

Dossier thématique n° 2018 - T - 06 - FR

Conducteurs et passagers en voiture

Dossier thématique Sécurité routière n°19

Conducteurs et passagers en voiture

Dossier thématique Sécurité routière n°19

Rapport de recherche n° 2018 - T - 06 - FR

Auteurs : Julien Leblud, Philip Temmerman et Annelies Schoeters

Éditeur responsable : Karin Genoe

Éditeur : Institut Vias – Centre de Connaissance Sécurité Routière

Date de publication : 12/10/2018

Dépôt légal : D/2018/0779/43

Veuillez référer au présent document de la manière suivante : Leblud, J. Temmerman, P. & Schoeters, A. (2018). Dossier thématique Sécurité routière n° 19 Conducteurs et passagers en voiture. Bruxelles, Belgique : Institut Vias – Centre Connaissance de Sécurité Routière

Dit rapport is eveneens beschikbaar in het Nederlands onder de titel: Themadossier Verkeersveiligheid nr. 19. Bestuurders en passagiers van personenwagens.

This report includes a summary in English.

Cette recherche a été rendue possible par le soutien financier du Service Public Fédéral Mobilité et Transports.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les personnes suivantes pour leur précieuse contribution à la rédaction de ce dossier thématique :

- Jean-Christophe Meunier, Ludo Kluppels, Aline Delhayé, Myrtille Dewulf et Wouter Van den Berghe (institut Vias), relecteurs internes de ce dossier thématique ;
- Thierry Hermitte (LAB, France), relecteur externe de ce dossier thématique ;
- Le bureau « Dynamics Translations » pour la traduction du rapport en néerlandais et le résumé en anglais.

La responsabilité concernant le contenu de ce projet exploratoire incombe exclusivement aux auteurs.

Table des matières

Liste des tableaux et figures	6
Liste des abréviations	8
Résumé	10
Summary	12
1 Les voitures et la sécurité routière	14
1.1 Types de voitures et d'occupants	14
1.2 Participation à la circulation	16
1.3 Ampleur du problème	18
1.4 Risque	22
1.4.1 Risque relatif pour l'occupant d'une voiture en Belgique	22
1.4.2 Risque relatif pour les différents types d'utilisateurs de la voiture	23
1.4.3 Risques pour soi-même par rapport aux risques pour les autres usagers	24
1.5 Scénarios principaux d'accidents	24
1.6 Facteurs de risque et causes des accidents de voiture	26
1.6.1 Genre	26
1.6.2 Âge	26
1.6.3 Passagers	28
1.6.4 Comportement	28
1.6.5 Infrastructure	31
1.6.6 Véhicule et dysfonctionnement	33
2 Réglementation en Belgique	36
2.1 Définition et prescriptions techniques	36
2.2 Aspects administratifs	36
2.2.1 Assurance	36
2.2.2 Enregistrement	36
2.2.3 Permis de conduire	36
2.3 Homologation d'un véhicule	36
2.4 Contrôle technique	37
2.5 Code de la route	37
2.5.1 Sièges Enfants	38
2.5.2 Remorques	38
3 Chiffres-clés en Belgique	40
3.1 Exposition	40
3.2 Évolution du nombre de victimes de la route	41
3.3 Caractéristiques des victimes	42
3.4 Lieu des accidents	43
3.5 Moment des accidents	44
3.6 Type d'accidents	45
3.7 Comparaison européenne	47
4 Mesures	49
4.1 Comportement	50

Institut Vias	5
4.1.1 Apprentissage et formations	50
4.1.2 Législation et Contrôle	51
4.1.3 Campagnes	51
4.2 Infrastructure	52
4.2.1 Voies indulgentes	52
4.2.2 Gestion structurelle de la vitesse	52
4.3 Technologie du véhicule	53
4.3.1 Sécurité active	53
4.3.2 Sécurité passive	57
Autres sources d'information	60
Références	61

Liste des tableaux et figures

Tableau 1 : Type de véhicules automobile selon la classification européenne.	15
Tableau 2 : Évolution du nombre de véhicules-km en fonction des Pays de l'Union Européenne (en millions de veh.km), ainsi que la taille totale du réseau routier. Les pays dont les données sont indisponibles sont absents de ce tableau.	18
Tableau 3 : Risques d'être grièvement blessé ou tué dans la circulation selon le mode de déplacement	23
Tableau 4 : Risque relatif : risque pour les différents usagers de la route d'être grièvement ou mortellement blessés, par rapport aux autres types d'usagers de la route (2007-2011)	23
Tableau 5 : Répartition de la gravité des accidents de voiture en fonction des différents scénarios types. KSI = nombre de personnes décédées ou sévèrement blessées.	24
Tableau 6 : Caractéristiques des accidents de voiture en fonction des différents scénarios. Source : Hermite (2016).	25
Figure 1 : Fardier de Cugnot, premier engin considéré comme une automobile, en 1769, conservée au Musée des Arts et Métiers, Paris.	14
Figure 2 : La Ford T (1908), la première voiture considérée comme voiture de grande série.	14
Figure 3 : Voitures utilisées dans le monde en 2014.	16
Figure 4 : Taux de motorisation dans le monde (véhicules / 1000 Habitants). Les pourcentages correspondent à l'évolution 2005 – 2015.	17
Figure 5: Nombre de décès lors d'accidents de voitures et de tous les accidents de la route, de 2006 à 2015 en Europe.	19
Figure 6 : Évolution du nombre de tués à bord d'une voiture dans différents pays d'Europe, 2007-2015.	20
Figure 7 : Diminution relative (en %) des décès suite à des accidents de voiture en Europe entre 2010 et 2016. Les * correspondent aux pays ayant fournis des chiffres prévisionnels pour 2016.	20
Figure 8 : Pourcentage de décès en voiture par rapport à tous les décès sur route, par pays, ainsi que la moyenne Européenne en 2001 et 2012. Les valeurs représentent la moyenne 2010-2012.	21
Figure 9 : Répartition des décès suite à des accidents de voiture en fonction des différents types de routes.	21
Figure 10 : Type de lésion constatée lors d'un accident de voiture en fonction de sa gravité sur l'échelle AIS. Les pourcentages en rouge correspondent aux accidents les plus graves (AIS3+).	22
Figure 11 : Répartition de la gravité des accidents corporels (entre l'usager et l'opposant) selon le type d'usager de la route (Nombre de décès pour 1000 accidents) en 2016.	24
Figure 12: Décès lors d'accidents de voitures dans différents types d'accidents en Europe en 2010.	26
Figure 13 : Décès en voiture en Europe en fonction du genre et de la position (conducteur ou passager), classé par le score de conducteurs masculins décédés. Les valeurs correspondent à la moyenne 2010-2012.	26
Figure 14 : Fréquence prédite d'accidents en fonction de l'âge du conducteur et de son expérience.	27
Figure 15 : Proportion d'accidents et d'accidents corporels en fonction de l'âge du conducteur en Belgique(2010).	27
Figure 16 : Hommes et femmes décédés en voiture en Europe en 2001 et en 2011 en fonction de l'âge.	28
Figure 17 : Courbe exponentielle ajustée sur les données d'accidents.	29
Figure 18: Risque relatif d'un accident fatal en fonction du taux d'alcoolémie et de l'âge du conducteur.	30
Figure 19 : Distance de freinage en fonction du type de revêtement.	32
Figure 20 : Nombre relatif d'accident en fonction du coefficient de friction de la route.	33
Figure 21 : Exemple d'une voiture mal conçue pour les accidents frontaux: l'habitacle se déforme complètement sous le choc.	34
Figure 22 : Évolution du trafic routier effectué en Belgique depuis 1985 , par type de carburant.	40
Figure 23 : Évolution du nombre des occupants de voitures qui sont victimes et décédés 30 jours, 1991-2017, séparée entre les conducteurs et les passagers.	41
Figure 24 : Évolution du nombre de victimes en fonction des différents moyens de transport (index 100 = 1991).	41
Figure 25 : Nombre des occupants de voitures qui sont victimes par 100.000 habitants en fonction de l'âge et du genre, séparée entre les conducteurs et les passagers, 2017.	42
Figure 26 : Gravité des accidents de voiture en fonction de la région et du type de route, 2016-2017.	43
Figure 27 : Répartition de l'implication dans des accidents mortels et de la présence sur la route, par catégorie d'âge du conducteur de voiture, selon la période de la semaine, 2016-2017.	44
Figure 28 : Répartition des accidents impliquant une voiture au cours des heures de la semaine, en fonction du type d'accidents, 2015-2017.	45

Figure 29 : Répartition du nombre d'accidents corporels impliquant une voiture selon le type de la première collision, par type de route, 2017. _____	45
Figure 30 : Nombre et part des accidents corporels selon les « partenaires conflictuels » (de la première collision) (2013) _____	46
Figure 31 : Nombre de décès dans un accident de voiture par millions d'habitants en Europe, 2016. _____	47
Figure 32 : Sentiment subjectif de sécurité en tant que conducteur et passager de voiture dans 17 pays européens en 2015. _____	48
Figure 33 : Approche Système Sûr. 4 axes de bases : les routes sûres, les vitesses sûres, les usagers sûrs et les véhicules sûrs. _____	50
Figure 34 : Ordinateur de bord présent dans une BMW E30 en 1988. Il indiquait déjà à l'époque, par exemple, un défaut d'ampoules de frein, un défaut des phares avant ou arrière, un manque d'huile, un manque de liquide lave-glace, etc... _____	53
Figure 35 : Explication du fonctionnement de l'ESP en cas de sous virage (les roues avant glissent à l'extérieur du virage) et survirage (les roues arrière glissent vers l'extérieur du virage). _____	54
Figure 36 : Zone d'angle mort dans la vision d'un conducteur. _____	56
Figure 37 : Illustration des essais principaux lors des évaluations Euro NCAP. _____	57
Figure 38 : Effets attendu du port de la ceinture de sécurité en termes de réduction des décès selon le type de choc. _____	58
Figure 39 : Illustration d'airbags frontaux (à gauche) et latéraux (à droite). _____	59

Liste des abréviations

Pays européens selon la notation Eurostat

<i>Abréviation</i>	<i>Pays</i>
AT	Autriche
BE	Belgique
BG	Bulgarie
CH	Suisse
CY	Chypre
CZ	Tchéquie
DE	Allemagne
DK	Danemark
EE	Estonie
EL	Grèce
ES	Espagne
FI	Finlande
FR	France
GB	Grande Bretagne
HU	Hongrie
HR	Croatie
IE	Irlande
IL	Israël
IT	Italie
LT	Lituanie
LU	Luxembourg
LV	Lettonie
MT	Malte
NL	Les Pays-Bas
NO	Norvège
PL	Pologne
PT	Portugal
RO	Roumanie
RS	Serbie
SE	Suède
SI	Slovénie
SK	Slovaquie
TR	Turquie
UK	Royaume-Uni

Abréviations du document

ABS : Anti lock braking system : système d'anti blocage des roues

ACC : Automatic cruise control : régulateur de vitesse automatique

ADAS : Advanced Driver-Assistance Systems : système d'aide à la conduite

AEB : Automatic Emergency Braking: Système de freinage automatique d'urgence

AIS : Abbreviated Injury Scale : Système de codage (basé anatomiquement) créé par l'Association for the Advancement of Automotive Medicine. L'objectif est de classer et de décrire la sévérité des blessures. Ils s'agit de l'échelle anatomique la plus communes pour les blessures traumatiques

BSS : Blind Spot System : Système détecteur d'angle mort

ESC : Electronic Stability Control : Contrôle électronique de stabilité

Euro NCAP : Le European New Car Assessment Program, c'est-à-dire le « Programme européen d'évaluation des nouveaux véhicules »,

KSI : Killed or severely injured : Tués ou sévèrement blessés

MAIS : Maximum Abbreviated Injury Scale: Echelle de blessures abrégée au maximum

Résumé

Le véhicule automobile (la « voiture ») est depuis longtemps un mode de transport extrêmement courant dans le monde entier. En 2014 en effet, on estimait à près d'un milliard le parc automobile mondial de voitures, réparties pour la majorité en Europe, aux États-Unis et en Chine. En Europe, on comptait en 2014 environ 579 voitures pour 1000 habitants.

Bien entendu, avec une telle utilisation de ce mode de transport, force est de constater que bon nombre d'accidents mortels se passe à bord d'une voiture. En 2014, 45% des accidents mortels sur nos routes se sont produits à bord d'une voiture. Néanmoins, on observe une diminution progressive constante d'environ 7% par an en Europe des décès en voiture. De ce fait, la proportion des tués dans des accidents de voiture a un peu diminué par rapport aux décès dans les autres moyens de transport.

En général en Europe, les accidents graves et/ou mortels se passent sur les routes rurales, et entraînent principalement des blessures pour ces occupants au thorax (26% des accidents graves), à la tête (21% des accidents graves) et aux jambes (20% des accidents graves).

La voiture, comparée aux autres moyens de transport routier, est un mode de transport relativement sûr en termes de décès et de blessures graves dans un accident (57 fois plus sûr que les motos, 23 fois plus sûr que les vélos et 8 fois plus sûr que les piétons). Les causes des accidents de voiture peuvent être divisées en 3 catégories : le comportement, l'infrastructure et le dysfonctionnement du véhicule. Du point de vue du comportement, sans surprise, la vitesse inadaptée, la conduite sous influence d'alcool et/ou de drogues, le non port de la ceinture, la distraction et la fatigue sont des facteurs déterminants dans le risque d'accident. Du côté de l'infrastructure, la revue de la littérature a permis de montrer qu'une mauvaise adhérence pouvait entraîner des accidents. De plus, les obstacles et particulièrement les zones de travaux peuvent se révéler être des facteurs accidentogènes. Enfin, concernant l'état du véhicule, la revue de la littérature a mis en évidence qu'un défaut de maintenance du véhicule pouvait être un facteur d'accident, et qu'une voiture avec un faible score Euro NCAP augmentait significativement le risque de lésions graves.

L'analyse des chiffres clés en Belgique a permis de mettre en évidence que l'utilisation de la voiture a quasiment doublé entre 1985 et 2010, passant de 45 milliards de kms parcourus sur nos routes à plus de 80 milliard de kms. Depuis 2010, nous sommes arrivés à un plateau, correspondant sans doute à la saturation de notre infrastructure routière. Durant la même période, le nombre de victimes et de décès dans les accidents de voiture n'a cessé de diminuer. En effet, on comptait plus de 1144 décès par an en 1991, et nous sommes passés à 288 décès en 2017 (baisse de 75%). La voiture est donc un mode de transport plus sûr qu'auparavant.

L'âge et le genre semblent jouer un rôle très important dans le risque d'accident de voiture. En effet, le pic du nombre de victimes chez les automobilistes se situe entre 20 et 29 ans, avant de diminuer avec l'âge. Les hommes et les femmes suivent une tendance similaire. Nous notons néanmoins qu'il y a plus de conducteurs masculins victimes que de femmes parmi les 20 à 29 ans ainsi que parmi les plus de 60 ans. La tendance est inversée chez les passagers, plus de passagers sont des victimes féminines. La répartition entre les victimes décédées semble différente: en 2017, il y a eu 288 décès sur la route parmi les occupants de la voiture, dont 226 conducteurs et 62 passagers.

La gravité des accidents (en termes de nombre de décès pour 1000 accidents de voiture) a été comparée entre les Régions et les types de routes. La gravité globale est plus grande en Wallonie sur les routes ordinaires en dehors des zones urbaines, et sur les autoroutes. Dans les agglomérations également, la gravité des accidents est plus importante en Wallonie qu'en Flandre ou à Bruxelles.

L'analyse du moment où l'accident s'est produit montre que les jeunes automobilistes âgés de 18 à 25 ans sont surreprésentés dans les accidents mortels à chaque moment de la semaine. Nous constatons la même chose chez les personnes de 26 à 39 ans pour les accidents survenant la nuit et durant le week-end. D'autre part, en semaine, on observe une légère surreprésentation des plus de 55 ans dans les accidents mortels.

Enfin, les différents types possibles d'accidents de voiture ont été quantifiés : dans 17% des collisions, il n'y a pas de partie adverse. La plupart des accidents impliquent une collision latérale (36%) ou une collision arrière (20%). Dans 10% des cas, il s'agit d'une collision frontale et dans 10% des cas une collision avec un piéton. La dangerosité peut être calculée comme le nombre de décès ou de personnes sévèrement blessées (*"Killed or severely injured"*, KSI) par 100 véhicules impliqués. À la lumière de ces différents scénarios, on constate que les plus dangereux sont les retournements et embardées, avec 60 KSI par 100 véhicules.

Viennent ensuite les impacts frontaux avec 24 KSI pour 100 véhicules et les impacts latéraux avec 22 KSI par 100 véhicules.

Les différents pays européens ont été comparés en fonction du nombre de décédés 30 jours par million d'habitants. On constate que cet indicateur varie fortement entre les différents partenaires Européens. En effet, on passe de 9 tués par an et par millions d'habitant en Suisse jusqu'à 40 en Roumanie. La Belgique, quant à elle, se trouve dans la moyenne haute avec 29 tués par millions d'habitants en voiture. Par ailleurs, le sentiment subjectif de sécurité routière a lui aussi été comparé (sur une note de 10 ; 0 correspondant à "très dangereux" et 10 à "très sûr"). Les résultats montrent que les automobilistes belges (6,5) se sentent moins en sécurité que la moyenne européenne (7,2). Ce n'est qu'en France et en Pologne que le sentiment subjectif d'insécurité est le plus grand. Le sentiment subjectif de sécurité des passagers en Europe est en moyenne de (6,7). En Belgique, le sentiment subjectif de sécurité des passagers est de 6,5, il se rapproche davantage de la moyenne européenne.

Pour améliorer la sécurité routière des occupants de voiture, il faut donc travailler sur les 3 facteurs de risques : le comportement, l'infrastructure et le véhicule. Pour le comportement, les mesures qui se sont avérées efficaces sont la formation à la conduite et à la perception des risques, la législation et le contrôle stricte des comportements à risques (contrôles de vitesses, alcoolémie au volant, ceinture de sécurité). Les campagnes de sensibilisations aux comportements à risques et aux bonnes pratiques en matière de conduite jouent également un rôle positif sur la sécurité des occupants de voitures, à condition qu'elles soient couplées à des contrôles. Concernant l'infrastructure, l'effort doit être mis sur les voies indulgentes, c'est-à-dire les routes qui entraîneront le minimum de dégâts en cas d'accidents (présence d'accotement, de glissières de sécurité), mais aussi la gestion dynamique de la vitesse qui permet d'optimiser la sécurité routière. Enfin, concernant la technologie du véhicule, d'innombrables avancées technologiques ont permis d'améliorer la sécurité passive et active des voitures actuelles. En termes de sécurité active, citons le système de freinage ABS, le contrôle de trajectoire, l'automatisation de certaines tâches (régulateur de vitesse adaptatif) et la visibilité des véhicules (feux de jour et contrôle d'angle mort des rétroviseurs). En termes de sécurité passive, qui vise à diminuer les conséquences de l'accident, citons les évaluations Euro NCAP (a permis d'améliorer la performance de la structure de la voiture en cas de choc et de préserver l'habitacle pour des violences modérées), les ceintures de sécurité, les airbags et la notification automatisée des accidents auprès des services de secours.

Summary

The motor vehicle (the "car") is an extremely common mode of transportation around the world. In 2014, the world car fleet was estimated at nearly 1 billion, mostly in Europe, the United States and China. In Europe, there were about 579 cars per 1000 inhabitants in 2014.

Of course, with such a use of this transport mode, it is clear that many fatal accidents happen in a car. In 2014, 45% of fatal accidents on our roads occurred in a car. Nevertheless, there is a steady progressive decrease of about 7% per year in Europe in car deaths. As a result, the proportion of people killed in car accidents has decreased slightly compared to deaths in other modes of transport.

In general in Europe, injury and / or fatal accidents occur on rural roads, and mainly cause injuries to these occupants in the thorax (26% of injury accidents), in the head (21% of serious accidents) and in the legs (20% of injury accidents).

The car, compared to other means of transport, is a relatively safe mode of transport in terms of death and injury accidents (57 times safer than motorcycles, 23 times safer than bicycles and 8 times safer than pedestrians). The causes of car accidents can be divided into 3 categories: behaviour, infrastructure and vehicle malfunction. From a behavioural point of view, unsurprisingly, inadequate speed, driving under the influence of alcohol and / or drugs, non-wearing a seatbelt, distraction and fatigue are key factors in the risk of an accident. On the infrastructure side, the literature review showed that poor adhesion could lead to accidents. In addition, obstacles and particularly work areas can be accident factors. Finally, concerning the state of the vehicle, the review of the literature revealed that a lack of maintenance of the vehicle could be an accident factor, and that a car with a low Euro NCAP score significantly increased the risk of serious injuries.

The analysis of key figures in Belgium showed that car use almost doubled between 1985 and 2010, from 45 billion kms travelled on our roads to more than 80 billion kms. Since 2010, we have arrived at a plateau, probably corresponding to the saturation of our road infrastructure. During the same period, the number of victims and deaths in car accidents has steadily declined. In fact, there were more than 1,144 deaths a year in 1991, and we went to 288 deaths in 2017 (down 75%). The car is therefore a safer mode of transport than before.

Age and gender seem to play a very important role in the risk of car accidents. Indeed, the peak number of victims among motorists is between 20 and 29 years, before decreasing with age. Men and women follow a similar trend. We note, however, that there are more male victims than women aged 20 to 29 and over 70 years. The trend is reversed for passengers, more passengers are female victims. The breakdown among deceased victims seems different: in 2017, there were 288 road fatalities among the occupants of the car, including 226 drivers and 62 passengers.

The severity of the accidents (in terms of the number of deaths per 1000 car accidents) was compared between the regions and the types of roads. The overall severity is greater in Wallonia on ordinary roads outside urban areas, and on motorways. In the agglomerations as well, the severity of the accidents is greater in Wallonia than in Flanders or Brussels. In Flanders, gravity on motorways is higher than on ordinary roads outside urban areas.

The analysis of the accident time stamps shows that young motorists aged 18 to 25 are over-represented in fatal accidents during every period of the week. We find the same trend in drivers aged 26 to 39 for accidents occurring at night and during the weekend. On the other hand, during the week, there is a slight overrepresentation of over 55 years old fatalities.

Finally, the different types of car accidents were quantified: in 17% of the collisions, there is no opponent. Most accidents involve a side collision (36%) or a rear collision (20%). In 10% of cases, it is a frontal collision and in 10% of cases a collision with a pedestrian. Hazardousness can be calculated as the number of deaths or people severely injured (KSI) per 100 vehicles involved. In light of these different scenarios, we find that the most dangerous are the reversals and lurches, with 60 KSI per 100 vehicles. Then there are frontal impacts with 24 KSI per 100 vehicles and side impacts with 22 KSI per 100 vehicles. The different European countries were compared according to the number of deceased 30 days per million inhabitants. It can be seen that this indicator varies greatly between the different European partners. In fact, we go from 9 killed per year and per million inhabitants in Switzerland to 40 in Romania. Belgium is in the average with 29 killed per million inhabitants by car. On the other hand, the subjective feeling of road safety was also compared (on a score of 10, 0 being "very dangerous" and 10 being "very safe"). The results show that

Belgian motorists (6.5) feel safer than the European average (7.2). It is only in France and Poland that the subjective feeling of insecurity is the greatest. The subjective feeling of passenger safety in Europe averages (6.7). In Belgium, the subjective feeling of passenger safety is 6.5, it is closer to the European average. To improve the road safety of car occupants, we must therefore work on the 3 risk factors: infrastructure and the vehicle. For behaviour, the measures that have proved effective are training in driving and risk perception, legislation and strict control of risky behaviour (speed controls, driving alcohol, seat belt). Awareness campaigns on risk behaviours and good driving practices also play a positive role in the safety of car occupants, but should be coupled with enforcement. Regarding the infrastructure, the effort must be put on forgiving roads, that is to say the roads that will cause the minimum damage in case of accidents (presence of shoulder, guardrails), but also dynamic speed management that optimizes road safety. Finally, concerning the technology of the vehicle, innumerable technological advances have made it possible to improve the passive and active safety of current cars. In terms of active safety, we can mention the ABS braking system, the trajectory control, the automation of certain tasks (adaptive cruise control) and the visibility of vehicles (daytime running lights and rear view mirrors). In terms of passive safety, which aims to reduce the consequences of the accident, let us quote the Euro NCAP evaluations (allowed to improve the performance of the structure of the car in case of shock and to preserve the cockpit for moderate violence), seat belts, airbags and automated accident notification to emergency services.

1 Les voitures et la sécurité routière

1.1 Types de voitures et d'occupants

La voiture automobile, plus communément appelée voiture, n'est pas un mode de transport nouveau. En effet, la première voiture automobile fonctionnelle a été inventée en 1769 par Nicolas Joseph Cugnot sous le nom de fardier de Cugnot (Figure 1).



Crédit photo : Roby

Figure 1 : Fardier de Cugnot, premier engin considéré comme une automobile, en 1769, conservée au Musée des Arts et Métiers, Paris.

Cependant, le réel développement a commencé durant la seconde moitié du 19^e Siècle avec la révolution industrielle. Enfin, la première voiture développée en série doit sa production à Henri Ford, avec la célèbre Ford T en 1908, munie d'un moteur à combustion interne (Figure 2).



Crédit photo : Harry Shyper

Figure 2 : La Ford T (1908), la première voiture considérée comme voiture de grande série.

Les voitures sont définies dans la législation européenne (« *Directives and regulations on motor vehicles, their trailers, systems and components* ») comme des véhicules conçus et construits pour le transport de passagers comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum (donc 9 places assises au total). Les véhicules disposant de plus de 9 places assises ne seront donc pas repris comme des voitures.

