquage) Atténuation totale ou partielle d'autres sons Début et fin du signal Durée (impulsion, intervalle entre les impulsions) Musicalité Fréquence Localisation spatiale

<i>Modalité</i>	<i>Attributs</i>
3. Tactile	Vibration/fréquence Localisation Intensité Direction Durée (impulsion, intervalle entre les impulsions, forme ou rythme)

35. Les avertissements prioritaires sont davantage perceptibles lorsqu'ils sont diffusés selon deux modalités. D'après la théorie des ressources multiples (Wickens, 1992), plusieurs stimuli présentés selon la même modalité (par exemple plusieurs signaux visuels) auront tendance à interférer les uns avec les autres. Un avertissement présenté dans une seule modalité risque de passer inaperçu si cette modalité est déjà occupée. Le recours à plusieurs modalités a en général pour effet d'accroître la probabilité que l'avertissement soit perçu. Une telle redondance de présentation peut aussi, selon le système, renforcer la crédibilité du message et souligner son caractère d'urgence, ce qui peut augmenter la probabilité que le conducteur réagisse à temps. Dans plusieurs cas, la recherche a montré que la réaction humaine est plus rapide lorsque les avertissements sont présentés selon plusieurs modalités (Belz *et al.*, 1999), et aussi que les conducteurs expriment une préférence pour les présentations multimodales (Lui, 2001). L'utilisation d'une présentation diversifiée permet en outre de mieux renseigner sur la nature du danger et donc d'accroître la probabilité d'une réaction appropriée.

36. Selon la norme ISO 15006 – «Un signal auditif concernant la sécurité du conducteur ou d'autres personnes et qui nécessite une action immédiate, ne doit pas être présenté exclusivement par voie auditive, mais doit l'être aussi par un autre canal sensoriel. Les autres modes de présentation de cette information peuvent être visuel, haptique et/ou kinesthésique. La redondance est nécessaire, car certains conducteurs risquent de ne pas entendre les signaux sonores en raison d'un déficit auditif ou du bruit ambiant qui les couvre.». D'autres études indiquent par ailleurs qu'une combinaison de signaux peut à l'occasion créer une certaine confusion chez le conducteur et ralentir sa réaction (c'est ainsi que le rapport SAE J2808 cite des recherches sur les systèmes d'avertissement de franchissement de ligne menée par Tijerina *et al.*, 1995 et Stanley, 2006). Il est donc important de procéder à une évaluation au cas par cas en fonction de la technologie mise en œuvre.

37. Par conséquent, il est généralement recommandé d'avoir recours à deux modalités au moins pour améliorer la perception des avertissements prioritaires, même si une seule peut suffire lorsqu'il est certain que le conducteur les remarquera. On doit cependant éviter la modalité unique dans les cas où le regard du conducteur peut être détourné de la direction du signal visuel ou, s'agissant d'avertissements sonores, si sa capacité d'entendre l'avertissement est réduite.

#### **Avertissements visuels (COMSIS, 1996 et Campbell *et al.*, 2007)**

- Redondance – Des avertissements visuels pourraient être utilisés pour compléter ou doubler des avertissements sonores ou haptiques.
- Localisation/taille – Les avertissements visuels doivent être bien visibles pour le conducteur et ne pas obstruer son champ de vision. Ils ne doivent pas être conçus de manière à entrer en conflit avec d'autres avertissements visuels.
- Il ressort des résultats de certaines recherches que le conducteur d'une voiture particulière remarque mieux les avertissements situés entre 0 et 15 degrés par rapport à sa ligne de vision. La localisation des avertissements visuels n'est pas la

même pour les voitures particulière et pour les camions, en raison des différences de caractéristiques de ces véhicules ainsi que de leurs dimensions intérieures.

- Luminosité – Les avertissements visuels doivent être suffisamment lumineux pour être détectés par le conducteur.
- Selon certaines études, une luminance environ deux fois supérieure à celle du fond immédiat est celle que l'on perçoit le mieux dans la plupart des conditions de conduite.
- Activation – Un signal lumineux clignotant est efficace pour attirer l'attention du conducteur.
- Des études montrent que l'attention du conducteur est attirée efficacement lorsque le signal clignote à la fréquence de 4 Hz.
- Couleur – La couleur principale des avertissements prioritaires doit être le rouge, mais il faut tenir compte du fait qu'un texte en rouge peut être difficile à lire.

