

Pierre Van Elslande
Hélène Vallet
Vidian Fonds

LES DEUX-ROUES MOTORISÉS DANS LA LITTÉRATURE

Projet DRAM (Données de Recherche Approfondie sur les deux-roues Motorisés)

Rapport bibliographique

*Rapport de Convention DSCR/INRETS
INRETS/RE-08-934-FR
Juillet 2008*

Les auteurs :

Pierre Van Elslande, Chargé de Recherche

Hélène Vallet, Ingénieur d'Etude

Vidian Fonds, Doctorant

L'Unité de recherche :

INRETS - Département Mécanismes d'Accidents

Chemin de la Croix Blanche – F-13300 Salon-de-Provence



Copyright : Reproduction autorisée sous réserve d'en mentionner l'origine

Réalisation : INRETS – Centre Marseille-Salon de Provence – Chemin de la Croix Blanche – F-13300 Salon de Provence
FRANCE

Fiche bibliographique

1 UR (1er auteur) Département Mécanismes d'Accidents (MA)		2 Projet n°	3 INRETS
4 Titre Les deux-roues motorisés dans la littérature			
5 Sous-titre		6 Langue Français	
7 Auteur(s) Pierre Van Elslande, Hélène Vallet, Vidian Fonds		8 Rattachement ext.	
9 Nom adresse financeur, co-éditeur DSCR Arche Sud 92055 LA DEFENSE CEDEX		10 N° contrat, conv. 0004164 / F08-05	
		11 Date de publication Juillet 2008	
12 Remarques			
13 Résumé Ce rapport présente une revue de question sur les thématiques les plus abordées dans la littérature internationale consacrée à la compréhension des problèmes de sécurité routière rencontrés par les deux-roues motorisés Sont ainsi étudiés : <ul style="list-style-type: none"> - Les difficultés spécifiques vis-à-vis des infrastructures, - La thématique des obstacles fixes, - La question de la vitesse et de son contrôle, - Les motifs de déplacement et leur influence sur l'accidentalité, - La vulnérabilité et les systèmes de protection, - Les questions d'expérience, d'âge et de formation, - Les problèmes de détectabilité. 			
14 mots clés deux-roues motorisés – sécurité – cyclomoteur – motocyclette – accidentologie – psychologie		15 Diffusion DSCR- INRETS	
16 Nombre de pages 48	17 Prix -	18 Confidentiel Non	19 Références Oui

Table des matières

Introduction	5
Chapitre 1 - Les deux-roues motorisés et l'infrastructure routière	7
1.1 Introduction : l'infrastructure et l'accidentalité	7
1.2 Les éléments les plus cités dans la littérature	7
1.3 Conclusion : vers une infrastructure plus adaptée	11
Chapitre 2 - Les obstacles fixes	13
2.1 Introduction : les obstacles fixes et leur risque	13
2.2 Type d'obstacles fixes	14
2.3 Contexte d'occurrence des accidents contre obstacles fixes	15
2.4 Gravité des accidents de DRM selon le type d'obstacles	15
2.5 Obstacles et systèmes de protection	16
2.6 Conclusion	17
Chapitre 3 - La vitesse et son contrôle	19
3.1 Les DRM et la vitesse	19
3.2. Le "contrôle-sanction" automatisé	20
3.3 Conclusion	21
Chapitre 4 - Les accidents selon le motif de déplacement	23
4.1 Types de déplacements	23
4.2 Contexte de déplacement et gravité des accidents	24
4.3 Conclusion : besoins de connaissance pour la prévention	25
Chapitre 5 - Vulnérabilité et protections	27
5.1 Vulnérabilité	27
5.2 Equipements de protection	29
5.3 Conclusion	32
Chapitre 6 – Questions d'expérience	33
6.1 Introduction	33
6.2 Inexpérience et Age	33
6.3 Stratégies et comportement de conduite des novices	34
6.4 Expérience de conduite / Expérience du véhicule	34
6.5 Formation spécifique	35
6.6 Conclusion	36
Chapitre 7 - Les problèmes de détectabilité du deux-roues motorisé	37
7.1 Composantes de la faible détectabilité des DRM	37
7.2 Les problèmes de détection dans les accidents	40
7.3 Conclusion	41
Références bibliographiques	43

Introduction

Ce rapport a pour objectif de faire un bilan synthétique d'actualité sur les connaissances référencées dans la littérature scientifique à propos des deux-roues motorisés (DRM) et des problèmes de sécurité auxquels ils sont particulièrement sujets dans le trafic routier. Ce mode de déplacement fait depuis quelques temps l'objet d'un regain d'intérêt dans les travaux de recherche comme dans les préoccupations des pouvoirs publics. Et, en effet, les données évoluent et il est besoin de faire régulièrement un point des connaissances. C'est ce qui motive la présente revue de question qui porte sur les thématiques-clés liées à la sécurité des DRM. Elle a en partie été réalisée dans l'objectif de constituer un fond documentaire et alimenter les réflexions d'un groupe d'experts qui s'est mobilisé durant plus d'un an pour définir les principaux axes sur lesquels des actions adaptées permettraient de gagner rapidement en sécurité : les principaux *gisements* de sécurité des DRM (Guyot et coll., 2008)¹.

A l'instar de l'automobile, le deux-roues à moteur est un mode de déplacement qui fait partie intégrante du système de trafic routier. Il doit bénéficier, à ce titre, des mêmes attentions en termes de recherches et d'actions que les autres modes de transport, telle l'automobile. Et cela, d'autant plus que toutes les études s'accordent à dire que c'est, de loin, le moyen de déplacement routier le plus dangereux et le type de véhicule pour lesquels les conducteurs sont les plus vulnérables, tel qu'en atteste notamment le taux de mortalité observé en fonction du mode utilisé. Les travaux statistiques et épidémiologiques nous fournissent un indicateur de risque vingt fois plus élevé d'être tué par km parcouru au guidon d'un DRM qu'au volant d'une voiture. Et plus élevé encore – de l'ordre de 50 fois plus – est le risque d'être victime de blessures graves dont on gardera un handicap.

Les questions qui sont au cœur de ces problèmes et qui peuvent contribuer chacune à une amélioration d'ensemble, sont abordées dans ce document par chapitres thématiques. Mais ces thématiques ne doivent pas être regardées comme exclusives les unes des autres. En effet, il faut insister encore et encore sur le fait qu'un accident n'est jamais, sauf exception caricaturale², la résultante d'une seule variable. Et sur le fait également que toute stigmatisation comporte en soi un danger réductionniste qui limitera par définition l'effectivité des mesures, quelles qu'elles soient, qui s'adressent à un système complexe. Il ne s'agit donc pas d'opposer "le comportement" à l'infrastructure, les deux-roues motorisés aux voitures, mais d'identifier au sein des thématiques abordées ci-après un vecteur potentiel d'amélioration de la sécurité en agissant envers tous et non contre quiconque. Pour être efficace à long terme, toute mesure doit s'inscrire dans une démarche d'analyse systémique des dysfonctionnements. C'est ce qu'on pourra qualifier de *sécurité durable*. Et c'est ainsi que l'on pourra remédier de façon pérenne aux pathologies de l'organisme "conducteurs/véhicules/environnements" dont les accidents de la circulation routière constituent les symptômes les plus flagrants.