Toujours selon cette législation européenne, les voitures sont divisées en différents types de carrosserie liés principalement au nombre de portes et aux différents volumes de la voiture (volume moteur, volume habitacle et volume du coffre), présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Type de véhicules automobile selon la classification européenne.

Les voitures berlines  Exemple : BMW série 5 Voiture « 3 volumes » possédant 4 portes	Les voitures à hayon  Exemple : VW Golf Voiture possédant 2 ou 4 portes et un hayon
Les voitures « coupé »  Exemple : Mercedes SLS AMG Voiture « 3 volumes », sportif, possédant en général 2 portes	Les voitures « break »  Exemple : Audi A6 Avant Voiture possédant 4 portes et un hayon
Les voitures « cabriolet »  Exemple : Mercedes SL 500 Voiture disposant d'un toit escamotable	Véhicules « mixtes », à usages multiples  Exemple : Renault Trafic Véhicule pouvant transporter des personnes et des choses <i>Photos libres de droit provenant de la plateforme Pixabay</i>

Traditionnellement, on peut distinguer 2 types d'occupants dans une voiture. Le conducteur, qui sera par définition toujours seul dans sa catégorie, et les passagers. Les passagers peuvent être assis à l'avant ou à l'arrière du véhicule.

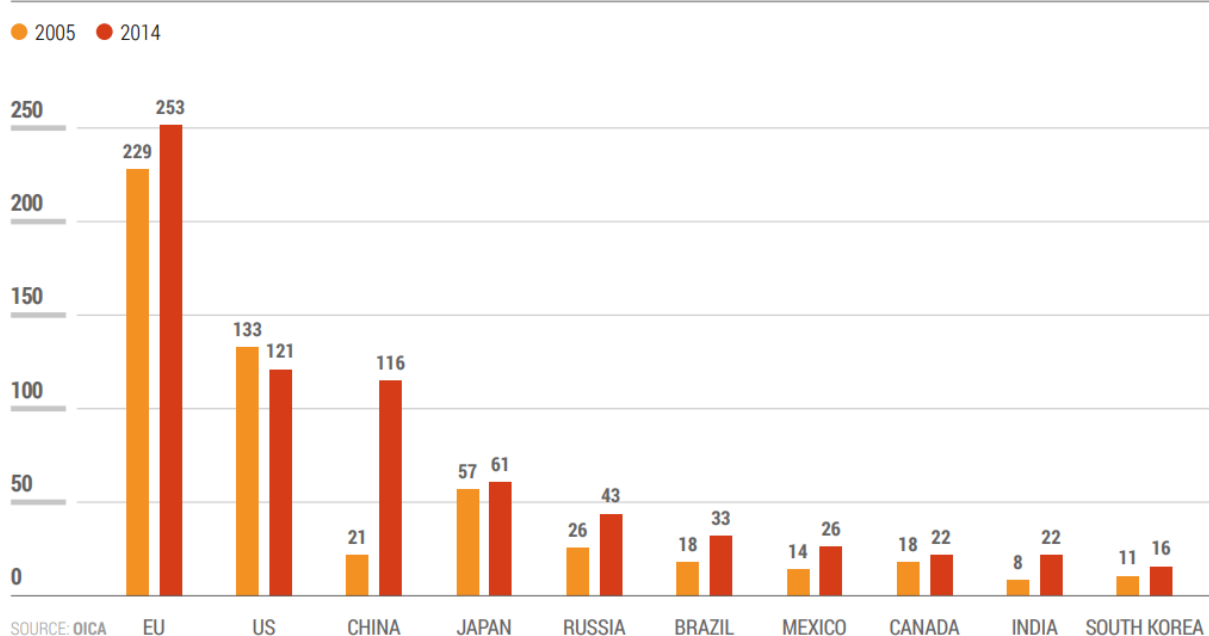
Toujours selon la législation européenne, il existe quelques règles de base pour le conducteur et ses passagers. Le conducteur doit disposer d'une largeur minimale de 55cm, ses passagers doivent quant à eux disposer d'un espace de 40cm. Le nombre d'occupants d'un véhicule automobile ne peut excéder le nombre total de places équipées d'une ceinture de sécurité ou d'un dispositif de retenue pour enfants homologué et de celles qui ne doivent pas en être équipées. Les places équipées de ceinture de sécurité ou de dispositif de retenue pour enfants doivent être occupées en priorité.

1.2 Participation à la circulation

Les déplacements en voiture occupent une part très importante du trafic routier mondial. En 2014, l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobile) a estimé à 907 millions la flotte de véhicules au niveau mondial. L'Europe compte la plus grande part avec 253 millions de véhicules, et les États-Unis comptent 121 millions.

Passenger cars in use

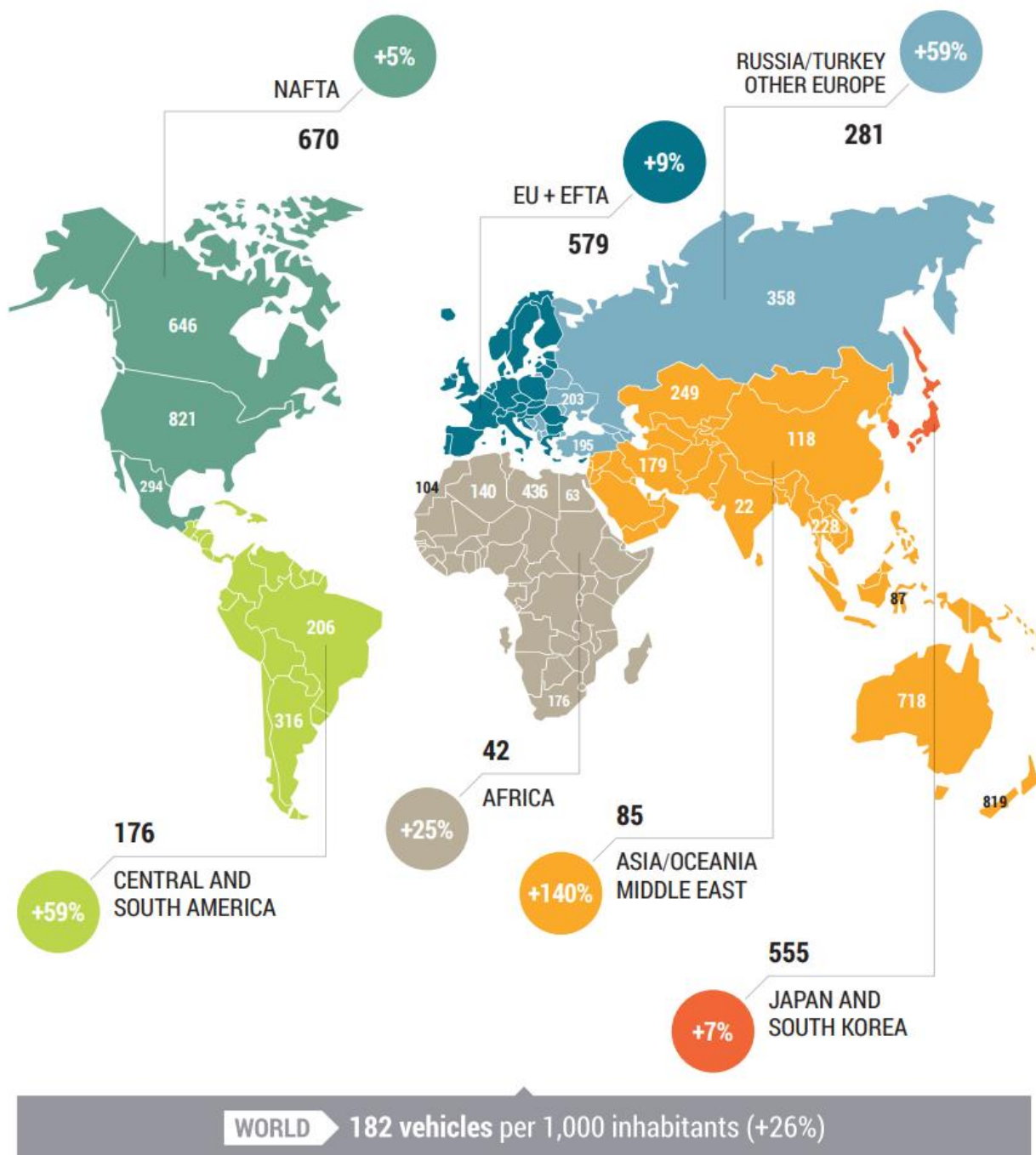
INTERNATIONAL COMPARISON, IN MILLION UNITS / 2005 – 2014



Source : ACEA (2016)

Figure 3 : Voitures utilisées dans le monde en 2014.

On considère que cette flotte de voitures est 5 à 10 fois supérieure à la flotte de camions sur les routes. Le taux de motorisation (voitures / 1000 habitants) varie bien entendu fortement entre les différentes régions du monde (Figure 4). Les taux les plus bas sont observés en Afrique (en moyenne 42 véhicules / 1000 habitants), tandis que les taux les plus hauts sont observés en Amérique du Nord (670 véhicules / 1000 habitants). En Belgique, avec 569 voitures pour 1000 habitants, se trouve parfaitement dans la moyenne Européenne. Enfin, on note que le taux de motorisation a augmenté drastiquement ces 10 dernières années (+26% au niveau mondial).



Source : ACEA (2016)

Figure 4 : Taux de motorisation dans le monde (véhicules / 1000 Habitants). Les pourcentages correspondent à l'évolution 2005 – 2015.

Le Tableau 2 présente l'évolution de l'intensité du trafic de voitures en Europe. On constate que l'Allemagne est le pays qui compte le plus de circulation de voitures sur ses routes. La Croatie est le pays qui en compte le moins. Malgré la petite taille de notre pays, le réseau dense et l'intensité du trafic font que le trafic total annuel reste proportionnellement très élevé, avec plus de 109 milliards de véhicules-km en 2013 tout transport confondu.

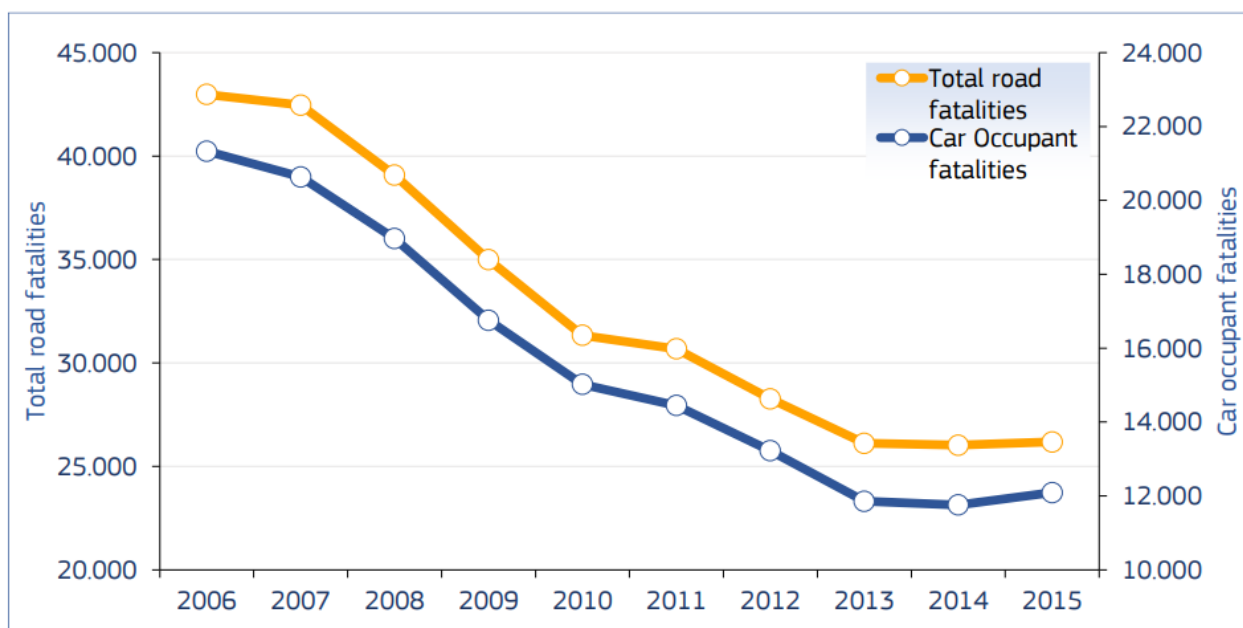
Tableau 2 : Évolution du nombre de véhicules-km en fonction des Pays de l'Union Européenne (en millions de veh.km), ainsi que la taille totale du réseau routier. Les pays dont les données sont indisponibles sont absents de ce tableau.

Pays	2007	2012	2013	2014	2015	2016	Taille du réseau (km)
BE	112.080	115.880	109.845	/	/	/	149.018
CZ	71.540	64.260	64.650	66.260	69.705	72.255	/
DK	60.957	/	/	/	/	58.781	72.256
DE	/	902.445	909.083	922.345	932.864	952.332	626.981
ES	343.293	321.045	316.539	308.704	317.553	/	163 273
FR	727.816	814.994	699.016	706.944	724.103	756.791	978.000
HR	/	26.147	26.145	26.057	26.393	26.181	/
IT	/	578.668	620.368	642.920	676.350	704.542	452.541
LV	/	11.528	11.733,4	12.625,8	13.542,6	13.898,8	59.434
LT	39.118,8	34.191,4	33.324,8	24.366,1	24.865	25.853,8	80.400
NL	/	144.400	145.400	/	/	/	131.140
AT	72.023	74.153	74.837	/	/	/	106.461
PL	/	189.324	193.336	197.032	200.570	203.783	/
SI	24.355	/	/	/	/	/	38.540
FI	63.785	65.270	65.115	65.520	66.295	57.006	104.000
SE	99.315	/	/	/	/	/	138.000
UK	/	642.655	/	/	/	/	417.210
NO	56.674	60.704	61.513	63.480	/	/	92.513
CH	79.261	74.808	75.359	75.818	76.319	77.644	72.000
TR	/	162.315	173.332	182.155	199.895	213.853	/

Source : Eurostat

1.3 Ampleur du problème

Le projet Européen SafetyCube (Thomas & Talbot, 2018) a réalisé un travail complet d'identification de facteurs de risque et de mesures visant à améliorer la sécurité routière en Europe. Le livrable 6.1 (Hermitte et al., 2016) met en évidence que la voiture, malgré une diminution progressive de la mortalité de ses occupants lors d'accidents de la route (grâce au progrès de la sécurité des véhicules mais pas uniquement), reste un mode de transport avec un haut risque, particulièrement pour les accidents impliquant un seul véhicule.

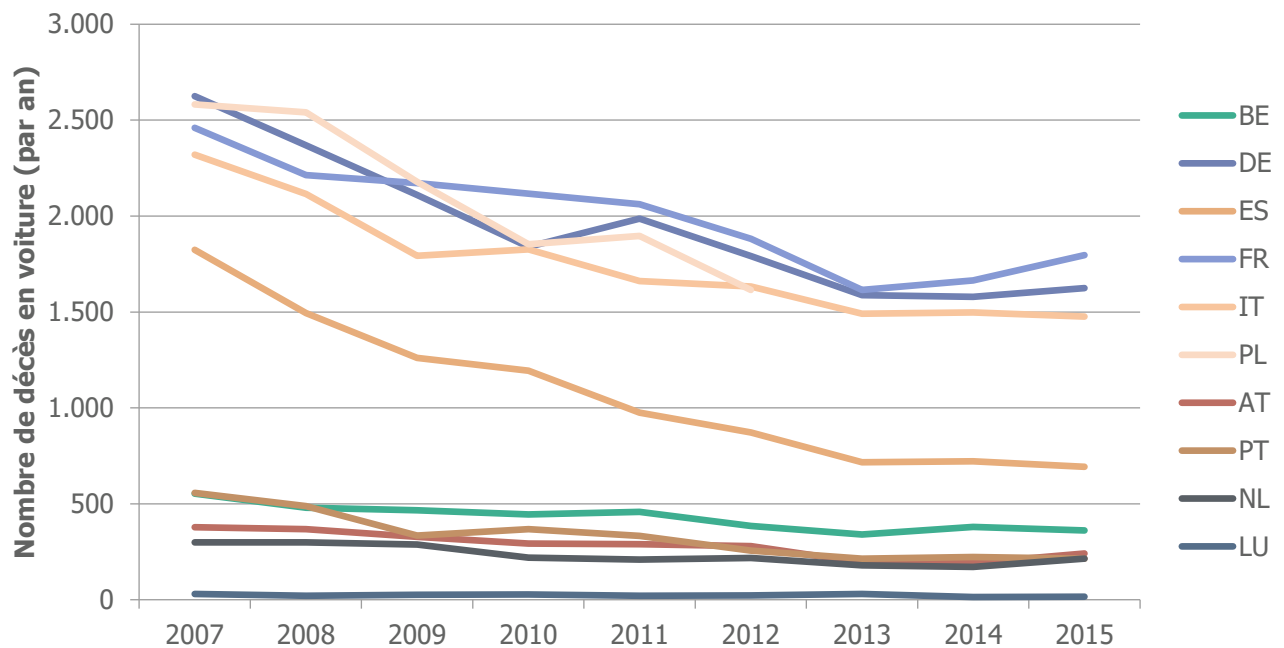


Source : CARE database, data available in May 2017

Figure 5: Nombre de décès lors d'accidents de voitures et de tous les accidents de la route, de 2006 à 2015 en Europe.

En 2015, 12 090 occupants de voitures ont été tués dans des accidents de la route dans l'UE (à l'exclusion de la Lituanie). Cela représente 46% de tous les accidents de la route dans l'UE cette année-là (Figure 5). Parmi ces 12.090 occupants de voiture tués, 8.422 étaient des conducteurs et 3.640 étaient des passagers. La figure 1 présente l'évolution de l'occupant des voitures et du nombre total de victimes de la route dans les pays de l'UE pour la période 2006-2015. De 2006 à 2015, il y a eu une réduction de 43% des décès d'occupants de voitures dans les pays de l'UE, ce qui était plus élevé que la réduction respective de tous les accidents de la route (40%).

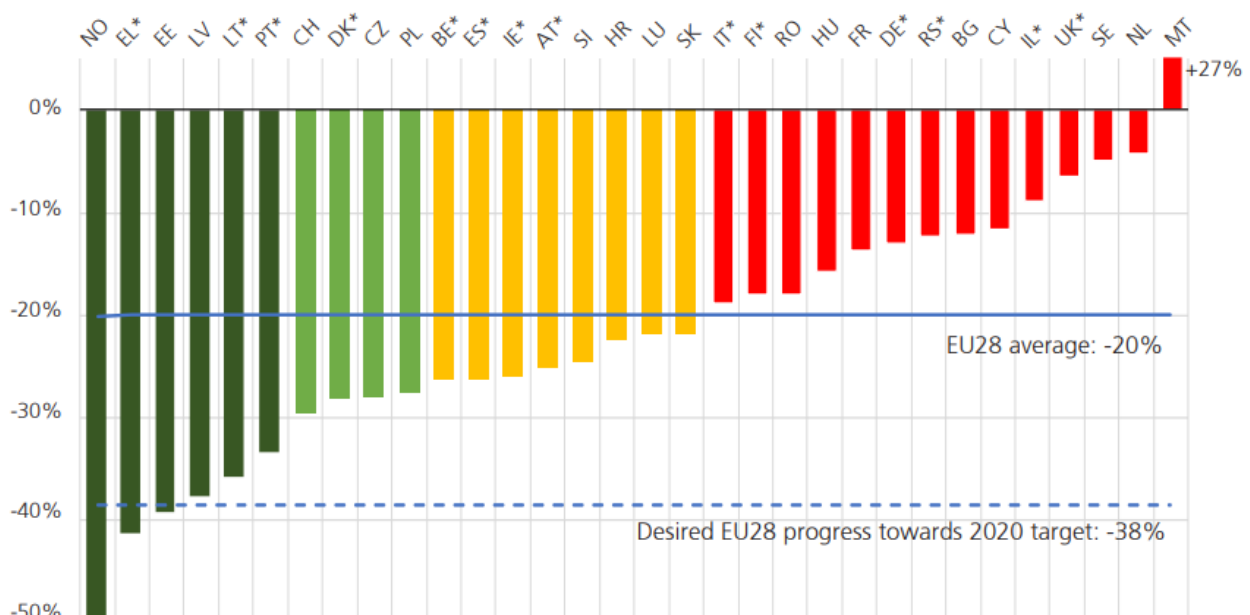
On constate à la Figure 6 et à la Figure 7 que le nombre de décès dans un accident de voiture diminue de manière constante dans la plupart des pays d'Europe. La diminution est exponentielle négative (Figure 6), c'est-à-dire que les pays enregistrant le plus de morts sont en général ceux où la diminution est la plus marquée (en nombre de morts). Pour les pays enregistrant peu de morts, il est plus difficile d'avoir une diminution importante, évidemment.



Source : Care (2017)

Figure 6 : Évolution du nombre de tués à bord d'une voiture dans différents pays d'Europe, 2007-2015.

Puisque l'intensité de la diminution dépend de la taille du pays et du nombre initial de décès, la Figure 7 calcule la diminution relative exprimée en pourcent entre l'année 2010 et l'année 2017 pour chaque pays d'Europe. On constate qu'au niveau Européen, une diminution moyenne de 20% a été observée sur cette période, ce qui est remarquable. La diminution maximale est observée en Norvège, et peut s'expliquer en partie par une meilleure infrastructure et un effort particulier sur les jeunes usagers de la route (Adminalte, 2018).



Source : ETSC (2017)

Figure 7 : Diminution relative (en %) des décès suite à des accidents de voiture en Europe entre 2010 et 2016. Les * correspondent aux pays ayant fournis des chiffres prévisionnels pour 2016.

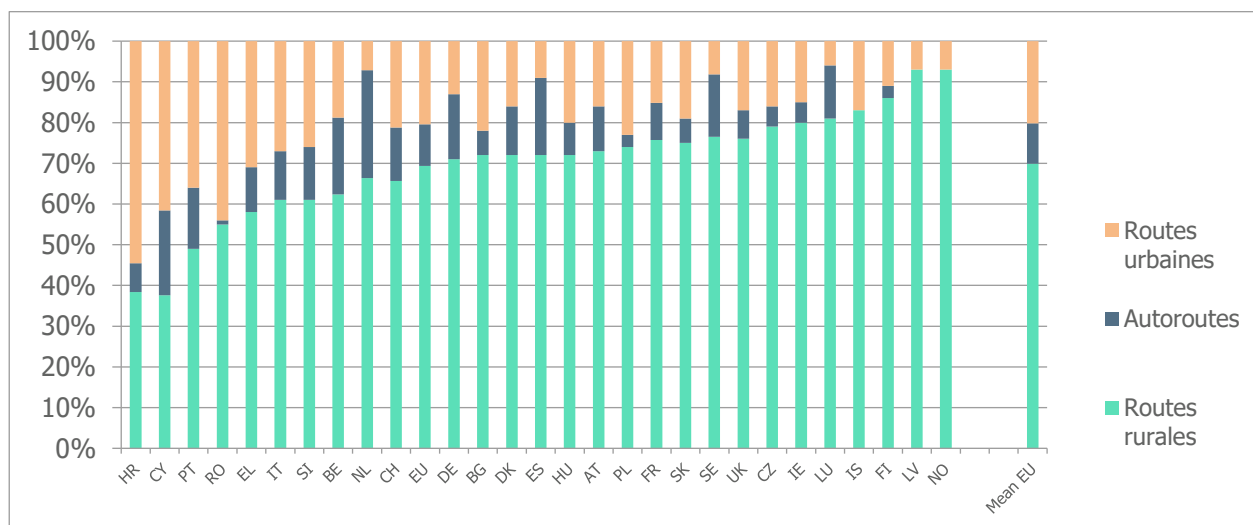
La Figure 8 illustre la proportion de décès en voiture par rapport aux autres usagers de la route dans les différents pays d'Europe. On constate que ce pourcentage peut varier de 70% de décès en voiture au Luxembourg, à seulement 30% au Pays-Bas. En termes d'évolution, comparativement aux autres usagers, la proportion de décès en voiture a sensiblement diminué en Europe entre 2001 et 2012, passant de 56 à 49%.



Source : European Commission (2017)

Figure 8 : Pourcentage de décès en voiture par rapport à tous les décès sur route, par pays, ainsi que la moyenne Européenne en 2001 et 2012. Les valeurs représentent la moyenne 2010-2012.

