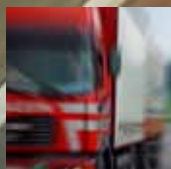


IBSR

L'OBSERVATOIRE
POUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

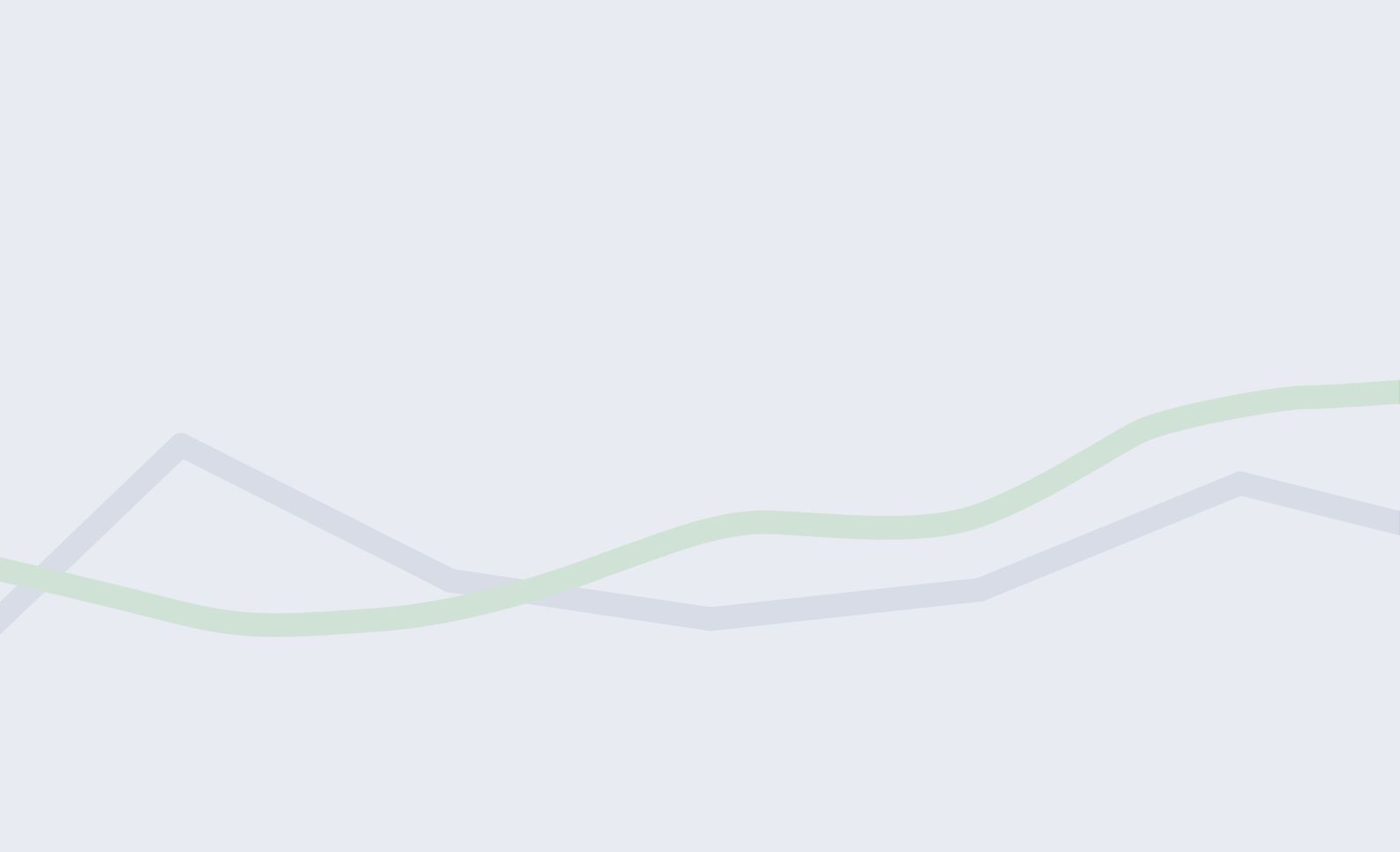
Moyens techniques pour la prévention des
accidents dus aux angles morts des camions
Etude de littérature



jesuispour.be



Institut Belge pour
la Sécurité Routière



Auteur: L. Akkermans
Editeur responsable: Patric Derweduwen

© IBSR, Observatoire pour la sécurité routière, Bruxelles, 2009

Table des matières

Résumé	4
1. Définition de l'angle mort et des accidents dus à l'angle mort	6
2. Prévalence des accidents dus à l'angle mort	8
3. Législation relative aux moyens techniques pour la prévention des accidents dus aux angles morts des camions	10
4. Résultats	12
5. Solutions liées à la technique du véhicule	16
5.1 Rétroviseurs	17
5.1.1 Informations générales	17
5.1.2 Utilité en cas d'angles morts	18
5.2 Dispositifs à caméra-moniteur	18
5.2.1 Informations générales	18
5.2.2 Utilité en cas d'angles morts	19
5.3 Systèmes de détection radar ou à ultrasons	20
5.3.1 Informations générales	20
5.3.2 Utilité en cas d'angles morts	21
5.4 Systèmes sonores externes	21
5.4.1 Informations générales	21
5.4.2 Utilité en cas d'angles morts	22
5.5 Autocollants informatifs	22
5.5.1 Informations générales	22
5.5.2 Utilité en cas d'angles morts	22
5.6 Conception de la cabine	22
5.6.1 Informations générales	22
5.7 Autres solutions : carénage latéral et frontal	23
5.7.1 Informations générales	23
6. Efficacité des diverses mesures	24
6.1 Types d'accidents et fréquence	24
6.2 Attrait économique et efficacité	25
6.2.1 Efficacité	25
6.2.2 Coût-bénéfice	26
7. Conclusion	28
8. Références	30



Résumé

Cette étude a été réalisée par l'Institut Belge pour la Sécurité Routière à la demande du Secrétaire d'Etat à la Mobilité, Monsieur Etienne Schouppe, dans le cadre du plan stratégique pour l'année 2009.

L'objectif de l'étude est de dresser un aperçu des différents types de systèmes anti-angle mort actuellement disponibles sur le marché et de faire une analyse succincte de leur efficacité. Ce rapport doit donc être considéré comme une étude de littérature non-exhaustive, consacrée à la définition du problème, aux différentes solutions techniques, aux dispositions légales auxquelles doivent répondre ces solutions et à leur efficacité potentielle.

Diverses études réalisées dans des situations pertinentes pour la Belgique servent de fil conducteur à ce rapport. Les Pays-Bas et l'Allemagne, notamment, ont procédé récemment à une série d'études et à un test pratique sur les systèmes anti-angle mort, leurs avantages et leurs lacunes dans la réalité (Buck Consultants International, 2007; Niewöhner & Berg, 2004).

Les résultats de ces études constituent le point de départ de ce rapport. Celui-ci aborde avant tout les différents types d'angles morts, les manœuvres importantes et les solutions mises en œuvre. Une énumération de ces combinaisons a permis de vérifier et de détailler le taux d'applicabilité des différentes solutions techniques.

L'analyse de l'efficacité des solutions proposées se base sur une sélection des accidents les plus fréquents. Les études montrent que les accidents entre un usager faible et un camion tournant à droite sont les plus meurtriers. A noter que, dans la plupart des cas, le premier point d'impact de l'accident se situe sur le flanc droit du véhicule.

Si l'on tient compte des éléments pratiques abordés dans les différentes études, on constate que les caméras sont potentiellement plus efficaces que les rétroviseurs. Cette efficacité s'explique, en grande partie, par la présence d'un facteur humain essentiel pour un usage correct des moyens d'assistance proposés. Cela dit, si l'on se base sur le rapport coût-bénéfice tel que défini dans les différentes études, les rétroviseurs l'emportent sur les caméras comme

RÉSUMÉ

moyens techniques permettant d'éviter les accidents les plus fréquents dus à l'angle mort. Vu la responsabilité et les exigences liées à la conduite, il peut s'avérer utile de compléter les rétroviseurs ou les dispositifs à caméra-moniteur par un système d'avertissement actif permettant de prévenir le conducteur ou son environnement immédiat d'un danger éventuel.