Les sujets abordés dans ce document sont répartis sous les rubriques suivantes :

- Les difficultés liées aux infrastructures

On y rend compte des paramètres d'aménagements les plus cités dans la littérature comme susceptibles de poser un problème spécifique aux DRM, ainsi que des possibilités d'amélioration de ces problèmes par une meilleure adaptation des environnements de conduite qui tiennent compte notamment (mais pas seulement) des particularités du DRM dans la circulation.

¹ Une version préalable de ce rapport a été définie en direction de ce groupe d'experts.

² Qui correspond malheureusement à la représentation qu'en a l'opinion commune, fortement appuyée en cela par l'idéologie de la monocausalité dont les médias se font le relais.

- La thématique des obstacles fixes

La présence d'obstacles fixes en bord de chaussée constitue une préoccupation récurrente que manifestent les associations de motocyclistes, par le sentiment d'insécurité que ces obstacles génèrent, en cas de sortie de route. Et il est avéré qu'à cet égard, les DRM sont vulnérables là où les automobilistes ne sont pas en danger. Un paradoxe étant que ces obstacles font parfois partie des aménagements qui ont un objectif sécuritaire.

- La question de la vitesse et de son contrôle

Cette question qui fait souvent polémique ne doit pas être regardée de façon hégémonique, mais en identifiant clairement les situations où elle soulève des problèmes de sécurité. De la même manière, les solutions à envisager ne doivent pas être unilatérales : il est parfois plus efficace d'intervenir en termes de *sécurité naturelle* par un aménagement qui incite spontanément à une vitesse appropriée, qu'un radar qui n'aura d'autre effet que de piéger l'usager de la route inaccoutumé du lieu. Le radar aura par contre tout son intérêt en tant que sanction d'une vitesse dont l'environnement routier montre clairement et explicitement qu'elle est inadaptée.

- Les motifs de déplacement et leur influence sur l'accidentalité

Les accidents de DRM diffèrent selon qu'ils concernent des trajets professionnels ou "de loisirs". Toutefois, peu d'études se sont vraiment intéressées à cette question, et on relève un certain manque d'informations sur les motifs de déplacements, qui fait partie des lacunes des données de recherche sur l'exposition. Ces données sont pourtant nécessaires pour bien appréhender les phénomènes d'accidentalité et mettre en place des campagnes de prévention et de formation ciblées.

- La vulnérabilité et les systèmes de protection

Ce chapitre aborde les différents aspects de la survulnérabilité du conducteur de DRM, ainsi que les moyens dont il dispose pour se protéger et les améliorations à développer.

- Les questions d'expérience, d'âge et de formation

Il est souvent difficile de distinguer l'âge de l'expérience du fait de leur fréquente co-variation dans l'activité de conduite. Leur rôle est d'autant plus important dans le cas des DRM, compte tenu de la proportion importante de jeunes adultes parmi les usagers de motocyclettes et de cyclomoteurs. Et c'est une bonne connaissance des problèmes d'expérience qui permettra de définir des formations bénéfiques.

- Les problèmes de détectabilité du DRM

Les difficultés à détecter un DRM constituent une source importante d'accidentalité. Il s'agit d'en déterminer précisément les différents ordres de facteurs de façon à en limiter les effets. De nombreux travaux sont encore à développer sur cette question.

Chapitre 1

Les deux-roues motorisés et l'infrastructure routière

1.1 Introduction : l'infrastructure et l'accidentalité

L'infrastructure est un facteur déterminant dans la conduite et dans l'accidentalité des deux-roues motorisés (DRM), plus encore que pour les voitures en ce qui concerne certains paramètres (FEMA, 2007). Ce type de véhicule ne disposant que de deux-roues pour assurer le contact avec la route, l'adhérence mobilisable doit être optimale afin de garantir un bon équilibre dans les conditions de roulage et dans les situations d'urgence. Certaines conceptions des infrastructures sont source d'insécurité pour l'ensemble des usagers et peuvent avoir des effets accrus en terme de sécurité pour les DRM, du fait de leur vulnérabilité (Clabaux, 2003).

L'environnement routier est ainsi le premier facteur participatif dans 7,7% des cas d'accidents de DRM (ACEM, 2006). Il est considéré comme le 2^{ème} facteur participatif le plus fréquent. Dans 6,2% des cas étudiés dans l'étude MAIDS (2004), un défaut de conception de la route était présent, et directement en cause dans 53% de ces cas. 15,9% des cas étudiés impliquaient un défaut d'entretien de la route, et 6,1% un danger temporaire lié à la gestion du trafic. D'autre part, les objets fixes environnant la chaussée peuvent présenter un danger considérable pour les DRM¹. C'est le cas des glissières de sécurité, qui provoquent des blessures graves des membres inférieurs, des blessures au niveau vertébral, et des blessures graves de la tête (MAIDS, 2004). Selon Amans et Moutreuil (2005), en cas de chute d'un pilote, les arbres et poteaux en bordure de route, le mobilier urbain, les rails de sécurité et les panneaux indicateurs sont les éléments que l'on retrouve le plus souvent dans l'accidentologie deux-roues. L'impact des problèmes d'infrastructure se retrouve également du point de vue lésionnel : la gravité des accidents contre obstacles est très élevée car les territoires corporels vulnérables (la tête, le thorax, la colonne vertébrale et l'abdomen) y sont généralement sévèrement touchés (ibid.).

On peut donc distinguer deux catégories de problèmes relatifs à l'infrastructure : ceux susceptibles de provoquer la perte d'adhérence indispensable à l'équilibre du deux-roues, et ceux susceptibles de provoquer des blessures ou de les aggraver en cas de choc. Sans oublier bien sûr les effets plus amont de l'environnement sur les comportements qu'ils permettent et suscitent en termes de vitesse et de manœuvres. Les sections suivantes présentent les contextes d'accidentalité des DRM en lien avec l'infrastructure, les dysfonctionnements spécifiques de divers aménagements urbains, et les possibilités d'amélioration suggérées dans la littérature.

1.2 Les éléments les plus cités dans la littérature

1.2.1 Les virages

Sur 6 448 accidents véhicule seul étudiés par Majka et al. (2007), 57% ont eu lieu en courbe, contre 43% en ligne droite, principalement sur route mouillée dans les deux

¹ C'est pourquoi cette question fait l'objet d'un chapitre à part de ce rapport (chapitre 2).

situations. Selon Berg et al. (2005), les accidents de DRM véhicule seul surviennent davantage en courbe à gauche qu'en courbe à droite¹.