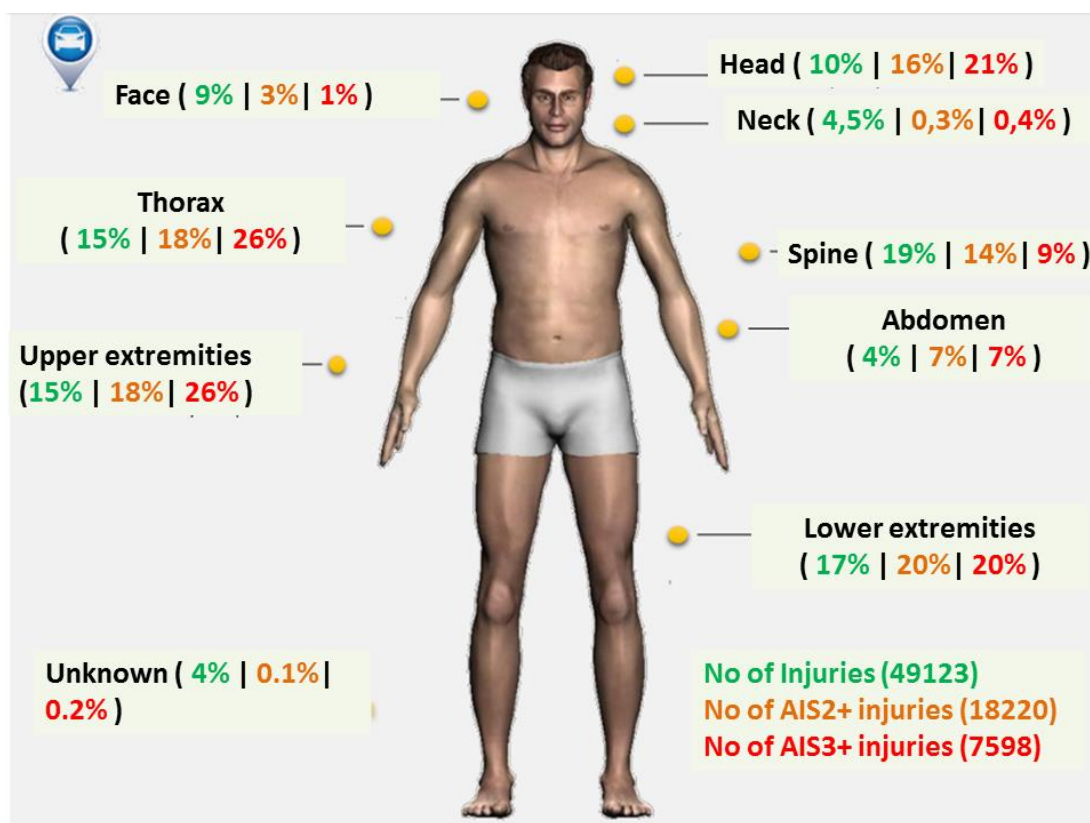
Du point de vue de la répartition des décès en voiture en fonction du type de route, on constate une tendance assez uniforme entre les différents pays européens. La Figure 9 illustre cette répartition : de manière générale (à l'exception de la Hongrie et du Portugal), une majorité des décès surviennent sur des routes rurales et dans une moindre mesure dans les zones urbaines. Les autoroutes sont globalement plus sûres.



Source : European Commission (2017)

Figure 9 : Répartition des décès suite à des accidents de voiture en fonction des différents types de routes.

On peut se demander quels types de lésions sont entraînées par un accident de voiture. Ce travail a été réalisé dans Hermitte et al. (2016) et est présenté à la Figure 10. Cette figure présente les données récoltées en France pour l'année 2011 dans la base de données VOIESUR, contenant 46027 accidents avec blessures corporels impliquant 59544 véhicules et 74941 victimes.



Source : Hermitte (2016)

Figure 10 : Type de lésion constatée lors d'un accident de voiture en fonction de sa gravité sur l'échelle AIS¹. Les pourcentages en rouge correspondent aux accidents les plus graves (AIS3+).

Pour les accidents les plus graves (AIS3+), on constate que les membres les plus touchés sont le thorax dans 26% des cas, la tête dans 21% des cas mais aussi les extrémités inférieures dans 20% des cas. Nous le verrons plus en détails dans les scénarios d'accidents (p.24), mais plus de 50% des décès surviennent lors d'un impact frontal, et 40% dans un impact latéral. Le risque de blessures sévères pour des occupants attachés (ceinture de sécurité) dans un impact frontal est plus élevé pour les passagers arrière que pour les passagers avant, mieux protégé par leur airbag et dans une posture plus contrainte (les passagers peuvent prendre des positions plus « relax », ce qui peut augmenter la gravité de l'accident).

1.4 Risque

1.4.1 Risque relatif pour l'occupant d'une voiture en Belgique

Un risque concerne la probabilité de survenue d'un événement indésirable (dans ce cas, il s'agit du risque pour les occupants d'une voiture d'être grièvement blessés voire tués dans un accident de la route). Un risque est calculé par unité d'exposition à ce type d'événement. La principale mesure d'exposition est la distance parcourue dans la circulation (Martensen, 2014). Le rapport de Martensen (2014) s'est surtout intéressé au risque de blessures graves ou mortelles. Dans ce cadre, les blessures graves sont définies, selon le Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS), comme les blessures associées à un score MAIS de 3 ou plus.

Le Tableau 3 présente quatre types de risque pour chaque groupe d'utilisateurs de la route, en fonction de la gravité de l'accident (au moins grièvement blessé par rapport à tué) et l'unité d'exposition (million de km par rapport à million de minutes). Pour chaque mode de déplacement, des corrections ont été apportées au niveau du degré de sous-enregistrement.

¹ L'échelle AIS (Abbreviated Injury Scale) est un système de codage (basé anatomiquement) créé par l'Association for the Advancement of Automotive Medicine. L'objectif est de classer et de décrire la sévérité des blessures. Il s'agit de l'échelle anatomique la plus communes pour les blessures traumatiques.

Tableau 3 : Risques d'être grièvement blessé ou tué dans la circulation selon le mode de déplacement

Mode de déplacement	Risque d'être grièvement blessé		Risque d'être tué	
	Par million de kilomètres	Par million de minutes	Par million de kilomètres	Par million de minutes
Piéton	0,13	0,01	0,032	0,003
Cycliste	0,37	0,10	0,027	0,007
Motocycliste/cyclomotoriste	0,91	0,57	0,169	0,105
Automobiliste	0,02	0,01	0,006	0,005
Passager de voiture	0,02	0,01	0,005	0,004
Passager de bus ou de tram	0,01	0,00	0,000	0,000
Tous les usagers	0,04	0,02	0,008	0,005

Source : Martensen (2014)

Parmi les quatre risques repris dans le Tableau 3, la conduite d'une moto ou d'un cyclomoteur est le plus dangereux et le bus le moins dangereux. Le conducteur d'une voiture arrive en 4^{ème} position et le passager de celle-ci en 5^{ème}. Il est donc relativement moins risqué d'être dans une voiture que d'être en vélo, en moto ou à pied.

Le Tableau 4 présente, pour chaque tranche d'âge, les risques relatifs de blessures graves ou mortelles par kilomètre parcouru, par rapport au risque encouru par un automobiliste moyen. Les valeurs indiquées représentent le rapport entre que le risque absolu pour une catégorie (par âge et par type d'usager) et le risque absolu pour un conducteur moyen, tout âge confondu. Par exemple, une valeur de 2 représente un risque deux fois supérieur par rapport au conducteur moyen et une valeur de 0,5 un risque deux fois plus faible. (Un chiffre supérieur à 1 indique que le risque pour le groupe concerné est supérieur au risque de l'automobiliste moyen, tandis qu'un chiffre inférieur à 1 indique un risque moindre).

Tableau 4 : Risque relatif : risque pour les différents usagers de la route d'être grièvement ou mortellement blessés, par rapport aux autres types d'usagers de la route (2007-2011)

Age	catégorie d'usagers						Tous les usagers
	Piéton	Vélo	Cyclos - Motos	Conducteur voiture	Passenger voiture	Passenger bus & tram	
6-14	10,5	18,9			0,3	0,03	1,6
15-17	7,7	10,5			1,4	-	4,1
18-24	4,9	8,0	72,6	4,3	2,5	-	4,6
25-44	4,7	12,5	55,8	0,8	0,9	0,3	1,7
45-64	6,2	21,6	41,5	0,7	0,5	1,3	2,1
64-74	12,0	92,6		1,1	1,3	1,0	4,4
75+	27,5	122,9		3,4	3,1	7,1	10,9
Tous les âges	8,1	23,0	57,0	1,0	1,0	0,6	2,5

Source : Martensen (2014)

À l'analyse du Tableau 4, on constate que de manière globale, la voiture est un mode de transport assez sûr en termes de risque. Seuls les transports en commun sont encore (beaucoup) plus sûrs.

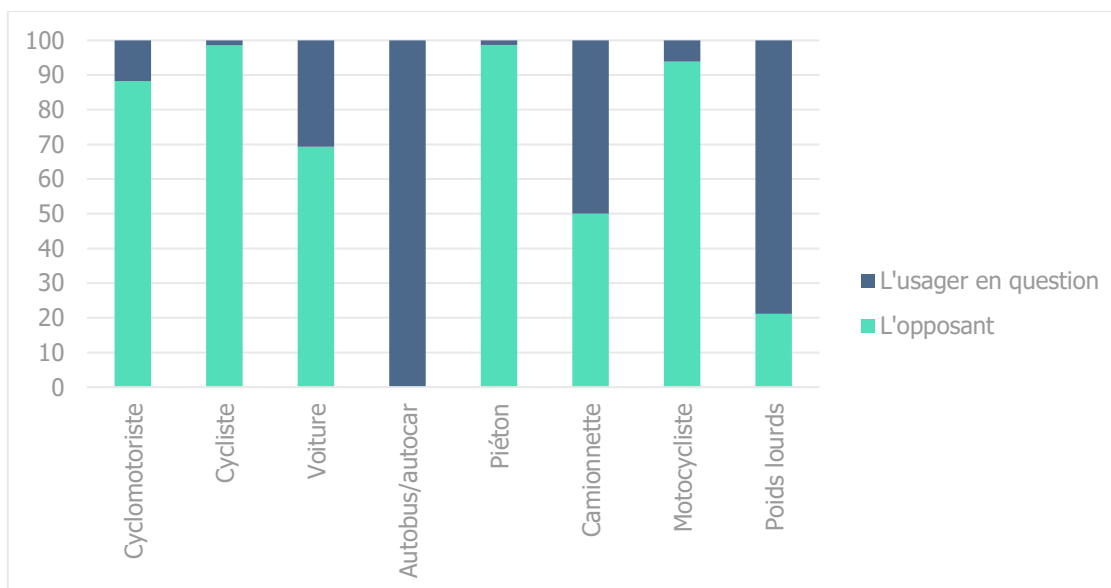
1.4.2 Risque relatif pour les différents types d'usagers de la voiture

Une analyse plus complète du Tableau 4 nous permet de définir les risques associés aux différentes catégories d'âges, ainsi que les différences conducteur vs. passagers. Concernant celles-ci, on constate que globalement, les passagers ont le même risque d'avoir un accident grave que le conducteur. La place dans la voiture a donc peu d'impact quant à la gravité de l'accident.

Par contre, on observe que l'âge semble jouer un rôle essentiel dans le risque d'accidents de la route (détaillé au point 1.7). En effet, les enfants de moins de 14 ans ont 3 fois moins de risque d'être grièvement blessé que le conducteur moyen. Par contre, les jeunes adultes (18-24 ans) ont 2,5 (passagers) à 4 fois (conducteurs) plus de risque d'avoir d'être grièvement blessé que le conducteur moyen. Enfin, on constate que le risque d'avoir un accident grave augmente avec l'âge, particulièrement après 75 ans, ou il sera 3 fois plus élevé que pour le conducteur moyen.

1.4.3 Risques pour soi-même par rapport aux risques pour les autres usagers

La voiture est dangereuse pour certains types d'usagers, que l'on appelle en général les usagers vulnérables. En effet, un accident entre une voiture et un piéton, par exemple, sera toujours (beaucoup) plus grave pour le piéton qui ne dispose d'aucune protection face à l'inertie de la voiture.



Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 11 : Répartition de la gravité des accidents corporels (entre l'utilisateur et l'opposant) selon le type d'utilisateur de la route (Nombre de décès pour 1000 accidents) en 2016.

La Figure 11 illustre que dans le cas des accidents de voiture, l'accident est en général grave à la fois pour l'utilisateur de la voiture, mais aussi dans une moindre mesure pour l'opposant. Par comparaison, un accident grave impliquant un piéton sera presque toujours plus grave pour celui-ci que pour son opposant. L'extrême inverse se retrouve chez les accidents de poids lourds, beaucoup plus grave pour la partie adverse que pour eux-mêmes.

1.5 Scénarios principaux d'accidents

Les accidents de la route impliquant des voitures peuvent être divisés en différents scénarios « type ». Ces scénarios ont été synthétisés pour la France dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Répartition de la gravité des accidents de voiture en fonction des différents scénarios types. KSI = nombre de personnes décédées ou sévèrement blessées.

France 2014	No of vehicles	Fatalities	Seriously injured	Slightly injured	KSI	KSI (for 100 veh.)
Frontal impact	37310	1075	7915	12136	8990	24
Side Impact	6837	337	1138	2189	1475	22
Rear Impact	11468	93	1110	5408	1203	10
Rollover or overturn	1154	109	588	771	697	60
Others impact	2547	49	395	804	444	17
Total	59316	1663	11146	21308	12809	22

Source : Hermitte et al. (2016)

Nous voyons que 5 grands types de collisions peuvent être considérés : les chocs frontaux (Frontal impact), les chocs latéraux (Side impact), les chocs par l'arrière (Rear impact), les retournements et embardées (Rollover or overturn) et les autres. Pour les accidents impliquant au moins un véhicule, le scénario le plus fréquent est l'impact frontal (62%), suivi par l'impact par l'arrière (20%).

La dangerosité d'un scénario peut être calculée comme le nombre de décès ou de personnes sévèrement blessées (*"Killed or severely injured"*, KSI) par 100 véhicules impliqués. A la lumière de ces différents scénarios, on constate que les plus dangereux sont les retournements et embardées, avec 60 KSI par 100 véhicules. Viennent ensuite les impacts frontaux (de tous types) avec 24 KSI pour 100 véhicules et les impacts latéraux avec 22 KSI par 100 véhicules.

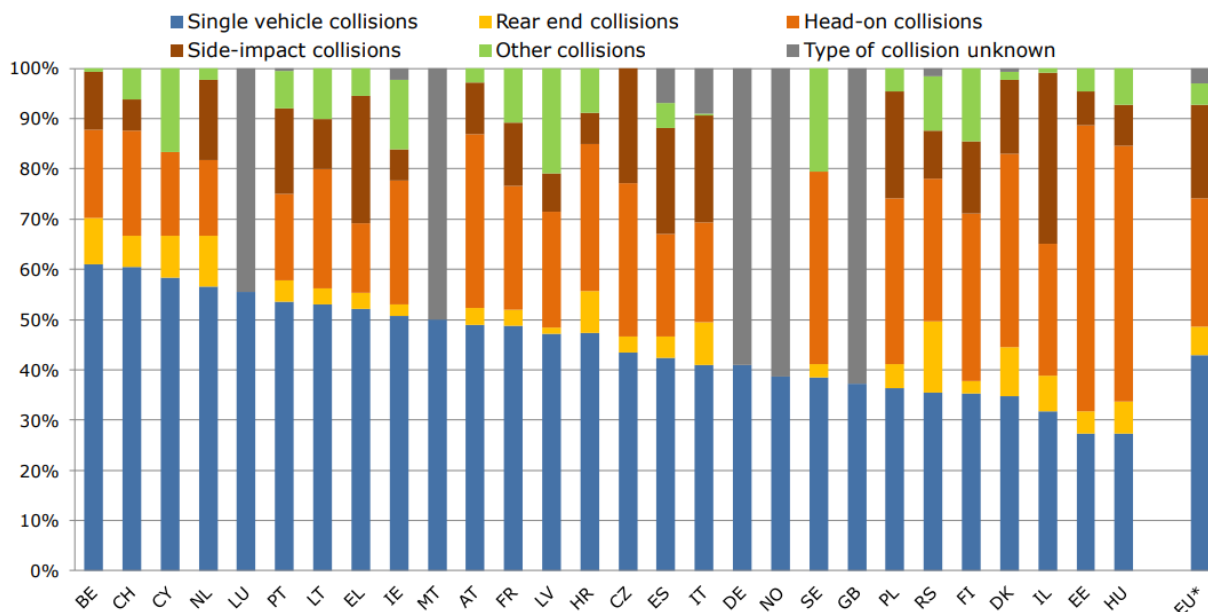
Ces grands types d'accidents peuvent être divisés en sous-groupes présentés dans le Tableau 6. On constate que l'accident le plus dangereux pour les occupants de voitures est très clairement la sortie de route du véhicule (*single vehicle accident – run off road*), avec 76 KSI par 100 véhicules impliqués. Une autre situation rare mais extrêmement dangereuse est l'accident au passage à niveau (*railway level crossing*), avec un score de 60 KSI par 100 véhicules impliqués. Enfin, les chocs frontaux face à des véhicules en sens inverse (*head-on collision – on coming traffic*) sont presque aussi dangereux avec 55 KSI par 100 véhicules impliqués.

Tableau 6 : Caractéristiques des accidents de voiture en fonction des différents scénarios. Source : Hermite (2016).

France 2011		No of Accidents	No of PC	Fatalities	Seriously injured	Slightly injured	KSI	KSI (for 100 acc.)	KSI (for 100 Veh.)
Pedestrian accident		7765	7961	313	2564	3631	2877	37	36
Bicycle accident		2858	2946	84	690	1497	774	27	26
Single vehicle accident (run off road)		5136	5136	882	3008	3086	3890	76	76
Single vehicle (on roadway)		1729	1729	114	533	979	647	37	37
Head-on collisions (on coming traffic)		4797	7146	828	3130	4004	3958	83	55
Rear end collisions (same direction traffic)		9628	14052	203	2027	7876	2230	23	16
Junction accident (no turning)		4553	6469	171	1119	3837	1290	28	20
Junction accident (turning)		6748	8438	169	2236	4940	2405	36	29
Railway level crossing		225	270	18	144	87	162	72	60
Out of junction (collision unknown)		2589	5397	144	745	2571	889	34	16
Others		0	0	0	0	0	0	0	0
Total		46027	59544	2926	16195	32508	19121	42	32

Source : Hermite et al. (2016)

Au niveau Européen, on constate que 43% des accidents de voitures sont des accidents impliquant un seul véhicule. 26% sont des chocs frontaux, et 19 % sont des chocs latéraux. On constate que ces proportions varient de manière importante entre les différents pays européens.



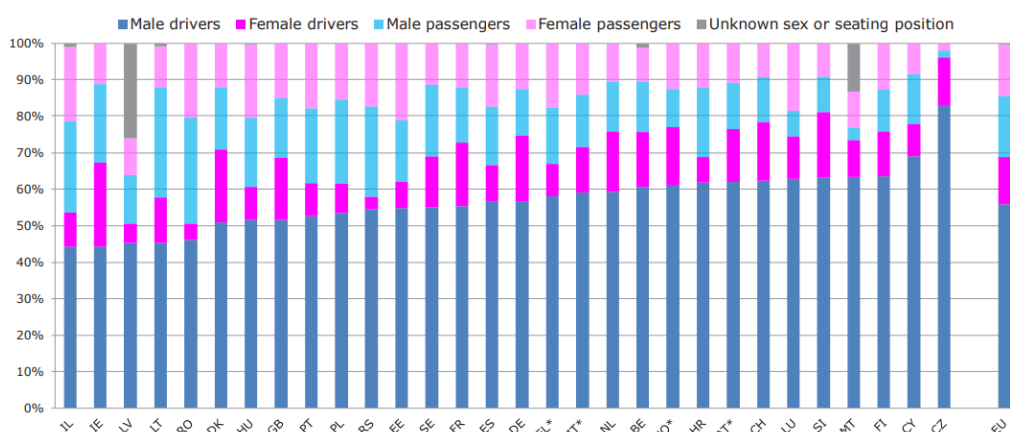
Source : Jost et al. (2014)

Figure 12: Décès lors d'accidents de voitures dans différents types d'accidents en Europe en 2010.

1.6 Facteurs de risque et causes des accidents de voiture

1.6.1 Genre

Le genre du conducteur de voiture semble jouer un rôle dans les statistiques d'accidents de voiture. La Figure 13 présente la proportion d'hommes et de femmes conducteur ou passager décédée en voiture en Europe pour la période 2010-2012 (les données ne sont pas pondérées par le nombre de km parcourus). On constate que la majorité des décès concerne des hommes en tant que conducteur du véhicule. Globalement, il y a très peu de femmes conductrices qui décèdent au volant. Notons que les femmes prennent moins de risques au volant, notamment par rapport à la vitesse (Pelssers et al., 2017). Enfin, on peut voir de manière générale qu'il y a plus de conducteurs que de passagers tués sur les routes d'Europe.



Source : Jost et al. (2014).

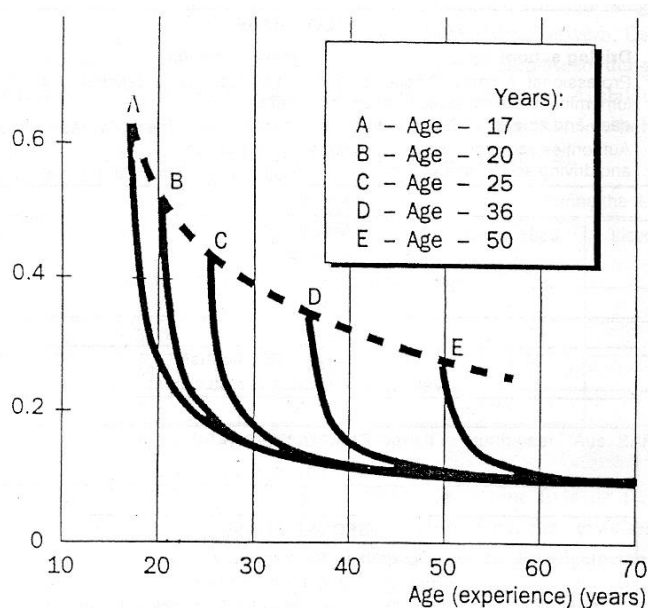
Figure 13 : Décès en voiture en Europe en fonction du genre et de la position (conducteur ou passager), classé par le score de conducteurs masculins décédés. Les valeurs correspondent à la moyenne 2010-2012.

1.6.2 Âge

Les études démontrent que le risque d'accident est plus élevé chez les jeunes conducteurs (Dupont, 2012). Les explications du sur risque des jeunes conducteurs sont traditionnellement organisées selon la dichotomie « facteurs liés à l'âge » - « facteurs liés à l'expérience ». Les premiers réfèrent essentiellement au style de vie, à l'influence des pairs, aux attitudes et motivations des jeunes conducteurs (« le jeune conducteur

imprudent »). Les seconds concernent plus spécifiquement la maîtrise du véhicule, les capacités à anticiper, percevoir les dangers, réagir de façon appropriée, etc., aptitudes qui se développeraient avec l'expérience.

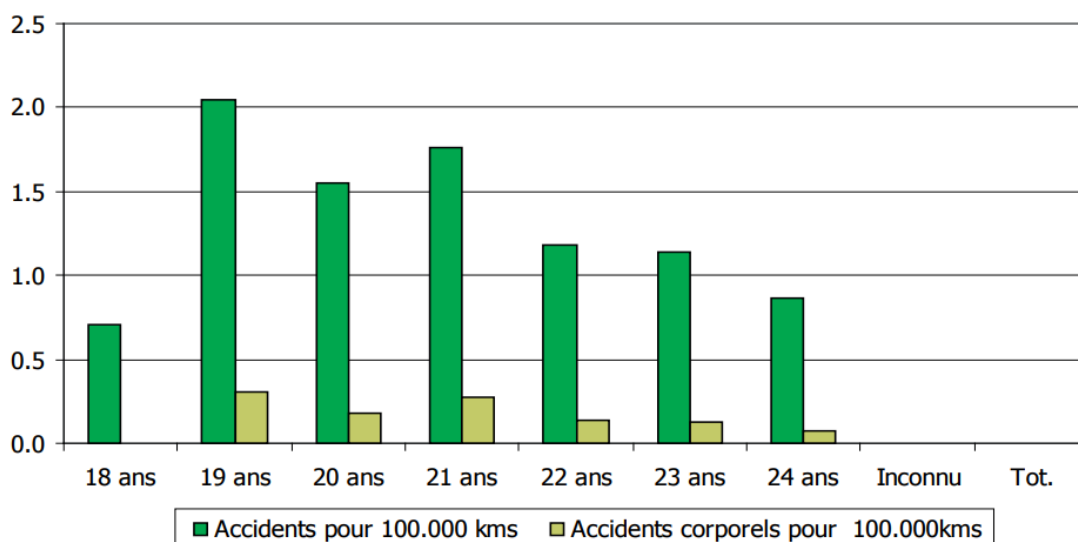
La Figure 14 illustre ce phénomène : Si l'expérience de conduite joue évidemment un rôle dans le risque d'accident de la route, on constate aussi que l'âge, indépendamment de l'expérience modifie le risque d'accident de manière importante.



Source : Maycock, Lockwood & Lester (1991) in Vlakveld (2005)

Figure 14 : Fréquence prédite d'accidents en fonction de l'âge du conducteur et de son expérience.

Cela se traduira donc, si on regarde le nombre d'accidents par 100.000 km, par une proportion plus importante chez les très jeunes conducteurs d'accidents et d'accidents corporels (Figure 15).



Source : Dupont (2012)

Figure 15 : Proportion d'accidents et d'accidents corporels en fonction de l'âge du conducteur en Belgique(2010).

Cette tendance semble se confirmer avec les données Européenne qui sont présentées en Figure 16. Il y a beaucoup plus de décès chez les personnes jeunes que chez les plus âgées. On observe aussi une claire tendance à la diminution des décès, toutes tranches d'âge confondue, entre 2001 (ligne pointillée) et 2011 (ligne continue).

