

## Chapitre 7. Contre-mesures visant les véhicules

*Le véhicule est un élément essentiel de la sécurité routière et son bon fonctionnement fait partie des mesures de base pour promouvoir cette dernière. Ce chapitre montre l'importance d'un entretien adéquat. Il décrit ensuite les dernières innovations technologiques sur les véhicules destinées à améliorer la sécurité des deux-roues motorisés. Il s'intéresse notamment au potentiel des systèmes de freinage avancés, des mesures pour améliorer la conspécuité des véhicules et la visibilité des conducteurs, ainsi que des actions pour encourager les bons comportements. Enfin, il présente les difficultés relatives au développement des systèmes de transport intelligents.*

## Introduction

Le véhicule est un élément essentiel de la sécurité routière et son bon fonctionnement fait partie des mesures de base pour promouvoir cette dernière. Deux aspects sont développés dans ce chapitre : le premier porte sur l'entretien, le deuxième sur les technologies.

Les innovations dans les systèmes de sécurité ont permis des améliorations significatives dans la survie des occupants de voitures. Ces améliorations ont néanmoins été plus limitées pour les deux-roues motorisés, en raison notamment de l'absence de carrosserie qui protège les occupants et réduit les forces d'impact. Jusqu'à présent, la demande de caractéristiques de sécurité améliorées sur les 2RM a été limitée. Cependant, la situation évolue avec l'introduction d'équipements de sécurité qui peuvent contribuer à réduire le risque et les conséquences des accidents. Les paragraphes suivants présentent les systèmes de sécurité des véhicules, déjà présents sur le marché ou en cours de conception.

Les termes de sécurité « active » et « passive » sont importants dans le domaine de la sécurité automobile. La « sécurité active » désigne la technologie qui contribue à prévenir un accident et la « sécurité passive » désigne les éléments du véhicule qui contribuent à protéger les occupants lors d'un accident. Les systèmes tels que l'antiblocage des freins et l'antipatinage sont classés dans la sécurité active, car ils agissent lorsque le véhicule est en déplacement et interviennent lorsque nécessaire pour éviter un accident. Un airbag frontal installé sur la moto est considéré comme un élément de sécurité passive, de même que les dispositifs gonflables à porter, les jambières, les casques et les vêtements de protection.

La Convention de Vienne sur la circulation routière de 1968, adoptant des règles uniformes de sécurité et de circulation, prévoit plusieurs conditions techniques concernant tous les véhicules à moteur, y compris les deux-roues motorisés. Pour plus de détails sur les conditions techniques relatives aux véhicules, la Convention de Vienne fait référence aux instruments des Nations unies pour l'harmonisation des règlements concernant les véhicules, en particulier les accords de 1958 et 1998, administrés par le WP.29, le Forum mondial de l'harmonisation des règlements concernant les véhicules.

## Entretien et contrôle des véhicules

Un bon entretien des véhicules contribue incontestablement à la sécurité. Les constructeurs recommandent des intervalles d'entretien liés au maintien de la garantie, pour un fonctionnement optimal du véhicule. Ils incitent ainsi le propriétaire du véhicule à respecter les dates de révision. Le contrôle technique périodique est un outil pour s'assurer que les véhicules en circulation sont en bon état de fonctionnement et peuvent rouler en toute sécurité. Mais évidemment, les pays qui établissent un régime de contrôle doivent adapter leur réglementation en fonction des caractéristiques et des besoins nationaux. Ainsi, il est possible que les règles très strictes des régimes de contrôle technique périodique ne soient pas adaptées aux pays dont le revenu et les conditions économiques ne le permettent pas.

Le contrôle périodique des deux-roues motorisés peut réduire l'incidence des défauts dans les éléments de base liés à la sécurité, comme les pneus, les freins, les feux, etc. Même si certains conducteurs veillent à l'entretien de leurs véhicules, d'autres (comme ceux qui effectuent des trajets domicile-travail) peuvent être moins concernés par les aspects techniques. Le contrôle périodique est aussi l'occasion de vérifier la conformité des clignotants arrière et des plaques d'immatriculation, condition préalable au contrôle de la vitesse et des comportements déviants. En outre, il peut décourager le débridage des deux-roues motorisés (notamment des cyclomoteurs). Dans de nombreux pays, le contrôle technique des voitures est obligatoire pour vendre un véhicule d'occasion. Il pourrait être utile d'étendre cette mesure aux 2RM.

Les réglementations actuelles de l'U.E., qui fixent uniquement des règles minimales pour les contrôles des véhicules, datent de 1977 et n'ont fait l'objet que de révisions mineures. Les nouvelles propositions publiées le 13 juillet 2012 visent à élargir leur champ et à y inclure notamment les deux-roues motorisés. La Commission propose un contrôle obligatoire des 2RM au terme de quatre ans après la date d'immatriculation, suivi d'un deuxième contrôle de l'aptitude à la circulation routière au bout de deux ans, puis un contrôle annuel. En janvier 2014, cette mesure n'avait pas encore été mise en œuvre et la décision a été reportée à 2022.

Dans l'Union européenne, en 2012, environ 10 États membres avaient mis en place un contrôle technique obligatoire des deux-roues motorisés. Dans certains États ou territoires australiens, mais pas tous, un contrôle annuel est exigé. Aux États-Unis, il n'existe aucune obligation en matière de contrôle de sécurité des 2RM au niveau fédéral ; quelques États exigent un contrôle de sécurité des véhicules à moteur et des 2RM.

### *Mesures anti-débridage des cyclomoteurs*

Le débridage consiste à effectuer des transformations non autorisées d'un véhicule (filtre à air, carburateur, conduite d'admission, etc.) qui peuvent compromettre la sécurité, notamment en augmentant la vitesse maximale par construction et la cylindrée. Les motivations sont les suivantes : contournement des restrictions du permis, réduction de la taxe de circulation, réduction de la prime d'assurance, intérêt pour le débridage et autres manipulations (Dittmar et al., 2003). Le débridage peut aussi avoir des conséquences sur l'environnement (augmentation du bruit et des émissions de polluants atmosphériques). De plus, en cas d'accident, l'assurance peut refuser de couvrir les dommages. Les parents doivent donc être informés de ces pratiques et empêcher que leurs enfants ne débrident leurs cyclomoteurs.

Ce problème concerne essentiellement les cyclomoteurs. Les jeunes sont particulièrement impliqués dans ces manipulations à risque de leurs véhicules. Dans les pays de l'OCDE, un nombre important d'infractions pour débridage de deux-roues motorisés sont systématiquement enregistrées. Le débridage pour accroître les performances du véhicule a été constaté par inspection visuelle sur 17.8 % des cyclomoteurs, dans le cadre de l'étude MAIDS (ACEM, 2009). Par comparaison, l'étude d'exposition a révélé des transformations dans 12.3 % des contrôles.

Aucune étude n'est connue sur l'efficacité de la lutte contre le débridage. Il est cependant clair que ces manipulations permettent de rouler à des vitesses plus élevées, sans que le conducteur ait suivi de formation appropriée et sans que le véhicule ait les spécifications techniques exigées (système de freinage, amortisseurs).

En Europe, les motocyclettes légères (<125 cm<sup>3</sup>) et les cyclomoteurs doivent être conformes aux exigences de la directive 97/24/CE relative aux mesures contre la manipulation des véhicules. Des dispositions spécifiques en matière de lutte contre la manipulation ont également été insérées dans la réglementation de la CEE-ONU; certains changements sont très récents et doivent encore entrer en vigueur. Actuellement, aucune mesure n'existe pour les motocyclettes plus puissantes, les tricycles ou les quadricycles. En Australie, un cyclomoteur débridé est classé parmi les motocyclettes, et non les cyclomoteurs. Dans les États australiens où l'usage du cyclomoteur est autorisé aux titulaires d'un permis voiture, le conducteur d'un cyclomoteur débridé qui n'est pas titulaire d'un permis moto est juridiquement non titulaire de permis et est passible de sanctions.

## Classification des technologies de véhicules

Il existe plusieurs moyens de classer les technologies de véhicules visant à améliorer la sécurité des motocyclistes. Ce chapitre décrit les technologies de sécurité selon leurs fonctions (tableau 7.1). Il ne fait pas de distinction spécifique entre les technologies traditionnelles et les systèmes de transport dits intelligents, car la frontière entre les deux est parfois vague. Plus loin dans ce chapitre une présentation spécifique sur le développement des STI y sera examiné.