Le conducteur de DRM est particulièrement vulnérable en courbe, du fait de la nécessité d'incliner le véhicule pour contrer les forces centrifuges. Or, changer la trajectoire du DRM en courbe est une manœuvre délicate (de même que le freinage en courbe). Inclivée, la motocyclette est susceptible de déraiper, surtout en présence d'un mauvais revêtement, d'huile au sol, de conditions météorologiques défavorables, de gravier, etc. (FEMA, 2000). Plusieurs facteurs jouent sur la survenue d'accidents en courbe, en lien avec la nécessité d'adapter soudainement sa trajectoire (ACEM, 2006) :

- La différence entre la vitesse d'approche et la vitesse admissible en courbe,
- Un manque de prévisibilité de la courbe (la présence de balises permet de prévoir le rayon de la courbe),
- Un manque de visibilité sur la courbe,
- Une réduction de rayon dans la courbe,
- La longueur de la courbe.

D'autre part, les virages sont souvent équipés de glissières de sécurité, notamment les courbes difficiles qui représentent un danger pour les usagers de la route. Or, les chocs de DRM contre ce type d'obstacles entraînent un fort risque de blessures graves et de mortalité (Ouelett, 1982 ; Laumon, 2002; Miquel, 2002 ; Gabler, 2007).

1.2.2 L'intersection

La moitié des accidents de DRM surviennent en intersection (ACEM, 2006). Les problèmes semblent correspondre majoritairement à la présence de masques à la visibilité, qui sont liés à l'aménagement de l'infrastructure (voies spécifiques avec présence d'un véhicule en masquant un autre, etc.) ou à la présence d'obstacles fixes (panneaux de signalisation obstruant la vue, etc.). Les intersections étant surtout conçues pour les véhicules à 4 roues (ibid.), certains obstacles réduisent la visibilité et peuvent masquer un DRM, même s'ils sont plus anodins pour un autre véhicule. Les bâtiments et les arbres peuvent obstruer la ligne de mire du DRM. Les virages prononcés et la signalisation verticale peuvent empêcher de percevoir un DRM. Les véhicules en tourne-à-droite sur voie spécifique peuvent également masquer l'arrivée d'un DRM, du fait de leur plus grande largeur (ibid.). C'est également le cas lorsque la complexité et/ou la mauvaise lisibilité de certaines intersections amènent le conducteur confronté à davantage se concentrer sur une tâche comme la recherche de direction, et ainsi ne pas détecter la présence d'un autre usager, notamment un deux-roues dont la faible prégnance dans l'environnement visuel ne facilite pas sa détection (Clabaux, 2003).

D'autre part, en intersection avec feux tricolores, les DRM ne sont pas toujours détectés par les circuits d'induction, ce qui peut les impatienter et les inciter à s'engager au feu rouge (ACEM, 2006).

La représentation des accidents en intersection est bien sûr une donnée relative². Selon Samaha et al. (2007), la majorité des accidents de DRM surviennent hors intersection, et ont tendance à être de gravité élevée : entre 1992 et 2004, 48% des accidents de motocyclettes ont eu lieu hors intersection, contre 38% en intersection. Une grande part (environ 64%) des décès sont survenus dans des accidents hors intersection (taux de mortalité de 4,3), contre seulement 27% en intersection (taux de mortalité de 2,5).

¹ Ce qui s'explique par la possibilité de se "rattraper" sur la voie de gauche lors des courbes à droite, ce que ne permet pas le bas-côté lors des courbes à gauche.

² Ne serait-ce qu'à la fréquence des intersections...

1.2.3 L'urbain

Selon l'ACEM (2006), la majorité des accidents de DRM surviennent en zone urbaine. En agglomération, le nombre d'accidents impliquant des DRM de moins de 50cc dépasse celui des DRM de plus de 50cc (ibid.). Ainsi, plus de la moitié des accidents corporels survenus ces dernières années à Paris impliquaient un DRM.

Les manœuvres souvent engagées en ville et susceptibles d'entraîner un conflit de trafic sont essentiellement les dépassements et les remontées de files. Ces manœuvres sont particulièrement favorisées sur des infrastructures urbaines roulantes, à perspective visuelle dégagée, comportant des voies larges et multiples. Ce type d'infrastructure favorise également le maintien d'une vitesse élevée par les DRM. On trouve ainsi de nombreux accidents, notamment de cyclomoteurs, aux endroits des intersections et des passages piétons (Clabaux, 2003 ; Clabaux et Brenac, 2005), en l'absence d'aménagement spécifique limitant de telles manœuvres.

Les conceptions fluides de certaines intersections et notamment de certains carrefours à sens giratoire apparaissent également comme une source d'insécurité pour tous les usagers et surtout pour les DRM. Leur manoeuvrabilité leur permet en effet de choisir des trajectoires directes et de maintenir une vitesse élevée dans ces lieux potentiellement sources de conflit (Clabaux, 2003).

Enfin, l'absence de voie réservée aux véhicules en tourne à gauche peut provoquer des conflits si le DRM s'apprête à réaliser un dépassement (choc du véhicule en tourne à gauche, par l'arrière ou latéralement) (Clabaux, 2003).

1.2.4 Les ronds-points

Comme indiqué ci-dessus, les giratoires, s'ils sont conçus de manière fluide (notamment avec un angle d'entrée important), permettent de conduire à vitesse excessive. Ceux qui comportent une chaussée annulaire large à plusieurs voies séparées par un marquage axial, sont spécifiquement source de conflit de trajectoires, notamment pour les DRM compte tenu de leurs nombreuses possibilités de trajectoires.

En contrepartie, un trop faible angle d'entrée dans le giratoire peut masquer le DRM, de par les objets disposés à leur centre (Clabaux, 2003). Le giratoire peut donc être une source de problème de détection du DRM ce qui est d'autant plus problématique lorsque qu'il entre à vitesse élevée et coupe les trajectoires.

De plus, la surface de la chaussée au niveau des giratoires est parfois irrégulière (pavés, etc.), ce qui peut provoquer des problèmes d'adhérence pour les DRM dans la négociation de trajectoire.

1.2.5 L'adhérence de la chaussée

Entre 2001 et 2004 (USA), 97% des accidents mortels en tant que véhicule seul sont survenus sur route mouillée (Majka et al, 2007). Pourtant, l'exposition de conduite des DRM par conditions météorologiques défavorables semble être faible (Hurt et al, 1981). Les DRM sont plus susceptibles que les voitures de déraiper à la fois sur routes sèches (17,9% de dérapage de DRM contre 10,4 pour les voitures, en 1999 en Grande-Bretagne) et humides (26,2% contre 18,6% pour les voitures), et sont particulièrement vulnérables en présence de boue ou d'huile sur la chaussée (66,4% contre 52,3%) (RoSPA, 2001).

Le DRM peut être déstabilisé par un simple changement de surface de la chaussée. Un tel changement comprime et décomprime rapidement les suspensions, ce qui réduit l'adhérence entre la roue et la chaussée (ACEM, 2006). Les inhibiteurs de vitesses comme les ralentisseurs et autres éléments verticaux peuvent également provoquer une grosse perte d'adhérence, particulièrement si le DRM circule à vitesse élevée (ibid.). Les marquages au

sol peuvent aussi provoquer des pertes d'adhérence, dans la mesure où ils ont rarement les mêmes propriétés de résistance au dérapage que la surface de la route environnante (ACEM, 2006). Un marquage mal posé peut accumuler ou dévier l'eau, ajoutant alors des problèmes d'adhérence à la chaussée. Une simple inégalité de 5 mm sur la chaussée peut poser des problèmes de stabilité pour un DRM (ibid.).