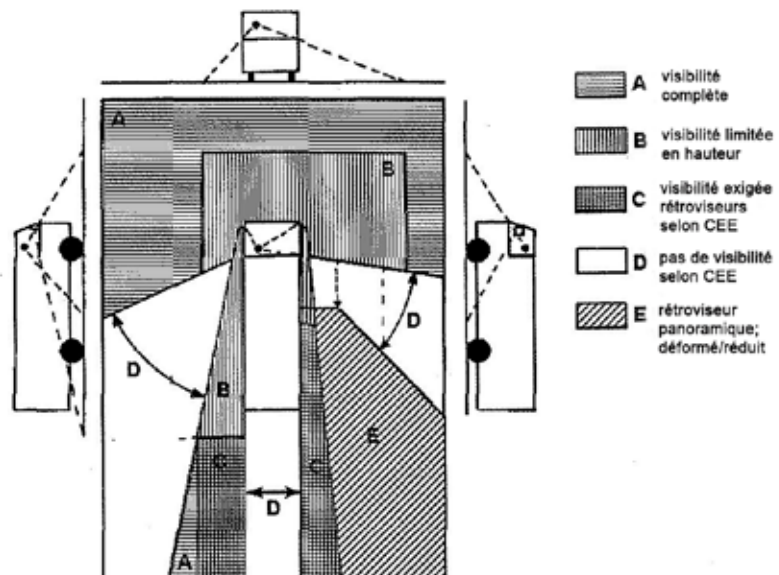


1. Définition de l'angle mort et des accidents dus à l'angle mort

La notion d'angle mort revient très souvent lorsque l'on aborde la sécurité routière des poids lourds. Cela dit, cette notion n'est pas définie de manière univoque dans la littérature. Les publications axées sur l'information des usagers faibles n'évoquent l'angle mort que lorsqu'il est fait référence à l'endroit situé à droite ou juste à l'avant d'un camion (Fietsersbond, 2006). Pourtant, il ne s'agit là que de deux des quatre types d'angles morts mentionnés dans la littérature plus générale (Theeuwes et al., 1998).

Tout camion est entouré de trois zones non couvertes par les rétroviseurs traditionnels. La première zone se situe sur le flanc droit et commence à hauteur de la cabine pour s'étendre vers l'arrière, la deuxième se trouve derrière la remorque et la troisième sur le flanc gauche mais au-delà de l'espace couvert par un rétroviseur traditionnel. On distingue également une quatrième zone manifestement moins visible pour le chauffeur et située juste devant la cabine du véhicule (voir Graphique 1).

Graphique 1:
Présentation schématique
des champs de vision autour
d'un camion. Les dispositions
mentionnées dans les directives
européennes ne sont pas
indiquées.



(Graphique extrait de Theeuwes et al., 1998).

Chacune des zones décrites ci-dessus comporte, à son tour, divers angles morts. Leur importance dépend du type, de la marque et du modèle exacts du véhicule. On peut parler d'un accident dû à l'angle mort lorsque l'utilisateur impliqué se trouvait dans l'une de ces zones. Pour être identifié comme tel, il faut que l'accident soit dû à un problème lié au champ de visibilité d'un des usagers impliqués par rapport à l'autre usager. Vous trouverez, ci-après, une description détaillée des différents angles morts pour chacune de ces zones (voir Graphiques 1 et 3).

A la droite du camion, on peut distinguer cinq angles morts :

- Un premier angle mort se trouve immédiatement à l'avant droit de la cabine. Il est dû à l'angle (opaque) sous la cabine et à la présence d'un montant A.
- Le deuxième angle mort se situe à l'avant droit du tracteur mais à une plus grande distance que l'angle mort précité. Ce deuxième angle mort est dû à la présence du montant A de la cabine et des rétroviseurs situés à droite.
- Le troisième angle mort se trouve immédiatement à droite de la cabine. Il est dû au flanc droit (opaque) de la cabine.
- Un quatrième angle mort situé à droite de la cabine, mais à une distance plus importante que l'angle précité est également dû à l'opacité du flanc droit de la cabine.
- Un cinquième angle mort se trouve à droite, en oblique derrière la cabine du chauffeur. Cet angle mort qui s'éloigne du véhicule est dû à l'opacité du flanc droit de la cabine et de la plateforme de chargement, du tracteur, etc.

La partie gauche d'un camion comporte, elle aussi, cinq angles morts distincts. Ceux-ci se trouvent aux mêmes endroits (mais en miroir) que les angles morts précités, situés du côté droit.

Un angle mort peut également être identifié à l'arrière du camion :

- Cet angle mort commence immédiatement derrière le véhicule et se prolonge à une distance plus importante. Il est dû à la paroi arrière (opaque) du tracteur, de la remorque, etc.

L'avant du camion comporte, lui aussi, un angle mort :

- Cet angle mort se situe immédiatement devant la cabine du conducteur et est dû à la hauteur de la partie avant (opaque) de celle-ci.

La lecture de cette étude de littérature doit se faire en tenant compte de cette répartition en zones et sortes d'angles morts. Chaque type d'angle mort nécessite des solutions spécifiques qui ne sont pas toujours applicables aux autres angles morts. Ceci explique les diverses catégories de rétroviseurs prévues par le législateur pour les différents angles morts.

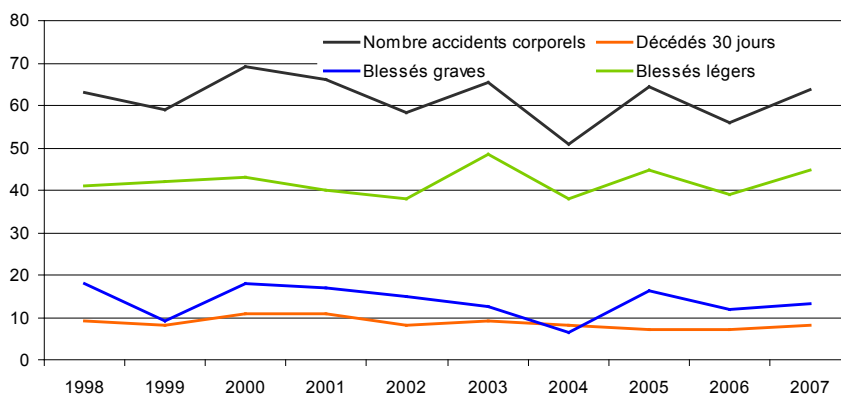


2. Prévalence des accidents dus à l'angle mort

Pour avoir un aperçu concret de l'utilité des mesures techniques dans la pratique, il faut d'abord s'interroger sur le nombre d'accidents dus à l'angle mort et sur le type d'angle mort qui est le plus souvent responsable de ces accidents. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra estimer la valeur réelle des différents moyens techniques. Pour ce faire, on s'appuiera de préférence sur des informations relatives aux différents types d'angles morts et les accidents qu'ils ont provoqués.


Pour l'instant, la Belgique ne dispose pas encore de données suffisamment détaillées en la matière. Les seules informations fiables pouvant être tirées des statistiques concernent les accidents dus à l'angle mort, où un camion tournant à droite entre en conflit avec un usager faible (Martensen, 2009). Comme il ressort du graphique ci-après (voir Graphique 2), une soixantaine d'accidents corporels de ce type se sont produits, en moyenne, pendant la période 1997-2007. Ces accidents ont coûté la vie à une dizaine de personnes (décédés 30 jours).

Graphique 2:
aperçu du nombre d'accidents corporels, de décédés 30 jours, de blessés graves et de blessés légers dans des accidents liés à l'angle mort, où un camion tournant à droite et un usager faible entrent en conflit.



Source : SPF Economie, DG SIE / Infographie : IBSR

A noter que la législation qui règle l'usage des rétroviseurs ou des dispositifs à caméra-moniteur n'est entrée en vigueur qu'en 2003. Les systèmes décrits dans les chapitres qui suivent ne sont, dès lors, pas encore installés sur tous les camions du parc de véhicules. Les données disponibles au moment de la rédaction de ce rapport ne permettent donc pas d'émettre des considérations de portée générale concernant l'utilité des systèmes qui seront commentés. Les études disponibles à l'étranger permettent toutefois d'émettre certaines considérations purement indicatives.



3. Législation relative aux moyens techniques pour la prévention des accidents dus aux angles morts des camions

La législation complète relative aux outils techniques pour la prévention des accidents de camion dus à l'angle mort est reprise à l'article 43, paragraphes 4, 5, 6 et 7 de l'AR du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles et leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité. Les exigences techniques sont définies à l'annexe 16 de ce même AR.

Dans la pratique, cette législation implique ce qui suit :

- Seuls les rétroviseurs et certains types de systèmes de détection alternatifs (plus particulièrement les dispositifs à caméra-moniteur) sont soumis à des normes légales.
- Les véhicules des catégories N2, N3 et M3 mis en service après le 1er janvier 2003 ou dont la demande d'agrément est introduite à partir du 1er janvier 2003 doivent, outre le rétroviseur principal légalement obligatoire (classe II), être au moins équipés des systèmes de vision indirecte suivants afin de satisfaire aux normes relatives aux champs de vision situés devant, à côté et derrière le véhicule :
 - o Les véhicules de la catégorie N2 ($MMA \leq 7,5t$) doivent être au moins équipés d'un rétroviseur grand angle (classe IV) du côté du passager. Tout autre système de rétroviseur (classe IV du côté du conducteur, classe V ou VI) est facultatif. Par ailleurs, les véhicules de cette catégorie qui ont été mis en circulation après le 26 janvier 2007 doivent également être équipés d'un rétroviseur d'accostage classe V du côté du passager.
 - o Les véhicules des catégories N2 ($MMA > 7,5t$) et N3 doivent être au moins équipés d'un rétroviseur grand angle (classe IV) du côté du passager et du côté du conducteur. Par ailleurs, ils doivent disposer d'un rétroviseur d'accostage (classe V) du côté du passager ainsi que d'un antéviseur (classe VI). Tout autre système de rétroviseur (classe V du côté du conducteur) est facultatif.
 - o Les véhicules de la catégorie M3 doivent être au moins équipés d'un rétroviseur d'accostage (classe IV) du côté du passager. Tout autre système de rétroviseur (classe IV du côté du conducteur, classe V ou VI) est facultatif.
 - o Il s'agit là de normes minimales. Cela implique que, si ces installations