#### **Avvertissements sonores (COMSIS, 1996 et Campbell *et al.*, 2007)**

- Nature des sons – Utiliser des tonalités à base d'impulsions intermittentes ou de fréquence variable.
- Intensité – Les signaux d'avertissement doivent être suffisamment perceptibles par le conducteur mais sans le faire sursauter. Il s'agit en particulier de ne pas effrayer les passagers de véhicules de transport en commun. Il faut aussi faire en sorte que les avertissements sonores soient perçus par des conducteurs âgés qui entendent mal les hautes fréquences.

#### **Avvertissements haptiques (COMSIS, 1996 et Campbell *et al.*, 2007)**

- Il est souhaitable dans bien des cas que les avertissements tactiles soient transmis par contact physique continu avec le conducteur.
- Les avertissements tactiles doivent être suffisamment intenses pour que les conducteurs puissent les percevoir dans des situations de conduite prévisibles, mais sans interférer avec leur faculté de réaction.

38. Bon: Un système d'alerte collision avant qui avertit visuellement de la présence d'un obstacle et produit une brève impulsion de freinage pour alerter le conducteur sur un risque de collision avec le véhicule qui précède.

39. Mauvais: Un système d'alerte collision qui n'émet qu'une alerte sonore, susceptible de ne pas être perçue par certains conducteurs malentendants et qui peut plus difficilement donner des informations essentielles, notamment sur la localisation du danger.

## **B. Les avertissements prioritaires doivent pouvoir être distingués des autres messages à l'intérieur du véhicule**

40. Les avertissements prioritaires doivent être parfaitement clairs pour le conducteur et compris sans confusion possible. Il faut que le conducteur les reconnaisse facilement et rapidement pour pouvoir réagir de manière opportune et appropriée. Les avertissements sont de différentes natures, comme le montre le tableau 2. Il faut prendre conscience des conflits potentiels entre avertissements prioritaires et messages de moindre importance et les signaux doivent être conçus de manière à éviter de tels conflits. Ainsi, par exemple, les avertissements qui partagent la même interface et appellent des réactions différentes ne doivent pas entrer en conflit.

### **Exemples**

41. Bon: Le conducteur est capable de distinguer les messages prioritaires des autres, ce qui lui permet de réagir de manière appropriée pour éviter une situation critique. Exemple: il peut faire instantanément la différence entre l'alerte collision avant et des messages de services tels que ceux qui concernent le stationnement, etc.

42. Mauvais: L'avertissement prioritaire «A» est masqué par d'autres avertissements, ce qui empêche le conducteur de réagir comme il le devrait pour éviter le danger. Exemple: les signaux sonores et visuels d'alerte collision avant sont presque identiques aux messages de services tels que ceux qui concernent le stationnement, etc.

## **C. Les avertissements prioritaires doivent donner des indications permettant de localiser le danger**

43. Les avertissements prioritaires devraient en principe informer le conducteur de l'endroit approximatif où se trouve le danger, qui peut se situer à l'avant, à l'arrière, sur les côtés ou dans les angles du véhicule. En orientant le conducteur vers la source d'un danger, on peut raccourcir son temps de réaction et améliorer son comportement.

44. Les repères d'orientation peuvent être visuels, sonores ou tactiles. Tan et Lerner (1996) ont montré que la perception d'une localisation au moyen d'alertes sonores bien conçues aidait les conducteurs à concentrer leur attention sur la bonne direction et à réagir lorsqu'une collision menace.

45. S'il n'est pas possible de fournir une indication spatiale, il s'agit au moins de ne pas induire le conducteur en erreur quant à la direction du danger ou à la réaction qui convient. Dans certaines situations délicates, il arrive que le conducteur ne soit pas capable de percevoir les éléments subtils de localisation.

### **Exemples**

46. Bon: Ayant détecté un véhicule qui suit roulant plus vite, le système de surveillance de l'angle mort avertit le conducteur qui vient de signaler un changement de voie sans avoir remarqué la présence de ce véhicule. Le système actionne pour cela un signal visuel urgent au centre de la console qui indique la position du véhicule qui suit.

47. Mauvais: Un système d'alerte collision avant détecte un obstacle devant le véhicule et avertit le conducteur en faisant clignoter une lampe témoin sur le rétroviseur.

## **D. Les avertissements prioritaires doivent prévenir le conducteur de la proximité du danger**

48. Les avertissements prioritaires doivent être conçus pour informer le conducteur de la proximité du danger.

49. Le conducteur doit être averti de la proximité du danger pour pouvoir réagir de manière opportune et appropriée. Le signal d'avertissement prioritaire doit donc être compris rapidement et facilement. Le système peut aussi suggérer la réaction qui s'impose pour éviter l'accident. En raison des obstacles techniques actuels et des préoccupations quant aux responsabilités juridiques, c'est au conducteur qu'il incombe de décider comment réagir.