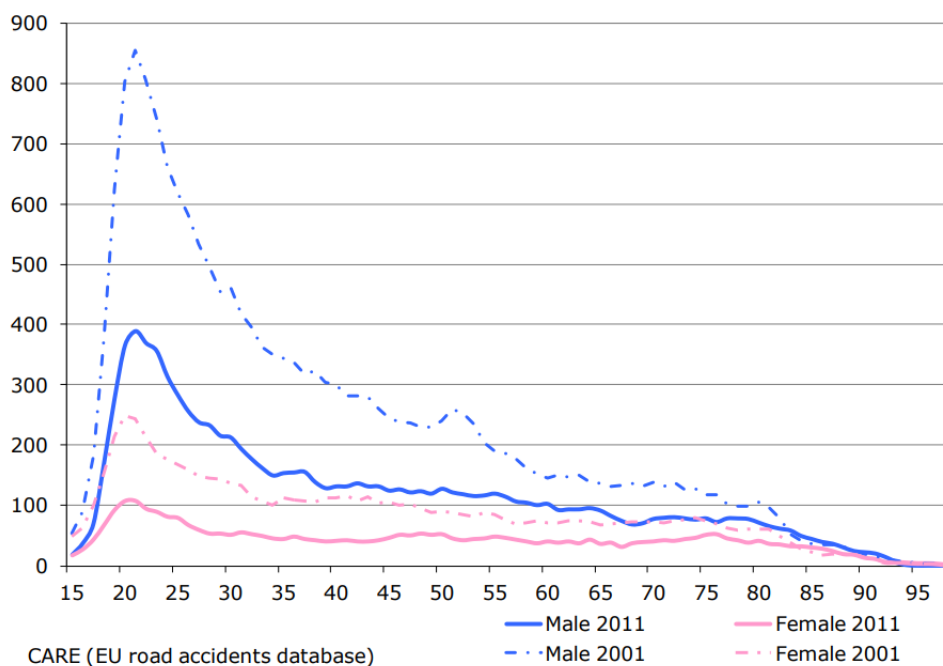


Figure 16 : Hommes et femmes décédés en voiture en Europe en 2001 et en 2011 en fonction de l'âge.

Source : Jost et al. (2014).

1.6.3 Passagers

Une étude de Dupont et al. (2014) a investigué la possible influence des passagers en voiture sur le risque d'accident. Dans sa revue de la littérature internationale, il est montré que la présence de passagers influence le risque d'être impliqué dans un accident pour certains conducteurs. En effet, Chen et al. (2010) ont par exemple observé que le risque augmentait chez les très jeunes conducteurs (16-17 ans) s'ils étaient accompagnés. De même, le risque augmente aussi avec le nombre de passagers présents. Chen et al. (2000) ont ainsi estimé le risque de décès par 10 millions de trajets effectués aux États-Unis pour deux groupes d'âge de conducteurs : entre 16 et 17 ans et entre 30 et 59 ans. Parmi les conducteurs de 16 et 17 ans, le risque d'accident estimé était significativement plus élevé lorsqu'ils étaient accompagnés d'un passager plutôt que lorsqu'ils étaient seuls, et ce risque augmentait encore de manière significative avec le nombre de passagers. L'augmentation du risque observée en fonction du nombre de passagers était par ailleurs plus importante pour les conducteurs masculins. Chez les conducteurs de 30 à 59 ans en revanche, le risque d'accident n'était pas affecté par la présence de passagers.

Engström et al. (2008) ont estimé le risque d'accident sur base du nombre de kilomètres parcourus par des conducteurs Suédois, en tenant compte de leur âge, de leur sexe, de la présence et du nombre de passagers, ainsi que du moment des déplacements (en semaine ou le week-end). Les résultats contrastaient clairement avec ceux de l'étude de Chen et al. (2000). Tout d'abord, le risque d'accident diminuait en présence de passagers, et ce, pour les conducteurs des trois catégories d'âge considérées (18-24 ; 25-64 ; 65+), et il diminuait d'autant plus que les passagers étaient nombreux. Cet effet « protecteur » des passagers a été observé tant chez les conductrices que chez les conducteurs, mais il était plus prononcé chez les premières que chez les seconds ainsi que chez les conducteurs plus âgés (25-64 et 65+) que chez les plus jeunes. Cette étude a également indiqué que l'effet protecteur des passagers était plus important durant le week-end que durant la semaine, particulièrement pour les conducteurs les plus jeunes.

1.6.4 Comportement

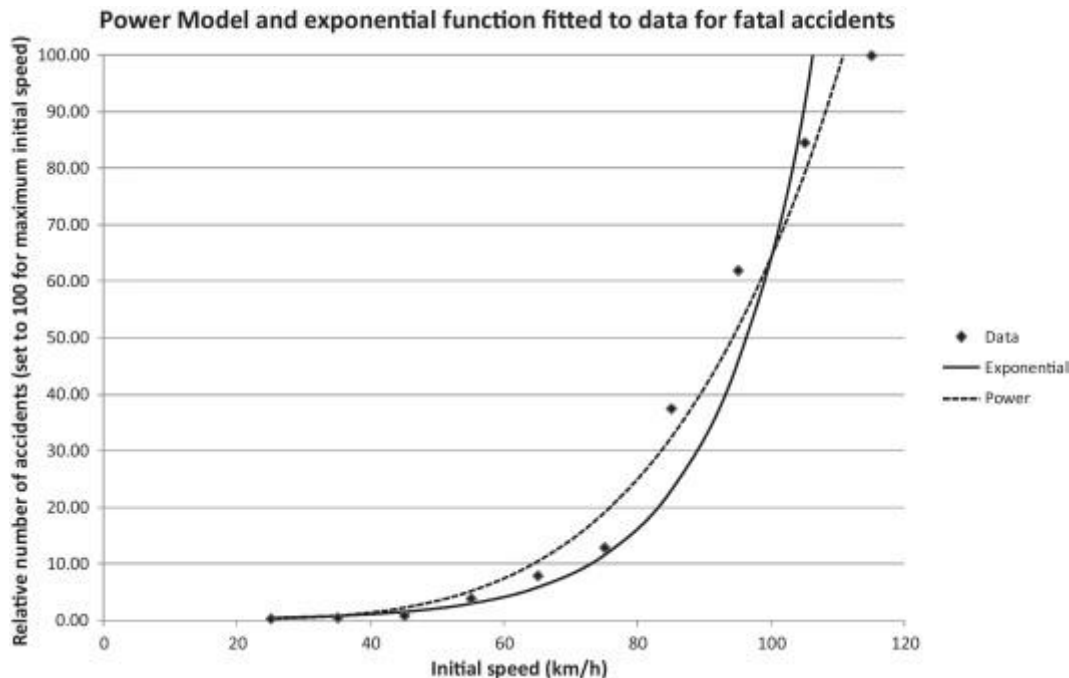
On considère généralement que 80 à 90% des accidents de voiture surviennent à la suite d'une ou de plusieurs erreurs humaines. On considère par ailleurs que les principaux facteurs d'accidents sur nos routes sont la vitesse, l'alcool au volant et la distraction/fatigue : trois phénomènes directement liés au comportement du conducteur.

Vitesse inadaptée

La vitesse a un impact important aussi bien sur le risque d'accident que sur la gravité des accidents. Une vitesse excessive peut aussi bien être la cause directe d'un accident qu'en augmenter la probabilité car elle exerce une influence décisive sur le temps dont dispose un conducteur pour réagir à un événement

inattendu. En effet, une vitesse élevée augmente tant la distance parcourue durant le temps de réaction du conducteur que la distance de freinage nécessaire. Ensuite, l'impact de la collision et, par conséquent, les lésions corporelles sont plus d'autant plus importantes que la vitesse est élevée. *Le lecteur intéressé est invité à lire le dossier thématique de l'institut Vias à ce sujet (Pelssers et al., 2017).*

Succinctement, une vitesse trop élevée augmente le nombre d'accidents et leur gravité de manière exponentielle : rouler à 130 km/h au lieu de 120 km/h des limitations induira un risque accru de 38% d'avoir un accident mortel.



Source : Elvik (2013).

Figure 17 : Courbe exponentielle ajustée sur les données d'accidents.

La Figure 17 illustre cette relation exponentielle sur des données réelles d'accidents. Plus la vitesse initiale est grande, plus le nombre d'accidents augmente. Cette relation a été mise en évidence et confirmée par de nombreux chercheurs (Nilsson, 1981 & 2004 ; Elvik et al., 2004). L'excès de vitesse est donc une cause majeure des accidents de la route pour les voitures.

Comportement à risque

La prise de risque lors de la conduite d'une voiture accroît en général le risque d'accident. Les comportements à risques sont nombreux, nous citerons ici quelques exemples.

Soteropoulos (2016) a étudié le lien entre les dépassements dangereux et le risque d'accident. La manœuvre de dépassement est en général considérée comme l'une des plus complexes et dangereuses à réaliser pour un conducteur, car elle se passe à haute vitesse et sur une trajectoire de circulation en sens inverse, ce qui donne une vitesse combinée en cas d'accident des plus destructrices. Les résultats montrent que de manière générale, la gravité des accidents augmente avec les manœuvres de dépassement (dangereuses). Cependant, seul une faible part des accidents se passent lors d'une manœuvre de dépassement, il est donc difficile d'établir des conclusions.

Un autre exemple de comportement à risque est le suivi d'un véhicule sans respecter une distance de sécurité suffisante. Aigner-Breuss & Russwurm (2016) ont effectué une revue de la littérature à ce sujet et ont montré que ce comportement était assez répandu chez les conducteurs et augmentait évidemment le risque de collision arrière, puisqu'il devient difficile voire impossible de freiner à temps lors d'une situation d'urgence.

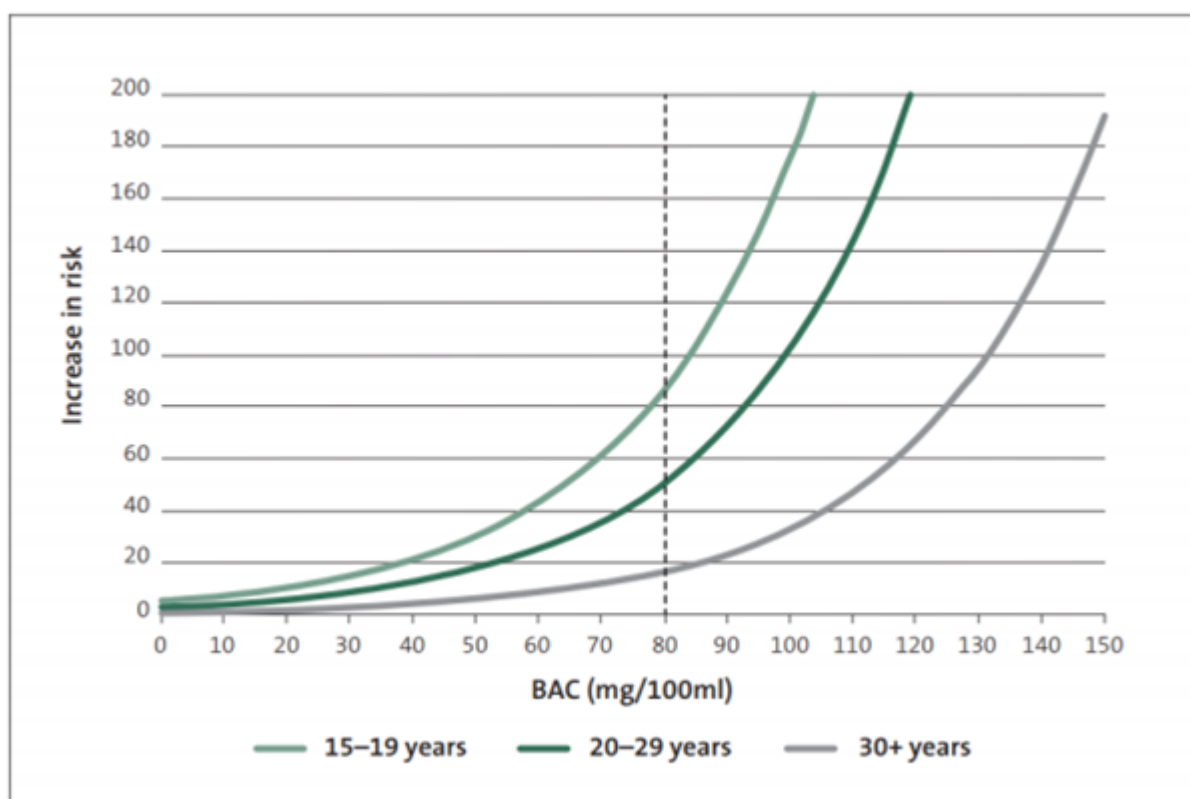
Conduite sous influence : alcool

La conduite sous l'influence de l'alcool est l'une des principales causes de l'insécurité sur les routes. *Elle fait d'ailleurs l'objet d'un dossier thématique spécifique que le lecteur intéressé est invité à lire (Meesman et al., 2017b).* Succinctement, bien que seul un faible pourcentage des déplacements en voiture se fasse sous l'influence d'alcool, ils ont proportionnellement une grande part dans les accidents de la route. En Belgique,

environ 1 automobiliste sur 10 est contrôlé positif après un accident corporel et pour les victimes grièvement blessées, cette proportion s'élève jusqu'à 40 %. Par conséquent, la conduite sous l'influence de l'alcool est punissable dans tous les pays européens, mais les normes varient selon les pays. Dans bon nombre de pays européens (notamment les Pays-Bas et la Belgique), la limite légale est une concentration d'alcool dans le sang (BAC) de 0,5 g/l. Au-delà de cette limite, un conducteur est punissable pour conduite sous l'influence de l'alcool. Bien souvent, une limite inférieure est appliquée pour les conducteurs jeunes/inexpérimentés ou professionnels (généralement BAC de 0,2 g/l). La consommation d'alcool a plusieurs effets négatifs sur la capacité de conduire : les inhibitions s'effacent, la concentration s'affaiblit, la vitesse de réaction diminue, davantage d'embardées, de variabilité de vitesse et une certaine forme de somnolence peuvent survenir. Toutefois, les conducteurs pensent souvent qu'ils sont encore parfaitement capables de conduire alors qu'ils sont sous l'influence de l'alcool, ce qui est dû à un excès de confiance induit par l'alcool.

Une autre importante revue de la littérature a été réalisée par Leskovšek & Goldenbeld (2017) sur les effets de l'alcool. Cette revue détaillée de la littérature a permis de mettre en évidence que le risque d'accident augmentait exponentiellement avec la concentration d'alcool dans le sang des conducteurs. Cette relation est exposée à la Source : Leskovšek & Godenbeld (2017)

Figure 18. Elle permet aussi de montrer que l'alcool semble avoir plus d'effets néfastes chez les plus jeunes que chez les personnes de plus de 30 ans.



Source : Leskovšek & Godenbeld (2017)

Figure 18: Risque relatif d'un accident fatal en fonction du taux d'alcoolémie et de l'âge du conducteur.

Conduite sous influence : drogues

À côté de la vitesse, la conduite sous influence d'alcool mais aussi de drogues a un impact essentiel sur le risque d'accidents. Les drogues et certains médicaments influencent le comportement ou la perception du consommateur. Par conséquent, la conduite sous l'influence de drogues et de médicaments psychotropes est généralement considérée comme un risque potentiel pour la sécurité routière. À cet égard, l'effet sur les capacités de conduite dépend du type de substance ou de la quantité et de la sensibilité individuelle, mais aussi du contexte dans lequel cette substance a été consommée. Dans le cas des drogues, il s'agit de l'abus d'une substance psychotrope sans contrôle médical. Dans le cas des médicaments, la consommation s'inscrit (généralement) dans le cadre d'un traitement médical. Elle est parfois nécessaire pour rétablir les capacités de conduite (le fonctionnement) du patient. *Le lecteur intéressé est invité à lire le dossier thématique de l'institut Vias à ce sujet (Meesman et al., 2017a).* La prévalence de drogues dans les accidents de la route est estimée à 2% dans Schulze et al (2012).

Dans une méta-analyse datant de 2013 (Elvik 2013a), il est illustré que de nombreuses études scientifiques démontrent de manière consistante que l'utilisation de drogues psychoactives est associée à un impact négatif sur la sécurité routière. La raison principale est que celles-ci affectent non seulement notre perception de l'environnement, mais aussi notre capacité de jugement et de réaction.

Distraction

La concentration du conducteur sur la tâche qu'il est en train d'accomplir semble être un élément essentiel de sécurité routière. On considère que les conducteurs passent 25 à 30% de leur temps à des activités pouvant distraire (Ranney, 2008). *Ce sujet est abondamment abordé dans le dossier thématique de [Slootmans & Desmet \(2018\)](#), et le lecteur intéressé est invité à parcourir ce dossier.* Le message important est que la distraction au volant est un problème majeur dans la sécurité routière des voitures, et que ses causes peuvent être multiples : GSM au volant, panneaux publicitaires, passagers dans la voiture, systèmes embarqués de divertissement, etc... Un conducteur qui n'est plus attentif à sa conduite peut ne pas voir un danger et/ou réagir à temps en cas de nécessité.

Fatigue et somnolence

Comme la distraction, la fatigue constitue un problème majeur de sécurité routière. La somnolence jouerait en effet un rôle dans 20 à 25% des accidents en Europe (Riguelle & Goldenbeld, 2016). *Ce sujet est abondamment abordé dans le dossier thématique de [Riguelle & Goldenbeld \(2016\)](#), et le lecteur intéressé est invité à parcourir ce dossier.* Succinctement, la fatigue est un état de diminution de l'attention qui a pour conséquence une baisse de la capacité et de la motivation à entreprendre une action. La fatigue revêt un aspect physique et mental/psychologique. Il existe cinq facteurs généraux à l'origine de la fatigue : le temps consacré à une tâche ou à un travail, le manque de sommeil, le biorhythme, la monotonie de la tâche et des caractéristiques individuelles (comme la condition médicale et la consommation d'alcool, de drogues et de médicaments). La fatigue au volant entraîne des effets négatifs au niveau du comportement routier, parmi lesquels un temps de réaction plus lent, une baisse de l'attention, un moins bon traitement de l'information et une moins bonne conduite. Les caractéristiques individuelles telles que l'âge, la condition médicale, la consommation d'alcool, de médicaments ou de drogues influencent la sensibilité à la fatigue et la manière d'y résister. Les seniors (70+) et les personnes présentant une mauvaise condition physique sont plus rapidement fatigués. Les adolescents ont souvent besoin de plus d'heures de sommeil alors qu'ils dorment précisément très peu et ce manque de sommeil et la consommation d'alcool et de drogues les rendent encore plus sensibles aux effets de la fatigue. L'insomnie est un trouble du sommeil très fréquent qui entraîne de la fatigue au cours de la journée. L'apnée du sommeil est également un trouble du sommeil qui se manifeste régulièrement mais bon nombre de gens ne savent pas qu'ils en souffrent.

Non-respect du port de la ceinture de sécurité

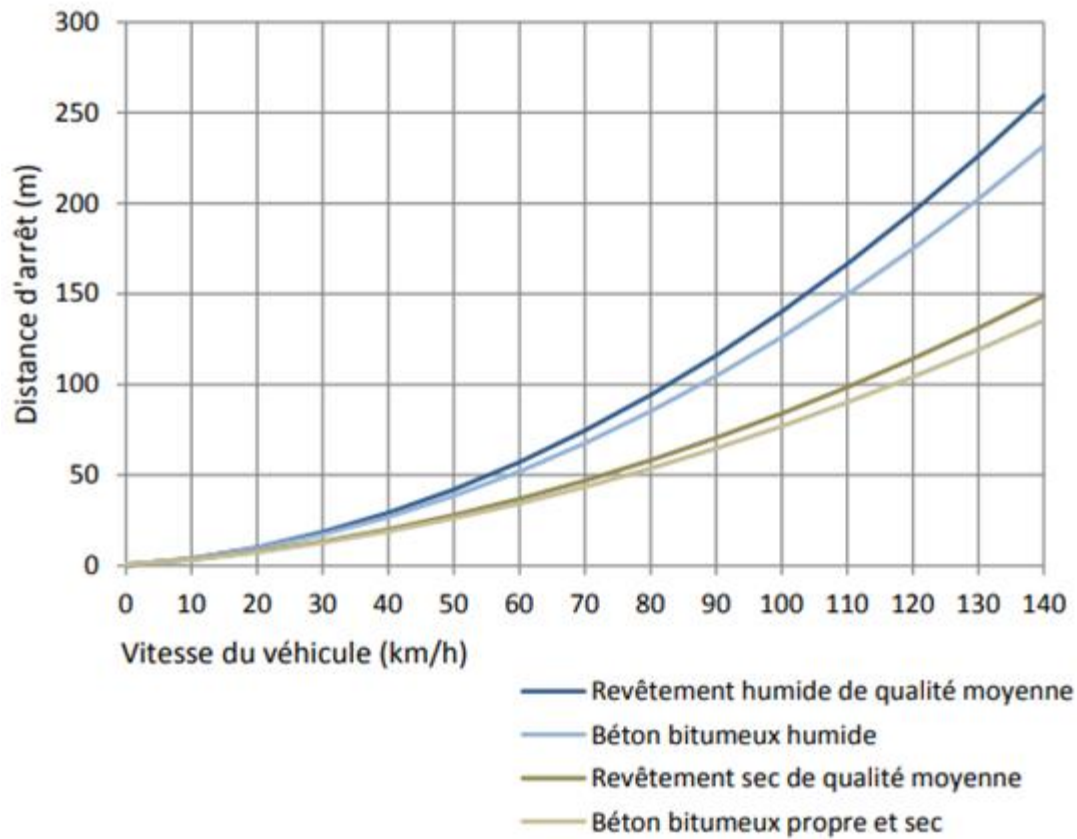
Comme nous le verrons dans la section Mesures (p. 47), la ceinture de sécurité est un élément primordial dans la sécurité à bord d'une voiture, et ce, tant pour le conducteur que ses passagers (Lequeux, 2016). Dans ce cadre, le fait de ne pas la porter accroît considérablement le risque de blessures lors d'accidents. Pour la Belgique par exemple, en 2015, on estime que 8,5% des conducteurs ne portaient pas de ceinture de sécurité, les passagers avant ne la portaient pas dans 7,8% des cas et les passagers à l'arrière dans 14,4% des cas. Or, d'après le National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), la ceinture de sécurité diminuerait les chances de mourir dans un accident de 45% et d'être blessé de 50% en évitant les projections vers l'avant mais aussi les projections hors du véhicule.

1.6.5 Infrastructure

L'infrastructure liée à la conduite automobile est complexe et a évolué depuis un siècle en termes de capacité de trafic, de sécurité et de nuisance sonore. Concernant les voitures spécifiquement, plusieurs facteurs de risque peuvent être dégagés.

Revêtement

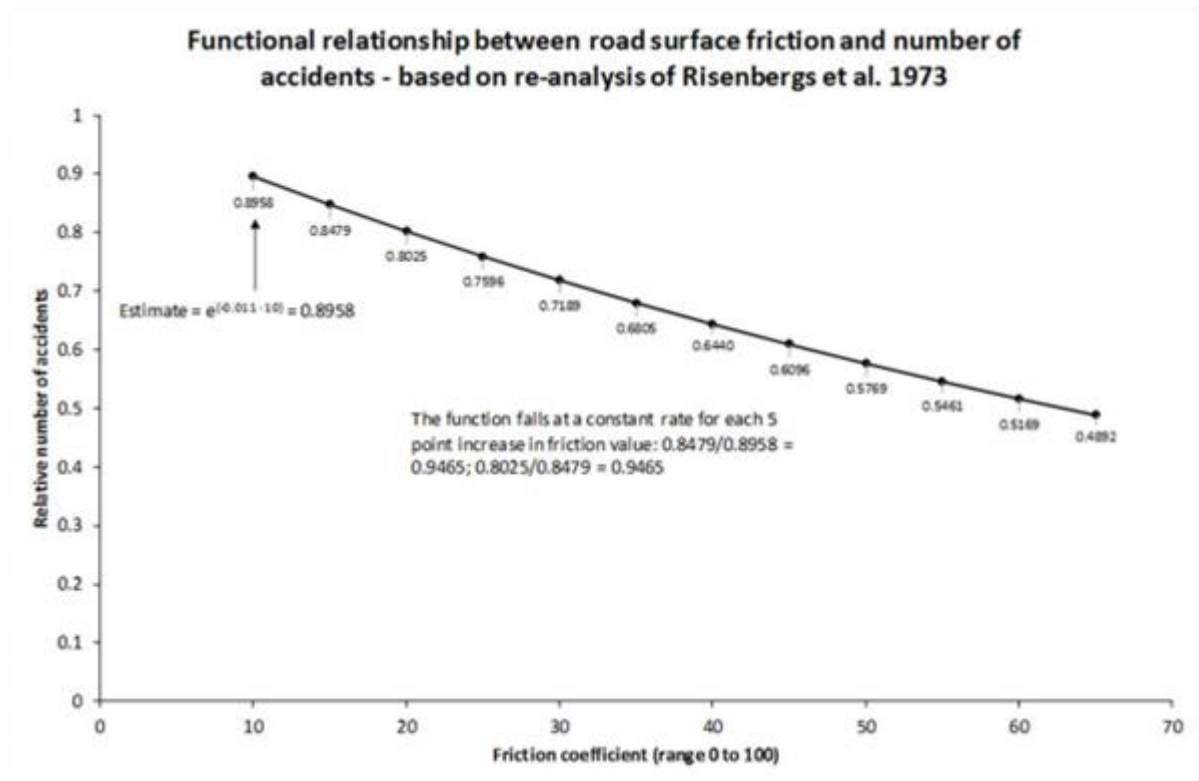
L'adhérence d'un véhicule est le paramètre essentiel dans la maîtrise de celui-ci dans les meilleures conditions. Un revêtement de qualité permettra une adhérence plus forte, ce qui réduit notamment les distances de freinage en cas de situations dangereuses. La Figure 19 de Leblud et al. (2017) illustre ce principe.



Source : Leblud et al. (2017)

Figure 19 : Distance de freinage en fonction du type de revêtement.

On observe sur cette figure que les distances de freinage peuvent être considérablement allongées si le revêtement est de mauvaise qualité, a fortiori s'il est humide. La météo joue donc un rôle important ici aussi. Une étude d'Elvik (2017) a même pu démontrer qu'il existe un lien entre le coefficient de friction d'une route et le risque d'accident. Cette relation est illustrée à la Figure 20.



Source : Elvik (2017)

Figure 20 : Nombre relatif d'accident en fonction du coefficient de friction de la route.