- minimales ne répondent pas aux normes relatives aux champs de vision, ces systèmes doivent être complétés par d'autres (tels des rétroviseurs classe VI ou d'autres rétroviseurs complémentaires de classe IV ou V) jusqu'à obtention des champs de vision requis.
- o En cas de présence obligatoire de rétroviseurs de classe V, ceux-ci peuvent éventuellement être remplacés par une combinaison de rétroviseurs des classes IV et VI à condition que cette combinaison permette de couvrir le champ de vision obligatoire pour les rétroviseurs de classe V.
 - o D'autres systèmes de vision indirecte (tels que des dispositifs à caméra-moniteur) peuvent être utilisés comme alternative aux rétroviseurs de classe VI (antéviseurs et rétroviseurs), à condition que les champs de vision ainsi obtenus soient aussi vastes, que les moniteurs répondent aux normes minimales relatives aux champs de vision et que la direction de vue corresponde, dans les grandes lignes, à celle d'un rétroviseur principal.
- Les véhicules des catégories N2, N3 et M3 mis en service avant le 1er janvier 2003 doivent, outre les rétroviseurs principaux légalement obligatoires, être au moins équipés, du côté du passager, d'un dispositif de vision indirecte devant répondre aux exigences techniques fixées à l'annexe 16 précitée de l'AR du 15 mars 1968 et pour lequel le champ de vision minimal n'est défini que pour le côté du véhicule. Concrètement, ceci implique au moins la présence obligatoire d'un rétroviseur d'accostage (classe IV) du côté du passager.
 - Les véhicules de la catégorie M2 mis en service après le 26 janvier 2007 doivent être au moins équipés de rétroviseurs principaux de classe II.
 - Les véhicules des catégories N1 et M1 mis en circulation à partir du 26 janvier 2010 devront être au moins équipés de rétroviseurs principaux de classe III ou II (alternative).

Comme le montre cette énumération, la législation relative à l'installation de systèmes susceptibles d'améliorer la vision indirecte dans les angles morts se limite aux systèmes utilisant des rétroviseurs ou « autres dispositifs de vision indirecte » (principalement des caméras). Ces deux catégories de solutions présentent des différences au niveau des techniques et des possibilités. Par ailleurs, il existe d'autres solutions techniques permettant de résoudre différemment la problématique de l'angle mort. Ces solutions ne sont pas obligatoires dans le cadre de la législation actuelle et offrent des alternatives pour prévenir les accidents dus à l'angle mort ou en réduire la gravité. Les différentes solutions techniques seront abordées plus en détail dans les chapitres qui suivent.



4. Angles morts, manœuvres et solutions possibles

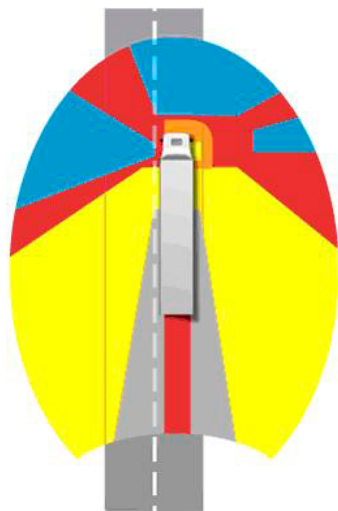
Dans les accidents dus à l'angle mort, il importe de différencier les différents types de manœuvres réalisées au moment de la collision (Kampen & Schoon, 1999). Kampen et Schoon distinguaient déjà quatre manœuvres typiques des poids lourds, susceptibles d'entraîner un accident : virage à droite, virage à gauche, dépassement et collisions par l'arrière.

Pour ce qui concerne les accidents de camion liés à un problème de visibilité du chauffeur, Theeuwes (Theeuwes et al., 1998) a analysé les risques liés à certaines manœuvres de conduite en fonction de l'endroit où se situent les divers angles morts par rapport au poids lourd. Ce type d'études révèle qu'il est essentiel de toujours considérer l'angle mort par rapport à la manœuvre spécifique effectuée. Le tableau 1 propose un aperçu des zones situées autour du camion susceptibles d'engendrer des problèmes de visibilité, ainsi que des manœuvres spécifiques qui y sont associées. Comme l'indique également le Graphique 3, plusieurs angles morts et problèmes de visibilité peuvent se présenter simultanément du même côté du véhicule. Pour chaque angle mort, des solutions potentielles existent. Il faut donc également les mettre en relation avec les manœuvres associées aux angles morts et en tenir compte lors de l'analyse des possibilités techniques.

Tableau 1 Aperçu des problèmes de visibilité et des manœuvres problématiques selon Theeuwes (Theeuwes et al., 1998) et Kampen & Schoon (1999).

Zone de visibilité	Manœuvre problématique (conditions spécifiques)	Complexité manœuvre	Fréquence
À la droite immédiate du véhicule	Virage à droite (trafic mixte, vitesse peu élevée ou arrêt)	Très complexe	Très fréquent
	Changement de bande de circulation vers la droite (bandes de présélection ou pistes cyclables, manœuvres d'insertion)	Complexe	Fréquent
	Changement de bande de circulation vers la droite (dépassement)	Pas complexe	Peu fréquent
À droite, à une certaine distance du véhicule	Virage à droite (piste cyclable séparée, certains ronds-points)	Très complexe	Fréquent
A droite, flanc arrière et arrière du véhicule	Virage à droite de remorque/bus/camion	Très complexe	Fréquent
À la gauche immédiate du véhicule	Déportement du véhicule en cas de virage à droite	Très complexe	Peu fréquent
	Changement de bande de circulation vers la gauche (dépassement)	Pas complexe	Peu fréquent
À l'arrière du véhicule	Marche arrière	Complexe	Fréquent
Juste à l'avant du véhicule	Manœuvres	Complexe	Fréquent

Graphique 3 : Représentation schématique des angles morts sur la base d'une maquette de l'IBSR, conformément à la législation récente.



Bleu : champs de vision où un contact visuel direct avec les autres usagers est possible

Gris : zone que doivent couvrir les rétroviseurs principaux (classe II)

Jaune : champ visuel que doivent atteindre les rétroviseurs grand angle (classe IV) et d'accostage (ancien modèle)

Orange : zone que doivent couvrir les antévitres (classe VI) et les rétroviseurs d'accostage (classe V – nouveau modèle)

Rouge : zones non visibles pour le conducteur

Parallèlement à cela, les divers problèmes d'angle mort et leurs solutions techniques peuvent également être analysés en fonction de la complexité de chacune des manœuvres préalables et des contraintes qu'elles impliquent pour le conducteur. Lors de son analyse de la problématique des camions virant à droite, Schoon (2006) avait déjà insisté sur l'importance de la complexité d'une telle manœuvre. Ce même raisonnement peut être appliqué à d'autres manœuvres.

Tant le rapport de Schoon (2006) que celui de Buck Consultants International (2003 & 2007) indiquent que, dans certaines circonstances, il est pratiquement impossible pour un chauffeur virant à droite de disposer d'une vue optimale sur tous les usagers de la route se trouvant à proximité de son camion. Par



extension, ils soulignent même que les mesures relatives aux rétroviseurs anti-angle mort prises par les autorités néerlandaises (législation néerlandaise en vigueur en 2003) n'ont pas offert de solution satisfaisante. Concrètement, on remarque qu'en cas de virage à droite, le conducteur du camion doit, en relativement peu de temps, se concentrer sur des points d'attention très disparates. Le risque de passer à côté de certaines informations est donc bien réel. Le chauffeur doit se focaliser successivement sur les endroits et usagers de la route suivants : à droite dans la rue (trafic qui peut gêner la prise du virage), à l'avant droit du camion (usagers faibles), sur le côté droit et à l'arrière du camion (usagers faibles qui viennent de l'arrière) et à gauche du camion (le trafic venant en sens inverse pouvant gêner le déportement). Le camionneur doit également tenir compte de la modification des champs visibles dans les rétroviseurs due au pivot de son semi-remorque, du déplacement des angles morts par rapport au paysage routier et des mouvements des divers usagers de la route. Schoon (2006) fait également remarquer que la majorité des accidents dus à l'angle mort se sont produits à l'avant droit du camion.