1.2.6 Les gênes à la visibilité

Les panneaux de toutes sortes peuvent, selon leur nombre et leur localisation, perturber la conduite des usagers confrontés aux DRM. Ces panneaux peuvent engendrer une surcharge d'informations et mobiliser une partie des ressources attentionnelles du conducteur, au détriment de la détection des deux-roues (Clabaux, 2003). En sus des panneaux de signalisation, la présence importante d'enseignes, de panneaux publicitaires, etc., peut ainsi contribuer à l'accidentalité spécifique des DRM. Si ce risque existe pour l'ensemble des usagers, le deux-roues y est particulièrement exposé, compte tenu de sa plus faible perceptibilité (Clabaux, 2003).

La présence d'objets fixes, même petits (panneaux de signalisation, etc.), peut également obstruer la vue du conducteur (Obenski, 1994), ce qui aura encore une fois des répercussions d'autant plus fortes que le véhicule est moins détectable. C'est, d'après l'étude MAIDS (2004), une cause fréquente d'accidents de DRM. Selon Clabaux (2003), la gêne occasionnée n'est pas systématiquement un facteur déclenchant des accidents, mais elle constitue néanmoins un facteur aggravant que différentes mesures préventives pourraient permettre d'atténuer.

Par ailleurs, Les panneaux de signalisation étant souvent positionnés le long de la route, il existe également un conflit entre une bonne signalisation et une zone de sécurité suffisante le long de la chaussée (ACEM, 2006).

1.2.7 Le parking

Il ressort de certains cas d'accidents qu'une organisation du stationnement perpendiculaire favorisait davantage les traversées de chaussée inopinées par les automobilistes. Si de telles manœuvres sont sources d'insécurité pour l'ensemble des usagers, elles le sont davantage lorsque l'usager adverse (prioritaire) est un deux-roues, du fait de sa faible perceptibilité (Clabaux et Brenac, 2005).

1.2.8 L'éclairage

69% des accidents (répertoriés aux USA entre 1992 et 2004) ont eu lieu de jour, 36% sont survenus en heures d'obscurité et ont résulté en 43% de décès. Les accidents en heures d'obscurité sans éclairage des voies étaient plus susceptibles¹ de résulter en décès que ceux survenant de nuit sur routes éclairées (Samaha et al, 2007). L'éclairage public semble donc être profitable aux DRM. Il est également bénéfique en courbe, une meilleure visibilité permettant au DRM d'adapter sa trajectoire au plus tôt.

1.2.9 La séparation de voies

74% des accidents de motocyclettes en tant que véhicule seul sont survenus sur des routes non séparées, et 15% sur des routes avec terre-plein central sans barrière (Shankar, 2001). Par ailleurs, comme indiqué plus haut, l'absence de voies spécifiques pour des manœuvres de changement de direction est préjudiciable au DRM, à la fois du fait que les véhicules réalisant ce type de manœuvres peuvent masquer le DRM (ACEM, 2006), et du fait que les

¹ 5,2 décès dans des accidents en heures d'obscurité sans éclairage des voies contre 3,8 décès de nuit avec éclairage des voies pour 100 accidents.

manœuvres de dépassement (ou le différentiel de vitesse entre le DRM et les autres véhicules) peuvent entrer en conflit avec le changement de direction du véhicule interférant (Clabaux, 2003).

1.3 Conclusion : vers une infrastructure plus adaptée

Ainsi, selon Clabaux (2003), dans de multiples cas, l'accident ne se serait sans doute pas produit ou aurait eu des conséquences moindres si l'aménagement avait été conçu différemment.

Il ressort d'après l'étude de Clabaux et Brenac (2005) qu'une mise en place plus régulière de carrefours giratoires dans les entrées d'agglomérations, plutôt que des carrefours ordinaires, inciterait davantage l'ensemble des usagers et notamment les DRM à ralentir. La conception de giratoires plus compacts et plus contraignants en termes de vitesse, notamment pour les DRM, irait dans le sens d'une amélioration de leur sécurité et de celle des autres usagers (Clabaux, 2003). Selon l'ACEM (2006), l'angle d'entrée convenable des giratoires est compris entre 30 et 40°.

Par ailleurs, utiliser différents types de structure de chaussée, en giratoire comme dans d'autres types d'aménagement, n'est pas recommandé (ACEM, 2006). Les plaques d'égout peuvent également poser un problème aux DRM, du fait de la perte d'adhérence qu'elles provoquent. L'important pour les DRM est que la surface de la route soit bonne et constante. Une attention spéciale doit être accordée aux routes sur lesquelles passe les rails de tramway, du fait des variations des niveaux de surface (ibid.). Les signalisations sur chaussée (pour indiquer les limites de vitesse, etc.) pourraient selon l'ACEM (2006) privilégier les changements de couleur au changement de structure de surface.

La question de l'utilisation par les DRM des aires spécifiques qui ne leur sont a priori pas destinées (telles que les lignes de stop avancées et les voies spéciales pour les bus et taxis) fait débat. Pour certains (ACEM, 2006), elles leur assurent une plus grande sécurité. Pour d'autres, leur utilisation est jugée néfaste. Ainsi, selon Elvik et Vaa (2004), plus on augmente la diversité des usagers sur ces voies, plus on augmente l'insécurité pour l'ensemble des usagers qui y circulent.

De plus, la mise en place, lorsque cela est possible, d'une voie réservée aux véhicules en tourne à gauche permettrait de diminuer les accidents liés à une manœuvre de dépassement du DRM (Clabaux, 2003).

De manière générale, une maintenance suffisante de la route, une surface de chaussée permettant une résistance efficace au dérapage, sans présence de débris, une réparation rapide des défauts de chaussée, une signalisation horizontale et verticale maintenue, tout comme une bonne visibilité (particulièrement en courbe et aux intersections) font partie des mesures qui vont dans le sens d'une meilleure sécurisation des DRM, selon l'ACEM (2006).

En conclusion, il ressort que le vecteur de sécurité relatif à l'infrastructure est insuffisamment exploité, malgré son rôle prépondérant pour la sécurité des deux-roues. Un aménagement dans le sens des indications citées ci-dessus amoindrirait considérablement l'exposition au risque des occupants de DRM.