Les obstacles

Certains types d'obstacles ont pu être identifiés comme étant un facteur de risque significatif. Le travail de Theofilatos et al. (2017) a pu mettre en évidence que les zones de travaux sur les routes avaient un impact significatif sur le risque d'accident à cet endroit. De plus, il existe une relation entre la longueur du tronçon en travaux et le risque d'accident. Ces résultats ont été confirmés par une méta-analyse effectuée dans cette étude.

Éclairage public

En Belgique, il existe une culture de l'éclairage public. En effet, nos routes communales, nationales et autoroutes étaient jusqu'à récemment très souvent éclairées la nuit. S'il s'agit d'une augmentation indéniable du confort de conduite et de la lisibilité de la route pour l'utilisateur, on peut se demander si l'absence de lumière est un facteur de risque pour les conducteurs automobiles. Une revue de la littérature de Focant & Martensen (2016) n'a pas permis de montrer que l'obscurité était un facteur de risque pour les conducteurs automobile. Par contre, c'est un facteur de risque très important pour les piétons. Une étude spécifique à l'Allemagne (Wanvik, 2009) a tout de même souligné une réduction des accidents corporels de 50% suite à l'installation d'éclairage.

1.6.6 Véhicule et dysfonctionnement

La façon dont est conçue et entretenue une voiture peut influencer le risque et la gravité des accidents. On comprend assez aisément que si les freins d'une voiture ne sont plus performants, cela peut causer un accident. De même, si la déformation de l'habitacle n'est pas correctement prédite par le constructeur, cela peut aggraver considérablement les conséquences d'un accident.

Maintenance et défaut technique du véhicule

Il est très difficile d'estimer si un défaut de maintenance et/ou un problème technique est un facteur de risque pour les occupants de voitures (Hermite, 2016a). En effet, il est très difficile voire impossible de faire une analyse complète d'un véhicule après un accident sans le démonter à 100%. Il est donc compliqué de discerner les causes éventuelles de l'accident qui sont spécifiquement liées à un défaut du véhicule. Néanmoins, il est généralement considéré que des problèmes techniques peuvent contribuer au risque d'accident.

Hermite (2016a) estime que le nombre de véhicules ayant un problème technique pouvant impacter la sécurité routière peut varier très fortement : de 2% dans certains pays à près de 100% dans d'autres. Cette variation importante est due à la façon dont est inspecté le véhicule et à l'organisme en charge de l'inspection. A titre d'exemple, environ 40% des véhicules en Grande-Bretagne ratent leur premier contrôle technique. La proportion d'échecs augmente en général avec l'âge du véhicule.

Les défauts techniques du véhicule auraient un facteur contributif d'accidents entre 0.5 et 24% (Hermite 2016a). Les experts de DEKRA (institution multinationale fondée en 1925) sont appelés par la police ou par un magistrat dans le cas où un accident pourrait être lié, ou même causé, à un défaut mécanique (DEKRA, 2005). Dans plus de 26% des cas où DEKRA a été appelé entre 2001 et 2004, les véhicules avaient effectivement un défaut technique. Ce défaut n'était pas forcément directement lié à l'accident, mais dans un quart des cas on a considéré que le défaut était la cause ou une cause partielle de l'accident en question. Un problème du véhicule peut ne pas être responsable de l'accident, mais peut modifier la phase d'urgence car il peut diminuer de manière importante les performances du véhicule à cet instant.

Euro NCAP – Sécurité à bord des voitures lors d'un accident et sécurité des usagers vulnérables subissant l'accident contre une voiture

Le test Euro NCAP est un programme européen d'évaluation des nouveaux modèles de voitures en termes de sécurité de leurs occupants, mais aussi plus récemment en termes de sécurité des usagers de la route heurtés par lesdits véhicules.

Euro NCAP (www.euroncap.com) a introduit en 2009 une note de sécurité globale basée sur l'évaluation dans quatre domaines importants:

- Protection des occupants adultes (pour le conducteur et le passager)
- Protection des jeunes passagers
- Protection des piétons qui a été étendue aux cyclistes et qui est maintenant dénommée Protection des usagers vulnérables de la route (VRU)
- Aide à la sécurité, qui évalue les technologies d'aide à la conduite et d'évitement d'accident.

Pour chaque catégorie, l'évaluation attribue un nombre d'étoiles, pouvant aller jusqu'à 5. Une excellente voiture du point de vue de la sécurité routière aura 5 étoiles, une mauvaise aura par exemple 1 étoile.

Depuis son introduction, les constructeurs ont effectué d'énormes avancées en termes de sécurité routière (Hermite, 2016b). En effet, il est très rare aujourd'hui d'observer une voiture neuve avec un faible score, chose qui était très commune il y a quelques années.

La même étude (Hermite, 2016b) a pu mettre en évidence qu'un faible score Euro NCAP était probablement un facteur de risque pour la gravité des blessures des occupants de la voiture, mais aussi un facteur de risque pour les usagers vulnérables subissant l'accident par ce véhicule. La Figure 21 montre un exemple d'un véhicule subissant une trop forte déformation lors d'un impact frontal.



Crédit : robson.m3Rlon.org

Figure 21 : Exemple d'une voiture mal conçue pour les accidents frontaux: l'habitacle se déforme complètement sous le choc.

Les résultats de Kullgren et al. (2010) indiquent que les occupants d'une voiture ayant 2 étoiles à l'évaluation Euro NCAP auront 28% de risque supplémentaire d'avoir des soucis médicaux à la suite d'un accident que les occupants d'une voiture ayant obtenu 5 étoiles. De même, les risques pour les usagers vulnérables d'être gravement blessés à la suite d'une collision avec un véhicule mal noté est plus grand qu'avec un véhicule correctement noté. Il semble important de souligner néanmoins que les critères d'évaluations changent rapidement, une voiture notée 5 étoiles en 2018 sera, peut-être considérées comme peu performante dans 5 ans (T. Hermitte, *pers. com.*).

2 Réglementation en Belgique

2.1 Définition et prescriptions techniques

La définition de base d'une voiture est donnée par la [disposition 2.21 du code de la route](#), à savoir "tout véhicule à moteur, y compris le trolleybus, qui ne satisfait pas aux prescriptions du cyclomoteur, du motorcycle, du trois-roues et du quatre-roues".

L'[article 1](#) de l'arrêté royal du 15 mars 1968 portant réglementation générale des prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les voitures, leurs remorques et leurs accessoires de sécurité donne des définitions plus précises des différentes catégories de voitures.

Ce dernier arrêté contient également les exigences techniques imposées aux voitures et à leurs remorques. Toutes les voitures immatriculées en Belgique doivent s'y conformer. Cependant, ces exigences ne sont pas suffisantes pour une réception de type européenne. Pour ce faire, le véhicule doit se conformer à toute une série d'autres règlements, tels que les [règlements de la CEE sur les véhicules](#).

2.2 Aspects administratifs

2.2.1 Assurance

La « [loi relative à l'assurance obligatoire de la responsabilité en matière de véhicules automoteurs](#) » stipule que tout véhicule capable de se mouvoir par ses propres moyens doit être couvert par une assurance responsabilité civile.

2.2.2 Enregistrement

Chaque voiture doit également être enregistrée et porter une plaque d'immatriculation. L'immatriculation du véhicule est déterminée par « [l'arrêté royal relatif à l'immatriculation des véhicules](#) » et les plaques d'immatriculation sont déterminées par « l'arrêté ministériel relatif à l'immatriculation de des véhicules ».

2.2.3 Permis de conduire

L'article 2 de l'arrêté royal relatif au permis de conduire détermine quel est le permis de conduire requis pour conduire quel véhicule. Dans la catégorie B il y a :

"Véhicules d'une masse maximale autorisée n'excédant pas 3 500 kg et conçus et construits pour le transport de huit passagers au plus, à l'exclusion du conducteur; une remorque dont la masse maximale autorisée ne dépasse pas 750 kg peut être attelée aux voitures de cette catégorie.

Une remorque d'une masse maximale autorisée de plus de 750 kg peut être attelée aux véhicules de cette catégorie, à condition que la masse maximale autorisée de cette combinaison ne dépasse pas 4 250 kg.

Les véhicules à quatre roues avec moteur appartiennent également à cette catégorie; "

L'âge minimum pour conduire une voiture sous surveillance dans le cadre de la formation des conducteurs est de 17 ans. L'examen pratique et la conduite autonome d'une voiture peuvent être effectués à partir de 18 ans (arrêté royal concernant le permis de conduire pour les véhicules de la catégorie B, article 8 du code de la route). Même si le conducteur a obtenu un permis de conduire plus jeune dans un autre pays, elle devra attendre ses 18 ans pour conduire en Belgique.

2.3 Homologation d'un véhicule

Avant de pouvoir circuler sur la voie publique, une voiture doit subir une homologation et être déclarée conforme. L'article 4 de l'arrêté royal décrit les procédures de contrôle de conformité d'un véhicule.

§ 1. L'autorité compétente en matière de réception prend toutes les mesures nécessaires en vue de vérifier, le cas échéant en coopération avec les autorités compétentes en matière de réception des autres États membres, si les mesures adéquates ont été prises pour garantir que le ou les véhicules, systèmes, composants ou, selon le cas, entités techniques produits sont conformes à la fiche de réception.

L'autorité compétente en matière de réception, qui a accordé la réception, peut prendre toutes les mesures nécessaires en ce qui concerne cette réception en vue de vérifier, le cas échéant en coopération avec les autorités compétentes en matière de réception des autres États membres, si les mesures visées au paragraphe 1 restent adéquates et si le ou les véhicules, systèmes, composants ou, selon le cas, entités techniques produits demeurent conformes à la fiche de réception.

La procédure de contrôle de conformité vise à garantir que chaque véhicule, système, composant et entité technique produit soit conforme à la fiche de réception.

Les procédures comportent deux opérations indissociables l'une de l'autre, à savoir l'évaluation des systèmes de gestion de la qualité, ci-après dénommée "évaluation initiale" et la vérification de l'objet de la réception et des contrôles liés au(x) produit(s), ci-après dénommée "dispositions en matière de conformité".

Tous les détails concernant l'évaluation initiale et les dispositions en matière de conformité sont disponibles via [ce lien](#).

2.4 Contrôle technique

L'article 23 de l'arrêté royal décrit les procédures d'inspection automobile en Belgique. Les véhicules mis en circulation sont soumis à des contrôles en vue de vérifier leur conformité aux dispositions réglementaires qui leur sont applicables.

Les contrôles sont effectués par les organismes agréés en application de l'arrêté royal du 23 décembre 1994 portant détermination des conditions d'agrément et des règles du contrôle administratif des organismes chargés du contrôle des véhicules en circulation.

Les contrôles comprennent les contrôles énoncés à [l'annexe 15](#) et les contrôles complémentaires prévus par des dispositions réglementaires particulières. Ils comprennent par ailleurs un contrôle du numéro de châssis, un contrôle de la pollution, un contrôle de freinage, un contrôle de suspension, un contrôle de l'état du châssis, etc.

2.5 Code de la route

Le code de la route a été fixé par l'Arrêté royal du 1er décembre 1975 à propos du règlement général sur la police de la circulation routière et de l'usage de la voie publique. Il définit tout d'abord les zones où les voitures peuvent circuler comme suit :

- Le terme "**chaussée**" désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général.
- Le terme "**bande de circulation**" désigne toute partie d'une chaussée divisée, dans le sens longitudinal par:
 - o une ou plusieurs lignes de couleur blanche soit continues, soit discontinues. Ces lignes peuvent être rendues plus apparentes par des dispositifs rétroréfléchissants;
 - o des marques provisoires qui consistent:
 - soit en des lignes continues ou discontinues de couleur orange;
 - soit en des lignes continues ou discontinues constituées par des clous de couleur orange.
- Le terme "**autoroute**" désigne la voie publique dont le commencement ou l'accès est indiqué par le signal F5 et dont la fin est indiquée par le signal F7.



F5



F7

- Le terme **"route pour automobiles"** désigne la voie publique dont le commencement est indiqué par le signal F9 et dont la fin est indiquée par le signal F11.



Le code de la route décrit ensuite toutes les obligations du conducteur lorsqu'il circule sur la voie publique en termes de limitations de vitesse, d'obligation de céder le passage, d'annonce d'une manœuvre, d'ouverture de portes, etc. Le code de la route pour les voitures est extrêmement complet, détaillé et sujet à adaptation fréquente. Il serait inutile de faire un résumé ici. Le lecteur intéressé peut trouver l'entièreté des différentes sections sur [ce lien](#).

2.5.1 Sièges Enfants

Les enfants de moins de 18 ans et dont la taille est inférieure à 135 cm doivent être transportés dans un dispositif de retenue pour enfants qui leur est adapté.

2.5.2 Remorques

Les voitures peuvent tracter une remorque. Cependant, ces remorques sont soumises à certaines réglementations. Les remorques doivent être munies:

§1. d'un dispositif de freinage de service conçu et réalisé de manière telle que le conducteur du véhicule tracteur auquel la remorque est accouplée, puisse de son siège au moyen de ce dispositif, sans lever les mains du volant de direction, contrôler le mouvement de la remorque et arrêter le mouvement de façon sûre, rapide et efficace, quelles que soient les conditions de vitesse et de chargement et quelle que soit la déclivité sur laquelle la remorque se trouve.

Son action doit être modérable.

Le dispositif de freinage de service du type dit par inertie, c'est-à-dire utilisant des forces provoquées par le rapprochement de la remorque et du véhicule tracteur, n'est admis que sur les remorques, à l'exclusion des semi-remorques, dont la masse maximale autorisée n'excède pas 3.500 kg. Pour les véhicules lents, la masse maximale autorisée ne peut être supérieure à 8.000 kg.

§2. Le dispositif de freinage de service doit être tel que le freinage automatique de la remorque soit assuré lors d'une séparation de la remorque du véhicule tracteur, même si celle-ci est due à une rupture d'attelage.

Pour les remorques munies d'un dispositif de freinage de service du type par inertie, ce freinage automatique peut être assuré:

- *soit au moyen du dispositif de freinage de stationnement;*
- *soit au moyen du dispositif de freinage agissant par la chute du timon.*

Les remorques à un essieu, dont le poids maximal autorisé ne dépasse pas 1.500 kg, ne doivent pas être munies d'un dispositif assurant le freinage automatique, à condition qu'elles soient munies en permanence, en plus de l'attache principale, d'une attache secondaire et qu'en cas de rupture de l'attache principale, le timon ne puisse toucher le sol.

Les remorques à un essieu dont la masse maximale autorisée n'excède pas 750 kg, ne doivent pas être pourvues d'un dispositif de freinage.

§3. L'installation de freinage des remorques dont la masse maximale autorisée n'excède pas [8.000] kg et qui sont tirées exclusivement par des véhicules automobiles lents [dont la vitesse maximale n'est pas supérieure à 30 km/h], peut ne comporter qu'un seul dispositif de freinage, à condition que les différentes pièces composant ce dispositif unique soient dimensionnées, conçues et réalisées de manière telle:

que le conducteur du véhicule tracteur puisse contrôler le mouvement de la remorque et l'arrêter de façon sûre, rapide et efficace, quelles que soient les conditions de vitesse et de chargement et quelle que soit la déclivité sur laquelle la remorque se trouve;

qu'à moins qu'il ne s'agisse d'une remorque à un essieu dont la masse maximale autorisée ne dépasse pas 1.500 kg et qui est munie en permanence en plus de l'attache principale, d'une attache secondaire et qu'en cas de rupture de l'attache principale, le timon ne puisse toucher le sol, il entre en action en cas de rupture de la liaison avec le véhicule tracteur;

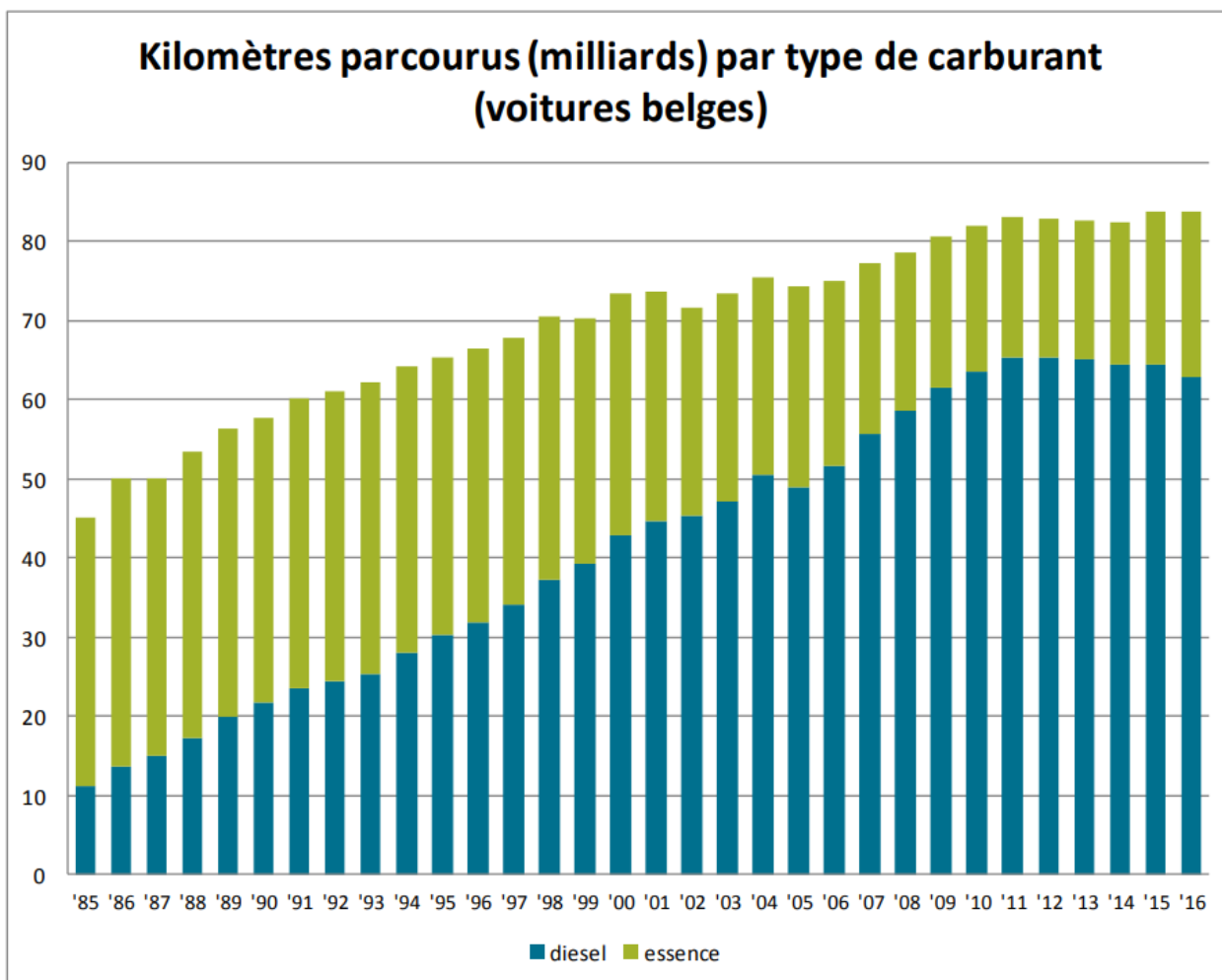
que, à lui seul et par une action purement mécanique il puisse maintenir la remorque à l'arrêt sur une déclivité ascendante ou descendante.

§4. Les dispositions des §§ 1^{er}, 2 et 3 ci-avant ne sont pas applicables aux remorques dont la masse maximale autorisée ne dépasse pas 750 kg, sous réserve que ce poids n'excède pas la moitié de la masse à vide du véhicule tracteur.

3 Chiffres-clés en Belgique

3.1 Exposition

En Belgique, le nombre de voitures sur nos routes augmentent d'environ 1,5 pourcent par an depuis 5 ans (ACEA,2018), avec 48 nouveaux véhicules par 1000 habitants en 2016. Cela correspond à plus de 6.522.200 voitures sur nos routes.



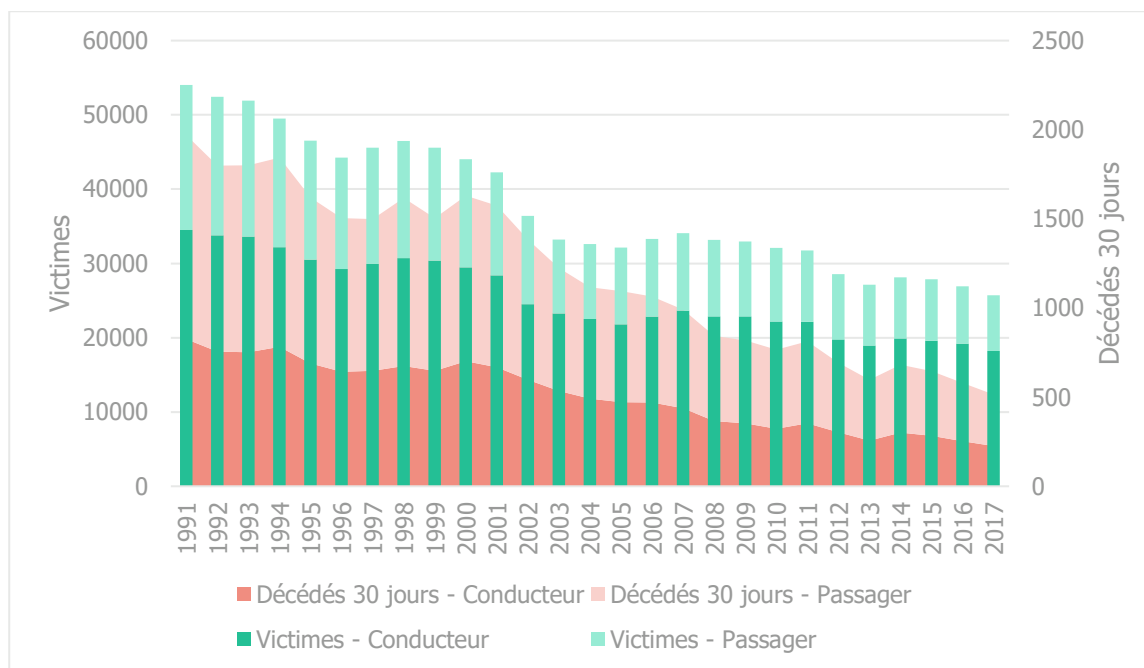
Source : Kwanten (2016)

Figure 22 : Évolution du trafic routier effectué en Belgique depuis 1985 , par type de carburant.

La Figure 22 illustre le nombre de kilomètres parcouru en Belgique depuis les années 80 en voiture. On constate que l'intensité du trafic n'a cessé d'augmenter durant presque toute cette période, avant d'arriver à un plateau vers les années 2010.

L'utilisation de véhicules diesel et essence a également beaucoup changé : alors qu'en 1985, seulement 24,2% des voitures roulaient au diesel, c'était 78,5% en 2012. Après 2012, cette part a recommencé à baisser : en 2016, 74,8% des voitures roulaient au diesel.

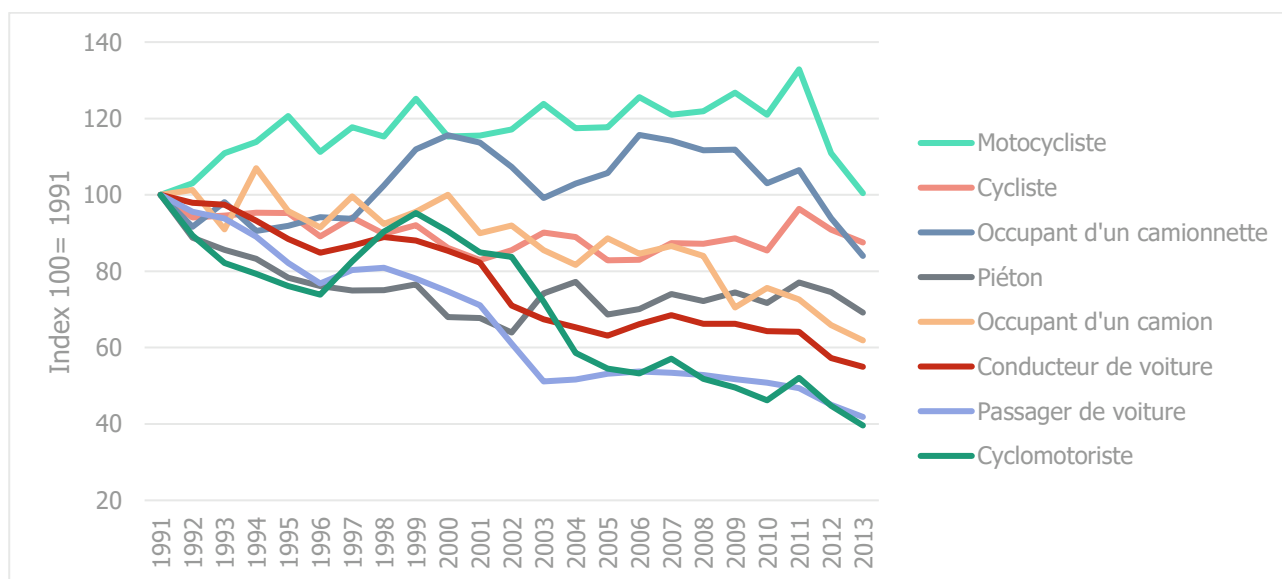
3.2 Évolution du nombre de victimes de la route



Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 23 : Évolution du nombre des occupants de voitures qui sont victimes et décédés 30 jours, 1991-2017, séparée entre les conducteurs et les passagers.