Ces considérations relatives à la complexité de la tâche de conduite s'appliquent aussi à d'autres manœuvres. Globalement, on peut affirmer que le virage à droite est la manœuvre la plus complexe pour un chauffeur de camion. Toutefois, le déboîtement (à droite ou à gauche), la marche arrière et les manœuvres sur une courte distance sont aussi relativement difficiles à effectuer. En cas de déboîtement, le chauffeur doit constamment vérifier les différents rétroviseurs correspondant à la direction souhaitée avant de virer. Dans la pratique, cela signifie que le chauffeur doit surveiller tout le flanc du poids lourd, mais également le trafic venant d'en face et de l'arrière. En cas de marche arrière, il contrôle, en principe, continuellement ses deux rétroviseurs latéraux (rétroviseurs principal et panoramique) afin de s'assurer de la position des obstacles derrière le poids lourd. Par ailleurs, il doit aussi être attentif aux obstacles situés à côté du véhicule en faisant usage de ses rétroviseurs d'accostage (droite) ou en se déplaçant physiquement de sorte à avoir une vision directe (gauche). Un éventuel déportement du véhicule tracteur pour corriger la trajectoire de la remorque complique significativement la tâche. En cas de manœuvres sur une courte distance, il se peut également que, selon la direction du mouvement, le camionneur doive surveiller de nombreux champs de vision. Seules les manœuvres de dépassement exigent relativement peu d'efforts supplémentaires : le conducteur doit uniquement garder un œil sur le flanc latéral et le trafic venant de l'arrière.

Cette brève analyse de la complexité de la conduite liée aux problèmes de l'angle mort montre clairement que les solutions potentielles devront, de préférence, répondre à certaines conditions. Elles devront, au minimum, empêcher la dispersion de l'attention du conducteur. Idéalement elles devraient même permettre de diminuer la concentration requise pour accomplir la même tâche mais avec un niveau de sécurité plus élevé. Dans le cas contraire, le risque de passer à côté d'informations cruciales augmente, ce qu'il faut éviter. Par ailleurs, il faut également se demander si les solutions potentielles doivent simplement constituer une aide « passive » (tels des rétroviseurs qui élargissent le champ de vision) ou aussi remplir une fonction d'alerte « active » (tel un signal sonore ou lumineux en cas de détection d'usager de la route). Des mesures techniques actives permettent d'attirer l'attention du chauffeur dès qu'une situation dangereuse se présente, même en cas de manœuvres complexes.




4

ANGLES MORTS, MANŒUVRES ET SOLUTIONS POSSIBLES

Outre les différents outils techniques destinés au chauffeur de camion, il existe également des solutions servant à informer les autres usagers. Pensons notamment aux signaux sonores déclenchés en cas de virages ou de manœuvres, ou aux autocollants informatifs. Pareilles solutions doivent également être soumises à certaines conditions : les usagers se trouvant à proximité du poids lourd doivent être informés de manière claire et cohérente sur le danger potentiel qu'ils encourent et sur la réaction à adopter.

En résumé, deux groupes de manœuvres peuvent, grosso modo, être identifiés. Le premier se caractérise par une grande complexité : virage (droite/gauche), marche arrière, changement de bande de circulation en vue d'un changement de direction et manœuvres sur une courte distance. Dans ce contexte, il peut s'avérer utile que le camionneur et les usagers se trouvant à proximité soient avertis des éventuels problèmes. Le second groupe de manœuvres se caractérise par une complexité relativement restreinte : changement de bande de circulation en cas de « mouvement libre ». Dans ce cas, l'information s'adressera essentiellement au conducteur. Pour chacune des manœuvres de ces deux groupes, il est possible d'élaborer des instruments permettant, sous certaines conditions, de réduire le risque.



5. Solutions liées à la technique du véhicule

Pour chaque problème de visibilité et d'angle mort, des solutions existent. Ces dernières peuvent être classées en différents groupes. Il s'agit tout d'abord d'identifier le groupe cible : tente-t-on d'aider le conducteur ou de fournir davantage d'informations aux usagers se trouvant à proximité du camion? On peut, par ailleurs, opérer une distinction entre les instruments dont l'action est plutôt préventive et ceux qui ont pour objectif de réduire les conséquences d'un accident. Il faut également faire la différence entre les outils qui demeurent passifs et ceux qui tentent activement d'attirer l'attention des intéressés.

A l'instar du chapitre précédent qui analyse de manière succincte les diverses zones et manœuvres pouvant donner lieu à des problèmes d'angle mort, cette cinquième partie se penche brièvement sur l'efficacité des différents instruments techniques. Pour ce faire, elle tient particulièrement compte des facteurs précités et met en relief les avantages et inconvénients spécifiques des différents outils.

Les solutions techniques proposées peuvent être appliquées à diverses catégories de véhicules. En vertu du règlement technique remanié (AR du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles et leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité) entré en vigueur le 1er janvier 2003, les véhicules de plus de 3,5 tonnes destinés au transport de marchandises et les autobus et autocars de plus de 5 tonnes (véhicules des catégories N2, N3 et M3) doivent disposer, au minimum, d'un rétroviseur homologué, éventuellement en combinaison avec une caméra. Dans la suite du texte, nous nous baserons toujours sur les combinés poids lourds (semi-remorques) étant donné qu'ils sont confrontés aux problèmes les plus complexes et que les solutions convenant à ce type de véhicules peuvent également être appliquées à d'autres catégories.

5.1 Rétroviseurs

5.1.1 Informations générales

Outre les rétroviseurs principaux imposés par la loi, il en existe d'autres types qui permettent, s'ils sont réglés et utilisés correctement, d'élargir le champ de vision du conducteur. Les conditions techniques auxquelles ils doivent répondre sont décrites à l'annexe 16 : « Prescriptions pour des dispositifs de vision indirecte » de l'AR du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles et leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité. A noter que la dernière modification n'est d'application que depuis 2003. Autrement dit, tous les véhicules concernés ne sont pas encore équipés de ces systèmes.

Les rétroviseurs ayant pour but spécifique d'éliminer les angles morts sont subdivisés en diverses classes. Concrètement, il s'agit des rétroviseurs de classe IV (rétroviseur grand angle), de classe V (rétroviseur d'accostage) et de classe VI (antéviseur). Concernant les conditions techniques, il importe surtout de savoir qu'il s'agit toujours d'un rétroviseur panoramique qui permet, voire requiert, une certaine déformation visuelle. Cette déformation et le placement spécifique du rétroviseur permettent d'améliorer la visibilité dans certains angles morts.

L'avantage que représentent les rétroviseurs panoramiques pour les voitures a déjà été décrit lors d'études précédentes (Luoma et al., 2000). Reste à savoir s'ils constituent également une solution pour d'autres catégories de véhicules concernés par la problématique spécifique de l'angle mort. Les rétroviseurs présentent, en effet, quatre aspects négatifs qui le sont d'autant plus pour les poids lourds. Le premier, et probablement le plus important, est que, dans un rétroviseur, le champ de vision ne peut généralement pas être adapté à volonté. En cas de virage d'un semi-remorque, les deux parties du véhicule se retrouvent en ciseau et, par conséquent, le champ de vision qu'il faudrait voir apparaître dans le rétroviseur ne correspond pas à la zone réelle de l'angle mort. Ce problème reflète parfaitement les limites des rétroviseurs.

Le deuxième inconvénient apparaît lors de l'installation des rétroviseurs sur le véhicule : en fonction de l'endroit où ils sont placés, ils réduisent le champ visuel du camionneur. En effet, étant donné l'opacité des rétroviseurs, le conducteur n'a plus aucune visibilité sur ce qui se passe derrière ceux-ci. Ceci peut surtout poser problème pour récolter des informations sur le trafic dans une rue latérale. Par ailleurs, la convexité du rétroviseur complique l'évaluation correcte de la distance d'un obstacle (Flanagan & Sivak, 2003), a fortiori lorsque l'objet est relativement éloigné du conducteur. Par ailleurs, les rétroviseurs sont assez vulnérables en cas de manœuvres et relativement exposés aux vols : l'exécution de manœuvres extrêmes implique, en effet, que certains d'entre eux soient amovibles.

Les rétroviseurs ont pour unique but d'aider le chauffeur de poids lourd dans sa tâche de conduite. Ils sont totalement passifs : aucun signal d'alarme n'avertit le camionneur en cas de danger lié à l'angle mort. Ils sont peu sujets aux défauts, mais sont bel et bien exposés aux souillures. Toutefois, ces éventuelles défauts ou souillures peuvent, en général, être éliminés rapidement, même en déplacement.

Pour améliorer de manière optimale la visibilité dans les angles morts, les rétroviseurs doivent remplir une série de conditions évidentes. Ils doivent être installés et réglés correctement et être suffisamment propres. En outre, le conducteur doit adapter son comportement routier et visuel à l'utilisation du rétroviseur et à la manœuvre exécutée. Enfin, il doit savoir que ce type

de rétroviseurs déforme le champ visuel et complique ainsi l'évaluation des distances, et que la zone de danger autour de son véhicule ne se situe pas toujours dans la même partie de l'angle mort, voire du champ visuel des rétroviseurs. La responsabilité incombe donc, en grande partie, au conducteur du véhicule.

Les rétroviseurs angle mort DOBLI (classes IV et V) et FROSPI (classe VI) sont deux exemples de ce type de systèmes.

5.1.2 Utilité en cas d'angles morts

Les divers types de rétroviseurs (classe IV, V et VI) permettent d'éliminer une série d'angles morts à droite, à gauche et à l'avant du véhicule.