Chapitre 2

Les obstacles fixes

2.1 Introduction : les obstacles fixes et leur risque

Parmi les variables d'exposition élevée au risque d'accident des DRM en lien avec l'infrastructure, on cite souvent la présence d'obstacles fixes en bord de chaussée. Le nombre de chocs de DRM contre des objets fixes est supérieur en zone rurale qu'en zone urbaine (20% contre 4%) (ACEM, 2006). Parmi les accidents de motocyclettes en tant que véhicule seul survenant en courbe, 73%¹ ont fini en collision contre un objet fixe (Shankar, 2001). Selon les données de l'ONISR, les principaux objets fixes de l'infrastructure percutés par les DRM sont les glissières de sécurité (7,4% des obstacles percutés par une motocyclette en France en 2004, ces chocs étant de gravité élevée), les bordures de trottoirs (accidents de faible gravité), les poteaux et panneaux de signalisation (18,2% des obstacles percutés par un cyclomoteur, avec la gravité la plus élevée des chocs contre obstacles fixes), et les arbres (le pourcentage d'accidents de DRM contre les arbres est faible, mais d'une gravité élevée).

Les systèmes de protection des bords de route comme les rambardes métalliques ou les murets en béton ont été développés à l'origine pour protéger les occupants de véhicules et de camions, et non pour protéger les conducteurs de motocyclettes (Berg et al, 2005). Or, les occupants de deux-roues motorisés (DRM) font partie des usagers de la route les plus vulnérables, et les obstacles fixes situés en bord de route peuvent leur occasionner de graves blessures.

Ainsi, en France en 2004, les véhicules qui ont percuté des obstacles fixes sont pour 17,7% des DRM ; cette catégorie d'usagers détient la gravité la plus forte (14,0 tués pour 100 victimes, contre 9,19 pour les voitures de tourisme) (ONISR, 2004). En Europe (MAIDS, 2004), les DRM ont surtout percuté des voitures de tourisme (60%), et le choc contre des obstacles fixes est le 4^{ème} type d'obstacle de plus rencontré par les DRM (8%). En 2000, 10,9% des accidents de DRM survenus aux USA impliquaient une collision contre un objet fixe, dont 10,0% étaient mortels, et 75,0% corporels. Si l'on prend en compte tous les accidents mortels des DRM, les collisions contre un objet fixe représentent 27,3% de ces cas (NHTSA, 2001). Au sein de la population des DRM, 9,1% des accidents de motocyclettes sont des chocs en tant que véhicule seul contre objets fixes, alors que ce type d'accidents représente 5,6% des accidents de cyclomoteurs (Moskal et al, 2007). Les motocyclettes sont donc davantage concernées par les accidents contre obstacles fixes que les cyclomoteurs.

Les chocs des motocyclettes contre les glissières de sécurité est un problème grandissant : entre 2000 et 2005, le nombre de conducteurs de motocyclettes tués dans un choc contre rambarde a augmenté de 73% (129 décès en 2000 à 224 décès en 2005), alors même qu'il a diminué de 31% pour les occupants de véhicules légers (251 à 171) (Gabler, 2007). Le risque de mortalité lors d'un accident de DRM contre une rambarde est de 12%, ce qui correspond à un risque plus de 80 fois supérieur à celui des occupants d'une voiture dans le même type d'accident (ibid.). Cette question des glissières est développée dans la section suivante.

¹ 3 575 accidents de motocyclettes en tant que véhicule seul survenant en courbe parmi 4 916 ont fini en collision contre un objet fixe.

2.2 Type d'obstacles fixes

Selon Amans et Moutreuil (2005), les effets de l'infrastructure en cas de chute d'un pilote concernent essentiellement : les arbres et poteaux en bordure de route, le mobilier urbain, les rails de sécurité et les panneaux indicateurs.

– Les glissières de sécurité

Elles représentent (en France en 2004) 3,6% des obstacles percutés par un cyclomoteur et 17,4% des obstacles percutés par une motocyclette. Elles figurent l'obstacle contre lequel le plus grand nombre d'usagers de motocyclettes se sont tués (26,1%) (ONISR, 2004).

- La rambarde métallique : 81% d'accidents corporels impliquant un choc de motocyclette et de son conducteur contre une glissière de sécurité (en Allemagne) se sont produits contre une rambarde métallique (le reste correspond à des chocs contre des murets en béton) (Berg et al, 2005). D'après ces auteurs, les rambardes métalliques posent un risque plus élevé que les murets en béton pour les conducteurs de motocyclettes. Le danger réside principalement en la présence de poteaux (profil ouvert de la glissière), risquant de sectionner des parties du corps des occupants de DRM en cas de chute. Les bords tranchants des rails de sécurité risquent également d'accrocher et de déchirer l'occupant de DRM.
- La rambarde métallique câblée : elle présente les mêmes problèmes que la rambarde métallique traditionnelle, même en étant légèrement moins dangereuse (FEMA, 2000). Elle a de bonnes propriétés d'absorption des chocs de véhicules. Ce système est très critiqué par les motards et réputé comme étant un « coupeur de tête ». Renforcé par un écran de protection positionné sous les câbles, ce système pourrait être plus efficace (ibid.).
- Le muret en béton (« New Jersey ») : même si ce type de glissières semble être moins risqué que les glissières métalliques¹ (Berg et al, 2005), les conducteurs de motocyclettes sont sur-représentés dans le risque de mortalité : pour seulement 3% du parc de véhicules aux USA en 2005, les occupants de DRM représentent 22% de tous les décès entraînés par des chocs contre murets en béton (Gabler, 2007). Le risque d'être renvoyé par la rambarde sur la route (et donc vers le flux de circulation) est nettement supérieur dans les chocs contre les murets en béton que contre les rambardes métalliques (Berg et al, 2005). Un inconvénient des murets en béton est que pendant l'impact, il ne dissipe pas suffisamment d'énergie cinétique par déformation comparativement aux systèmes en acier (ibid.). Selon B. Lescure (cité dans FEMA, 2000), même si le corps n'est pas déchiré comme dans les chocs avec les poteaux de rambardes métalliques, la puissance d'impact (particulièrement à la tête) est trop grande pour être considérée comme sécuritaire pour les conducteurs de DRM.
- Les rambardes en polystyrène : selon B. Lescure (cité dans FEMA, 2000), elles peuvent être utiles pour des impacts à faible vitesse, comme en zone urbaine ou en virage serré.

– Les bordures de trottoir

15,4% des obstacles percutés par un cyclomoteur étaient des bordures de trottoirs, correspondant à 13,0% des usagers de cyclomoteurs tués lors d'un choc avec un obstacle, et 15,9% des blessés (ONISR, 2004).

– Les poteaux ou panneaux indicateurs

18,2% des usagers de cyclomoteurs tués lors d'un choc avec un obstacle ont percuté des poteaux, ce qui correspond à la gravité la plus élevée dans les accidents des cyclomoteurs

¹ Le risque est de 8% pour les chocs contre les murets en béton contre 12% contre les glissières métalliques, et 4,8% contre les voitures.

contre obstacles fixes (10,9 tués pour 100 victimes). Seuls 7,5% des accidents de motocyclettes contre obstacles fixes concernent des chocs contre poteaux, mais la gravité de ces accidents est élevée (26,0 tués pour 100 victimes) (ONISR, 2004).