50. Les avertissements prioritaires sont émis dans des situations critiques et sont peu fréquents dans des conditions de conduite normales. Ils doivent par conséquent être efficaces sans nécessiter une formation approfondie.

**Exemples**

51. Bon: Un avertissement prioritaire qui informe de façon claire sur la proximité du danger.
52. Mauvais: Un avertissement prioritaire qui ne donne aucune indication sur le délai qui reste pour la manœuvre d'évitement

**E. Les avertissements prioritaires doivent susciter des réactions ou des décisions opportunes**

53. Les avertissements prioritaires doivent laisser suffisamment de temps au conducteur pour réagir de manière appropriée afin d'éviter l'accident.

54. Les systèmes d'avertissements prioritaires embarqués augmentent les chances du conducteur d'éviter les menaces. Il est essentiel de réagir opportunément pour éviter une collision. Dans certaines situations, des alertes précoces peuvent laisser davantage de temps au conducteur pour réagir de manière appropriée et éviter un accident, mais elles peuvent se muer en facteur de nuisance si elles surviennent fréquemment et sans nécessité (Lee *et al.*, 2002). Cela peut conduire certains conducteurs à désactiver le système. Le moment auquel survient un avertissement doit être fixé en tenant compte du temps de perception-réaction du conducteur, ainsi que de la nécessité de limiter le nombre des fausses alertes. Le critère de déclenchement d'une alerte exige de rechercher un équilibre entre l'objectif qui consiste à assurer une meilleure protection et la survenue de fausses alertes (Lerner *et al.*, 1996).

55. Dans les cas où il faut freiner d'urgence, les conducteurs dûment prévenus de l'existence du danger ont un temps de réaction moyen d'environ 0,6 à 0,65 secondes. Ceux qui sont confrontés à une situation de dangers inattendue mais courante, comme l'allumage des feux-stop du véhicule qui précède, mettent en moyenne 1,15 seconde pour freiner, tandis que le temps moyen de freinage des conducteurs pris complètement par surprise est estimé à 1,4 seconde. (Campbell *et al.*, 2007). On dispose de moins d'informations s'agissant du temps mis à effectuer une manœuvre de braquage pour éviter l'obstacle. Des travaux de recherche montrent qu'il faut un préavis plus long pour prévenir un conducteur d'entreprendre une manœuvre d'évitement de ce genre (> 1,2 seconde; Uno et Hiramatsu, 1997).

**Exemples**

56. Bon: Un signal d'alerte collision avant est suffisamment précoce pour laisser à la plupart des conducteurs le temps de le détecter, de choisir une réaction appropriée et de la mettre en œuvre.
57. Mauvais: Un signal d'alerte collision avant prévient le conducteur trop tard, lorsqu'il n'est plus possible d'éviter la collision ou d'atténuer l'impact. Ou au contraire, le signal avertit le conducteur trop tôt et devient intempestif.

**F. Les avertissements multiples doivent être classés par ordre de priorité**

58. Pour être efficaces, les avertissements multiples doivent être classés par ordre de priorité de manière à ce que les messages les plus urgents et les plus importants parviennent efficacement au conducteur.

59. Lorsqu'un véhicule contient plusieurs systèmes embarqués, différents avertissements et messages seront présentés au conducteur à des moments différents. L'efficacité et la sécurité risquent d'être affectées si ces messages ne sont pas gérés

correctement et s'ils sont simultanés (ISO/TS 16951, 2003). Des informations essentielles à la sécurité risquent de ne pas parvenir au conducteur, tandis que des messages moins importants sont susceptibles d'interférer et de retarder sa réaction en cas de danger. Ce principe ne s'applique pas aux «avertissements non prioritaires», dont l'utilisation est prescrite par la législation, comme par exemple les témoins de port de la ceinture de sécurité.

60. On peut gérer les avertissements en appliquant des procédures de hiérarchisation qui fixent l'ordre chronologique et le degré d'urgence des messages. Il existe une spécification technique ISO qui propose plusieurs méthodes de détermination de la priorité des messages embarqués (ISO/TS 16951, 2003). Des avertissements hiérarchisés aideront le conducteur à ne pas confondre des signaux qui se chevauchent. La hiérarchisation permet de déterminer le moment, l'endroit et la manière dont les messages des systèmes sont émis. Elle détermine l'importance relative de deux messages ou plus, les classe par ordre chronologique ou par l'intensité de leur présentation. La méthode primaire de l'ISO calcule un indice de priorité lors de la conception ou de la mise à jour du système, sur la base de la criticité et de l'urgence des messages. Les avertissements prioritaires sont à la fois critiques (conséquences graves si on les ignore) et urgents.