Tableau 7.1. Classification des fonctions selon les technologies de véhicules.

| Fonction  | Technologies / équipement  | Stade de développement  |
|---|--|---|
| <b>Contrôle dynamique longitudinal et latéral du deux-roues motorisé</b>    | Système de freinage avancé comprenant : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Système de freinage antibloquant (ABS)</i></li> <li>• <i>Système de freinage combiné (CBS)</i></li> <li>• <i>Système d'amplification de freinage</i></li> <li>• <i>Anti-soulèvement de la roue arrière</i></li> </ul> Antipatinage électronique<br>Contrôle de stabilité pour motos<br>Embayage anti-dribble | Introduit sur de nombreux modèles<br>Introduit sur de nombreux modèles<br>Introduit sur quelques modèles<br>Introduit sur quelques modèles<br><br>Introduit sur certains modèles<br><i>Nouveau</i><br>Introduit sur de nombreux modèles |
| <b>Conspicuité</b>  | Allumage automatique des feux (AHO)<br>Feux ou phares de jour (DRL)<br>Autres répartitions lumineuses<br>Feux de position orange   | Introduit sur de nombreux modèles<br>Introduit sur quelques modèles<br>Introduit sur quelques modèles<br>Introduit sur quelques modèles   |
| <b>Visibilité</b>   | Phares avant adaptatifs<br>Technologies de sources lumineuses avancées   | Introduit sur quelques modèles<br>Introduit sur quelques modèles  |
| <b>Avertisseurs de dangers</b>  | Avertisseur de vitesse<br>Avertisseur de virage<br>Avertisseur de collision frontale<br>Avertisseur de changement de voie<br>Surveillance d'angle mort<br>Surveillance de la pression des pneus  | Phase de R&D<br>Phase de R&D<br>Phase de R&D<br>Phase de R&D<br>Phase de R&D<br>Introduit sur quelques modèles  |
| <b>Protection du conducteur</b>   | Airbags  | Introduit sur des modèles limités   |
| <b>Amélioration du comportement</b>   | Assistance à la sécurité aux intersections   | Phase de R&D  |
| <b>Localisation et prévention des dangers par information en temps réel</b> | e-Call<br>Information météo, trafic et points noirs  | Phase de R&D<br>Introduit sur quelques modèles  |

Les technologies de sécurité des véhicules peuvent agir sur les éléments suivants :

- contrôle dynamique longitudinal et latéral
- visibilité des motocyclistes et des autres usagers de la route
- avertissement des motocyclistes et des autres usagers de la route
- protection des motocyclistes
- amélioration du comportement des motocyclistes
- localisation et indication des dangers.

Certaines de ces technologies sont déjà disponibles, ont été évaluées et sont proposées en option lors de l'achat d'un deux-roues motorisé. D'autres sont encore en phase de développement.

## Amélioration de la stabilité longitudinale et latérale des véhicules

### *Systèmes de freinage avancés*

La stabilité lors du freinage est aussi importante pour les motocyclistes que la réduction de la distance d'arrêt.

Les systèmes de freinage avancés comprennent différentes technologies de freinage comme le système de freinage anti-bloquant, le système de freinage combiné et les systèmes d'amplification de freinage, qui sont décrits ci-dessous. Cette diversité de « systèmes de freinage avancés » peut avoir un effet positif sur la sécurité des deux-roues motorisés. Lors d'un arrêt d'urgence, le principal objectif est d'assurer la stabilité du véhicule ou, pour le système de freinage combiné, d'augmenter la puissance de freinage dans le cas d'une action de freinage inadéquate.

### *Système de freinage anti-bloquant (ABS)*

#### Description

L'ABS permet un freinage plus sûr, essentiellement en ligne droite, en optimisant la distance de freinage et en aidant le conducteur à maintenir la stabilité de son véhicule lorsqu'il freine fort (notamment sur chaussée mouillée). Il peut donc réduire la survenue et atténuer les conséquences des accidents de deux-roues motorisés. En cas de freinage fort, le système évite que les roues ne se bloquent, en modulant automatiquement la pression des freins. De ce fait, il aide le conducteur à maintenir le contrôle du véhicule, ce qui peut réduire les distances d'arrêt dans certaines conditions d'urgence. L'ABS est techniquement recommandé sur la plupart des types de deux-roues motorisés, mais dans la pratique, il est essentiellement disponible sur les motocyclettes puissantes. Une analyse des 10 motocyclettes les plus vendues en Espagne en 2011 a montré que seul un modèle était muni de l'ABS, tandis qu'un autre pouvait en être équipé sur option. Selon la Fédération internationale de l'automobile et Bosch (2011), la pénétration de l'ABS s'est récemment accélérée pour les 2RM de plus de 250 cm<sup>3</sup> (tableau 7.2).

L'ABS ne peut éviter ou atténuer tous les accidents, et on ne peut en attendre un bénéfice sur le risque d'accident aussi important pour les deux-roues motorisés que pour les voitures, notamment lors d'un freinage en virage.

Tableau 7.2. **Évolution récente du taux de pénétration de l'ABS sur les 2RM en Europe, 2007 et 2010**

| Cylindrée / année            | 2007         | 2010        |
|------------------------------|--------------|-------------|
| Moins de 250 cm <sup>3</sup> | Moins de 1 % | 3 %         |
| Plus de 250 cm <sup>3</sup>  | 26 %         | 36 %        |
| <b>Total</b>                 | <b>9 %</b>   | <b>16 %</b> |

Source : Fédération internationale de l'automobile et Bosch (2011).

Les systèmes de freinage anti-bloquant ont été évalués dans de nombreuses études expérimentales par l'industrie, les instituts de recherche et les associations automobiles. Certaines études signalent un énorme potentiel de réduction de la survenue et de la gravité des accidents. Une étude a estimé que si tout le parc était équipé d'ABS, environ 25 % de morts parmi les usagers de 2RM pourraient être évitées par an (encadré 7.1).

Il convient de noter que toutes les études sur l'ABS moto ont été menées dans des pays industrialisés possédant des systèmes de circulation matures (en termes de règles de circulation, qualité des infrastructures, systèmes de permis, etc.) et essentiellement sur des motocyclettes de forte cylindrée. Comme d'autres technologies avancées, l'ABS n'est peut-être pas une mesure prioritaire pour obtenir des bénéfices évidents et immédiats en matière de sécurité routière dans les pays moins développés.

#### Mise en œuvre

##### Coûts

Un système de freinage anti-bloquant représente un coût important pour l'utilisateur (environ 500 EUR selon l'Association des constructeurs européens de motocycles, ACEM), notamment pour les petites cylindrées (tableau 7.3). Actuellement, il est proposé en option sur les moyennes et grosses cylindrées (généralement plus de 300 cm<sup>3</sup>). L'industrie a un rôle à jouer pour anticiper une large pénétration de cette technologie, afin de réduire les prix. À cet égard, il convient de signaler l'engagement de l'ACEM, suite à un accord volontaire de 2005, d'introduire au moins en option des systèmes de freinage avancés sur plus de 50 % des modèles de motocyclettes de route proposés sur le marché européen. Cet engagement a été renouvelé en 2010, pour étendre la couverture à 75 % d'ici 2015. Les résultats préliminaires indiquent que les constructeurs seront en mesure de respecter cet engagement.

Tableau 7.3. **Part des coûts de l'ABS sur le prix pour l'utilisateur final en Europe**

| Catégorie de véhicule                      | ≤ 125 cm <sup>3</sup> (L3-A1) | > 125 cm <sup>3</sup> (L3-A2/3) |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| Prix moyen du véhicule (EUR)               | 2 837                         | 8 994                           |
| Coût de l'ABS (EUR 500) en % du prix moyen | 17.6 %                        | 5.6 %                           |

Source : London Economics, à partir des données de l'ACEM au Parlement européen (2012).