– Les véhicules en stationnement

33,1% des obstacles percutés par un cyclomoteur et 19,5% des obstacles percutés par une motocyclette étaient des véhicules en stationnement, représentant la majorité des usagers blessés lors d'un choc avec un obstacle (respectivement 33,2% et 20,9%, avec un score de gravité faible) (ONISR, 2004).

On peut toutefois supposer que ce type d'obstacles est davantage rencontré en zone urbaine qu'en zone rurale.

– Les arbres

Seuls 4,4% des accidents de motocyclettes contre obstacles fixes concernent des chocs contre des arbres, mais la gravité de ces accidents est élevée (21,8) (ONISR, 2004).

– Les arbustes

Ce type de plantes absorbe bien l'énergie cinétique des chutes de motocyclistes (FEMA, 2000) et auraient donc un effet positif envers les DRM.

2.3 Contexte d'occurrence des accidents contre obstacles fixes

La plupart des conducteurs de DRM blessés, tous types de chocs confondus, étaient impliqués dans des accidents survenant en zone urbaine (81,6%), mais 33,6% des accidents graves se sont produits en zone rurale. 13,0% des victimes ont eu un accident en tant que véhicule seul¹, dont 7,8% contre un objet fixe (Moskal et al, 2007). D'après l'ACEM (2006), le nombre de chocs de DRM contre des objets fixes est supérieur en zone rurale (environ 20% contre 4% en zone urbaine), alors que c'est l'inverse pour les chocs contre des voitures de tourisme (environ 64% en zone urbaine contre 48% en zone rurale).

Entre 2001 et 2004 aux USA, sur 562 accidents aboutissant à un choc contre une glissière de sécurité, 76,7% sont survenus sur des routes sinueuses (Majka et al, 2007). Dans 53% des cas analysés par Berg et al. (2005), l'accident contre une glissière de sécurité s'est produit dans une courbe à gauche, 7% dans une courbe à droite, et 50% en ligne droite. Majka et al (2007) ont étudié de manière approfondie² 25 cas d'accidents survenant en courbe, en tant que véhicule seul contre rambarde : alors que l'accélération transversale « convenable » devait être inférieure à 5,0 m/s², elle est supérieure à ce seuil dans 7 cas (28%), dont 5 cas dans lesquels elle dépasse 6,9 m/s². Il est probable que le facteur principal pour ces impliqués soit en lien direct avec la vitesse excessive des conducteurs en entrée de courbe, ne leur permettant pas de négocier la courbe correctement (ibid.). Shankar (2001) confirme cette hypothèse : environ 61% des accidents³ de motocyclettes en tant que véhicule seul contre un objet fixe sont associés au facteur vitesse.

2.4 Gravité des accidents de DRM selon le type d'obstacles

Différentes études menées au Japon (ITARDA, 2004), en Europe (MAIDS, 2004 ; Amans et Moutreuil, 2005) et aux Etats-Unis (NHTSA, 2001) montrent que les chocs avec la route ou avec des obstacles fixes causent le plus grand nombre de blessés et de décès chez les

¹ 84,9% des victimes ont eu un accident avec un autre véhicule à moteur.

² Etude par « ortho-imagerie ».

³ 4 055 accidents parmi 6 594 accidents en tant que véhicule seul contre un objet fixe.

conducteurs de DRM. 95% des décès¹ du conducteur de motocyclette suite à une sortie de route résultent d'un choc contre un objet fixe (Shankar, 2001).

20,6% des accidents contre un objet fixe (représentant 7,8% des victimes de DRM dans l'étude) ont provoqué des blessures graves. Comparativement aux accidents de véhicule seuls sans choc avec un objet mobile, ceux avec un objet fixe résultent en un plus grand risque de blessures de la tête, du visage, de la poitrine, et de l'abdomen. Les vertèbres sont également souvent touchées (Moskal et al, 2007).

Comme nous l'avons vu plus haut, lors d'accidents contre des obstacles fixes, la gravité des blessures d'occupants de cyclomoteurs vient essentiellement de chocs contre des murs et poteaux (décès) et contre des véhicules en stationnement (blessures graves) (ONISR, 2004). Pour les motocyclettes, la gravité est la plus élevée dans les chocs contre des poteaux, arbres et glissières de sécurité (ibid.). Amans et Moutreuil (2005) généralisent ces données en affirmant que les obstacles les plus massifs et les moins déformables occasionnent les blessures les plus graves (arbres, poteaux, parapets et autres ouvrages de maçonnerie).

Concernant les chocs de motocyclettes contre les glissières de sécurité, ils entraînent un plus grand risque de mortalité que les accidents de motocyclettes en général (Ouelett, 1982). Une étude du Service d'Etude des Routes et Autoroutes (SETRA) va dans ce sens : les accidents contre les glissières représentent 8% des motards tués et la gravité de ces accidents est cinq fois supérieure à la gravité moyenne des accidents motos (Miquel, 2002). La proportion de blessures sérieuses² des conducteurs de DRM est significativement plus élevée lors d'un heurt contre un obstacle fixe que pour les autres types d'obstacles³ (Laumon, 2002). Les chocs contre des glissières de sécurité provoquent essentiellement des blessures graves de la tête, et des blessures légères ou modérées aux membres inférieurs (MAIDS, 2004).

Les infrastructures représentent donc un enjeu important, également d'un point de vue lésionnel : la gravité des accidents contre obstacles fixes est très élevée car les territoires corporels vulnérables (la tête, le thorax, la colonne vertébrale et l'abdomen) y sont généralement sévèrement touchés (Amans et Moutreuil, 2005).

2.5 Obstacles et systèmes de protection

Les poteaux – particulièrement ceux qui composent les glissières de sécurité – provoquent souvent des blessures graves voire mortelles chez les conducteurs de DRM. Des systèmes de protection ont vu le jour, pour réduire et éviter l'impact avec les poteaux de rambardes.

- Les protections de poteaux de rambardes : fabriquées en polystyrène, elles évitent le contact avec les bords des poteaux, et absorbent une partie de l'énergie du choc. Il en existe 2 modèles, installés en Autriche, Allemagne et au Luxembourg (FEMA, 2000).
- L'écran de protection en métal : depuis les années 80, un écran de protection fixé sous la rambarde métallique traditionnelle évite le contact avec les poteaux des rambardes. Cette protection est utilisée en France, et est dénommée « écran inférieur motard » (FEMA, 2000). Le rideau sous le rail absorbe de l'énergie cinétique, évitant que la motocyclette soit redirigée vers les voies de circulation comme dans le cas des glissières en béton (Berg et al, 2005). D'après ces auteurs, ce système nécessite toutefois une évolution, afin de réduire la gravité liée à l'impact au sol consécutif à l'impact contre l'écran de la glissière de sécurité.

¹ 6 798 décès liés à une sortie de route résultent d'un choc contre un objet fixe parmi 7 131 décès liés à une sortie de route.

² AIS 3.

³ Comparativement, on observe chez les cyclistes une proportion d'atteintes AIS2 relativement constante quelle que soit la nature de l'antagoniste.