La Figure 23 montre l'évolution du nombre de victimes (axe gauche) et le nombre de décès de 30 jours parmi les occupants de voiture (axe de droite), en différenciant les conducteurs des passagers. La figure montre que la sécurité routière des automobilistes s'est considérablement améliorée au cours des 27 dernières années: entre 1991 et 2017, le nombre de victimes de la route a diminué de moitié (de 54 007 à 25 692) pour les automobilistes (-44%). La sévérité des accidents de voiture pour les occupants a également diminué: le nombre d'occupants de voiture qui meurent dans un accident de la circulation a même diminué de 75% (de 1144 à 288) : cette évolution était un peu plus forte pour les passagers (-81%) que pour les conducteurs (-73%).



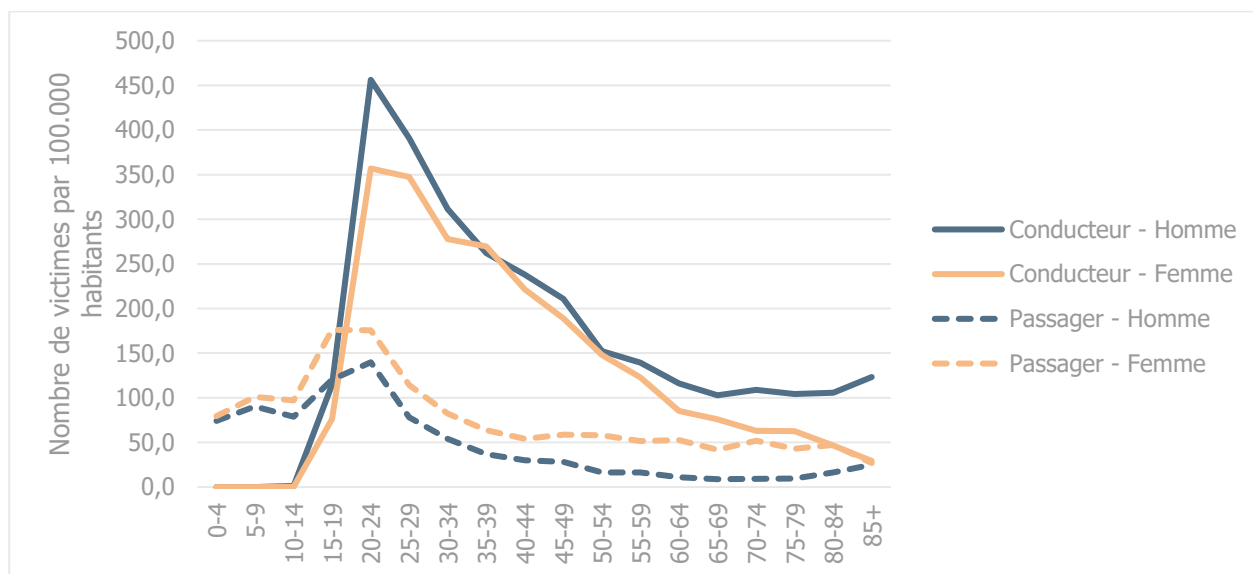
Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 24 : Évolution du nombre de victimes en fonction des différents moyens de transport (index 100 = 1991).

La Figure 24 montre l'évolution du nombre de victimes entre 1991 et 2013 pour les différents modes de déplacement. L'évolution est illustrée par rapport à 1991, qui est l'année de référence (base 100). La figure montre que la sécurité routière des occupants des voitures s'est nettement améliorée par rapport aux autres

modes de transport. Entre 1991 et 2013, le nombre de victimes parmi les conducteurs de voitures et les passagers a diminué beaucoup plus que dans les autres modes de transport, tandis que le nombre de kilomètres parcourus et le nombre de voitures particulières ont augmenté. Seul le nombre de victimes chez les cyclomotoristes a connu une baisse similaire.

3.3 Caractéristiques des victimes



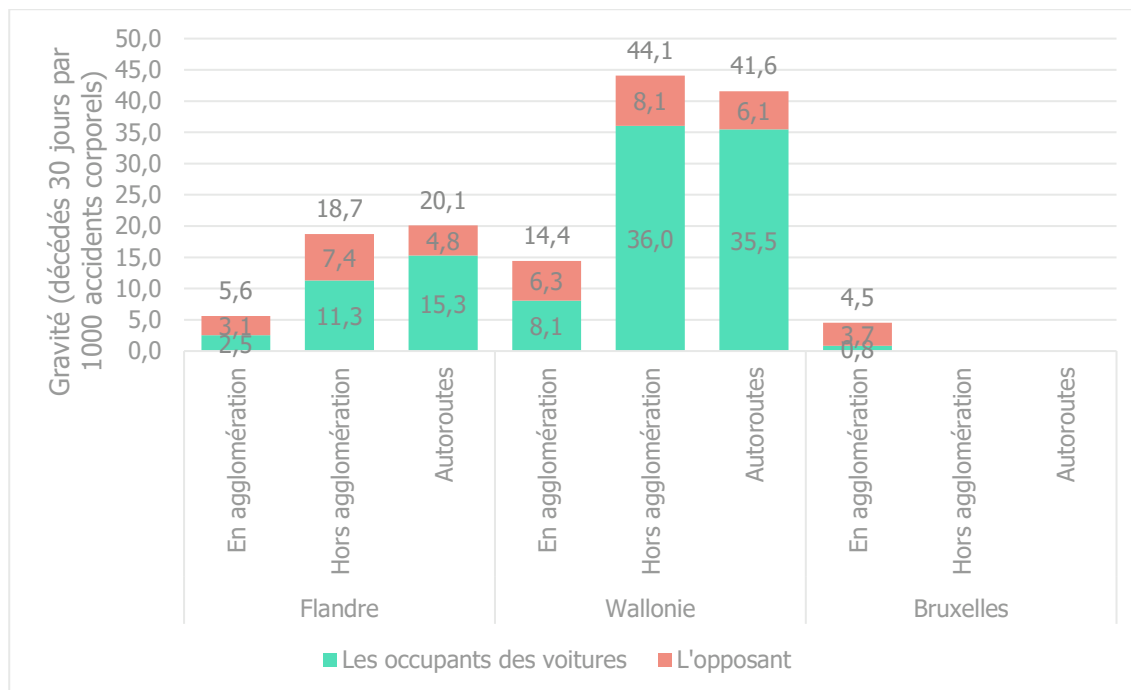
Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 25 : Nombre des occupants de voitures qui sont victimes par 100.000 habitants en fonction de l'âge et du genre, séparée entre les conducteurs et les passagers, 2017.

La Figure 25 montre le nombre de victimes parmi les occupants de voiture pour 100 000 habitants selon l'âge et le sexe, divisé en conducteurs et passagers. La tendance déjà observée dans le Tableau 3 est confirmée dans ce graphique: le pic du nombre de victimes chez les automobilistes se situe entre 20 et 29 ans, avant de diminuer avec l'âge. Les hommes et les femmes suivent une tendance similaire, seulement parmi les 20 à 29 ans et parmi les plus de 60 ans, il y a clairement plus de conducteurs masculins qui deviennent victimes que de conductrices. Si nous regardons les victimes parmi les passagers, nous constatons une tendance inversée : le nombre de victimes féminines est supérieur au nombre de victimes masculines. Le pic d'âge est aussi un peu plus précoce avec les passagers qu'avec les conducteurs : entre 15 et 24 ans on trouve le plus de victimes.

La répartition des décès semble différente : en 2017, il y a eu 288 décès sur la route parmi les occupants de la voiture, dont 226 conducteurs et 62 passagers. La répartition entre hommes et femmes parmi les passagers décédés n'est pas la même que la répartition parmi les conducteurs décédés : 76% des passagers décédés étaient des hommes contre 84% parmi les conducteurs décédés.

3.4 Lieu des accidents



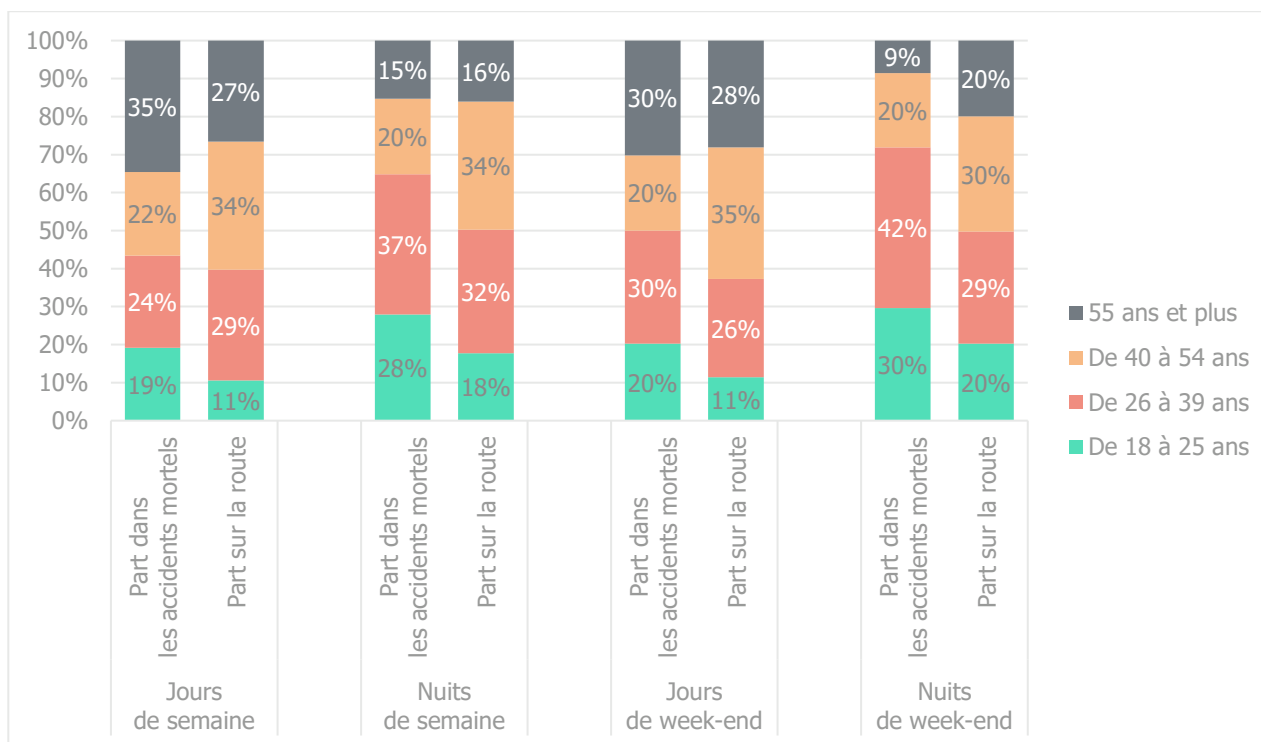
Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 26 : Gravité des accidents de voiture en fonction de la région et du type de route, 2016-2017.

La Figure 26 montre la gravité des accidents de voiture en fonction du lieu de l'accident. La gravité des accidents (nombre de décès pour 1000 accidents corporels) est répartie selon la gravité pour l'opposant (personnes tuées chez l'opposant par 1.000 accidents de voiture) ou la gravité des occupants des voitures eux-mêmes (nombre de décès chez les occupants de voitures par 1000 accidents de voiture). De ce chiffre, il semble que la gravité globale est la plus grande en Wallonie sur les routes ordinaires en dehors des zones urbaines (44,1 décès pour 1000 accidents de voiture), et sur les autoroutes (41,6). Dans les agglomérations également, la gravité des accidents est plus importante en Wallonie (14,4) qu'en Flandre (5,6) ou à Bruxelles (4,5). En Flandre, la sévérité sur les autoroutes (20,1) est plus importante que sur les routes ordinaires en dehors des zones urbaines (18,7).

Nous constatons par ailleurs que la répartition de la gravité est différente entre les types de route chez les occupants de voiture et l'opposant. Dans les zones urbaines en Flandre et Wallonie, la gravité des occupants de la voiture et de l'opposant sont semblables, alors que sur d'autres routes - où la limite de vitesse est supérieure et les vulnérables sont moins fréquents, ce sont généralement les occupants de la voiture qui meurent. La portion des occupants de voiture décédés dans des accidents de voitures en Wallonie sur les routes ordinaires en dehors des zones urbaines et sur les autoroutes est supérieure à 80%.

3.5 Moment des accidents

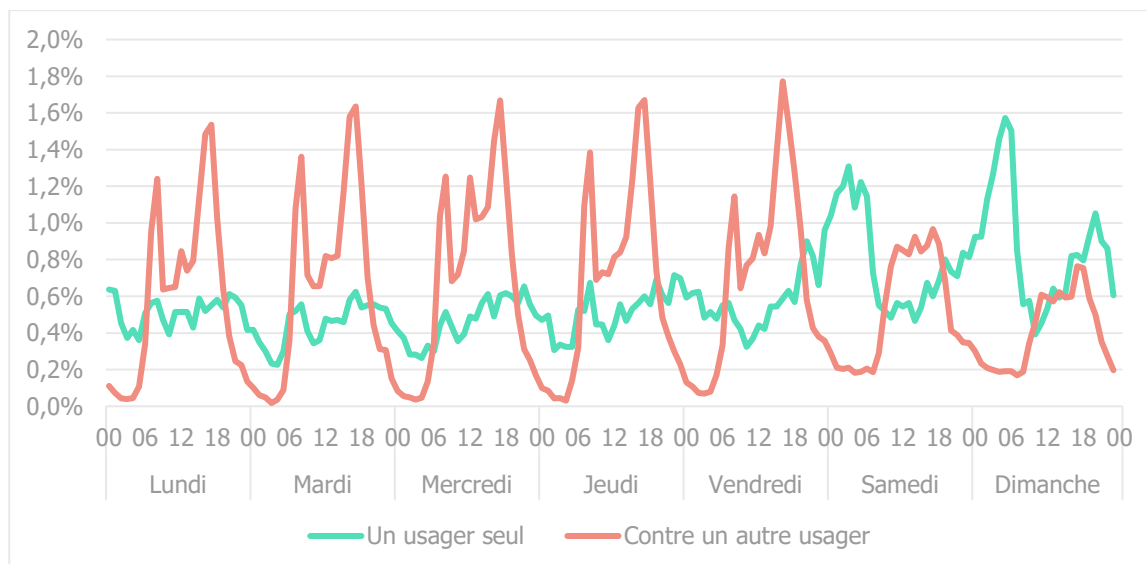


Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 27 : Répartition de l'implication dans des accidents mortels et de la présence sur la route, par catégorie d'âge du conducteur de voiture, selon la période de la semaine, 2016-2017.

La Figure 27 présente, selon la catégorie d'âge et la période de la semaine, la part des conducteurs impliqués dans les accidents mortels et la part qu'ils représentent sur la route en temps normal. Lorsque la part de conducteurs d'une certaine catégorie d'âge sur la route est inférieure à la part correspondante dans les accidents mortels, les conducteurs de cette catégorie d'âge sont surreprésentés dans les accidents mortels.

La Figure 27 montre que les jeunes automobilistes âgés de 18 à 25 ans sont surreprésentés dans les accidents mortels à chaque moment de la semaine. Parmi les automobilistes âgés de 26 à 39 ans, on constate qu'ils sont fortement surreprésentés les nuits de week-end: alors qu'ils ne représentent que 29% du trafic, ils sont impliqués dans 42% des accidents mortels. Ce groupe d'âge est également surreprésenté les week-ends et les soirées de la semaine. En revanche, les conducteurs de 55 ans et plus sont surreprésentés les jours de la semaine : alors qu'ils ne représentent que 27% du trafic, ils sont impliqués dans 35% des accidents mortels. Les nuits de week-end, cette catégorie d'âge est encore fortement sous-représentée dans les accidents mortels.

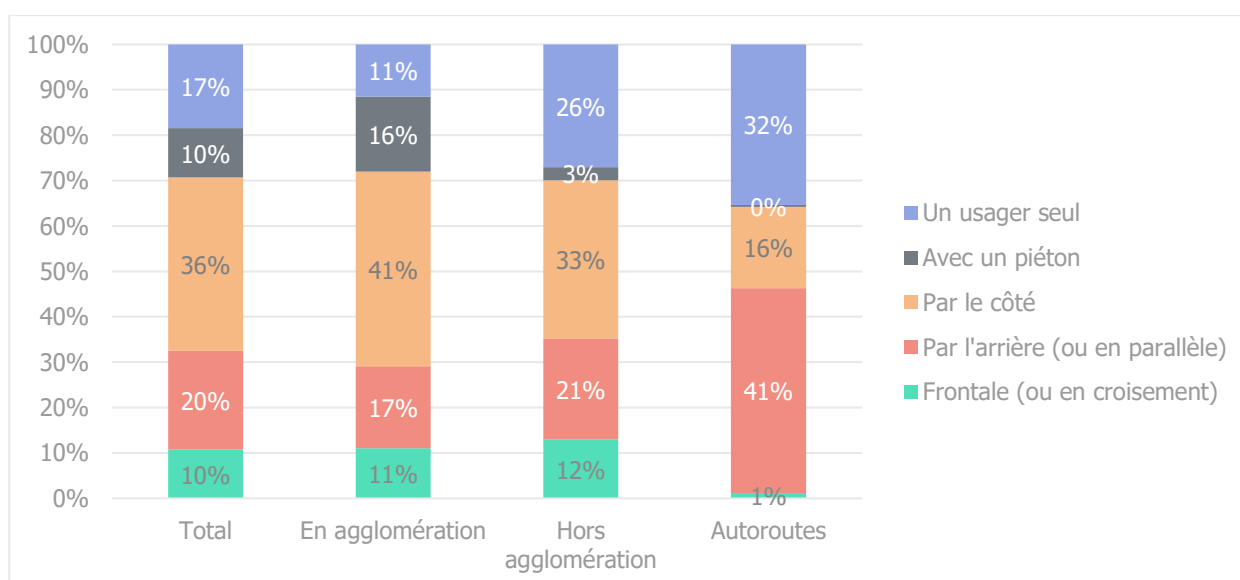


Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 28 : Répartition des accidents impliquant une voiture au cours des heures de la semaine, en fonction du type d'accidents, 2015-2017.

La Figure 28 montre la répartition du nombre d'accidents corporels impliquant une voiture au cours des différentes heures de la semaine pour la période 2015 à 2017 incluses. Cette répartition est donnée pour les accidents n'impliquant pas d'autres usagers (ligne verte) et pour les accidents impliquant un autre usager de la route (ligne rouge). Dans le cas d'une répartition équilibrée, chaque heure devrait comprendre 0,60% du nombre total d'accidents corporels, étant donné qu'une semaine se compose au total de 168 heures. La somme des valeurs de chaque courbe est égale à 100%. La Figure 28 montre que les deux types d'accidents ont une distribution très différente au cours de la semaine. Les pics d'accidents impliquant au moins 2 usagers corrélerent avec l'intensité du trafic : pendant l'heure de pointe du matin (de 7h à 9h) et pendant l'heure de pointe du soir (de 16 à 17 heures) en semaine. Par contre, les pics d'accidents unilatéraux se produisent pendant les nuits de week-end (de 12 h à 6 h).

3.6 Type d'accidents



Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 29 : Répartition du nombre d'accidents corporels impliquant une voiture selon le type de la première collision, par type de route, 2017.

La Figure 29 montre, pour chaque type de route, la répartition du nombre d'accidents corporels par type de collision en 2017. Un même accident de la route peut découler sur plusieurs collisions, mais le graphique

retient uniquement la première. Les accidents dont le type de première collision est inconnu ne sont pas pris en compte.

La Figure montre que dans 17% des collisions, il n'y a aucun opposant. La plupart des accidents impliquent une collision latérale (36%) ou une collision arrière (20%). Dans 10% des cas, il s'agit d'une collision frontale et dans 10% des cas une collision avec un piéton. Le type de collision diffère également selon le type de route : dans la zone urbaine, nous constatons un pourcentage plus élevé de collisions latérales (41%) et de collisions avec un piéton (16%). Sur les autoroutes, en revanche, il y a un très fort pourcentage de collisions unilatérales (32%) et les collisions avec d'autres usagers de la route concernent presque exclusivement des collisions arrières (41%) et dans quelques cas des collisions latérales (16%).

	Piéton	Cycliste	Cyclomotoriste	Motocycliste	Voiture	Camionnette	Poids lourds	Bus/ autocar	Autre/ Inconnu	Pas d'opposant	Total
Piéton	0,0%	0,7%	0,4%	0,1%	7,7%	0,4%	0,2%	0,3%	0,3%	0,0%	10,1%
Cycliste	0,7%	1,2%	0,6%	0,2%	12,4%	1,1%	0,5%	0,2%	0,3%	2,1%	19,2%
Cyclomotoriste	0,4%	0,6%	0,1%	0,1%	6,5%	0,6%	0,2%	0,1%	0,1%	1,5%	9,9%
Motocycliste	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	4,9%	0,4%	0,1%	0,0%	0,1%	1,9%	7,9%
Voiture	7,7%	12,4%	6,5%	4,9%	26,5%	3,9%	2,7%	0,7%	1,3%	16,4%	83,0%
Camionnette	0,4%	1,1%	0,6%	0,4%	3,9%	0,3%	0,4%	0,1%	0,1%	1,0%	8,3%
Poids lourds	0,2%	0,5%	0,2%	0,1%	2,7%	0,4%	0,3%	0,0%	0,1%	0,5%	4,9%
Bus/autocar	0,3%	0,2%	0,1%	0,0%	0,7%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,6%
Autre/ inconnu	0,3%	0,3%	0,1%	0,1%	1,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,4%	2,7%
Pas d'opposant	0,0%	2,1%	1,5%	1,9%	16,4%	1,0%	0,5%	0,1%	0,4%	0,0%	23,7%
Total	10,1%	19,2%	9,9%	7,9%	83,0%	8,3%	4,9%	1,6%	2,7%	23,7%	

Source : Statbel (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) ; Infographie : institut Vias

Figure 30 : Nombre et part des accidents corporels selon les « partenaires conflictuels » (de la première collision) (2013)

La Figure 30 présente, pour l'année 2013, la part des accidents corporels selon le mode de déplacement des usagers de la route impliqués dans la première collision. Pour chaque usager de la route, chaque cellule présente la part d'accidents corporels selon le « partenaire conflictuel », c'est-à-dire l'autre usager de la route impliqué dans la collision. La part d'accidents corporels dans lesquels le type d'utilisateur concerné a été impliqué se trouvent à la fin de chaque rangée ou colonne.

À partir de cette figure, nous pouvons déduire que les voitures sont impliquées dans la plupart des accidents (83%). En cas de collision entre une voiture et un autre usager, il s'agit généralement d'une autre voiture (26,5%), suivie par les usagers de la route vulnérables (12,4% avec un cycliste et 7,7% avec un piéton).

3.7 Comparaison européenne



Source : CARE(2016)

Figure 31 : Nombre de décès dans un accident de voiture par millions d'habitants en Europe, 2016.

La Figure 31 compare la sécurité routière des occupants de voitures entre les différents pays européens en fonction du nombre de décès à 30 jours par million d'habitants. On constate que cet indicateur varie très fortement entre les différents États européens. En effet, on passe de 9 tués et par millions d'habitants en Suisse à 40 en Roumanie. La Belgique, quant à elle, se trouve dans la moyenne haute avec 29 tués en voiture et par millions d'habitants.



Source : ESRA, 2015

Figure 32 : Sentiment subjectif de sécurité en tant que conducteur et passager de voiture dans 17 pays européens en 2015.

La Figure 32 montre le sentiment subjectif de sécurité des automobilistes et des passagers de voiture de 17 pays européens. Ce sentiment a été mesuré sur la base d'une enquête en ligne demandant «dans quelle mesure vous sentez-vous dans la circulation lorsque vous vous déplacez en Belgique en tant que conducteur /passager automobile?». Les réponses étaient basées sur une échelle allant de 0 "très dangereux" à 10 "très sûr". Les résultats montrent que les automobilistes belges se sentent remarquablement moins en sécurité (6,5) que la moyenne européenne (7,2). Ce n'est qu'en France et en Pologne que le sentiment subjectif d'insécurité est le plus grand. En ce qui concerne les passagers de voitures, le sentiment subjectif de sécurité est en moyenne plus faible en Europe (6,7). Pour les passagers belges, ce sentiment est également plus faible (6,5) que la moyenne européenne.

4 Mesures

Afin d'évaluer les mesures possibles pour améliorer la sécurité routière des occupants de voiture, nous avons principalement utilisé des revues de la littérature (analyses d'un grand nombre de recherches afin de dresser une image globale d'un phénomène). Comme pour les facteurs d'accidents, les mesures sont divisées en trois parties : les mesures améliorant le comportement, les mesures améliorant l'infrastructure et enfin les mesures améliorant la technologie des véhicules.

Approche Système Sûr

Nous allons le voir, les différentes mesures décrites ci-après peuvent être intégrées dans une nouvelle approche de la sécurité routière appelée « Approche Système Sûr » (*Safe System approach*)².

Succinctement, elle est basée sur l'approche inclusive appelée « Système Sûr » qui œuvre à ce que le système de transport soit en mesure d'absorber les erreurs humaines en gérant au mieux les interactions entre les usagers, les véhicules et la route. La méthodologie générale de ce système propose de structurer les recommandations des différents acteurs selon les 4 axes principaux (Figure 33):

- des usagers « sûrs », qui utilisent le système de transport considéré en étant compétents, alertes, et respectueux des règles du code de la route (éducation, permis de conduire, contrôle et sanctions)
- des véhicules « sûrs » qui disposent des meilleures technologies possibles
- des routes « sûres » qui soient intuitives et indulgentes (pardonnantes) par rapport aux erreurs, protégeant les usagers (conception, entretien des routes et des bas-côtés)
- des vitesses « sûres », adaptées en fonction du niveau de sécurité de la route et qui garantissent que les énergies échangées en cas d'accident soient inférieures aux limites impliquant des blessures graves ou mortelles

² Le *Safe system approach* développé par le Comité mixte de recherche sur les transports (JTRC) de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) et utilisé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Le lecteur intéressé peut suivre ce lien.