Les rétroviseurs grand angle (classe IV) permettent de percevoir les angles morts des flancs droit et gauche, à une certaine distance du véhicule. La présence d'un rétroviseur grand angle (classe IV) n'exclut pas l'obligation d'utiliser un rétroviseur principal conventionnel (classe II).

Les rétroviseurs d'accostage (classe V) permettent de visualiser l'angle mort situé immédiatement à droite de la cabine du véhicule. Les antéviseurs (classe VI), quant à eux, servent à distinguer l'angle mort à l'avant du véhicule. Ces deux types de rétroviseurs peuvent, dans une très large mesure, être réglés de façon à pouvoir percevoir la totalité de l'angle mort à l'avant et sur le côté de la cabine du conducteur. En théorie, un autre rétroviseur d'accostage peut également être placé côté conducteur. Toutefois, c'est rarement le cas car le chauffeur préfère se déplacer physiquement afin de vérifier qu'aucun obstacle ne se trouve à la gauche immédiate de sa cabine.

Pour les angles morts se situant à une plus grande distance de la cabine et derrière le véhicule, les rétroviseurs n'offrent pas de solution. La technique ne le permet pas.

5.2 Dispositifs à caméra-moniteur

5.2.1 Informations générales

Une caméra angle mort se compose de deux éléments : la caméra en elle-même et le moniteur sur lequel le champ visuel de la caméra peut être projeté. Ces deux composants sont soumis à des conditions techniques décrites à l'annexe 16 : « Prescriptions pour des dispositifs de vision indirecte » de l'AR du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles et leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité. A noter que la dernière modification n'est d'application que depuis 2003. Autrement dit, seul un nombre limité de véhicules est équipé de ces systèmes.

Outre les modèles standard, il existe des caméras pouvant être équipées d'un système infrarouge qui facilite la détection de nuit. Moyennant une série de petites adaptations, la position prévue du semi-remorque lors de manœuvres spécifiques peut être insérée sur le moniteur. De cette manière, le conducteur obtient un très bon aperçu des dangers potentiels liés aux manœuvres en matière d'angles morts.

Bien que les caméras actuelles soient peu sujettes aux défauts, il faut tenir compte de leur sensibilité aux dérèglements. Par ailleurs, elles ne sont pas à l'abri de saletés. Toutefois, s'il s'agit d'éclaboussures de pluie ou de boue, on peut, en général, y remédier rapidement, même en déplacement. Il n'en va pas de même pour les défauts étant donné que, si le dispositif n'est pas associé à un système de back-up (rétroviseurs classe IV, V ou VI), le

conducteur perd toutes les informations relatives au champ de vision auquel se rapporte la caméra défectueuse. En déplacement, il est également plus difficile d'effectuer les éventuelles réparations ; l'aide d'un spécialiste peut même être requise, ce qui risque surtout de poser problème en cas de longs trajets à l'étranger.

En théorie, les caméras peuvent être installées à divers endroits, mais doivent au moins satisfaire aux conditions de visibilité imposées aux rétroviseurs. Concernant les champs de vision, l'explication développée dans la section précédente s'applique donc parfaitement à ce type de systèmes. Etant donné qu'il s'agit de dispositifs à caméra-moniteur, certaines conditions en matière de sensibilité à la lumière et de contrastes minimaux doivent également pouvoir être garanties. La présence de caméras n'exclut pas l'obligation d'utiliser d'autres rétroviseurs : le dispositif à caméra-moniteur ne peut se substituer qu'aux seuls rétroviseurs classe VI (antéviseurs ou rétroviseurs).

La position des moniteurs utilisés conjointement avec les caméras est fixée par la loi : « la direction de vue du moniteur est plus ou moins identique à celle du rétroviseur principal ». Dans la pratique, il n'est cependant pas simple pour un chauffeur de poids lourd de détecter, d'un seul coup d'œil dans les rétroviseurs et sur le moniteur, la présence éventuelle d'autres usagers de la route ou obstacles. Pour les analyser activement, des mouvements oculaires relativement importants sont nécessaires, ce qui implique que pouvoir utiliser correctement une caméra, les camionneurs doivent bénéficier d'une bonne formation en matière de comportement visuel et routier. Par ailleurs, les caméras posent également problème lorsqu'il s'agit d'évaluer la distance par rapport à d'autres véhicules. Selon Flannagan et Sivak (2003), la distance estimée par rapport à un véhicule est fonction de la taille (de projection) du moniteur. Ce type de facteurs humains doit donc également être identifié lors de l'analyse d'un dispositif.

Comme déjà précisé pour les rétroviseurs, l'efficacité des différents dispositifs à caméra-moniteur dépend, en grande partie, de leur utilisation correcte. On pense notamment ici à l'installation et au réglage conformes des caméras ainsi qu'à leur propreté, mais aussi au comportement visuel et routier approprié du chauffeur de poids lourd. Si les dispositifs sont passifs et ne constituent, par conséquent, qu'un instrument de détection visuelle dans les angles morts, ils ne seront d'aucune utilité s'ils ne satisfont pas à ces conditions. S'ils détectent les dangers de manière active et en avertissent le conducteur, leur présence reste justifiée, même si le conducteur n'utilise pas les moniteurs de manière appropriée.

Les dispositifs ORLACO ou FTA sont deux exemples concrets de caméras en utilisation.

5.2.2 Utilité en cas d'angles morts

Grâce aux éléments qui les composent, les caméras présentent un grand avantage par rapport aux rétroviseurs : elles sont placées à l'extérieur de la cabine où elles ne peuvent ni obstruer ni réduire le champ de vision du conducteur. Les problèmes de déformation visuelle que l'on peut observer avec les rétroviseurs grand angle ne sont que rarement constatés avec les caméras.

Par ailleurs, elles peuvent également être placées là où l'installation de rétroviseurs ne permet pas de régler techniquement la problématique de l'angle mort. Tel est, par exemple, le cas sur le côté ou à l'arrière de la remorque. Des dispositifs bien positionnés peuvent également résoudre le problème de déplacement de la zone de danger par rapport aux champs de vision lors de l'exécution d'une manœuvre (semi-remorque en ciseau). En théorie, une

caméra permet donc de visualiser de très nombreux angles morts. D'autre part, ces dispositifs offrent davantage de possibilités que les rétroviseurs. Cependant, leur coût est à l'avenant, ce qui contribue, conjointement avec la législation actuelle, à leur application limitée dans la pratique.

5.3 Systèmes de détection radar ou à ultrasons

5.3.1 Informations générales

Un système de détection radar ou à ultrasons se compose de trois éléments. D'une part, des capteurs (ou autre émetteur-récepteur), servant à déceler la présence d'un objet à une distance déterminée du véhicule, sont disposés sur le flanc, l'avant ou l'arrière du camion. D'autre part, la cabine est équipée d'un système sonore pour l'avertissement actif du conducteur en cas de danger dans un angle mort. Ces deux composants sont reliés entre eux par un système de traitement. Ce dernier analyse les données réceptionnées par les capteurs et détermine si un signal correspond ou non à un danger potentiel. L'interaction d'un tel système avec le conducteur n'est pas nécessairement visuelle (écran), elle peut également être auditive (son d'avertissement) ou haptique (vibration), par ex.

Les systèmes de détection radar ou à ultrasons sont actifs : le conducteur reçoit un signal d'alarme en cas de danger dans un angle mort. Actuellement, ils viennent exclusivement en aide au camionneur mais peuvent, en théorie, également s'avérer utiles aux usagers de la route situés à proximité du poids lourd. La présence de systèmes de détection radar ou à ultrasons n'exclut pas l'obligation d'utiliser des rétroviseurs adaptés, en combinaison ou non avec une caméra.

Bien que les systèmes de détection radar ou à ultrasons soient relativement peu sujets aux défauts, il faut tenir compte de leur sensibilité aux dérèglements. En théorie, les souillures ne posent aucun problème et, dans le cas contraire, sont très faciles à éliminer. Il n'en va pas de même pour les défauts puisque, dans ce cas, le conducteur perd toutes les informations relatives au champ de vision couvert par le dispositif. Il est également plus difficile d'effectuer les éventuelles réparations en déplacement ; l'aide d'un spécialiste peut même être requise, ce qui risque surtout de poser problème en cas de longs trajets à l'étranger. Cependant, en vertu des dispositions légales, un camion doit encore et toujours disposer d'un des deux systèmes précités, même s'il est équipé d'un système de détection radar ou à ultrasons. Ces systèmes font donc logiquement office de complément ou de back-up en cas de défaut.

Un avantage essentiel de ce type de systèmes de détection est que, contrairement aux rétroviseurs ou à la plupart des caméras, ils sont également parfaitement opérationnels dans le noir ou dans des circonstances où un phénomène d'éblouissement peut se produire. Parallèlement à cela, ils permettent aussi de résoudre le problème de déplacement de la zone de danger par rapport aux champs de vision lors de l'exécution d'une manœuvre (semi-remorque en ciseau).