### Encadré 7.1. Résultats d'études récentes sur les systèmes de freinage anti-bloquant

#### Suède : Compilation d'études sur l'ABS (Trafikverket, 2010)

- En équipant les motocyclettes de freins ABS, le risque de mort ou de blessure grave est réduit d'environ 50 %. Aux seules intersections, le risque est réduit d'environ 70 %.
- L'effet estimé des systèmes de freinage anti-bloquant (ABS) est une réduction de 40 % de tous les types d'accidents entraînant des blessures.
- L'efficacité générale de l'ABS en Suède a été de 38 % sur tous les accidents corporels et de 48 % sur les accidents graves et mortels. L'efficacité minimum a été respectivement de 11 % et de 17 %.
- L'efficacité sur les accidents graves et mortels aux intersections a été estimée à un minimum de 42 %.
- La gravité des blessures dans des accidents impliquant des motocyclettes équipées d'ABS a été nettement inférieure que dans des accidents similaires impliquant des motocyclettes non équipées.
- Les collisions frontales ne sont que légèrement, voire pas du tout, concernées par l'ABS.

#### Allemagne (association automobile allemande ADAC)

- Des essais menés par l'ADAC ont montré que la distance de freinage moyenne était réduite de 25 % à une vitesse de 100 km/h (ADAC, 2000).

#### États-Unis (NHTSA, 2006)

- Un rapport d'étude de la NHTSA (Green, 2006 ; NHTSA, 2006) a comparé la distance d'arrêt de motocyclettes équipées d'un ABS, d'un CBS et d'un système de freinage hydraulique classique. Il a montré que les motocyclettes équipées d'ABS offraient à tous les conducteurs une puissance de freinage élevée lorsqu'ils en avaient besoin. Sur chaussée mouillée, la performance moyenne de freinage avec ABS a été supérieure de 5.0 % à la meilleure performance de freinage sans ABS. La réduction de la distance d'arrêt grâce à l'ABS a été plus importante lorsque les deux freins étaient actionnés, avec une amélioration moyenne de 10.8 % par rapport aux meilleures distances de freinage sans ABS. La plus forte réduction de la distance d'arrêt avec ABS a été observée lorsque la motocyclette était chargée et que les deux freins étaient actionnés, soit une amélioration de 15.5 % par rapport aux meilleures distances d'arrêt sans ABS.

#### États-Unis (Teoh, 2013)

- À partir de la base de données des accidents mortels FARS, Teoh (2013) a constaté que le nombre annuel d'accidents mortels de motocyclettes sur 10000 véhicules immatriculés était 31 % moins élevé pour les modèles avec ABS que pour les versions sans ABS. Ces résultats sont similaires à ceux de Teoh (2011) et indiquent que l'ABS s'avère efficace, car il commence à être proposé sur un nombre croissant de marques et de modèles. Cependant, il convient de souligner que l'ABS a été étudié en tant qu'équipement optionnel. La cohorte de personnes qui choisissent l'ABS peut donc être sensiblement différente des personnes qui ne l'achètent pas. En particulier, les motocyclistes qui choisissent l'ABS peuvent être plus soucieux de sécurité que les autres, ce qui entraînerait un nombre d'accidents mortels moins élevé en raison d'autres pratiques de conduite plus prudentes.

#### Étude internationale relative à l'efficacité de l'ABS sur la réduction du nombre d'accidents de 2RM (Rizzi et al., 2013)

Si les études précédentes ont essentiellement concerné l'impact de l'ABS sur les motocyclettes les plus puissantes, cette étude a utilisé les données d'accidents de la police en Espagne, en Italie et en Suède, pour analyser une vaste gamme de 2RM et comparer les pays dans lesquels les usages du deux-roues motorisé peuvent être différents (loisirs, déplacements domicile-travail).

- L'efficacité de l'ABS sur la réduction du nombre d'accidents corporels de motocyclettes a varié de 24 % en Italie à 34 % en Suède. La réduction du nombre d'accidents graves et mortels a été encore plus grande.
- La présence d'un ABS sur les scooters de moins de 250 cm<sup>3</sup> a réduit de 31 % l'implication de ces véhicules dans les accidents graves et mortels.
- L'étude recommande que les constructeurs travaillent à l'équipement généralisé des scooters légers avant 2016 en Europe (lorsque l'ABS deviendra obligatoire sur tous les nouveaux deux-roues motorisés de plus de 125 cm<sup>3</sup>) et dans les autres régions.

## Motocyclettes légères et cyclomoteurs

L'ABS peut aussi avoir un impact positif sur le risque d'accident des motocyclettes moins puissantes. Cependant, à court terme, cette technologie rencontrera des difficultés pour pénétrer rapidement dans le marché, sauf si elle devient obligatoire. Concernant les motocyclettes légères (< 125 cm<sup>3</sup>), le CBS pourrait être une solution utile, pour un coût beaucoup plus faible (voir ci-dessous).

### Nécessité de formation

Le système de freinage anti-bloquant doit faire l'objet d'une formation appropriée des conducteurs et d'une information complète pour une utilisation optimale de ses capacités de prévention. L'ABS en lui-même ne garantit pas un freinage réussi en cas d'urgence. Le freinage en virage génère des forces sur le système de direction, qui doivent être corrigées par le conducteur. C'est pourquoi l'ABS ne peut pas être utilisé en tournant. Les conducteurs doivent donc connaître les conditions dans lesquelles l'ABS est efficace, c'est-à-dire essentiellement en ligne droite.

### Obligatoire ou optionnel

Il existe un débat ouvert sur l'introduction obligatoire ou non de l'ABS sur les deux-roues motorisés. Il semble clair que l'ABS améliore les capacités de freinage, mais soulève des questions en matière de réglementation:

- La mise en place de l'ABS doit-elle être accompagnée de programmes de formation obligatoires?
- Combien coûterait réellement l'ABS s'il était produit en masse, parce qu'il serait obligatoire?

### Réglementation

Dans l'Union européenne, de nouvelles règles de réception des véhicules qui rendront les cyclomoteurs et les motocyclettes plus sûrs et plus écologiques d'ici 2016 ont été adoptées par le Parlement européen en novembre 2012. Conformément à la nouvelle réglementation, tous les motocycles de plus de 125 cm<sup>3</sup> devront être équipés de systèmes de freinage anti-bloquant (ABS), tandis que les motocycles de 125 cm<sup>3</sup> ou moins devront être équipés de systèmes de freinage combinés (CBS) (description plus bas). La réglementation entrera en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016 pour les véhicules soumis aux nouvelles règles de réception et le 1<sup>er</sup> janvier 2017 pour tous les véhicules neufs. D'ici la fin 2019, la Commission devrait présenter une analyse coût-efficacité avec des recommandations sur la révision des règles pour rendre l'ABS obligatoire sur les motocycles de petite cylindrée. Une étude coûts-bénéfices commandée par la Commission européenne et publiée début 2012 (Parlement européen, 2012) a estimé que plusieurs milliers de vies pourraient être sauvées dans les dix ans suivant l'entrée en vigueur de cette réglementation.

### Création d'une demande

La demande et l'acceptation des usagers sont essentielles au développement des systèmes de freinage avancés sur les deux-roues motorisés. Elles dépendent largement de l'adéquation des solutions proposées, sur le plan de la technologie et du prix, aux différents segments de marché et modèles de 2RM. Il est également important d'éduquer les consommateurs sur les avantages et les limitations de l'ABS et de recommander cet équipement de sécurité (par les associations, les auto-écoles, les médias, etc.), afin d'accélérer son adoption, avant même qu'il ne devienne obligatoire. Les incitations à l'achat de



2RM équipés d'ABS, telles que les réductions de primes d'assurance ou les programmes de prime à la casse, permettent également d'influer sur le choix des conducteurs.

### *Système de freinage combiné (CBS)*

Les réglementations internationales et européennes exigent que les deux-roues motorisés soient équipés de commandes indépendantes pour les freins avant et arrière. Sur les motocyclettes, cela prend généralement la forme d'une pédale pour le frein arrière et d'un levier manuel pour le frein avant, tous deux sur le côté droit. Sur la plupart des 2RM automatiques (qui ne nécessitent pas de commande d'embrayage), le frein arrière est actionné par un levier manuel sur le côté gauche du guidon. Dans un système CBS, l'actionnement de la commande de frein agit sur les freins avant et arrière.

Le CBS pourrait être encouragé, car c'est une technologie moins coûteuse que l'ABS pour les deux-roues de petite cylindrée. Il deviendra obligatoire dans l'Union européenne en 2016 (pour les véhicules soumis aux nouvelles règles de réception) et 2017 (pour tous les véhicules neufs) sur les motocycles de moins de 125 cm<sup>3</sup>.