61. D'autre part, la hiérarchisation doit également tenir compte de contraintes juridiques liées à des avertissements non prioritaires qui peuvent relever d'autres réglementations.

Les avertissements prioritaires doivent être émis tant que la situation l'exige. En cas d'avertissements prioritaires simultanés, il faut envisager une stratégie d'alerte appropriée.

#### **Exemples**

62. Bon: Les messages de services tels que les informations relatives au stationnement, etc. (non prioritaires) sont différés tant que l'alerte collision avant (prioritaire) est émise.

63. Mauvais: Les messages de services tels que les informations relatives au stationnement, etc. (non prioritaires) et l'alerte collision avant (prioritaire) sont diffusés simultanément, ce qui fait que le conducteur n'est pas en mesure de percevoir l'avertissement prioritaire.

### **G. La proportion de fausses alertes/d'avertissements intempestifs doit être faible**

64. La proportion de fausses alertes et de ratés doit être faible. Les fausses alertes, ou faux positifs, sont des avertissements qui sont diffusés lorsque la situation est normale. Les ratés, ou faux négatifs, se produisent lorsque aucun avertissement n'est diffusé bien que le seuil de décision ait été atteint.

65. L'introduction de systèmes actifs d'aide à la conduite ne doit pas compromettre la sécurité. Les systèmes doivent être les plus fiables possible car il s'agit de l'un des principaux déterminants des mesures à prendre en réponse aux situations de circulation (Ho, 2006). Les taux élevés de fausse alerte amoindrissent la confiance que le système inspire au conducteur, qui peut être tenté de réagir moins vite ou de désactiver le système. Un fonctionnement parfait constitue un objectif illusoire pour bien des systèmes, car de nombreuses fausses alertes sont à prévoir. Il s'agit cependant d'en limiter le nombre le plus possible afin de préserver la confiance des conducteurs à l'égard du système.

66. Les avertissements intempestifs sont ceux qui sont diffusés lorsque le conducteur est déjà alerté et contrôle la situation. Trop d'avertissements intempestifs peuvent devenir irritants pour le conducteur et réduire l'utilité du système. En procédant à quelques réglages

de sensibilité, il est possible de rendre le système plus acceptable et d'en améliorer les performances. On peut recourir à des seuils d'alerte ajustables pour limiter le nombre des alarmes intempestives, pour autant que le seuil minimum soit conçu de manière à laisser suffisamment de temps au conducteur pour réagir.

## **H. L'état du système et les dysfonctionnements des avertissements prioritaires doivent être affichés**

67. Le conducteur doit être tenu au courant de tout dysfonctionnement du système. Il est recommandé d'informer le conducteur de l'état du système lorsqu'il ne fonctionne pas, par exemple en raison des conditions atmosphériques.

- Des signaux visuels, sonores ou haptiques peuvent être utilisés pour attirer l'attention sur un dysfonctionnement.
- Si le système est en mode défaut et s'il est équipé d'un interrupteur, le conducteur doit être prévenu chaque fois que le système d'avertissements prioritaires est désactivé.

## **V. Processus d'élaboration des systèmes d'avertissement**

68. Il faudra mettre en œuvre un processus systématique, explicite, exhaustif et proactif pour garantir qu'il soit tenu compte des présents principes d'avertissement ainsi que d'autres considérations relatives à la sécurité et aux facteurs humains lors de la conception et de l'élaboration des systèmes actifs d'aide à la conduite. Le projet RESPONSE 3 (2006) a par exemple élaboré un Code d'usages en matière de conception, d'élaboration et de validation des systèmes actifs d'aide à la conduite et des systèmes de sécurité active. On suppose qu'un tel processus permettra d'établir plus facilement les objectifs en matière de sécurité et les critères d'acceptation. On devrait également procéder à des analyses de risques, à des essais d'intégration du conducteur dans la boucle de commande et à d'autres évaluations connexes dans le cadre de ce processus.

## **VI. Activités futures**

69. Le présent document vise à établir des recommandations à l'intention des concepteurs et des fabricants de systèmes d'avertissements prioritaires destinés à l'aide à la conduite. Pour un suivi efficace de ce document, les points suivants devraient être examinés:

- Le Groupe informel STI du WP.29, et peut-être d'autres groupes de travail pertinents du WP.29, devraient entamer des discussions approfondies en vue de définir un mécanisme permettant de mettre efficacement en œuvre les principes applicables aux avertissements.
- Le cas échéant, il faudrait consacrer de nouvelles activités de recherche et de développement aux méthodes d'évaluation des systèmes d'alerte, notamment aux procédures d'essais et aux mesures des résultats, afin de mettre en pratique les principes applicables aux avertissements prioritaires.