Ce système offre également des avantages pour les usagers de la route qui se trouvent à proximité immédiate du camion. Ceux-ci peuvent, en effet, envoyer un signal d'alerte au camionneur par un simple mouvement de la main (en tapant sur le capteur). En théorie, le système peut, par ailleurs, être doté d'un signal d'avertissement à l'intention de ces usagers (cf. section suivante : systèmes sonores externes).

Tout comme pour les systèmes précédents, l'installation et l'utilisation de ce dispositif sont soumises à une série de conditions essentielles pour pouvoir

fonctionner de manière optimale. Ils doivent notamment être installés et réglés correctement, de manière à réduire au maximum les erreurs de détection.

En outre, le conducteur du véhicule doit être formé à l'interprétation exacte des différents signaux pouvant être émis par un système de détection et à y réagir de manière appropriée. Le fait de compléter ce dispositif avec un système sonore externe peut le rendre plus efficace étant donné que ce dernier avertit les usagers se trouvant à proximité et que tout ne dépend donc plus exclusivement de la réaction du camionneur.

Le système Lexguard constitue un exemple de ce type de dispositif.

5.3.2 Utilité en cas d'angles morts

Les systèmes de détection radar ou à ultrasons peuvent être utilisés de multiples façons. Grâce aux éléments qui les composent, ils disposent d'un grand avantage par rapport aux rétroviseurs : les capteurs sont placés à l'extérieur de la cabine où ils ne peuvent obstruer ni réduire le champ de vision du conducteur. À l'instar des caméras, ces systèmes permettent de visualiser de très nombreux angles morts, pour autant que ceux-ci se situent relativement près du véhicule. Ils sont également capables de résoudre le principal problème des rétroviseurs (modification du champ de vision en cas de virage du semi-remorque).

Le principal inconvénient des systèmes de détection radar ou à ultrasons est qu'ils sont surtout actifs aux alentours immédiats du véhicule. Les angles morts qui se situent à une plus grande distance ne peuvent être perçus par les dispositifs actuels. Concrètement, cela signifie qu'ils ne peuvent résoudre la problématique liée à ces angles morts (situés, par ex., à côté ou en oblique à l'avant du véhicule). Ces systèmes doivent donc toujours aller de pair avec des rétroviseurs ou des caméras qui permettent d'avoir un aperçu plus large des alentours du véhicule.

5.4 Systèmes sonores externes

5.4.1 Informations générales

Un système sonore externe est un dispositif qui se déclenche dès que le camionneur a actionné son clignotant à faible vitesse (souvent moins de 30 km/h) ou lorsqu'un système de détection repère un danger dans un angle mort par exemple. Ces systèmes sont exclusivement destinés à avertir l'environnement immédiat du poids lourd d'un danger potentiel et n'ont donc pas pour but d'améliorer le champ de vision du chauffeur dans un angle mort. Par conséquent, il est et reste conseillé de conserver l'un des systèmes prévus par la loi (rétroviseurs ou caméras).

Ces systèmes sont actifs : en cas de danger de se retrouver dans un angle mort, l'environnement immédiat est alerté par un signal sonore clairement audible. Ces dispositifs ne sont pas sensibles aux souillures. Par ailleurs, ils connaissent relativement peu de défauts techniques.

Un inconvénient non négligeable est qu'ils ne fonctionnent que jusqu'à une distance relativement restreinte du véhicule. Ils ne résolvent donc pas la problématique des angles morts situés plus loin. Par ailleurs, les usagers de la route qui se déplacent à proximité immédiate du véhicule doivent (pouvoir) réagir de manière appropriée au signal sonore émis. L'efficacité des systèmes sonores externes dépend donc, en grande partie, de la bonne interprétation du signal par les autres usagers et du fait que ceux-ci quittent la zone de danger.

LISA et bike-beep sont deux exemples de pareils systèmes.

5.4.2 Utilité en cas d'angles morts

Les systèmes sonores externes peuvent être utilisés pour avertir les usagers de la route se trouvant dans les angles morts situés à proximité immédiate du camion. En principe, ces dispositifs peuvent être actifs tout autour du véhicule. Pour les problèmes d'angle mort liés aux manœuvres à droite du camion, les usagers peuvent, par exemple, être avertis jusqu'à ce qu'une certaine vitesse soit atteinte et que les clignotants soient actionnés.

Pour l'angle mort situé à l'arrière, l'utilisation d'un système sonore externe permet d'attirer l'attention des autres usagers sur les éventuelles manœuvres de marche arrière effectuées par le poids lourd.

Dans le cas d'angles morts liés aux manœuvres à gauche ou à droite, le système sonore externe sert essentiellement à avertir les autres usagers avant que le véhicule concerné ne commence à manœuvrer.

5.5 Autocollants informatifs

5.5.1 Informations générales

Des autocollants informatifs, affichant un message de danger lisible et univoque à l'intention des autres usagers, peuvent être apposés à l'extérieur des camions. Ces autocollants sont uniquement destinés à avertir l'environnement immédiat du poids lourd d'un danger potentiel et n'ont donc pas pour but d'améliorer le champ de vision du chauffeur dans un angle mort. Par conséquent, il est et reste conseillé de conserver l'un des systèmes prévus par la loi (rétroviseurs ou caméras).

Ces autocollants ont une fonction exclusivement passive. Les autres usagers de la route doivent, avant tout, (pouvoir) lire ce message avant de changer de position par rapport au camion et se rendre ainsi visibles pour son conducteur. Lorsque les autocollants sont sales ou abîmés, il peut être difficile de les distinguer ou de les lire.

Un inconvénient non négligeable est qu'ils ne fonctionnent que jusqu'à une distance relativement restreinte du véhicule. Ils ne résolvent donc pas la problématique des angles morts situés plus loin.

5.5.2 Utilité en cas d'angles morts

En principe, les autocollants informatifs peuvent être utilisés partout sur ou autour du véhicule. Ils sont uniquement destinés à informer les usagers de la route se trouvant dans les angles morts situés à proximité immédiate du camion. Pour les problèmes d'angle mort liés aux manœuvres à droite, les usagers peuvent, par exemple, être avertis avant que le véhicule concerné ne commence à manœuvrer. Leur efficacité dépend donc, en grande partie, de la lecture, de l'interprétation et de l'application effective, par les autres usagers, de la recommandation figurant sur l'autocollant.

5.6 Conception de la cabine

5.6.1 Informations générales

La conception de base de la cabine peut également améliorer sensiblement le champ de vision du conducteur. La vision directe est la vision la plus aisée et la plus naturelle. Elle réduit, par conséquent, le risque d'erreurs. Par ailleurs, les autres usagers ont une meilleure vue du conducteur, ce qui simplifie le contact visuel. Les améliorations possibles de construction de la cabine sont :

- montants A plus fins ou dédoublés
- assise plus basse (cabine placée plus bas, autre configuration moteur/cabine)
- pare-brise plus bas (ou vitre avant droite moins haute)
- vitre latérale supplémentaire dans le bas de la portière droite
- vitre latérale supplémentaire dans le bas de la portière gauche
- vitre latérale supplémentaire (en bas) derrière la portière droite

Pour effectuer leurs livraisons, les camions (tels les semi-remorques) destinés au transport sur de longues distances empruntent également des routes urbaines et communales. Ces véhicules sont conçus de manière à offrir le plus grand volume de chargement possible : par conséquent, la cabine est située au-dessus du moteur. Bien que ce type de construction puisse présenter certains avantages pour la sécurité du chauffeur en cas de collision frontale (recul limité de la cabine lors de l'impact avec le véhicule qui précède), il ne favorise pas la sécurité en milieu urbain. En ville, cette disposition nuit à la visibilité. La sécurité passive sur routes ouvertes est donc en conflit avec la sécurité en milieu urbain.

5.7 Autres solutions : carénage latéral et frontal

5.7.1 Informations générales

Outre les systèmes dont l'objectif est d'éviter les accidents dus à l'angle mort, les solutions qui améliorent l'issue des éventuelles collisions dues aux angles morts latéraux méritent également qu'on leur prête attention. Concrètement, nous pensons ici aux carénages latéraux des poids lourds où nous distinguons deux types, à savoir les carénages latéraux ouverts et fermés. Schoon (1994) et Langeveld & Schoon (2004) y ont notamment consacré une étude. En vertu de la législation, tout véhicule immatriculé depuis 1992 doit disposer d'un carénage latéral ouvert (paragraphe 3 de l'article 55 de l'AR du 15 mars 1968 portant règlement général sur les conditions techniques auxquelles doivent répondre les véhicules automobiles et leurs remorques, leurs éléments ainsi que les accessoires de sécurité). Le recours à un carénage latéral fermé pourrait toutefois présenter une série d'avantages supplémentaires (aérodynamisme, moindre risque d'accidents, etc.).

Le fait de masquer les roues par des jupes permet également d'améliorer la sécurité. En cas de virage (à droite), les roues avant tournent et débordent quelque peu de la carrosserie. Un espace ouvert se crée alors entre la roue et le passage de roues, ce qui peut s'avérer dangereux. Les éventuels boulons saillants constituent également un risque. En fermant le passage de roues, on peut réduire ce risque. Cependant, cette solution n'est actuellement appliquée que sur les bus. Au niveau de la construction, il est beaucoup plus aisé et tout aussi utile pour la sécurité des usagers faibles de fermer le passage des roues arrière. Une réduction des éclaboussures d'eau et un meilleur aérodynamisme constituent d'autres avantages de ce système.