L'analyse coûts-bénéfices menée dans l'évaluation de l'impact du Parlement européen (Parlement européen, 2012) a conclu que le CBS était approprié pour les véhicules de petite cylindrée. Le CBS aide les conducteurs à freiner plus efficacement et à réduire leur distance d'arrêt, en freinant automatiquement sur les deux roues. Il exerce automatiquement la force de freinage sur les roues avant et arrière, permettant ainsi au conducteur de freiner jusqu'à 40 % plus vite.

### *Autres systèmes de freinage avancés*

D'autres systèmes de freinage avancés sont en phase de recherche et de développement :

- **Amplification de freinage.** Ce système amplifie le coup de frein donné par le conducteur, pour une décélération plus rapide. Il permet d'exercer une pression plus forte dès le début du freinage. Il peut être comparé au système d'aide au freinage d'urgence (AFU) sur les voitures.
- **Anti-soulèvement de la roue arrière (RLP).** Certaines architectures de deux-roues motorisés peuvent bénéficier du RLP, qui détecte le soulèvement de la roue arrière pendant le freinage. Le système provoque une réduction momentanée de la pression sur le circuit de freinage avant.
- **Freinage électronique.** Il s'agit d'un freinage combiné à commande électronique, associé à un simulateur de course innovant. La commande directe du moteur assure un fonctionnement précis de l'ABS, entraînant une réduction du tangage et un fonctionnement fluide et modulé de l'ABS.

Les systèmes de freinage avancés énumérés ci-dessus permettent une multitude de combinaisons possibles, grâce à laquelle les constructeurs peuvent proposer une grande diversité de solutions techniques qui prennent en compte la fonction principale du produit, ses caractéristiques particulières comme l'équilibre, le poids, la dynamique et les capacités générales, ainsi que le rapport coût-efficacité.

Les avantages et les limitations des différents systèmes de freinage avancés varient sensiblement selon les types de véhicules. Le poids, la répartition du poids, le centre de gravité et le comportement de freinage du conducteur ont une influence sur la capacité de freinage du système.

Le Forum mondial de l'harmonisation des règlements concernant les véhicules (WP.29) a fait des avancées significatives dans la création et l'actualisation des exigences internationales en matière de freinage, aujourd'hui définies dans le RTM N° 3 et le règlement n° 78 des Nations unies. Si ces deux

textes ont été adoptés par de nombreuses parties contractantes (Union européenne, Russie, Japon, Australie, États-Unis, Canada, Inde et Corée du Sud), il reste de nombreux pays qui doivent encore envisager l'adoption de ces réglementations, ainsi que l'harmonisation de leur système de freinage avec les dernières normes.

### *Antipatinage électronique*

Le système d'antipatinage électronique est une technologie largement adoptée sur le marché des voitures particulières. Un système d'antipatinage (TCS) peut éviter que la roue arrière ne tourne de manière incontrôlée en cas d'accélération trop forte et, par conséquent, empêcher une diminution des forces latérales et de la stabilité qui pourrait entraîner un dérapage de la roue arrière. La détection du soulèvement de la roue arrière et l'intervention évitent également que la roue avant ne se soulève lors d'une accélération à pleine puissance (contrôle anti-soulèvement de la roue).

En réalité, les principes du système ne peuvent pas être les mêmes pour les véhicules à deux roues et à quatre roues. Sur un deux-roues motorisé, il s'agit davantage d'un système anti-dérpasse. Par conséquent, il ne peut offrir les mêmes avantages qu'un contrôle électronique de stabilité (ESC) installé sur une voiture, qui utilise la même technologie, mais qui peut stabiliser le véhicule en agissant différemment sur les roues gauche et droite du même essieu. Néanmoins, le TCS offre une assistance utile, notamment sur les motocyclettes puissantes et en cas de chaussée glissante. Il constitue un complément logique à l'ABS, dans la mesure où ces deux systèmes fonctionnant ensemble améliorent la stabilité et le contrôle.

Le système d'anti-patinage électronique peut réduire le nombre d'accidents de motocyclettes, notamment ceux impliquant un seul véhicule (Seiniger et al., 2012).

#### Encadré 7.2. **ABS intégral, combinaison d'ABS et de TCS**

BMW a développé un nouveau système « BMW Motorrad Integral ABS », qui n'agit pas seulement sur les freins, mais aussi sur le contrôle dynamique du deux-roues motorisé. L'ABS intégral comprend des systèmes de contrôle de conduite dynamique avec une réduction des exigences et des caractéristiques techniques. Cette technologie ouvre aussi la voie vers d'autres fonctions d'aide au motocycliste.

### *Contrôle de stabilité pour motos*

En 2014, une nouvelle technologie avancée a été introduite sur les motocyclettes de haute performance, appelée contrôle de stabilité pour motos. Ce système très innovant est conçu pour permettre une manœuvre de freinage en virage. Il s'appuie sur l'association de l'ABS, du CBS électronique, du contrôle de traction en fonction de l'angle d'inclinaison et du contrôle de frein en fonction de l'angle d'inclinaison. Le contrôle de stabilité pour motos détecte les situations critiques et calcule aussitôt les meilleures valeurs possibles pour l'accélération et le freinage.

### *Embrayage anti-dribble (à glissement limité)*

Ce système est conçu pour se désaccoupler ou « glisser » partiellement lorsque la roue arrière tente d'entraîner le moteur plus vite qu'il ne le faut. Sur un embrayage classique, le frein moteur exerce, via la chaîne de transmission secondaire, un couple de freinage sur la roue arrière, entraînant des rebonds, des blocages et des pertes d'adhérence de la roue arrière. Ce phénomène s'observe notamment sur les moteurs à quatre temps de grande cylindrée, qui ont un frein moteur plus important que les moteurs à

deux temps ou de petite cylindrée. L'embrayage anti drible (anti à-coups) élimine ou régule ce couple de freinage et facilite le travail de la suspension arrière, pour une conduite plus prévisible et une réduction du risque de surrégime du moteur lors des rétrogradages. Il peut également éviter que la roue arrière ne se bloque en cas de grippage du moteur.

## Technologies de véhicules améliorant la conspécuité des 2RM

### *Allumage des feux*

Le manque de conspécuité des deux-roues motorisés est un élément capital dans les accidents impliquant ces véhicules. Rouler avec les feux allumés, même de jour, s'est avéré une mesure efficace pour améliorer la conspécuité et accroître la sécurité des 2RM (voir résumé de Wells et al. 2004 ; Umar et al., 1996 ; Yuan, 2000 ; Elvik et Vaa, 2004). La Convention de Vienne de 1968 recommande aux 80 pays signataires de mettre en place l'obligation pour les conducteurs de 2RM de rouler avec les feux allumés en journée.

### *Allumage automatique des feux (AHO)*

Pour aider les conducteurs à rouler toujours avec les feux allumés, la plupart des deux-roues motorisés sont aujourd'hui équipés de l'allumage automatique des feux (AHO). Il s'agit d'un bouton commande assurant l'allumage du feu (de route ou de croisement) ou du feu de jour, si le véhicule en est équipé, lorsque le moteur tourne.

L'allumage automatique des feux peut être considéré comme une pratique courante dans de nombreuses parties du monde, même s'il n'est pas utilisé partout. L'usage généralisé est essentiellement lié à une obligation légale, comme aux États-Unis et au Japon, à l'introduction volontaire sur tous les véhicules par l'ACEM, l'Association des constructeurs européens de motocycles, en 2013, et à l'insertion des dispositions sur l'allumage des feux dans le règlement n° 53 sur les motocyclettes en 2005 et dans le règlement n° 74 sur les cyclomoteurs en 2009, de l'accord de 1958 de la CEE-ONU administré par le WP.29. Plus récemment en Europe, en novembre 2012, le Parlement européen a accueilli la même mesure pour améliorer la visibilité des deux-roues motorisés et des conducteurs en introduisant l'allumage automatique de l'éclairage au démarrage du moteur, qui est applicable dès 2014.

Un examen des pratiques concernant les phares et feux de jour sur les motocyclettes dans 16 pays, mené par Elvik et al. en 2003, a conclu que les législations et les campagnes en faveur de leur utilisation avaient entraîné une baisse moyenne de 7 % des collisions à plusieurs véhicules impliquant un deux-roues motorisé. Cependant, l'obligation légale d'allumage des feux de jour a été introduite en Australie en 1992 et a été abrogée en 1997, par manque de preuves sur son efficacité (peut-être dû au nombre relativement faible d'accidents, rendant difficile la mise en évidence de ses effets).