- La rambarde en plastique « Railplast » : développée par des Français, elle consiste en une barrière souple en plastique qui couvre les poteaux de rambarde. Elle est adaptable aux glissières de sécurité existantes (FEMA, 2000).
- Motorail : ce système permet d'encastrier un second rail aux rambardes, avec un minimum de formes agressives (FEMA, 2000).
- Mototub : ce système adopte la même approche que le « Railplast », et contient 70% de matériel recyclable. Ce système peut s'adapter aux rambardes métalliques câblées (FEMA, 2000).

Ces 4 systèmes d'évitement d'impacts contre les poteaux de rambardes sont homologués et prêts à être utilisés en France.

Un autre moyen de protection est l'absence d'obstacle sur une partie du bord de route. Par exemple, il existe sur les autoroutes belges une aire de plusieurs mètres sans obstacle entre le bord de route et les glissières de sécurité, permettant aux conducteurs de motocyclettes de décélérer avant l'impact contre la glissière de sécurité. En Hollande, les pistes cyclables en bord de route jouent le même rôle (FEMA, 2000).

2.6 Conclusion

La présence d'obstacles fixes représente une source de gravité élevée pour le conducteur de DRM (Amans et Moutreuil, 2005), et tout particulièrement pour les motocyclettes. La négociation de courbes à gauche et la vitesse semblent être des facteurs liés à ce type d'accidentalité. Les glissières de sécurité font partie des obstacles les plus dangereux pour ces usagers de la route, principalement par leur profil « ouvert » (les poteaux qui soutiennent les rails de sécurité sont accessibles et les rails tranchants). Plusieurs dispositifs de protection ont été développés ces dernières années, dont quelques uns sont progressivement installés dans plusieurs pays (France, Autriche, Allemagne, Luxembourg, etc.).

Sur les autoroutes belges, il existe une aire de plusieurs mètres sans obstacle entre le bord de route et les glissières de sécurité, ce qui permet aux conducteurs de motocyclettes de décélérer avant l'impact contre la rambarde. En Hollande, les pistes cyclables en bord de route jouent le même rôle (FEMA, 2000). Selon l'ACEM (2006), les obstacles fixes le long de la route devraient être entre 4 m du bord de la chaussée pour des routes dont la vitesse est de 60 km/h et 13 m pour une route à vitesse moyenne de 120 km/h.

Selon l'ACEM (2006), les obstacles fixes disposés le long de la route devraient être entre 4 m du bord de la chaussée pour des routes dont la vitesse est de 60 km/h à 13 m pour une route à vitesse moyenne de 120 km/h. Les éléments naturels en bord de route (arbres, haies) peuvent également être dangereux pour les DRM, et il vaut mieux qu'ils ne soient pas placés juste en bord de chaussée.

Chapitre 3

La vitesse et son contrôle

3.1 Les DRM et la vitesse

Le dépassement des limitations de vitesse, même s'il fut en recul en 2005, reste un comportement de masse sur la route : tous réseaux confondus, plus de 40 % des automobilistes, plus de 50 % des conducteurs de poids lourds, et plus de 60 % des motocyclistes sont concernés (ONISR, 2006).

Les valeurs moyennes des vitesses relevées par l'ONISR (2005) montrent des écarts de vitesses moyennes annuelles qui vont de 2 km/h à 14 km/h, selon le type de route, entre DRM et automobiles. Ainsi, 43% des DRM roulent à 10 km/h au-dessus des limitations légales (ONISR, 2005).

La vitesse excessive (par rapport à la difficulté rencontrée) est le facteur le plus souvent énoncé pour caractériser la conduite des deux-roues motorisés (DRM), que ce soit pour les cyclomoteurs ou les motocyclettes (Peek-Asa et Kraus, 1996 ; Têtard, 1994). Selon Van Elslande (2002), l'adoption d'une vitesse trop élevée pour la situation est l'un des trois¹ éléments externes qui caractérisent le plus la population des conducteurs de deux-roues motorisés dans les accidents.

3.1.1 Vitesse et accidentalité des DRM

Il semble qu'une grande part d'accidents de conducteurs de motocyclettes tués soit liée à la vitesse, comparativement aux accidents entraînant des blessures plus légères. Ainsi, Samaha et al. (2007), le facteur vitesse a participé dans 39,5% des accidents mortels et 27,1% des accidents graves, contre 13,7% des accidents sans blessures (accidents codés par la police aux USA entre 1992 et 2004). Shankar (2001) va également dans ce sens, en affirmant que plus de la moitié des sorties de route de motocyclettes provoquant un décès du conducteur sont liées au facteur vitesse (57% en 1999 aux USA). Byrd et Parenti (1978) ont également relevé que la vitesse est le facteur le plus récurrent et générant le plus fréquemment des blessures à la tête. Or, la tête est un organe vulnérable, généralement sévèrement atteint dans les accidents graves de DRM.

3.1.2 Contexte de vitesse élevée chez les DRM

De nombreuses études ont analysé la relation entre la cylindrée et le niveau de risque d'accident, considérant celle-ci comme étant un facteur aggravant du niveau de risque. Filou et al. (2003) montrent que la cylindrée est l'un des éléments explicatifs majeur du surrisque lié à la pratique des DRM : en tenant compte du kilométrage annuel, les motocyclettes de grosse cylindrée restent les plus "dangereuses"². L'ONISR (2006) confirme ces données : en termes de cylindrée, le risque d'être tué est deux fois plus élevé pour les plus de 125 cm³ que pour les motos moins puissantes. Pour les véhicules de petites cylindrées (particulièrement

¹ Les deux autres éléments étant la tendance à adopter un comportement à risque (conduite ludique, test d'un véhicule, recherche de sensation) et l'attachement trop rigide au statut prioritaire.

² 11 tués pour 108 véhicules x kilomètres pour les moins de 250 cm³, et 25 tués pour 108 véhicules x kilomètres pour les plus de 250 cm³.

les cyclomoteurs), le débridage¹ permet d'obtenir des performances dynamiques équivalentes à un véhicule de cylindrée supérieure (Broughton, 1988 ; Namdaran et Elton, 1988 ; Dominique, 1990). Mais sans en avoir les capacités, de freinage notamment.

Aux USA, Samaha et al. (2007) ont observé une augmentation récente du nombre d'accidents survenant sur des routes limitées à 65mph (environ 100 km/h) et plus. Sur 2 500 cas d'accidents de motocyclettes survenus entre 2001 et 2004, 50% ont eu lieu à une vitesse supérieure à 50mph (environ 80 km/h), le plus grand nombre ayant eu lieu sur des routes limitées à 55mph (vitesse moyenne de 65mph pour ces cas) (Majka et al, 2007). Or, il semble exister une augmentation du degré de sévérité des accidents de la route avec l'augmentation de la limitation de vitesse : le taux de mortalité passe de 1,2% sur des routes à vitesse limitée à moins de 25mph (environ 40 km/h) à 8,1% pour des routes limitées à plus de 65mph (Samaha et al, 2007). Il s'avère que les motocyclettes de plus de 750cc sont les plus représentées à tous les degrés de gravité avec des pourcentages qui augmentent avec l'accroissement des limitations de vitesse (ibid.).