Il s'agit, en outre, de tout mettre en œuvre pour empêcher que des usagers ne soient projetés sous l'avant du camion. Le pare-chocs doit, dès lors, être placé suffisamment bas. Par ailleurs, l'avant du véhicule ne peut être équipé d'« accessoires » agressifs tels que « pare-buffles », etc. Contrairement aux voitures, les camions ne disposent pas de capot sur lequel les usagers faibles peuvent rebondir en cas d'impact. Idéalement, le côté avant droit des poids lourds devrait donc être arrondi afin de faire rebondir les victimes latéralement, de leur éviter ainsi d'être écrasées et de réduire le choc subi.



6. Efficacité des diverses mesures

6.1 Types d'accidents et fréquence

Comme déjà précisé ci-avant (chapitre 2, Graphique 3), la Belgique ne dispose pas, pour l'instant, de données suffisamment détaillées. Les seules informations fiables que l'on peut tirer des statistiques d'accidents concernent les accidents de poids lourd où un camion tournant à droite entre en conflit avec un usager faible (Martensen, 2009). L'analyse réalisée par Martensen montre qu'entre 1997 et 2007, il n'y a pas eu d'amélioration notable.

Cette constatation pourrait entraîner la remise en question de l'efficacité des différents systèmes actuellement utilisés. A noter cependant que la législation qui règle l'usage de rétroviseurs ou de caméras n'est entrée en vigueur qu'en 2003 et n'est appliquée, dans la pratique, qu'aux camions qui ont passé un premier contrôle en 2003. On ne peut donc partir du principe que le parc de véhicules est largement équipé des systèmes techniques les plus récents. Pour pouvoir se prononcer en la matière, il est indispensable d'avoir un aperçu correct du niveau d'équipement actuel des véhicules concernés et de l'incidence des différentes sortes d'accidents dus à l'angle mort.

Les Pays-Bas disposent d'une analyse plus détaillée des zones où le problème de l'angle mort est à l'origine d'accidents mortels (Buck Consultants International, 2006). Les données contenues dans les archives du « Adviesdienst Verkeer en Vervoer » ont révélé que la majorité des accidents mortels ont eu pour point d'impact le flanc droit du véhicule et, plus précisément, l'avant droit du véhicule. Niewöhner et Berg (2004) sont arrivés à des constatations similaires. Une étude de littérature générale montre qu'une majeure partie des accidents dus à l'angle mort implique un camion tournant à droite. Une autre étude approfondie consacrée aux accidents dus à l'angle mort révèle que, dans 57 % des accidents avec des véhicules tournant à droite, le premier point d'impact se situe à l'avant du véhicule.

Partant de là, il semble logique d'affirmer que les systèmes qui concernent ces zones du véhicule sont les plus efficaces dans la pratique. Cela dit, comme tous les systèmes proposés peuvent être appliqués à ces endroits du véhicule, de plus amples informations sont nécessaires pour pouvoir distinguer l'efficacité des différentes mesures proposées.

6.2 Attrait économique et efficacité

Un tel aperçu peut être basé sur deux approches, à savoir, d'une part, une évaluation qui tient compte du coût des installations et du gain éventuel (analyses coût-bénéfice) et, d'autre part, une évaluation qui tient compte uniquement de l'impact réel d'un système donné, tel qu'il peut être mesuré en termes d'accidents ou tel qu'il peut être constaté chez les utilisateurs finaux.

6.2.1 Efficacité

Les données relatives aux accidents dus à l'angle mort telles que présentées par Martensen (2009) soulèvent certaines questions quant à l'efficacité des systèmes anti-angle mort. Apparemment, ces systèmes n'ont pas encore atteint l'effet souhaité. Outre le fait qu'ils ne sont pas encore fréquemment utilisés, ceci peut également être imputable à d'autres facteurs, de nature humaine. L'utilisation, dans la pratique, des systèmes précités, a fait l'objet de diverses études pertinentes décrites ci-après.

L'étude la plus détaillée a été réalisée par Buck Consultants International (2006) et consistait à analyser différents systèmes dans la pratique. Plusieurs systèmes concurrents de rétroviseurs et de caméras et de systèmes de détection radar ou à ultrasons ont ainsi été comparés entre eux. Lors de l'enquête, les camionneurs ont déclaré que ces trois types de systèmes permettaient chacun d'éviter (près de) 40 à 50 % des situations dangereuses dues à des objets passés inaperçus.

Cette première étude a été suivie d'une seconde, réalisée par le « Ministerie van Verkeer en Waterstaat » (Buck Consultants International 2007), où l'accent portait exclusivement sur les systèmes destinés à améliorer la vision de l'angle mort à l'avant des camions, à savoir les rétroviseurs et les caméras. Les résultats obtenus se sont avérés similaires aux premiers, avec comme principal élément supplémentaire une légère préférence avouée des camionneurs pour les caméras. Cette préférence pourrait encore se renforcer à l'avenir, en cas de mise en service de combinés poids lourds (Hagen et al., 2006). Cela dit, il est également apparu que les chauffeurs n'utilisent que modérément les systèmes de champ de vision proposés. Apparemment, une utilisation efficace de ces systèmes est fortement liée au facteur humain.

Des constatations similaires ont été faites par Brouwer (et al. 2000). Outre une légère préférence pour les caméras par rapport aux rétroviseurs, il a également remarqué l'importance d'une installation correcte. Il est essentiel, pour ce faire, de disposer de l'espace physique nécessaire. Ceci pose surtout problème pour les rétroviseurs. Le réglage correct des champs visuels est, lui aussi, primordial et requiert une attention particulière de la part des camionneurs. Un réglage imparfait des rétroviseurs ou des caméras nuit à leur efficacité. Par ailleurs, les chauffeurs de poids lourd constatent fréquemment que des facteurs externes peuvent avoir un impact non négligeable sur l'utilisation des systèmes. Des problèmes de vibrations, de pollution, de buée, etc. réduisent l'efficacité des rétroviseurs ou des caméras.

L'élargissement de l'angle mort situé à l'avant droit du véhicule et des problèmes récurrents lors du réglage correct des rétroviseurs sont quelques-uns des inconvénients spécifiques aux rétroviseurs. Il suffit d'un contact

minime avec le rétroviseur externe pour que ce dernier se dérègle. Ces problèmes ne se sont pas posés avec les caméras qui présentent, toutefois, un problème relevant du domaine humain, en ce sens que le moniteur doit toujours fournir une image suffisamment contrastée et que sa position dans la cabine est essentielle. L'utilisateur final doit passer le moins de temps possible à consulter une source d'information complémentaire afin de pouvoir se concentrer au maximum sur la tâche de conduite.

Les camionneurs, pour leur part, doivent veiller à utiliser correctement les différents systèmes. A noter que l'usage de systèmes passifs qui n'émettent pas de signal d'alarme à l'intention des conducteurs ou des autres usagers représente une phase supplémentaire dans la tâche de conduite du conducteur. En cas d'utilisation incorrecte, les accidents « looked but failed to see » risquent de se produire plus souvent (Vargas-Martin & Garcia-Perez, 2005; Koustanai et al., 2008).

Sur le plan de l'efficacité, la préférence pourrait donc aller aux systèmes actifs qui envoient un signal d'alarme aux conducteurs ou aux autres usagers. Ce signal permettrait d'avertir à temps les conducteurs qui n'utilisent pas correctement les rétroviseurs ou les caméras et ne perçoivent donc pas certaines informations cruciales situées dans les angles morts. Dans cette optique, les systèmes actifs de détection radar ou à ultrasons constituent une piste non négligeable pour l'avenir. Non seulement, ils sont robustes (pollution et dégâts) mais ils représentent également le moyen le plus simple d'alarmer les camionneurs. Si l'on recherche une solution de basse technologie, on pourrait opter pour un système d'avertissement couvrant les zones entourant le véhicule en complément aux systèmes existants.

Ce même raisonnement vaut également pour la distinction entre carénages latéraux ouverts ou fermés (Schoon, 1996). Même s'il n'est pas possible de chiffrer exactement les avantages d'une protection latérale fermée pour les différents types d'accidents dus à l'angle mort, les chauffeurs déclarent que, dans la pratique, ce type de carénage présente certains atouts (meilleure visibilité par temps de pluie car moins d'eau qui gicle, facilité d'utilisation, frais réduits de carburant grâce à un meilleur aérodynamisme, etc.).

6.2.2 Coût-bénéfice

Au niveau du rapport coût-bénéfice, on dispose d'une analyse relativement détaillée dans Langeveld et Schoon (2004). Il ressort de leur étude que les rétroviseurs présentent le meilleur rapport coût-bénéfice, suivis des caméras puis respectivement des systèmes de carénages (jupes) latéraux ouverts et fermés pour les camions. Pour ce qui concerne les carénages latéraux, on notera que ce rapport semble plus intéressant lorsque les carénages latéraux fermés sont de série sur les tracteurs que lorsqu'ils doivent être installés ultérieurement (Schoon, 1996).