Il a été démontré que l'allumage automatique des feux en journée sur les deux-roues motorisés réduisait le nombre d'accidents liés au manque de visibilité dans plusieurs pays de 10 % à 15 %. Une étude sur les législations relatives à l'éclairage des motocyclettes dans 14 États américains a constaté une réduction de 13 % des accidents mortels en journée (Zador, 1985). À Singapour, une étude menée 14 mois après l'introduction de la législation exigeant l'allumage des feux a montré une baisse de 15 % des accidents mortels en journée (Yuan, 2000).

### *Feux de jour dédiés (DRL)*

Les feux de jour dédiés (DRL) sont proposés en option par certains constructeurs. Il s'agit de phares avant blanc brillant conçus pour optimiser la conspécuité des deux-roues motorisés en journée, tout en réduisant la consommation d'énergie par rapport aux feux ordinaires.

Actuellement, il existe peu d'études sur l'efficacité relative, en termes de sécurité ou d'économie d'énergie, des feux de jour pour les motocyclettes par rapport aux feux de croisement allumés en journée.

Le débat reste ouvert sur l'effet éventuellement négatif d'un allumage des feux de jour de l'ensemble des véhicules sur la sécurité routière des deux-roues motorisés. Dans de nombreux pays, certaines associations de défense des motards sont préoccupées par la possibilité d'une réduction de la conspécuité des 2RM liée à l'introduction des phares de jour sur les voitures et autres véhicules à quatre roues. En effet, les 2RM ne seraient plus alors les seuls véhicules à rouler avec les feux allumés en journée. Certaines études suggèrent que les feux des voitures, aux différentes formes, créent une répartition lumineuse concurrente, au détriment de l'identification des 2RM au sein de la circulation (Cavallo et Pinto, 2012). La question fait encore débat. Dans tous les cas, les motocyclistes sont mieux vus lorsque leurs phares sont allumés.

### *Autres modèles d'éclairage frontal*

D'autres modèles d'éclairage frontal visent à offrir une signature visuelle unique (disposition des lampes) qui différencie clairement les deux-roues motorisés des autres véhicules et puisse faciliter leur perception par les autres usagers de la route. Ces configurations visuelles, en tant que caractéristiques distinctives, peuvent être créées en variant la couleur des phares (par ex., jaunes) ou en situant les phares avant à des places spécifiques (par ex., configuration en T, Long-Light-system de Honda, configuration triangulaire). La configuration en T consiste en une ligne verticale lumineuse sur la fourche et en une ligne horizontale lumineuse à l'arrière des rétroviseurs. Le phare est placé à l'intersection des deux lignes. Le développement et l'évaluation ont été réalisés dans le cadre du projet européen 2BESAFE. La configuration en T constituée de cinq phares de jour s'est avérée la plus facile à reconnaître, parce que la forme reflète la silhouette et la taille du véhicule. Une étude de Pinto et al. (2014) suggère une meilleure détection des 2RM avec cette configuration et un feu jaune, complétée d'un feu sur le casque.

## **Technologies d'éclairage avancées améliorant la visibilité des conducteurs de 2RM**

Les feux avant adaptatifs, qui améliorent l'éclairage de la trajectoire dans les virages, constituent une autre technologie récente. La lumière du feu est projetée sur la trajectoire prévue dans les virages et est réglée en fonction de la vitesse et de la position du véhicule. Améliorer l'éclairage de la trajectoire permet d'améliorer la visibilité du conducteur et peut donc réduire le nombre d'accidents de deux-roues motorisés.

## **Dispositifs d'avertissement**

### *Avertisseur de vitesse*

L'avertisseur de vitesse est un système d'adaptation intelligente de la vitesse (ISA, Intelligent Speed Adaptation) informatif qui utilise les informations concernant la position du deux-roues motorisé sur un réseau par rapport à la vitesse limite en vigueur sur ce point pour avertir le conducteur (par un signal visuel et/ou sonore) que la vitesse limite est dépassée. Le conducteur peut alors décider de ralentir ou non.

Il existe également des recherches sur un système ISA actif qui augmenterait automatiquement la pression sur l'accélérateur lorsque la vitesse limite serait dépassée (« accélérateur actif »). Outre les difficultés techniques, il est possible que l'introduction d'un ISA actif ne soit pas bien acceptée par les conducteurs, car l'intervention sur les freins ou l'accélérateur pendant les virages ou autres manœuvres pourrait perturber la maîtrise du véhicule.

### ***Avertisseur de virage***

L'avertisseur de virage transmet au conducteur un signal d'alerte lorsque la vitesse est excessive à l'approche d'un virage. La vitesse de sécurité est estimée en temps réel en comparant la vitesse et l'accélération du deux-roues motorisé avec le profil de la route et les informations cartographiques, comme la présence d'un site critique (intersection, passage piéton, etc.).

L'avertisseur de virage fournit des informations en continu sur l'accélération possible. Cela signifie que le système intervient lorsque le conducteur accélère au-delà de la vitesse optimale et de sécurité. Pour fonctionner efficacement, il doit être accepté par le conducteur et entraîner une réaction immédiate de ce dernier, permettant une décélération prudente et une bonne négociation du virage.

### ***Avertisseur de collision frontale***

L'avertisseur de collision frontale vise à avertir le conducteur lorsqu'un obstacle a été détecté sur sa trajectoire et qu'une collision risque de se produire. Il ne se limite pas à détecter les obstacles, mais évalue également la gravité de sa collision.

Il est en fait constitué de deux fonctions : la détection de la distance de sécurité et la détection de la vitesse ou de la trajectoire relative de sécurité. La première avertit le conducteur si la distance est trop courte compte tenu du temps de réaction calculé. La deuxième alerte le conducteur lorsqu'une correction rapide est nécessaire et que celui-ci ne semble pas réagir face à la collision imminente. En transmettant un signal d'alerte, il recentre l'attention du conducteur sur sa trajectoire, pour lui donner le temps de réagir de manière appropriée par un coup de frein ou une manœuvre d'évitement.

### ***Avertisseur de changement de voie et surveillance d'angle mort***

L'avertisseur de changement de voie (LCS) vise à alerter le conducteur dans le cas d'un changement de voie imminent pouvant entraîner une collision avec un autre véhicule. Les deux-roues motorisés ont de grands angles morts en raison de leurs petits rétroviseurs et de leurs courts intervalles de sécurité. Par conséquent, des situations dangereuses sont tout à fait susceptibles de se produire si le motocycliste ne voit pas un autre véhicule lors d'un changement de voie. Dans les systèmes de surveillance d'angle mort, les environs arrière et latéraux du deux-roues motorisé sont surveillés par un capteur radar qui fournit des informations sur la vitesse et la position des véhicules en approche. Ces informations permettent d'évaluer si le changement de voie serait risqué. Si le conducteur met son clignotant pour changer de voie, alors qu'un véhicule à l'approche se trouve dans son angle mort, il est informé sur le risque potentiel par une interface adaptée (généralement par des signaux de différentes couleurs au-dessus du rétroviseur gauche).

### ***Surveillance de la pression des pneus***

La conduite est une tâche qui exige un entretien approprié du véhicule. Une mauvaise pression des pneus peut compromettre la sécurité du véhicule et, par conséquent, entraîner un comportement dynamique imprévu. De nombreux deux-roues motorisés restent souvent inutilisés pendant plusieurs semaines et la pression de leurs pneus risque de baisser sensiblement pendant ces périodes. Si la

défaillance du véhicule est rarement citée parmi les causes d'accidents de motocyclettes, les mécanismes qui détectent et alertent le conducteur sur les problèmes éventuels contribueront néanmoins à la sécurité. Ces systèmes seront particulièrement utiles pour les motocyclistes occasionnels, qui n'entretiennent peut-être pas régulièrement leur véhicule.

Les systèmes de surveillance de la pression des pneus donnent l'indication et l'assurance au conducteur que les pneus fonctionneront conformément aux normes du constructeur. Il existe plusieurs modèles sur le marché qui transmettent un signal visuel ou sonore en cas de mauvaise pression des pneus. Les moins chers (mais également les moins précis et durables) sont les témoins vissés extérieurement sur la valve du pneu, à la place du bouchon de valve. Il existe également des systèmes numériques, qui utilisent des capteurs de pression montés à l'intérieur des roues.