## VII. Références

- The Alliance of Automobile Manufacturers, Statement of Principles on Human Machine Interface (HMI) for In-Vehicle Information and Communication Systems, 2002, [www.autoalliance.org](http://www.autoalliance.org)
- Belz, S.M., Robinson, G.S. and Casali, J.G. (1999). A new class of auditory warning signals for complex systems: auditory icons. *Human Factors*, 41(4), 608-618.
- Campbell, J.L., Richard, C.M., Brown, J.L., & McCallum, M. (2007). Crash Warning System Interfaces: Human Factors Insights and Lessons Learned. NHTSA report # HS 810 697.
- COMSIS Corporation. (1996). Preliminary human factors guidelines for crash avoidance warning devices (NHTSA Project No. DTNH22-91-07004). Silver Spring, MD: COMSIS.
- Déclaration de principes européenne concernant la conception d'une interface homme/machine (ESoP, 2005): Projet, Commission européenne, Direction générale Société de l'information et Médias – G4 ICT for Transport, 2005.
- Ho, A.W.L. (2006). Integrating automobile multiple intelligent warning systems: Performance and policy implications. M.Sc. Thesis, MIT Press, MA.
- ISO/TS 16951 (2003). Véhicules routiers – Aspects ergonomiques des systèmes de commande et d'information du transport (TICS) – Modes opératoires pour la détermination de la priorité des messages embarqués présentés aux conducteurs Organisation internationale de normalisation. Genève, Suisse.
- ISO 15006 (2004). Véhicules routiers – Aspects ergonomiques des systèmes de commande et d'information du transport – Spécifications et modes opératoires de conformité concernant la présentation des informations auditives à bord du véhicule. Organisation internationale de normalisation. Genève, Suisse.
- Japan Automobile Manufacturers Association Guideline for In-vehicle Display Systems (JAMA), 2004. [www.jama-english.jp/release/release/2005/In-vehicle Display GuidelineVer3.pdf](http://www.jama-english.jp/release/release/2005/In-vehicle%20Display%20GuidelineVer3.pdf)
- Japan ITS Promotion Council (2007). HMI Considerations concerning the Infrastructure-based Driving Assistance Systems for safety. Large Model Experiment WG.
- Konig, W., Mutschler, H.(2003). MMI of warning systems in vehicles. ISO/TC22/SC13/WG8/Technical Report.
- Lee, J. D., McGehee, D. V., Brown, T. L., and Marshall, D. (2006). Effects of adaptive cruise control and alert modality on driver performance. *Transportation Research Record: Safety and Human Performance*, 1980, 49-56.
- Lerner, N.D., Dekker, D.K., Steinberg, G. V., and Huey, R. W. (1996). Inappropriate alarm rates and driver annoyance (DOT HS 808 533). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, Office of Crash Avoidance Research.
- Lui, Yung-Ching (2001). Comparative study of the effects of auditory, visual and multimodal displays on drivers' performance in advanced traveller information systems. *Ergonomics*, 44(4), 425-442.
- Response 3 Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS, Version 3.0, (2006). Preventive and Active Safety Applications Integrated Project, Contract number FP6-507075 eSafety for road and air transport.

- SAE J2808 (2007). Information Report, Road/Lane Departure Warning Systems: Information for the Human Interface.
- Tan, A.K. and Lerner, N.D. (1996). Acoustic Localization of In-Vehicle Crash Avoidance Warnings as a Cue To Hazard Direction (DOT HS 808 534). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Tingvall, C., Eckstein, L., Hammer, M. (2008). Government and Industry Perspectives on Driver Distraction. In Regan, M., Lee, J. and Young, K. (eds.) Driver distraction, theory, effects, and mitigation. CRC Press, Florida.
- Uno, H. and Hiramatsu, K. (1997). Relationship of time margin to driver steering avoidance for suddenly appearing obstacles.
- Wickens, C.D. (1992). Engineering psychology and human performance, New York, NY: Harper Collins.
- Proposal for Terms of Reference of WP.29/ITS Informal Group (2004). Informal document No.: WP.29-133-14.
- Report of Two Years Activities in WP.29/ITS Informal Group (2006). Informal document No. ITS-14-3.
-