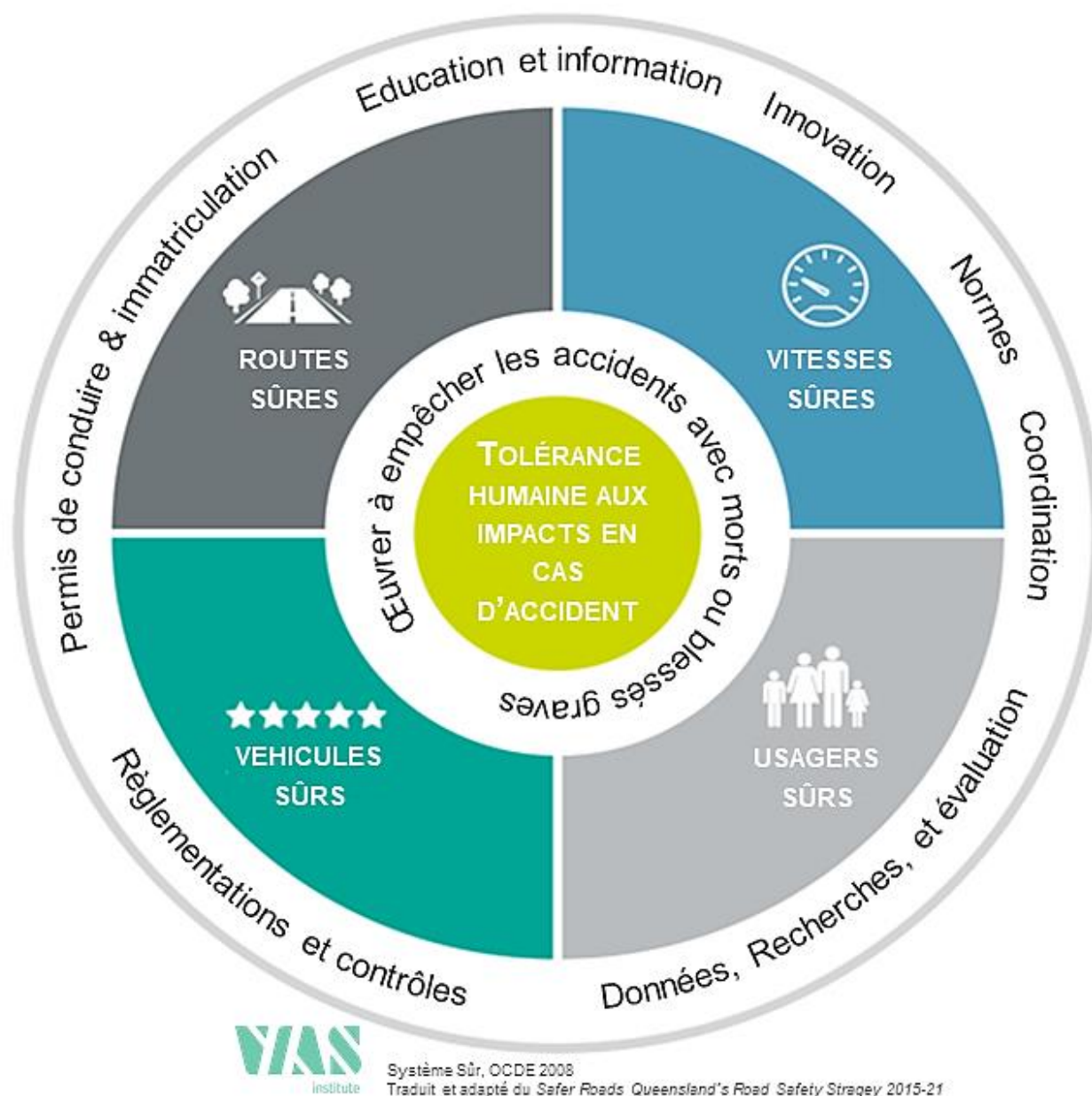


Figure 33 : Approche Système Sûr. 4 axes de bases : les routes sûres, les vitesses sûres, les usagers sûrs et les véhicules sûrs.

4.1 Comportement

4.1.1 Apprentissage et formations

Apprentissage à la conduite

Différentes revues de la littérature ont été effectuées sur les bénéfices de l'apprentissage à la conduite automobile. Bien que les résultats ne soient pas toujours clairs, il semblerait que le permis progressif soit une mesure efficace pour la sécurité routière des 16-17 ans, mais un peu moins pour les 18-20 ans (Hay et al., 2017). Chez les plus jeunes conducteurs, beaucoup d'études analysées montrent que ces permis étaient associés à une diminution du risque d'accident, du risque d'accident grave mais aussi du risque d'accident mortel. Par ailleurs, une étude cout-bénéfice de ce type de système (National Academies of Sciences Engineering and Medicine & Transportation Research Board, 2008)) a permis de montrer que les bénéfices de l'introduction de cette mesure dépassaient de loin le coût initial. *Une revue complète de la littérature de l'institut Vias est disponible à ce sujet (Meunier & al., 2016).*

Perception des risques

Katrakazas, C. (2017) s'est intéressé aux formations à la perception des dangers au volant. Il en ressort que ces formations sont efficaces et semblent être une mesure augmentant significativement la sécurité routière des occupants de voiture.

Conducteurs seniors

Il existe par ailleurs des formations pour les conducteurs plus âgés. Une revue de la littérature effectuée par Katrakazas, C. & Talbot (2017) tend néanmoins à montrer que les effets de telles formations sur la sécurité routière ne sont pas clairs.

Récidivistes

Dans le contexte des conducteurs sous influence d'alcool, il a été montré dans une revue de la littérature de Sloomans et al. (2017) que les formations de réintégration à la conduite permettait, dans une certaine mesure et si elles sont bien réalisées, de réduire le taux de récidivisme.

4.1.2 Législation et Contrôle

Malgré de bonnes règles en vigueur, il faut encore que celles-ci soient respectées pour améliorer la sécurité routière des occupants de voiture. Il est donc important d'avoir les bons outils et les bons contrôles afin de faire respecter la législation.

Le projet SafetyCube a effectué différentes revues de la littérature concernant les leviers disponibles afin de faire respecter les lois mais aussi d'écarter les contrevenants, l'objectif étant toujours d'optimiser la sécurité routière de tous les usagers de la route.

Une première mesure radicale est la suspension de permis de conduire, permettant d'empêcher les comportements à risques, notamment des récidivistes. Goldenbeld (2017b) a analysé une méta-analyse de 2009, qui tend à montrer que le système de suspension de permis est une mesure qui diminuait significativement les accidents mortels de 4%.

Une seconde mesure est le système du permis à points. Lors d'une infraction, en plus de l'amende à acquitter, le conducteur peut perdre un certain nombre de points sur un total prédéfini. Si il ne dispose plus de points, son permis lui est retiré. Selon l'étude Vias de Silverans et al. (2018), les effets de cette mesure sont en général limités dans le temps et directement liés à l'intensité des contrôles de police associés. En l'absence de contrôle de police, cette mesure n'est pas efficace à long terme.

Les contrôles de police sont considérés comme des mesures efficaces pour améliorer la sécurité routière. On peut citer la revue de Batteghi (2017) qui a pu montrer que les contrôles de vitesse réduisaient significativement la fréquence des accidents, et aussi la proportion de conducteurs excédant les limitations de vitesse. Les contrôles aléatoires d'alcoolémie ont aussi été considérés comme des mesures impactant positivement la sécurité routière par Macaluso et al. (2017). En effet, ces contrôles dissuadent les conducteurs de boire de l'alcool et sont associés à une diminution de la fréquence des accidents.

Le port de la ceinture de sécurité fait aussi l'objet de contrôles de police. La revue de la littérature d'Alfonsi et al. (2017) a permis de mettre en évidence que ces contrôles permettaient une augmentation du port de la ceinture de 21% pendant les contrôles et de 15% après la fin des contrôles.

Dans certains pays, comme la Belgique, la pose système de verrouillage par éthylotest peut être ordonnée par un juge contre les récidivistes : ce système permet de démarrer la voiture uniquement si le conducteur n'a pas bu. Theofilatos & Macaluso (2017) ont montré que ces dispositifs étaient des mesures efficaces pour améliorer la sécurité routière. *Un dossier thématique complet de l'institut Vias sur la mise en application du code de la route est disponible pour le lecteur intéressé ([Adriaensen et al., 2015](#)).*

4.1.3 Campagnes

Changer le comportement d'êtres humains n'est pas une chose facile. A côté de la répression (voir section Comportement, p.28), les campagnes de sensibilisation se sont développées afin de traiter de certains comportements à risque, pour expliquer leurs conséquences ou pour mettre en évidence un comportement sain à adopter au volant. De manière générale, il est très difficile d'estimer l'impact de telles campagnes sur la sécurité routière. Néanmoins, des tendances positives pour la sécurité routière ont été décelées par Kaiser et al. (2017). Les campagnes diminueraient le nombre d'accidents, augmenteraient les comportements de sécurité et diminueraient les comportements à risque. Des revues de littérature plus ciblées, telles que Aigner-Breuss (2017) pour les campagnes sur le port de la ceinture, Eichhorn & Kaiser (2017) pour les

campagnes contre l'alcool au volant ou Pilgerstorfer, & Eichhorn (2017) pour les excès de vitesses montrent toutes les mêmes tendances générales : diminution du risque d'accident, diminution des comportements à risque et augmentation des comportements adéquats. Pour être efficace, les campagnes doivent être accompagnées de contrôles appropriés (Hoekstra & Wegman, 2011). *Un dossier thématique de l'institut Vias est aussi disponible sur les campagnes pour le lecteur intéressé (Focant & Leblud, 2018).*

4.2 Infrastructure

4.2.1 Voies indulgentes

Une infrastructure de qualité permet dans bien des cas de diminuer le risque d'accidents et ou la gravité d'accidents. Des infrastructures dites « indulgentes » permettent d'une part d'offrir au conducteur une chance de récupérer son erreur et d'autre part en cas d'échec de réduire au maximum les dégâts liés à un accident.

Les accotements semblent être un facteur important pour améliorer la sécurité des occupants d'une voiture. En effet, dans une revue de la littérature d'Alari & Usami (2017), il est montré que la création d'un accotement routier sans obstacle permettrait d'augmenter la sécurité routière. De même, la revue d'Usami (2017) a permis de montrer que l'élargissement d'un accotement existant améliorerait aussi la sécurité routière. En effet, en cas de déviation du véhicule, un accotement permet au conducteur de corriger sa trajectoire et de revenir sur la route. En l'absence de celui-ci, l'embardée est plus fréquente.

Pour contrer les conséquences d'une perte de contrôle, une mesure possible est l'implémentation de barrières de sécurité le long de la route. Botteghi et al. (2017) ont ainsi montré que l'installation de ce type de barrières permettraient dans certains cas non pas de diminuer le nombre d'accidents évidemment, mais bien de diminuer la gravité de ceux-ci. Le fonctionnement de ce type de barrière est en général d'amortir le choc de l'impact, de ramener le véhicule sur la route et/ou d'empêcher le véhicule de percuter un objet fixe, ce qui aurait des conséquences beaucoup plus graves (un pilastre de pont, par exemple).

Nous avons vu dans les facteurs de risque que les zones de travaux étaient des zones très dangereuses pour les occupants de voitures. Dans ce contexte, Ziakopoulos et al. (2017) ont pu montrer qu'une signalisation la plus claire possible, présentant au conducteur qu'il arrive dans une zone différente et non prédictible, permet d'améliorer significativement la sécurité routière. À contrario, prévenir une zone de travaux trop en amont, à un endroit où il n'y a encore aucun indice de la prochaine zone de travaux, est contreproductif. Il existe donc des zones et situations optimales à chaque zone de travaux. Malheureusement, il n'existe pas d'études évaluant l'impact d'une réduction de la durée de travaux et ou/de la longueur des travaux sur la sécurité routière.

4.2.2 Gestion structurelle de la vitesse

La section Facteurs de risque (p. 26) nous a permis de montrer que la vitesse inadéquate était parmi les facteurs de risque les plus importants pour les conducteurs de voiture (Figure 17). Il est donc très important de faire respecter les limitations de vitesses en vigueur (considérées comme sécurisantes). Différentes mesures peuvent être mises en place pour travailler sur cette thématique.

La gestion dynamique de la vitesse en fonction des conditions de circulation s'est révélée être une mesure efficace pour améliorer la sécurité routière par Daniels & Focant (2017). Une étude analysée a montré que l'implémentation de cette gestion dynamique avait permis de diminuer les accidents corporels de 18%. Dans certains cas, il peut être nécessaire de diminuer la limitation de vitesse en vigueur de manière permanente. Cette mesure montre des effets positifs de manière consistante d'après Leblud (2017b). Un cas particulier est l'installation de zones 30 km/h : cette mesure a été évaluée par Quigley (2017a), qui a montré que ces zones 30 réduisaient significativement la vitesse mais aussi le nombre d'accidents.

L'implémentation de radars tronçons, c'est-à-dire une mesure de la vitesse moyenne des véhicules entre deux points, est aussi une mesure efficace pour contrôler la vitesse de manière structurelle. En effet, De Ceunynck (2017) a trouvé que ce type d'installation avait plus d'effet qu'un radar fixe, réduisant jusqu'à 30% le nombre d'accident, et jusqu'à 56% des accidents mortels à ces endroits.

De manière plus locale, il existe différentes mesures pour réduire la vitesse des véhicules, et donc augmenter la sécurité des occupants mais surtout, dans ce cas, des usagers vulnérables environnants. On peut citer les dos d'ânes, ou « casse-vitesse » par exemple qui est une mesure améliorant significativement la sécurité routière (Quigley, 2017c). Les rétrécissements ou chicanes, semblent eux aussi être des mesures bénéfiques pour la sécurité routière (Quigley, 2017b).

4.3 Technologie du véhicule

4.3.1 Sécurité active

On définit les systèmes de sécurité actifs d'un véhicule comme tout système qui permettra d'éviter un accident.

Contrôle de l'état du véhicule

Avec la modernisation des véhicules et l'arrivée de l'électronique embarquée dans les années 80, il est devenu possible d'automatiser certains contrôles sur le véhicule afin de garantir sa fiabilité et donc la sécurité des occupants. De nombreux capteurs et sondes ont pu être développés et mis en place pour assurer ces contrôles. On peut citer par exemple le contrôle d'usure des plaquettes de frein, l'indicateur de pression des pneus, l'indicateur du niveau de liquide de frein, l'indicateur d'ampoule défectueuse (pouvant entraîner une diminution de la visibilité du véhicule), etc.



Crédit : Julien Leblud

Figure 34 : Ordinateur de bord présent dans une BMW E30 en 1988. Il indiquait déjà à l'époque, par exemple, un défaut d'ampoules de frein, un défaut des phares avant ou arrière, un manque d'huile, un manque de liquide lave-glace, etc...

Toutes ces informations permettent de faciliter la tâche du conducteur et, si elles sont prises au sérieux, peuvent probablement réduire le risque de défaillance et donc le risque d'accident.

Dans tous les pays européens, le contrôle périodique de l'état du véhicule est obligatoire. Dans ce cadre, un organisme est mandaté pour vérifier si les organes de sécurité essentiels du véhicule sont toujours conformes et fonctionnels (suspension, freinage, éclairage, etc). Mettel (2018b) a effectué une revue de la littérature sur le sujet et a montré que ce type de contrôle périodique avait probablement un effet bénéfique sur la sécurité routière.

Contrôle de l'adhérence et de la trajectoire du véhicule

Afin de maintenir le contrôle sur son véhicule, le conducteur doit en permanence être capable d'accélérer, de freiner et de changer de direction.

Assistance au freinage ABS

En cas de freinage important et du blocage des roues avant/arrières, il devient impossible pour le conducteur de changer de direction : le véhicule « glisse » en effet tout droit à cause de sa propre inertie, et ne pourra pas éviter un obstacle en face d'elle, même si le conducteur tourne son volant. C'est dans ce contexte qu'a été inventé l'ABS, pour « Antilock Braking System » ou système d'antiblocage des roues, développé par Bosch depuis 1936, sur une idée de J.E. Francis en 1908.

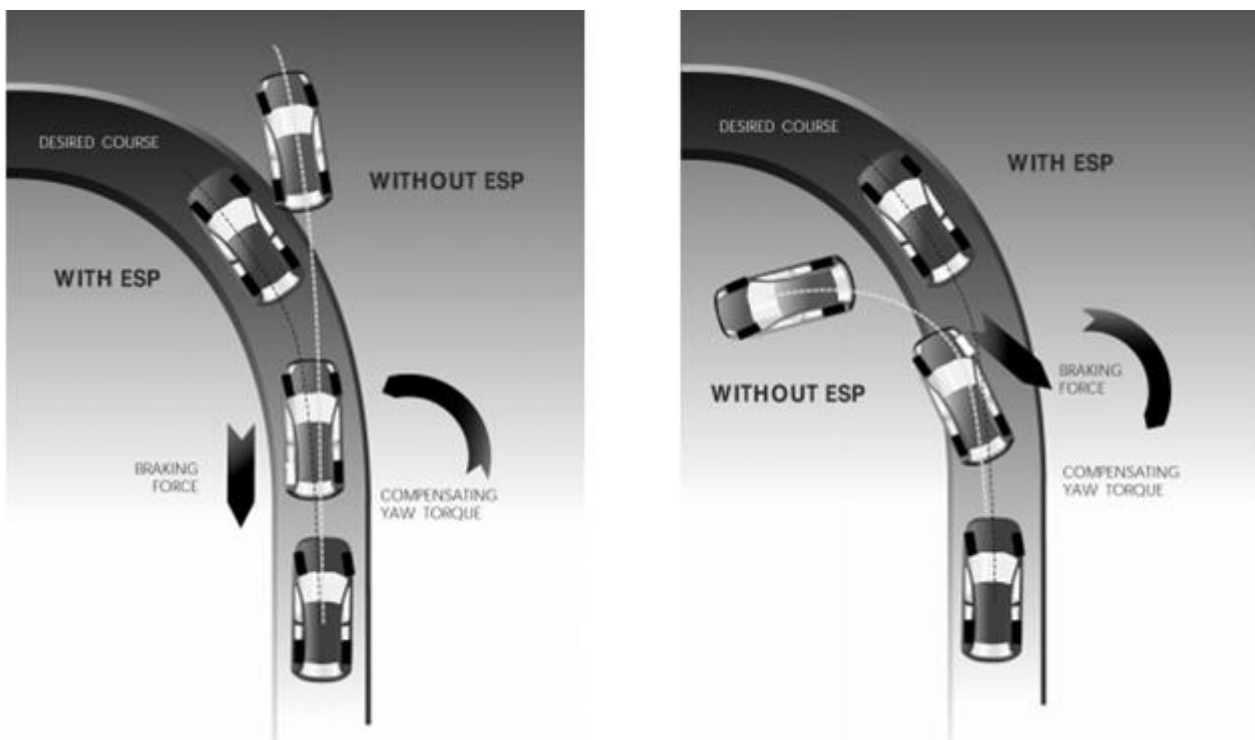
Le fonctionnement est relativement simple. La vitesse de rotation des roues est en permanence monitorée : si la vitesse de rotation chute rapidement sur une ou plusieurs roues, le calculateur va diminuer la pression de freinage spécifiquement sur les roues incriminées, ce qui va permettre à (aux) roue(s) de reprendre de la rotation et donc de l'adhérence. Dans ces conditions, le conducteur aura toujours la possibilité de changer de direction pendant la phase de freinage. Ce système est donc une assistance au conducteur, mais pour

qu'il fonctionne efficacement le conducteur doit exercer une pression constante sur la pédale de frein jusqu'à l'arrêt du véhicule.

Kashane & Dang (2009) ont étudié l'impact de l'ABS sur les accidents entre 1975 et 2009, et ont pu montrer que si l'ABS n'a pas d'effet significatif sur les accidents mortels, il permet de baisser de 10% les accidents corporels. L'ABS est devenu obligatoire sur toutes les nouvelles voitures à partir de 2004, suite à une directive européenne.

Contrôle de traction et de trajectoire (ESP/ESC/DSTC/...)

aussi permette à la voiture d'avoir une bonne traction et de bonnes trajectoires en mouvement. Pour ce faire, une extension de l'utilisation des capteurs ABS a pu déboucher à une technique communément appelée le contrôle de trajectoire, aussi connu sous les acronymes ESP (Electronic stability program), ESC (Electronic stability control) ou DSTC (Dynamic Stability & Traction Control). Chaque constructeur ayant son acronyme, mais la technologie reste la même. Cette technologie est apparue au milieu des années 1990. En plus des capteurs ABS, elle utilise un capteur d'angle du volant pour connaître l'intention du conducteur (Sferco et al., 2001). Grâce à des algorithmes toujours plus affûtés, le système pourra en condition glissante c'est-à-dire de dérive du véhicule, freiner indépendamment une ou plusieurs roues du véhicule si celui-ci ne se comporte pas comme le demande le conducteur (Figure 35). Le système va donc entrer en action lorsque la consigne volant donnée par le conducteur n'est plus en adéquation avec la direction prise par le véhicule (dérive). En fonction des conditions, ce freinage non symétrique va compenser la perte de contrôle, et maintenir la voiture sur la trajectoire indiquée par le conducteur via son volant, et donc sur la route.



Source : Sferco et al. (2001)

Figure 35 : Explication du fonctionnement de l'ESP en cas de sous virage (les roues avant glissent à l'extérieur du virage) et survirage (les roues arrière glissent vers l'extérieur du virage).

L'étude menée par Sferco et al. (2001) a permis de montrer que le système de contrôle dynamique de trajectoire pouvait éviter ou diminuer de 34% les accidents avec perte de contrôle.

D'autre part, une revue de la littérature effectuée par Phan (2017) a confirmé que les systèmes de contrôle de stabilité avaient un effet significatif sur la sécurité routière. Il mentionne par ailleurs que ce système est devenu obligatoire dans bon nombre de pays, notamment aux États-Unis (www.nhtsa.gov).

Automatisation de certaines tâches (ADAS³)

Plus récemment et notamment grâce à l'EuroNCAP, d'autres types d'aide à la conduite ont vu le jour, toujours dans l'objectif d'assister le conducteur voire de l'empêcher de faire des erreurs.

Le régulateur de vitesse permet par exemple de maintenir une vitesse constante sans avoir à regarder en permanence son compteur de vitesse. Le régulateur de vitesse adaptatif en est un perfectionnement, il peut ralentir automatiquement le véhicule en fonction de la circulation devant lui, et peut maintenir une distance de sécurité prédéfinie par le conducteur (ACC⁴) ou encore adapter la vitesse en fonction de la vitesse limite en vigueur dans la zone où il se trouve (on parle alors de régulateur de vitesse contextuel). Une revue de la littérature effectuée par Theofilatos & Macaluso (2017) a mis en évidence que le régulateur de vitesse (adaptatif ou non) était probablement une mesure efficace pour accroître la sécurité routière.

L'assistant de maintien de bande est un dispositif capable de monitorer les marquages de la route et de maintenir le véhicule dans sa bande. Il existe plusieurs systèmes avec des niveaux d'assistance différents :

- LDW : Lane Departure Warning alerte le conducteur lorsque le véhicule sort de sa voie de circulation sans que le conducteur ait actionné les clignotants
- LKA : Lane Keeping Assist : maintient le véhicule dans sa voie de circulation en corrigeant sa trajectoire lorsque le véhicule coupe ou s'approche du marquage
- LCA : Lane Centering Assist maintient le véhicule au centre de sa voie.

Tous ces systèmes nécessitent la reconnaissance et la présence de marquage délimitant la voie de circulation.

Cependant, Jansch (2017) n'a pas trouvé d'indicateur clair que ce système permettait d'augmenter de manière significative la sécurité routière.

Les dispositifs de freinage automatique d'urgence (AEB : *Automatic Emergency Braking*) ont aussi fait leur apparition sur les voitures de série. Ces véhicules disposent de radars à l'avant qui scrutent en permanence la présence d'objets. En cas d'urgence, la voiture prévient le conducteur et, sans réaction de sa part, peut décider seule de faire un freinage d'urgence pour éviter la collision.

La revue de la littérature effectuée par Saadé (2017) permet de conclure que si ce système n'a pas d'effet clair sur la sécurité des occupants de voiture, il augmente clairement la sécurité des cyclistes et des piétons environnants.