## Amélioration de la protection des conducteurs de 2RM

### *Coussins gonflables pour moto*

Les coussins gonflables absorbent l'énergie cinétique des occupants du véhicule pendant l'accident, réduisant ainsi la gravité des blessures. Ils gonflent lorsqu'ils sont déclenchés par les capteurs d'impact situés sur la ou les roues avant et sont utiles dans toutes les collisions frontales. Les coussins gonflables pour moto ont une conception particulière, car ils doivent prendre en compte la position du conducteur, qui n'est pas toujours droite, les distances entre le visage du conducteur et le coussin parfois plus faibles que dans une voiture, ainsi que la présence d'un passager qui peut influencer sur les forces vers l'avant du conducteur.

La modélisation par ordinateur et la simulation d'accidents, menées dans le cadre du projet ROSA, suggèrent que ces systèmes peuvent réduire les conséquences des impacts sur le conducteur dans une majorité de configurations d'accident. Néanmoins, aucune donnée d'accidents réels n'a été traitée.

Les blessures résultantes dépendront « de la vitesse du 2RM, du type de 2RM, de la position assise du conducteur, de l'angle et du point de collision avec la voiture et du type de voiture ». Seul un nombre limité de ces variables a été inclus dans ces essais. C'est pourquoi il est difficile de déterminer l'efficacité de ces coussins gonflables dans la pratique. Il semble qu'une association de ces dispositifs soit nécessaire pour prévenir des blessures dans plusieurs types de collisions, mais pourrait aussi avoir des effets négatifs dans d'autres.

Hormis la Honda Gold Wing, les systèmes de coussins gonflables n'ont pas été adoptés sur les deux-roues motorisés. Le taux de pénétration du marché est donc très limité.

## Assistance à la conduite

### *Sécurité aux intersections*

La sécurité aux intersections (INS) aide le conducteur à éviter les erreurs courantes qui peuvent entraîner des accidents typiques aux intersections. Elle comprend les fonctions suivantes :

- Aide au respect du feu rouge : évite de brûler un feu rouge. Le système émet un signal sonore d'urgence, si la situation devient critique.
- Aide au respect de la priorité : surveille tout particulièrement le trafic latéral. Le système avertit le conducteur s'il ne respecte pas une priorité, mais également si un autre usager risque de lui refuser la priorité.

- Aide au tourne-à-gauche (tourne-à-droite dans les pays où l'on circule à gauche) : avertit le conducteur d'un risque de collision avec d'autres véhicules coupant sa trajectoire.

## Information en temps réel, avertisseurs de dangers et prévention des risques

### *Système d'appel d'urgence (e-Call)*

Lors d'un accident de la route, la rapidité avec laquelle les services de secours sont mobilisés est d'une importance capitale pour sauver des vies et réduire les conséquences des blessures. Dans une situation d'urgence, telle qu'un accident, un système d'appel d'urgence peut réduire considérablement le délai d'intervention des services de secours. L'alerte peut être donnée soit manuellement par les occupants du véhicule, soit automatiquement par activation des capteurs embarqués, en cas d'accident. Le système embarqué établit directement le contact avec les services de secours et transmet des informations essentielles sur l'heure et le lieu de l'accident, ainsi que des renseignements sur les véhicules impliqués.

Dans l'Union européenne, un système du nom d'e-Call est actuellement en cours de développement. Il devrait devenir obligatoire sur toutes les voitures neuves vendues après 2015. Une étude finlandaise (Virtanen et al., 2006) a évalué les effets d'e-Call sur la survenue d'accidents et a constaté que le système pourrait éviter jusqu'à 10 % des accidents mortels. Elle a montré qu'e-Call devrait avoir plus d'effet sur les routes rurales, de nuit et aux périodes creuses. Une version d'e-Call pourrait être proposée par l'Union européenne pour les deux-roues motorisés, mais très probablement dans un deuxième temps.

L'adaptation d'e-Call aux deux-roues motorisés exige une recherche et un développement spécifiques pour mettre au point un système « embarqué » qui soit résistant aux intempéries et aux vibrations, et qui soit doté d'un déclencheur évaluant la dynamique du véhicule afin d'éviter les fausses alertes.

### *Information météo, trafic et points noirs*

Le module météo, trafic et points noirs intégré au système de navigation peut fournir des informations utiles au conducteur sur les conditions climatiques et de circulation. Les indications de navigation fournissent une référence familière et fiable concernant la conduite. Le module a un double objectif : aider le conducteur dans la planification de son itinéraire et trouver la meilleure solution en cas de modification des conditions de circulation ou de météo.

Le module points noirs peut alerter le conducteur et lui fournir des informations sur les points particuliers de l'itinéraire où des accidents sont plus susceptibles de se produire : basé sur une compréhension précise des scénarios d'accident, le système pourrait informer efficacement le conducteur sur un danger potentiel. Ainsi, à l'approche d'un croisement à haut risque d'accident, il pourrait émettre un avertissement.

## Dispositifs sur les autres véhicules favorisant la sécurité des 2RM

Les autres véhicules sont impliqués dans la moitié des accidents corporels graves de deux-roues motorisés (ACEM, 2009). De nombreuses situations de circulation à haut risque entre des 2RM et d'autres véhicules pourraient être évitées si les conducteurs de ces derniers anticipaient la présence des 2RM (en abordant ou en croisant une route, en tournant à gauche ou en changeant de voie). Il existe plusieurs technologies nouvelles comme l'avertisseur de collision frontale, l'information sur les angles

morts et la protection des usagers vulnérables, comprenant généralement les 2RM, les piétons et les cyclistes.

### ***Systèmes d'information sur les angles morts (notamment pour les poids lourds)***

Ce système détecte les véhicules et les objets susceptibles de provoquer un accident, situés dans l'angle mort, à droite et à gauche, grâce à des techniques de vision par ordinateur. Lorsque le véhicule ou l'objet pénètre dans l'angle mort, le système émet une alerte, qui consiste en un signal lumineux à LED et une sonnerie. Le système a été adopté par des constructeurs de voitures et de poids lourds.

### ***Alerte de sortie de voie***

Certains accidents dus à un changement de voie pourraient être évités si les automobilistes étaient avertis de la présence de véhicules dans leur angle mort. Plusieurs accidents impliquant une voiture et un deux-roues motorisé sont liés à une mauvaise décision de l'automobiliste lors d'une manœuvre de changement de voie. Cette technologie pourrait donc également réduire le nombre d'accidents de deux-roues motorisés.

### ***Détection d'usagers vulnérables***

Les systèmes de capteurs (souvent une association de différents types de capteurs), surveillent la zone avant du véhicule, détectent les usagers vulnérables et les distinguent des autres obstacles. Ces systèmes utilisent différents actionneurs qui permettent d'éviter les collisions ou qui en atténuent sensiblement les effets en réduisant la vitesse du véhicule avant la collision. Ils peuvent combiner des alertes visuelles et sonores, voire prendre des mesures actives au moyen de systèmes de freinage autonomes. Ils utilisent généralement des capteurs frontaux pour prédire les situations d'urgence. Dans ce cas, ils informent le conducteur d'un danger potentiel, s'il reste du temps pour une manœuvre d'évitement, ou activent les freins avant l'impact si le temps est limité ou si le conducteur ne réagit pas. Lorsque l'accident ne peut pas être évité, la réduction de la vitesse d'impact atténue la gravité des blessures.

Ce dispositif d'avertissement a été conçu dans le cadre du projet WATCH-OVER, basé sur la coopération des technologies de communication et de détection. Il comprend d'une part un module embarqué qui avertit l'automobiliste qu'un usager vulnérable est à l'approche, et d'autre part un module portable qui attire l'attention de l'usager vulnérable sur une situation de circulation critique.

L'assistant de vision nocturne (NVW) est un autre exemple de détection d'usager vulnérable. Il vise à étendre le champ de vision de l'automobiliste dans l'obscurité, ainsi que la détection et l'avertissement en cas d'obstacle. Il est équipé d'une caméra infrarouge dirigée vers l'avant qui affiche ses images sur un tableau embarqué. L'affichage montre la zone avant du véhicule sur une distance plus longue que la portée d'un feu ordinaire. Le système détecte les obstacles et les usagers vulnérables, et dans une situation de conduite critique, en avertit l'automobiliste.