La transposition des résultats de Langeveld et Schoon (1996) à la Belgique doit toutefois faire l'objet de deux restrictions. Primo, cette étude s'appuie sur le point de vue des Pays-Bas et les calculs sont basés sur le degré de pénétration des différentes mesures tel qu'il a été évalué en 2001. A noter que la législation néerlandaise n'est pas entrée en vigueur en même temps que la législation belge et que ce degré de pénétration ne correspond pas forcément à celui de la Belgique. Secundo, toutes les possibilités de mesures commentées ci-avant ne sont pas reprises dans l'étude. Il s'agit donc de faire preuve d'une certaine réserve lors de la transposition des résultats.

A noter, par ailleurs, que l'analyse coût-bénéfice de tels systèmes est fortement tributaire du fonctionnement du marché et du coût de tels systèmes. Actuellement, les systèmes technologiques complexes sont assez coûteux.

Ceci est surtout dû au fait que ces systèmes ne sont pas encore répandus sur le marché. Une production à plus grande échelle de ces systèmes permettrait sans doute d'en réduire le coût. Ceci peut avoir un impact important sur l'analyse coût-bénéfice.

Pour ce qui concerne les autres solutions abordées dans ce rapport, il s'avère assez difficile d'évaluer correctement leur efficacité. Les autocollants sont très bon marché mais reste à savoir s'ils peuvent contribuer à résoudre le problème. Les systèmes sonores externes destinés à prévenir les usagers se trouvant à proximité du véhicule sont aussi relativement peu coûteux mais on ignore également s'ils représentent une solution en la matière.

7. Conclusion



Lors de l'analyse des différentes solutions techniques destinées à résoudre le problème de l'angle mort, il importe de tenir compte des nombreuses facettes de cette problématique. Non seulement les systèmes proposés varient fortement au niveau du type (actifs ou passifs; évolués ou primitifs; préventifs ou réduisant l'impact), mais il s'avère, par ailleurs, très difficile de trouver une solution permettant d'éliminer de manière satisfaisante tous les angles morts (rapprochés ou éloignés, devant ou derrière le véhicule).

La diversité des solutions techniques proposées reflète la complexité des accidents liés à l'angle mort. Certains problèmes sont typiques pour un véhicule qui manœuvre lentement tandis que d'autres sont caractéristiques pour les véhicules qui circulent sur autoroute. Il va sans dire que l'analyse des différentes techniques et le choix de solutions adaptées doit se faire de manière très nuancée.

Outre les problèmes pouvant se poser lors de l'analyse des solutions techniques proprement dites, il faut également tenir compte de la situation concrète dans laquelle cette solution technique est appliquée et du cadre légal actuellement en vigueur. Il s'agit, à chaque fois, d'examiner si la meilleure solution du point de vue technique l'est également du point de vue pratique. Ce n'est pas parce qu'un rétroviseur représente, en théorie, une solution simple et élégante qu'il sera utilisé correctement dans la pratique par le chauffeur. Idem pour un dispositif à caméra-moniteur qui semble idéal en théorie mais n'exclut pas certaines erreurs d'utilisation.

Précisons, par ailleurs, que les solutions les plus modernes pour résoudre le problème de l'angle mort n'ont été introduites que très récemment dans la pratique. Les dernières évolutions, qui sont d'ailleurs les premières à proposer une approche plus ou moins intégrale de cette problématique, ne sont appliquées que depuis 2003. Ceci explique la difficulté de trouver des études suffisamment détaillées et complètes décrivant l'efficacité de tels systèmes.

Si l'on tient compte des éléments pratiques abordés dans les différentes études, on constate que les dispositifs à caméra-moniteur sont potentiellement plus efficaces que les rétroviseurs. Cette efficacité s'explique, en grande partie, par

la présence d'un facteur humain essentiel pour un usage correct des moyens d'assistance proposés. Cela dit, si l'on se base sur le rapport coût-efficacité tel que défini dans les différentes études, ce sont les rétroviseurs qui l'emportent sur les caméras comme moyens techniques permettant d'éviter les accidents les plus fréquents dus à l'angle mort. Les systèmes d'avertissement actifs complètent efficacement les rétroviseurs ou les caméras et permettent de prévenir effectivement le chauffeur du véhicule ou son entourage d'un éventuel danger.



8. Références

Brouwer, R.F.T., Martens, M.H., & Vos, A.P. de (2000). *Praktijkproef met zichtveldverbeteringssystemen voor vrachtauto's*. Nederland, Soesterberg: TNO Technische Menskunde, 78 p.

Buck Consultants International (2003). *Evaluatie en praktijkproef DEARTRUCK: Test rapport systemen*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Goederenvervoer. Nederland, Nijmegen: BCI, 68 p.

Buck Consultants International (2007). *Demonstratieproject voor camera's en vooruitkijkspiegels*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Nederland, Nijmegen: BCI, 39 p.

Fietsersbond (2006). *Preventiegids voor fietsers. 10 Preventietips voor de woon-werkfietser*. België, Berchem: de Fietsersbond VZW, 32 p.

Flannagan, M.J., & Sivak, M. (2003). Framing effects on distance perception in rear-vision displays. In *SAE Special Publication, SP-1787: lighting technology*. USA, Warrendale: SAE International, p 33-40.

Hagen, G., Götz, N.A., Lieshout, R.B.T., & Rodenberg, F.A. (2006). *Monitoringsonderzoek vervolgproef LZV: Resultaten van de vervolgproef met langere of langere en zwaardere voertuigcombinaties op de Nederlandse wegen*. Rapport in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Nederland, Arnhem: Arcadis, 116 p.

Kampen, L.T.B. van, & Schoon, C.C. (1999). *De veiligheid van vrachtauto's. Een ongevals- en maatregelenanalyse in opdracht van Transport en Logistiek Nederland*. Rapport R-99-31. Nederland, Leidschendam: SWOV, 106 p.

Koustanai, A., Boloix, E., Elslande, P. van, & Bastien, C. (2008). Statistical analysis of "looked-but-failed-to-see" accidents: Highlighting the involvement of two distinct mechanisms. In *Accident Analysis and Prevention, Vol 40*, p 461-469.

Langeveld, P.M.M., & Schoon, C.C. (2004). Kosten-batenanalyse van maatregelen voor vrachtauto's en bedrijven. Rapport R-2004-11. Nederland, Leidschendam: SWOV, 60 p.

Luoma, J., Flannagan, M.J., & Sivak, M. (2000). Effects of nonplanar driver-side mirrors on lane change crashes. Rapport UMTRI-2000-26. USA, Michigan: The University of Michigan Transportation Research Institute, 16 p.

Martensen, H. (2009). Accidents impliquant au moins un camion. Belgique, Bruxelles : BIVV/IBSR – Observatoire belge pour la Sécurité Routière.

Niewöhner, W., & Berg, F.A. (2004). Gefährdung von Fussgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende LKW. Rapport F54. Duitsland, Stuttgart: Dekra Automobil GmbH & Bundesanstalt Für Strassenwesen, 84 p.

Schoon, C.C. (1996). Praktijkonderzoek zijafscherming voor vrachtauto's. Rapport R-96-24. Nederland, Leidschendam: SWOV, 99 p.

Schoon, C.C. (2006). Problematiek rechtsafslaande vrachtauto's. Rapport R-2006-2. Nederland, Leidschendam: SWOV, 27 p.

Theeuwes, J., Vos, A.P. de, Snel, R., Munster, A.J. van, Linden, R.P.J. van der, & Kusters, L.J.J. (1998). Verbetering van de zichtsvelden voor chauffeurs van vracht- en bestelauto's. Rapport 98.OR.NT.002.2/LKU. Nederland, Delft: TNO Wegtransportmiddelen, 73 p.

Vargas-Martin, F., & Garcia-Perez, M.A. (2005). Visual fields at the wheel. In *Optometry and Vision Science*, Vol 82(8), p 675-681.

FIGURES

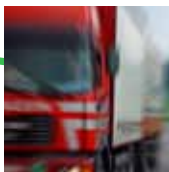
Graphique 1: Présentation schématique des champs de vision autour d'un camion. Les dispositions mentionnées dans les directives européennes ne sont pas indiquées. 6

Graphique 2: aperçu du nombre d'accidents corporels, de décédés 30 jours, de blessés graves et de blessés légers dans des accidents liés à l'angle mort, où un camion tournant à droite et un usager faible entrent en conflit. 8

Graphique 3: Représentation schématique des angles morts sur la base d'une maquette de l'IBSR, conformément à la législation récente. 13

TABLEAUX

Tableau 1: Aperçu des problèmes de visibilité et des manœuvres problématiques selon Theeuwes (Theeuwes et al., 1998) et Kampen & Schoon (1999). 13



Institut Belge pour
la Sécurité Routière

[jesuispour.be](https://www.jesuispour.be) »