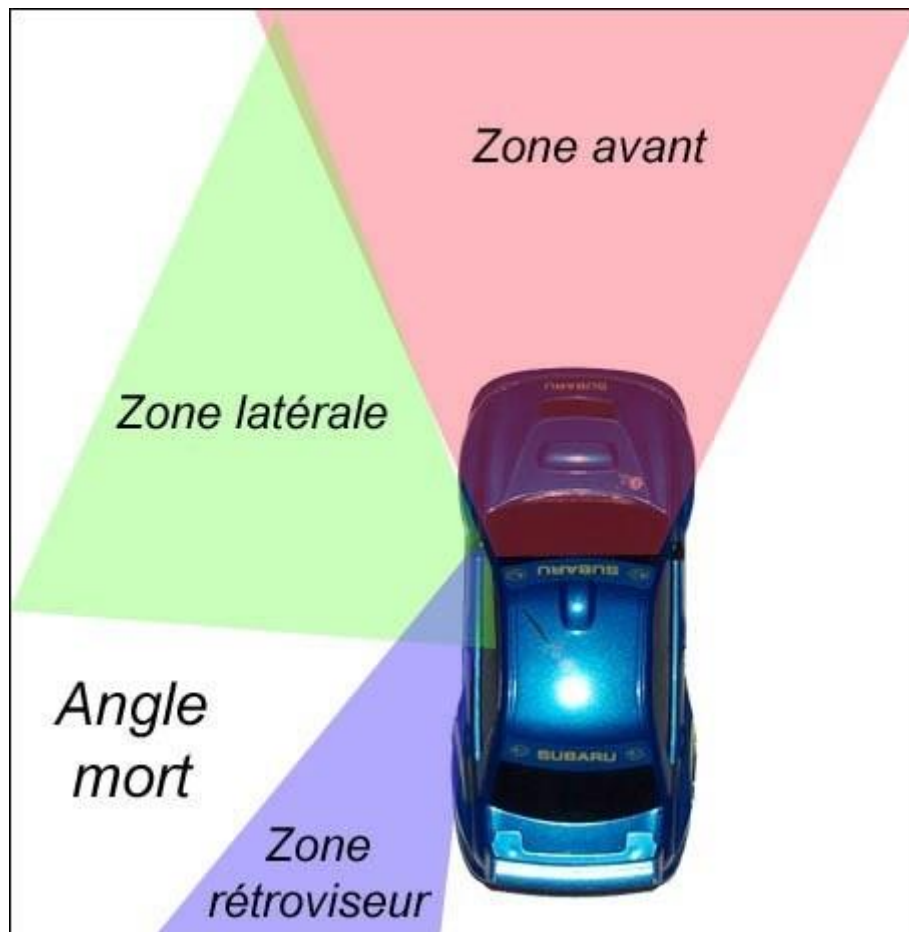
Visibilité

Deux mesures semblent efficaces dans le domaine de la visibilité des véhicules. Tout d'abord, l'apparition ces dernières années des feux de jour, c'est-à-dire les phares du véhicule (ou des ampoules spécifiques) étant allumées en tout temps, y compris en pleine journée. Eriksson & Sandin (2017) ont pu montrer dans leur revue de la littérature qu'il existait un effet significatif de ces phares sur le nombre d'accidents. En effet, une partie des accidents surviennent lorsqu'un véhicule n'est pas perçu par un véhicule tiers. A l'aide des phares de jour, ce véhicule sera plus visible et aura donc plus de chance d'être perçu.

La deuxième mesure concernant la visibilité est le détecteur d'angle mort (*BSS : Blind Spot System*). En effet, quand un véhicule dépasse un autre, il existe une zone qui n'est ni reprise par le rétroviseur, ni visible par la fenêtre (Figure 36).

³ Advanced Driver-Assistance Systems : système d'aide à la conduite

⁴ Automatic Cruise Control



Source : www.codecllic.com

Figure 36 : Zone d'angle mort dans la vision d'un conducteur.

Il existe des dispositifs se situant sous chaque rétroviseur (gauche et droit) monitorant cette zone spécifiquement. En cas de présence d'un véhicule, le conducteur est averti. Une revue de la littérature de Mettel (2018a) permet de conclure que ce type de dispositif a probablement un effet bénéfique sur le nombre d'accidents.

Pour le lecteur intéressé, d'autres systèmes sont disponibles mais sont encore peu documentés quant à leur effet sur la sécurité routière. Citons par exemple la vision de nuit (sur un écran spécifique, permet de voir les piétons, les animaux,... dans l'obscurité) ou encore les feux de croisement adaptatifs, qui permettent de passer de feux de croisement à feu de route automatiquement en fonction de la présence/absence d'autres usagers.

Véhicules autonomes

Les véhicules autonomes joueront sans aucun doute un rôle dans la sécurité routière. Comme nous l'avons vu, dans 80% des accidents le facteur humain joue un rôle important. Dans ce cas, les véhicules autonomes pourraient être considérés comme une mesure supplémentaire pour sauver des vies. De très nombreuses études investiguent l'impact théorique de tels véhicules sur la société et la sécurité routière (Waytz et al. 2014, Fagnant & Kockelman 2015, Bonefon et al 2016), mais aussi la question de la responsabilité en cas d'accidents (Marchant & Lindor, 2012). Certaines études (ITF, 2017) soulignent même que dans certains cas, les véhicules autonomes pourraient avoir un effet négatif sur la sécurité routière : cela pourrait être le cas quand le conducteur doit soudainement reprendre le contrôle en situation d'urgence, conducteur qui n'est pas (plus) habitué aux situations à risque.

Dans tous les cas, il manque encore beaucoup d'expérience à ce sujet, et puisqu'il n'existe à ce jour que des prototypes et non des voitures autonomes de série, nous ne pourrions pas traiter de ce sujet dans ce dossier thématique.

4.3.2 Sécurité passive

On définit les systèmes de sécurité passifs comme tout dispositif qui vise à limiter au maximum les conséquences d'un accident de la route pour les occupants de la voiture.

Design des véhicules

La première mesure pour améliorer la sécurité des passagers lors d'un accident est l'amélioration constante de la manière dont les voitures sont construites pour être les plus indulgentes possibles lors des accidents (déformation, protection de l'habitacle, etc.). Dans cet optique, la réglementation et les évaluations standardisées Euro NCAP permettent de donner les lignes directrices en matière de sécurité routière. Ces tests se composent de différentes parties illustrées à la Figure 37 (<https://www.euroncap.com/fr>). L'évaluation se veut très complète et se compose de collisions frontale, latérale, par l'arrière, et même une analyse pour les usagers vulnérables.



Source : www.euroncap.be

Figure 37 : Illustration des essais principaux lors des évaluations Euro NCAP.

Les revues de la littérature de Thomson (2017b) et Matin (2017) ont permis de démontrer que la façon dont les tests Euro NCAP sont réalisés améliore significativement la sécurité lors de chocs latéraux et frontaux. La manière dont les voitures sont conçues à la base est donc essentielle à la sécurité de leurs occupants, mais aussi des autres usagers de la route.

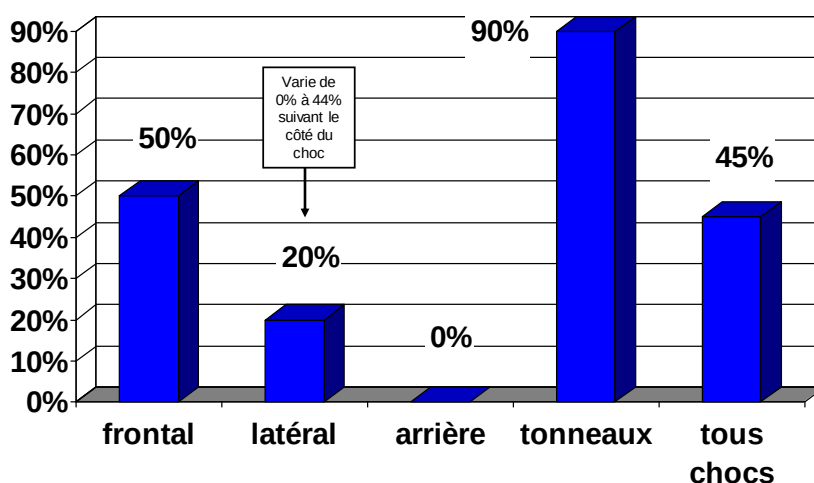
Les ceintures de sécurité et les systèmes de retenue pour enfants

La ceinture de sécurité n'est pas une mesure nouvelle dans la sécurité routière. Le premier brevet a été déposé il y a 100 ans par Gustave-Désiré Leveau (Brevet [FR331926A](#)). Leurs versions à 3 points d'ancrages sont apparues dans les années 50 avant d'être rendues obligatoires à l'avant en 1975 et à l'arrière en 1991. Leur rôle principal est de retenir l'occupant de la voiture en place pendant l'accident et d'empêcher qu'il soit éjecté de la voiture. Toutes les études montrent que l'apparition de la ceinture de sécurité a été extrêmement bénéfique pour la sécurité routière. (Andersson, 2017). D'après le National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), la ceinture de sécurité diminuerait les chances de mourir dans un accident de 45% et d'être blessé de 50%.

Une extension de la ceinture pour les plus jeunes est le « siège-auto », plus correctement appelé système de retenue pour enfants. Les systèmes de retenues sont divisés en différentes classes correspondant à différentes masses d'enfants (et non à l'âge de l'enfant, comme il est souvent pensé). *Le lecteur intéressé peut trouver une information très complète dans le rapport de l'institut Vias « Nos enfant sont-ils correctement attachés ? » de [Schoeters & Lequeux \(2018\)](#). S'il est correctement utilisé (voir Schoeters & Lequeux, 2018), Arbogast *et al.* (2004) ont pu montrer que le système de retenue pour enfants permet de réduire le risque de blessures graves de 78%, et de diminuer le risque d'hospitalisation de 79%. Il s'agit donc d'un système extrêmement efficace pour améliorer la sécurité routière. Une disposition spécifique a d'ailleurs été ajoutée au code de la route belge en 2006 afin d'obliger tout enfant de moins d'1m35 d'être installé dans un système de retenue pour enfant adapté.*

La ceinture de sécurité

EFFICACITE DE LA CEINTURE DE SECURITE EN REDUCTION DU NOMBRE DES TUES SELON LES TYPES DE CHOC



Source LAB-GIE PSA Renault, Rapport interne

Figure 38 : Effets attendu du port de la ceinture de sécurité en termes de réduction des décès selon le type de choc.

La Figure 38 présente les diminutions attendues de la mortalité grâce à la ceinture de sécurité. Dans certaines situations (tonneaux), la diminution est extrêmement importante (90%).

Airbag

Les airbags sont des dispositifs pyrotechniques qui se déclenchent lors d'un accident. En Europe de par leur taille, ils sont un dispositif complémentaire à la ceinture de sécurité et ne peuvent pas se substituer à elle. L'explosion d'une petite capsule entraîne le gonflement quasi instantané d'un sac. Celui-ci permet d'atténuer la projection vers l'avant ou vers le côté des occupants du véhicule. Les airbags frontaux sont devenus obligatoires dans tous les véhicules enregistrés après octobre 2003 selon la directive UNECE 94 de l'union Européenne.



Source : www.pixabay.com

Figure 39 : Illustration d'airbags frontaux (à gauche) et latéraux (à droite).

Les premiers airbags étaient les airbags frontaux (Figure 39 gauche). Une revue de la littérature de Johannsen (2018) permet de conclure que ceux-ci ont un impact significativement positif sur les conséquences des accidents. D'autres type d'airbags, tels que les airbags latéraux (Figure 39 droite) ou les airbags rideaux, sont venus étoffer la sécurité des véhicules, et se sont avérés tout aussi efficaces (Jansch & Connel, 2017).

E-Call (Notification d'accident automatisée):

L'E-call, dispositif décrit par Thomson (2017a), est une initiative de la Commission européenne visant à développer un système public d'appel automatisé des secours après un accident. Ce système renseignera aussi la position du véhicule, ce qui peut accélérer grandement l'efficacité des secours, surtout en cas d'usager inconscient dans son véhicule. Ce système est décrit comme ayant probablement un effet bénéfique sur la sécurité routière, même s'il est encore très récent.

Autres sources d'information

[Meesmann, U., Houwing, S. & Opdenakker, E. \(2017\)](#)

Dossier thématique Sécurité routière n°4. Drogues et médicaments dans la circulation. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière.

[Meesmann, U., Vanhoe, S. & Opdenakker, E. \(2017\)](#)

Dossier thématique Sécurité Routière n° 13. Alcool. Bruxelles, Belgique : Vias institute – Centre de Connaissance Sécurité routière

[Pelssers, B., Riquelle, F., Schoeters, A. & Leblud, J. \(2017\)](#)

Dossier thématique Sécurité routière n° 9. Vitesse. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de connaissance Sécurité routière.

Slootmans & De Smet (2018) Dossier thématique Sécurité routière no 5. Distraction au volant. Bruxelles, Belgique : Institut belge pour la Sécurité routière - Centre de Connaissance pour la Sécurité routière.

[Riquelle, F., & Goldenbeld, C. \(2016\)](#) Dossier thématique no 8. Fatigue et somnolence. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissance Sécurité Routière.

[Roynard, M. & Golinvaux, S. \(2015\)](#) Dossier thématique Sécurité routière no 6. Dispositifs de retenue (ceinture et sièges enfant). Bruxelles, Belgique: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de connaissance Sécurité routière

Thomas, P. and Talbot, R. (Eds.) (2018), Final project report, Deliverable 1.4 of the H2020 project SafetyCube
Hermitte T. et al. (2016), Identification of Vehicle Related Risk Factors, Deliverable 6.1 of the H2020 project SafetyCube.

Leopold, F., Chajmowicz, H. and al. (2017), Inventory of vehicle-related risk factors and measures, Deliverable 6.4 of the H2020 project SafetyCube.

Lesire P. and al. (2018), Improvements of Vehicle Related safety measures, Deliverable 6.5 of the H2020 project SafetyCube.

Admindaite, D. J., Stipdonk, G., & H & Ward, H. (2017). Ranking EU progress on road safety: 11th road safety Performance Index (PIN) report.

ACEA–European Automobile Manufacturers Association. (2014). The Automobile Industry Pocket Guide 2015-2016. Brussels: ACEA communication department.

European Commission, Traffic Safety Basic Facts on Car Occupants, European Commission, Directorate General for Transport, 2017.

Les dossiers thématiques de l'institut Vias fournissent l'état de l'art de chaque thématique, les principales données et principaux problèmes, ainsi que les données les plus récentes pour la Belgique sur la question. Ils sont tous librement disponibles sur le site internet de l'institut Vias :

www.vias.be

Le projet SafetyCube (Safety CaUsation, Benefits and Efficiency) est un projet de recherche financé par la Commission Européenne sous l'Horizon 2020, Le programme UE pour la recherche et l'innovation, dans le domaine de la sécurité routière. L'objectif principal du projet était de développer une plateforme d'aide à la décision en matière de sécurité routière pour les responsables politiques et les différentes parties prenantes. De nombreux synopsis concernant les risques et mesures pour les occupants de voiture sont présentés sur le site web : <https://www.roadsafety-dss.eu/#/>

L'ETSC, *European Transport Safety Council* est une organisation sans but lucratif dédiée à la diminution du nombre de décès dans les transports en Europe. De nombreuses publications mais aussi données brutes sont disponibles en parcourant leur site web :

<https://etsc.eu/>

L'ACEA, European Automobile manufacturers' association, est une association représentant entre autre les constructeurs automobiles en Europe. Elle publie régulièrement des rapports sur l'évolution de la flotte automobile Européenne, la position des constructeurs face à la sécurité routière, etc. De nombreux rapports sont disponibles sur le site de l'association :

<https://www.acea.be/news/latest-updates>

Ce rapport décrit les données les plus récentes en matière d'accidents de voiture dans l'Union Européenne.

Références

- Adriaensen, M., Kluppels, L., & Goldenbeld, C. (2015) Dossier thématique Sécurité routière n° 3. Mise en application du code de la route. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Aigner-Breuss, E., Eichhorn, A (2017), Awareness raising and campaigns – Seatbelts, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Aigner-Breuss, E., Russwurm, K. (2016), Risk taking - Close Following Behaviour, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Alfonsi, R., Meta, E., Ammari, A. (2017), Seatbelt law and enforcement, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Ammari, A., Usami D.S. (2017), Shoulder implementation (shoulder type), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Andersson, M. (2017), Seatbelts, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018
- Bonnefon, J. F., Shariff, A., & Rahwan, I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles. *Science*, 352(6293), 1573-1576.
- Botteghi, G., Theofilatos, A., Macaluso, G. (2017), Speeding: general police enforcement, speeding, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Botteghi, G., Ziakopoulos, A., Papadimitriou, E., Diamandouros, K., Arampidou, K. (2017), Safety barriers installation - change type of safety barriers, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Chen, L.-H., Baker S. P., Braver, E. R., & Li, G. (2000). Carrying passengers as a risk factor for crashes fatal to 16- and 17-year-old drivers. *JAMA*, 283 (12), 1578-1582. doi:10.1001/jama.283.12.1578
- Daniels, S., Focant, N (2017), Dynamic Speed Limits, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- De Ceunynck, T. (2017), Installation of section control & speed cameras, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- De Ceunynck, T., Focant, N. (2017), Installation of lighting & Improvements to existing lighting, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- DEKRA (2005). International strategies for accident prevention. Technical road safety. DEKRA technical paper 58/05.
- Dupont E., Alexandre S. & Casteels Y.. (2014). Impact de la présence de passagers sur la conduite. Enquête concernant la perception qu'ont les conducteurs des attitudes et attentes de leurs passagers en matière de Sécurité Routière. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance
- Dupont, E., (2012) Risques pour les jeunes conducteurs dans la circulation : Revue de littérature. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Eichhorn, A., Kaiser, S. (2017), Awareness raising and campaigns – Driving under the influence, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

- Elvik R., Christensen P., Amundsen A. (2004). *Speed and road accidents: an evaluation of the Power Model*. TOI report 740/2004, Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R. (2009). The Power Model of the relationship between speed and road safety: update and new analyses (No. 1034/2009).
- Elvik, R. (2013a). A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 2013, 854-860.
- Elvik, R. (2013b). Risk of road accident associated with the use of drugs: A systematic review and meta-analysis of evidence from epidemiological studies. *Accident Analysis & Prevention*, 60, 254-267.
- Elvik, R. (2017), Road Surface Friction, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Engström, I., Gergersen, N. P., Granström, K., & Nyberg, A. (2008). Young drivers – Reduced crash risk with passengers in the vehicle. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 341-348. doi:10.1016/j.aap.2007.07.001
- Eriksson, G., Sandin, J. (2017), Daytime running lights, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018
- ETSC (2017). Ranking EU progress on road safety: 11th road safety Performance Index (PIN) report.
- European Commission, Traffic Safety Basic Facts on Car Occupants, European Commission, Directorate General for Transport, 2017.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- Focant, N., Leblud, J. (2018) Dossier thématique sécurité routière n°16. Communication et campagnes de sécurité routière. Bruxelles, Belgique : Vias institute
- Focant, N., Martensen, H. (2016), Effects of darkness on road safety, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Goldenbeld, Ch (2017a), Demerit point system, European Road Safety Decision Support Systems, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 02/07/2018
- Goldenbeld, Ch (2017b), Licence suspension, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Hay, M., Etienne, V., Paire-Ficout, L. (2017), Driver training and Licensing: formal pre-license training, graduated driver licensing and probation, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Hermitte, T. (2016a), Passenger car -Technical defect / Maintenance, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Hermitte, T. (2016b), Passenger Cars - Low star rating (Euro NCAP), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Hermitte T. et al. (2016), Identification of Vehicle Related Risk Factors, Deliverable 6.1 of the H2020 project SafetyCube.
- Hoekstra, T., & Wegman, F. (2011). Improving the effectiveness of road safety campaigns: Current and new practices. *IATSS research*, 34(2), 80-86.
- ITF (2017) Safer Roads with Automated Vehicles? Corporate Partnership Board Report.
- Jänsch, M. (2017), Lane keeping systems, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from Uwww.roadsafety-dss.euU on 21/05/2018
- Jänsch, M., O'Connell, N. (2017), Side airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

- Johannsen, H. (2018), Frontal airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018
- Jost, G., Allsop, R., & Ceci, A. (2014). Ranking EU progress on car occupant safety.
- Kahane, C. J., & Dang, J. N. (2009). The long-term effect of ABS in passenger cars and LTVs (No. HS-811 182).
- Kaiser, S., Aigner-Breuss, E. (2017), Effectiveness of Road Safety Campaigns, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Katrakazas, C. (2017), Education – Hazard perception training, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Katrakazas, C., Talbot, R. (2017), Education – Elderly training, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Leblud J., Lequeux Q. , Slootmans F., Broeckart M., Maes J. et Trotta M. (2017) Les limitations de vitesse sur autoroute sont-elles encore pertinentes ? Effets de l'adaptation des limites de vitesse sur les autoroutes belges sur la mobilité, la sécurité routière et l'environnement. Bruxelles, Belgique: Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Leblud, J (2017a), Driving Under the Influence: Legal and Illegal Drugs, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Leblud, J (2017b), Reduction of speed limit, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Lequeux Q. (2016). Quid du respect du port de la ceinture de sécurité? Résultats de la mesure de comportement ceinture 2015. Bruxelles, Belgique: Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de Connaissance Sécurité Routière.
- Leskovšek, B., Goldenbeld, Ch. (2018), Influenced Driving – Alcohol, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018
- Macaluso, G., Theofilatos, A., Botteghi, G., Ziakopoulos, A. (2017), Law and enforcement: Random and selective breath tests, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafetydss.eu on 18/05/2018
- Marchant, G. E., & Lindor, R. A. (2012). The coming collision between autonomous vehicles and the liability system. Santa Clara L. Rev., 52, 1321.
- Martensen, H. (2014) @RISK: Analyse du risque de blessures graves ou mortelles dans la circulation, en fonction de l'âge et du mode de déplacement. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Martensen, H., Diependaele, K., Van den Berghe, W., Papadimitriou, E., Yannis, G., Van Schagen, I.,... & Machata, K. (2017). SafetyCube: Building a Decision Support System on Risks and Measures. In Proceedings of the RSS Conference (pp. 17-19).
- Martin, O (2017), EuroNCAP Frontal Impact (Full & Offset Deformable Barrier width), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018
- Meesmann, U., Houwing, S. & Opdenakker, E. (2017a) Dossier thématique Sécurité routière n°4. Drogues et médicaments dans la circulation. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière
- Meesmann, U., Vanhoe, S. & Opdenakker, E. (2017b) Dossier thématique Sécurité Routière n° 13. Alcool. Bruxelles, Belgique : Vias institute – Centre de Connaissance Sécurité routière
- Mettel, C. (2018a), Blind spot detection, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018
- Mettel, C. (2018b), Vehicle Inspection, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Meunier, J.-C., Kluppels, L. & Boets, S. (2016) L'efficacité du permis de conduire progressif. Résumé des résultats de la littérature internationale. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière.

National Academies of Sciences Engineering and Medicine & Transportation Research Board. (2008). Effectiveness of Behavioral Highway Safety Countermeasures. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 622. <https://doi.org/10.17226/14195>

Nilsson, G. (1981). The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. Proceedings of the International Symposium on the effects of speed limits on traffic crashes and fuel consumption, Dublin. OECD, Paris.

Nilsson, G. (2004). Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety (Doctoral dissertation, Univ.).

Ouimet, M. C., Simons-Morton, B. G., Zador, P. L., Lerner, N. D., Freedman, M., Duncan, G.D., & Wang, J. (2010). Using the U.S. National Household Travel Survey to estimate the impact of passenger characteristics on young drivers' relative risk of fatal crash involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 689-694. doi:10.1016/j.aap.2009.10.017

Pelssers, B., Riguelle, F., Schoeters, A. & Leblud, J. (2017) Dossier thématique Sécurité routière n° 9. Vitesse. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière - Centre de connaissance Sécurité routière.

Phan, V. (2017), Electronic Stability Control (ESC), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Pilgerstorfer, M., Eichhorn, A. (2017), Awareness raising and campaigns – Speeding, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Quigley, C (2017a), Implementation of 30-Zones, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Quigley, C. (2017b), Implementation of Narrowings, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Quigley, C (2017c), Installation of Speed Humps, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Reed, S. (2017), Active Technology for Pedestrian Protection, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Ranney, T. A. (2008). Driver distraction: A review of the current state-of-knowledge (No. HS-810 787).

Riguelle, F., & Goldenbeld, C. (2016) Dossier thématique no 8. Fatigue et somnolence. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de connaissance Sécurité Routière

Saadé, J. (2017), Autonomous Emergency Braking AEB (pedestrians & cyclists), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Schulze, H., Schumacher, M., Urmeew, R., Alvarez, J., Bernhoft, I. M., de Gier, H. and Zlender, B. (2012). Driving under the influence of drugs, alcohol and medicines in europe—findings from the DRUID project.

Silverans, P., Nieuwkamp, R., & Van den Berghe, W. (2018). Effets attendus des systèmes à points et des autres mesures en matière de récidive au volant, Brussels, Belgium: Vias institute – Knowledge Centre Road Safety

Slootmans, F. (2015) Dossier thématique Sécurité routière no 5. Distraction au volant. Bruxelles, Belgique : Institut belge pour la Sécurité routière - Centre de Connaissance pour la Sécurité routière

Slootmans, F., Martensen, H., Kluppels, L., Meesmann, U (2017), Rehabilitation courses as alternative measure for drink-driving offenders, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Soteropoulos, A. (2016), Risk Taking - Overtaking, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Theofilatos A., Papadimitriou E., Ziakopoulos A., Yannis G., Diamandouros K., Durso C. (2016), Presence of workzones-Workzone length, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 16/05/2018

Theofilatos, A., Macaluso, G. (2017), Alcohol Interlock (excl. recidivism), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Theofilatos, A., Macaluso, G. (2017), Intelligent Speed Adaptation, Speed Limiter and Speed Regulator, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Thomas, P. and Talbot, R. (Eds.) (2018), Final project report, Deliverable 1.4 of the H2020 project SafetyCube

Hermitte T. et al. (2016), Identification of Vehicle Related Risk Factors, Deliverable 6.1 of the H2020 project SafetyCube.

Thomson, R. (2017a), E-Call (Automatic Crash Notification), European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Thomson, R. (2017b), Side Impact Measure –EuroNCAP, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 21/05/2018

Usami D.S. (2017), Increase shoulder width, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

Vlakveld, W. P. (2005). Jonge beginnende automobilisten, hun ongevalsrisico en maatregelen om dit terug te dringen: een literatuurstudie.

Wanvik, P. O. (2009). Effects of road lighting: an analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 123-128.

Waytz, A., Heafner, J., & Epley, N. (2014). The mind in the machine: Anthropomorphism increases trust in an autonomous vehicle. *Journal of Experimental Social Psychology*, 52, 113-117.

Ziakopoulos, A., Botteghi, G., Papadimitriou, E. (2017), Workzones: Signage installation and improvement, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 18/05/2018