### ***Systèmes de sécurité après impact***

Si une collision ne peut être évitée, des actionneurs de protection structurelle peuvent être déclenchés pour réduire les risques de blessures graves, voire sauver la vie d'usagers vulnérables. Le capot actif a été conçu pour les piétons, mais cette innovation dans la conception des véhicules pourrait protéger tous les usagers vulnérables qui sont heurtés par l'avant d'un véhicule. En cas d'accident impliquant un usager vulnérable, il se soulève pour amortir le choc, absorber l'énergie d'impact sur la



tête et réduire la gravité des blessures. Plusieurs constructeurs développent actuellement ces systèmes, qui sont souvent combinés aux coussins gonflables externes.

### Technologies STI envisagées comme contre-mesures de sécurité des 2RM

Certaines des mesures décrites ci-dessus sont considérées comme des « systèmes de transport intelligents » (STI). Les technologies STI peuvent améliorer la sécurité, la sûreté et l'efficacité des systèmes de transport de surface, en particulier sur les sites à haut risque pour les deux-roues motorisés comme les intersections. Pour bénéficier des opportunités offertes par les STI, il faut veiller tout particulièrement à plusieurs questions d'interopérabilité afin de s'assurer que les différents systèmes sont coordonnés, et gérer la quantité d'informations dont le motocycliste a besoin pour conduire en toute sécurité.

La recherche en matière de sécurité concernant le développement et l'application des technologies STI s'est centrée essentiellement sur les voitures particulières, et n'a pas été activement développée ou appliquée aux deux-roues motorisés. Néanmoins, les résultats de la recherche sur les STI existants et émergents pourraient être adaptés aux 2RM. Les deux domaines de recherche évoqués ci-dessous pourraient contribuer significativement à ces applications.

Il existe deux principales catégories de STI :

Les *systèmes de communication véhicule-véhicule (V2V)* permettent l'échange dynamique sans fil de données entre des véhicules proches, qui offre la possibilité d'améliorations importantes de la sécurité. L'objectif final est que tous les véhicules à moteur qui circulent sur les routes (y compris les automobiles, les camions, les bus, les autocars et les deux-roues motorisés) puissent communiquer avec les autres véhicules et que ce vaste ensemble de données et de communications soutiennent une nouvelle génération d'applications de sécurité qui contribueront à éviter les accidents de la route.

Les *systèmes de communication véhicule-infrastructure (V2I)* permettent l'échange de données sans fil entre les véhicules et les infrastructures routières, essentiellement pour éviter ou atténuer les accidents de la route, mais aussi pour apporter un grand nombre d'autres avantages sur le plan de la mobilité et de l'environnement. Les communications V2I s'appliquent à tous les types de véhicules et à toutes les routes, et transforment les infrastructures routières en « infrastructures intelligentes ». Une des avancées les plus importantes est la capacité des systèmes de feux de circulation à communiquer la phase du feu et les données temporelles au véhicule pour contribuer à la fourniture active de conseils de sécurité et d'avertissements aux conducteurs.

Dans les dernières décennies, le développement des systèmes avancés d'assistance au conducteur (ADAS) et des systèmes d'information embarqués (IVIS) a fait partie des principaux domaines de recherche de l'industrie automobile visant à améliorer la sécurité et le confort des automobilistes. Par conséquent, ces technologies ont déjà été étudiées pour les voitures particulières. En revanche, leurs applications aux deux-roues motorisés : les systèmes avancés d'assistance au motocycliste (ARAS) et les systèmes d'information pour moto (OBIS), visant à améliorer la sécurité et le confort des motocyclistes, se trouvent encore dans leurs premières phases de développement.

En Europe, deux principaux projets, financés par la Commission européenne, se sont centrés sur les équipements des véhicules. Le projet SAFERIDER, a étudié les possibilités d'intégration des systèmes ADAS/IVIS sur les deux-roues motorisés et le développement d'interfaces conviviales. Le projet ROSA a élaboré un manuel de bonnes pratiques sur la sécurité des deux-roues motorisés, dont un volume est

consacré au « véhicules ». Les informations données dans les paragraphes suivants sont en partie basées sur les résultats de ces deux projets.

Le développement des STI pour les deux-roues motorisés pose plusieurs difficultés particulières :

- Les exigences d'interface homme-machine (HMI) d'un deux-roues motorisé sont très différentes de celles d'une voiture. La conduite demande une attention plus instantanée et les possibilités de recevoir des informations visuelles ou sonores en toute sécurité sont limitées en raison de l'emplacement du tableau de bord, du casque et du bruit ambiant. Par rapport aux technologies des voitures, le matériel informatique doit être plus résistant aux vibrations, consommer moins d'énergie électrique et être mieux protégé contre l'humidité. En outre, le système doit être aménagé dans un espace plus réduit.
- Un système qui remplace ou interfère avec le contrôle longitudinal ou latéral du véhicule, tel qu'un freinage automatique, pourrait déstabiliser le conducteur et son véhicule, et causer un accident, au lieu de l'éviter.
- Les systèmes qui interviennent sur la conduite ont un impact très différent par rapport à ceux utilisés sur les voitures et exigent des travaux de R&D spécifiques. La stabilité est essentielle sur un deux-roues motorisé et impose des contraintes très différentes par rapport aux véhicules à quatre roues. Le déploiement de systèmes avancés ou automatiques d'assistance au conducteur (ADAS) est extrêmement compliqué, en raison notamment de l'inclinaison du véhicule par rapport à la chaussée.

Des associations de motards ont exprimé leurs préoccupations concernant la possibilité que les technologies STI automatisent certains aspects de la conduite ou compromettent la sécurité des motocyclistes. Il est essentiel que la vision et les besoins des motocyclistes soient correctement compris et étudiés et que ces connaissances soient exploitées dans la conception de dispositifs STI acceptables pour les motocyclistes (Bayli et al., 2006).

Les conditions régionales sont un élément à prendre en compte dans l'évaluation d'une éventuelle adaptation réussie des technologies avancées. Ainsi, la composition du trafic, l'environnement routier, la qualité des infrastructures et l'économie régionale sont des facteurs importants à analyser.

Il faut considérer que l'équipement précoce en technologies avancées dans des régions du monde où les dispositions de sécurité élémentaires ne sont pas largement appliquées aux deux-roues motorisés (qualité des infrastructures, port du casque, éclairage, formation et politique orientées vers les motocyclistes) risque d'avoir des bénéfices limités.

### Création d'une demande d'équipements de sécurité des véhicules

La pénétration des technologies de sécurité dans le parc de voitures particulières a bénéficié, dans différents pays, de programmes tels que l'évaluation des voitures neuves, qui notent les véhicules selon leurs performances de sécurité passive. Récemment, des fonctions de sécurité active ont également été incluses dans ces programmes.

Une approche similaire pourrait être utilement appliquée aux deux-roues motorisés neufs avec un programme d'évaluation dédié pour fournir des informations aux consommateurs. Cependant, il convient de rappeler que l'amélioration de la sécurité passive des 2RM est extrêmement complexe, car dans la plupart des accidents, le conducteur est éjecté de son véhicule. Les programmes d'évaluation de la sécurité des 2RM disponibles sur le marché pourraient être un moyen de sensibiliser les consommateurs aux caractéristiques de sécurité des 2RM et d'influer sur leur choix lorsqu'ils achètent un véhicule neuf.

Cependant, des recherches supplémentaires doivent être effectuées sur l'élaboration de crash tests adaptés et réalisables, et d'évaluations de la sécurité des deux-roues motorisés tenant compte des normes existantes, comme ISO 13232, ainsi que des difficultés particulières dans la sélection des crash tests, qui doivent être représentatifs de la réalité et de la diversité des accidents.

## Conclusions

Un bon entretien des véhicules contribue incontestablement à la sécurité. Les constructeurs recommandent des intervalles d'entretien liés au maintien de la garantie, pour un fonctionnement optimal du véhicule. Le contrôle périodique des deux-roues motorisés peut réduire l'incidence des effets liés aux défauts des pneus, des freins et des feux sur la sécurité.

Dans l'industrie du motocycle, plusieurs technologies ont été étudiées pour aider à la prévention des accidents (sécurité active) et contribuer à la protection des conducteurs et des passagers lors d'un accident (sécurité passive). Certaines sont déjà disponibles et proposées en option lors de l'achat d'un véhicule ; d'autres sont encore en phase de développement.

Les systèmes de freinage avancés, qui comprennent les systèmes de freinage anti-bloquant (ABS) et les systèmes de freinage combinés (CBS) sont des technologies éprouvées qui peuvent contribuer à réduire le risque d'accident dans certaines situations, lorsque d'autres politiques de sécurité routière de base sont déjà en place. Si l'ABS est actuellement proposé en option par les grands constructeurs sur les deux-roues motorisés haut de gamme, avec un taux de pénétration faible dans la plupart des pays de l'OCDE, le groupe de travail considère qu'il peut certainement bénéficier à tous les 2RM et qu'il devrait devenir la norme. Le coût reste toutefois un problème. Les industriels et les gouvernements doivent travailler ensemble pour favoriser une pénétration plus rapide de cette technologie, qui deviendra obligatoire dans certaines régions du monde dans les années à venir (elle devrait l'être en 2016 dans l'Union européenne). Si cette technologie est mature sur les marchés de l'OCDE, les priorités peuvent néanmoins être différentes dans les pays à revenu faible et intermédiaire, notamment pour les motocyclettes légères, et concerner la réglementation relative aux freins, ou dans d'autres domaines, le port généralisé du casque, la formation des motards et l'offre d'infrastructures routières appropriées.

D'autres systèmes de freinage avancés, comme le freinage électronique, le freinage combiné ou l'anti-soulèvement de la roue arrière, peuvent aussi contribuer à réduire le risque de blessure, mais la priorité aujourd'hui est de continuer d'assurer la pénétration de l'ABS dans le parc.

Le consensus estime que peu de progrès ont été réalisés dans la recherche sur les systèmes de transport intelligents (STI) consacrés à la sécurité des deux-roues motorisés. Les STI développés pour les voitures pourraient également améliorer la sécurité des 2RM. Toutefois, plusieurs obstacles liés aux spécificités des 2RM doivent être soigneusement étudiés, notamment les difficultés posées par les exigences relatives à l'interface homme-machine, les coûts et le soutien nécessaire de la communauté des motards. Malgré ces obstacles, les STI ont certainement un rôle à jouer pour améliorer la sécurité des 2RM à l'avenir. Le système d'appel d'urgence e-Call, la détection des angles morts, ainsi que les avertisseurs de virage et de collision sont des applications appropriées pour les 2RM, après un développement adapté à ces véhicules. La mise en œuvre réussie et le déploiement étendu des STI dépendent d'une coopération étroite entre les différentes parties prenantes.

Quel que soit le potentiel des technologies de véhicules pour améliorer la sécurité, il reste important que les automobilistes et les motocyclistes ne deviennent pas excessivement dépendants des technologies de sécurité pour percevoir les dangers potentiels. La formation et l'éducation, ainsi que le contrôle

continu du respect des règles de circulation sont également des facteurs importants pour une utilisation plus sûre de la route.

Il est également nécessaire de promouvoir les équipements de sécurité des véhicules. L'élaboration d'un système d'évaluation des deux-roues motorisés neufs pourrait être intéressante à étudier pour sensibiliser les motocyclistes aux performances des véhicules en matière de sécurité et créer une demande de dispositifs de sécurité.

## Références

- ACEM (2009), *Motorcycle Accident In-Depth Study: In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers*, MAIDS project, Final report 2.0, Association des constructeurs européens de motocycles, Bruxelles (Belgique).
- ADAC (2000), Test Motorrad-Bremssysteme mit ABS, ADAC, Stand 08/05 IN 23098.
- Bayli M., Reagan M., Hosking S. (2006), *Intelligent Transport Systems and Motorcycling Safety*, Monash University, [https://www.monash.edu/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/216359/muarc260.pdf](https://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0008/216359/muarc260.pdf)
- Cavallo V., Pinto M. (2012), « Are car daytime running lights detrimental to motorcycle conspicuity? », *Accident Analysis and Prevention*.
- CEN (2012). <http://esearch.cen.eu/esearch/extendedsearch.aspx>, consulté en avril 2012.
- Elvik R., Christensen P., Fjeld Olsen S. (2003), *Daytime running lights. A systematic review of effects on road safety*, Report 688, Institute of Transport Economics, Oslo (Norvège).
- Elvik R., Vaa T. (2004), *The Handbook Of Road Safety Measures*, 1<sup>st</sup> edition, Emerald Group Publishing Limited, Oslo (Norvège).
- European Parliament (2012), « Approval and market surveillance of two- or three-wheeled vehicles and quadricycles -Impact Assessment of IMCO Compromise Amendments », Directorate General For Internal Policies Policy Department A: Economic And Scientific Policy.
- Green (2006), « A Comparison of Stopping Distance Performance for Motorcycles Equipped with ABS, CBS and Conventional Hydraulic Brake Systems », International Motorcycle Safety Conference, 30 mars 2006, Long Beach, Californie (États-Unis).
- Highway Loss Data Institute (2009), *Motorcycle Antilock Braking System (ABS)*, Insurance Special Report, décembre 2009.
- IMMA (2014), *The Shared Road to Safety: A Global Approach for Safer Motorcycling*, International Motorcycle Manufacturers Association, Genève (Suisse).
- NHTSA (2006), « ABS for Powered Two-Wheelers: Results of Accident Analysis », Accident Research CR / AEV, *Motorcycle ABS: Effect and Benefit Studies in the U.S.A.*, National Highway Traffic Safety Administration.
- Paine M., Paine D., Haley J., Cockfield S. (2005), « Daytime running lights for motorcyclist », Transport accident Commission of Victoria (Australie), <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0178-W.pdf>
- Pérez Rubio A., Molinero A., Plaza J., Chacel J.L. (2011), *European Handbook of Best Practices on Powered-two wheeler's safety*, projet ROSA.

- Pinto M., Cavallo V., Saint-Pierre G. (2014), « Influence of front light configuration on the visual conspicuity of motorcycles », *Accident Analysis and Prevention*, 62, 230-237.
- Rizzi M., Strandroth J., Tingvall C. (2009), « The effectiveness of Antilock Brake Systems on Motorcycle in reducing real-life crashes and injuries », *Traffic Injury Prevention*, 10:5, pp. 479-487.
- Rizzi M., Strandroth J., Kullgren A., Tingvall C., Fildes B. (2013), « Effectiveness of Anti-Lock Brakes (ABS) on motorcycles in reducing crashes: A multinational study », article présenté à la Conférence ESV 2013, 27-30 mai 2013, Séoul (Corée du Sud).
- SAFERIDER (2008), « Intelligent Transport Systems (ARAS and OBIS) for PTW », projet de recherche européen SAFERIDER.
- Seiniger P., Schröter K., Gail J. (2012), « Perspectives for motorcycle stability control systems », *Accident Analysis Prevention*, 44: 74-81.
- TAC (2011), « Submission to the Parliamentary Road Safety Committee Inquiry into Motorcycle Safety », Victorian Transport Accident Commission, Melbourne (Australie).
- Teoh E.R. (2011), « Effectiveness of antilock braking systems in reducing motorcycle fatal crash rates », *Traffic Injury Prevention*, 12(2), 169-173.
- Teoh E.R. (2013), « Effects of Antilock Braking Systems on Motorcycle Fatal Crash Rates: An Update », Institute Insurance for Highway Safety.
- Trafikverket (2010), « *Improved Safety for Motorcycle and Moped Riders. Joint Strategy for the period 2010-2020* », Swedish Road Administration.
- Virtanen et al. (2006), Preliminary Results of the Finnish Study on Impacts of an Automatic Emergency Call System on Accident Consequences, VTT (Finlande).
- Wells S., Mullin B., Norton R., Langley J., Connor J., Jackson R., Lay-Yee R. (2004), « Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: Case-control study », *British Medical Journal - BMJ*, vol. 328, N° 7444, pp. 857-0, 2004.
- Yuan W. (2000), « The Effectiveness of the ‘Ride Bright’ Legislation for Motorcycles in Singapore », *Accident Analysis and Prevention*, 32 (4):559-63.
- Radin Umar R.S., Mackay M.G., Hills B.L. (1996), « Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Serembian and Shah Alam, Malaysia », *Accident Analysis and Prevention*, 28(3), 325-332.
- Zador P.L. (1985), « Motorcycle headlight-use laws and fatal motorcycle crashes in the US, 1975-83 », *American Journal of Public Health*, 75(5), 543-546.