3.2. Le "contrôle-sanction" automatisé

Une mesure visant à faire diminuer la vitesse et, par conséquent, le nombre et la gravité des accidents de la route a, de longue date, consisté à sanctionner les dépassements de vitesse autorisée. Le "contrôle sanction automatisé", via des radars fixes ou mobiles, vise à systématiser cette mesure en s'appuyant entièrement sur le numérique. Ce système a été mis en place en France en juin 2003. Il prend en compte le cheminement complet des contraventions, depuis le flash jusqu'au paiement de l'amende.

Selon un rapport récent de l'ONISR (2006b), les vitesses baissent significativement sur une distance que l'on peut estimer de 1 à 2 km en amont et en aval du radar (fixe). La zone d'influence d'un radar est donc de l'ordre de 3 à 4 km. Cette baisse locale des vitesses a eu une forte conséquence sur les accidents – tous véhicules confondus – dont le nombre a baissé considérablement à l'endroit des radars, de l'ordre de 40% pour les accidents corporels et de 65% pour les accidents mortels (ibid.).

Seulement, les DRM n'ont pas bénéficié de l'effet de diminution de vitesse engendré pour les autres véhicules (ONISR, 2006b).

Lorsque le véhicule dépasse la vitesse autorisée, le système capteur décèle l'excès et prend automatiquement deux photos, l'une de la plaque minéralogique du véhicule, l'autre du conducteur du véhicule. Cela pose deux problèmes spécifiques : d'une part, le DRM, possédant une seule plaque minéralogique positionnée à l'arrière du véhicule, ne peut être détecté par un radar que si celui-ci contrôle par l'arrière ; d'autre part, le port du casque entraîne un problème de reconnaissance du conducteur, et donc du contrevenant. Par ailleurs, la plaque d'immatriculation du DRM est de petite taille, donc moins lisible que celle des autres véhicules.

En 2004, seuls 5%² des excès de vitesse de DRM ont pu être traités, en raison de l'impossibilité d'identification du propriétaire (CISR, 2005). La part des motos parmi l'ensemble des rebuts d'infractions s'élèverait même à 10% selon l'ONISR (2006b).

Cette situation, préjudiciable à la sécurité routière compte tenu du taux élevé de dépassement des vitesses limites par les motocyclistes, est toutefois en évolution à mesure de l'équipement en dispositifs permettant le flashage des véhicules « en fuite », c'est-à-dire par la plaque arrière (ONISR, 2006b). Environ 40% des radars automatiques répertoriés flashent les véhicules par l'arrière.

¹ Le débridage est une intervention sur le moteur qui contribue à rendre possible des accélérations très rapides et des vitesses largement supérieures aux normes légales.

² 5 000 infractions pour excès de vitesse commises par des conducteurs de deux-roues à moteur parmi 100 000 relevées les radars automatiques.

Ce dispositif de contrôle sanction automatisé semble donc être insuffisamment efficace pour identifier et dissuader les DRM infractionnistes vis-à-vis de la vitesse de conduite. A cela, s'ajoute également le fait que ce système ne résout pas les problèmes de dépassement des limitations de vitesse assignées aux véhicules, par le biais du débridage. En effet, la vitesse maximale des cyclomoteurs est limitée par construction à 45 km/h. Or, la plupart d'entre eux atteignent en pratique, après débridage, des vitesses maximales de 70 km/h, mettant ainsi en grand danger la sécurité des usagers. Ces cyclomoteurs ne sont en effet pas adaptés à ces performances en terme de freinage par exemple (CISR, 2005). Les motocyclettes de grosse cylindrée, juridiquement limitée en puissance à 74 kW (100 chevaux), sont presque toutes débridées, généralement par des professionnels. Cette augmentation de puissance, souvent de plus de 50%, procure à ces motocyclettes une capacité d'accélération très supérieure à celle de toutes les automobiles et leur permet d'atteindre une vitesse maximale proche de 300 km/h (CISR, 2005). Le différentiel de vitesse entre le DRM et les autres véhicules risque alors d'être source de conflit de trafic et de favoriser ainsi la genèse d'accidents.

L'automatisation juridique des contrôles de vitesse, comparativement à une interpellation immédiate, amène ainsi une absence de vérification de ce qui peut être une source de vitesse excessive : le véhicule en lui-même.

3.3 Conclusion

La vitesse est reconnue, aujourd'hui encore, comme l'un des premiers facteurs d'insécurité sur les routes. Ce facteur ne suffit souvent pas à expliquer à lui seul les accidents, et d'autres facteurs tels que l'inexpérience des capacités du véhicule et de la conduite, la détectabilité, l'estimation de la vitesse des autres usagers, etc., entrent généralement en jeu (Carré et Filou, 1994 ; Têtard, 1994 ; Chinn, 1990 ; Peek-Asa et Kraus, 1996). Mais c'est un facteur qui joue de manière spécifique dans les accidents impliquant des deux roues motorisées. En termes de sécurité préventive, une vitesse excessive favorise la genèse d'accidents, que ce soit du point de vue dynamique de l'interaction véhicule / route, ou du point de vue social de l'interaction avec les autres usagers du système de conduite. En termes de sécurité protectrice, la vitesse au choc augmente considérablement la vulnérabilité du conducteur DRM.

Les dispositifs de contrôle sanction automatisé ont contribué à diminuer le nombre global d'accidents sur les routes aux alentours de la présence de radars, mais ces derniers semblent être peu efficaces vis-à-vis des DRM. Le CISR (2005) étudie des moyens de pallier ce problème, en envisageant des contrôles par les forces de l'ordre de la conformité des plaques arrières existantes, trop souvent de petite taille ou comportant des caractères peu visibles, ainsi que la faisabilité d'un dispositif de reconnaissance à l'avant pour les motocyclettes. Des améliorations techniques des dispositifs de "contrôle-sanction" automatisé sont également envisagées.

Mais au-delà de la notion de sanction, on insistera sur le fait qu'un moyen plus naturel de *contrôler* la vitesse, de la maîtriser, correspond à un aménagement explicite de l'environnement de façon à ce que l'impression visuelle qu'il donne et les contraintes matérielles qu'il dispense soient en harmonie avec sa fonction. Pour le bien être de l'utilisateur de la route, il s'agit en effet de ne pas sanctionner un comportement auquel on incite plus ou moins implicitement par un environnement mal configuré.

Chapitre 4

Les accidents selon le motif de déplacement

4.1 Types de déplacements

Un changement d'usage se reflète dans les données accidentologiques. Ainsi, nous constatons que les jeunes usagers de deux-roues motorisés, âgés de moins de 20 ans, ne sont plus les plus exposés au risque d'accident, mais les trentenaires. Cette augmentation des victimes "âgées" chez les usagers de deux-roues motorisés est due au retour des personnes d'âge médian (30-40 ans) vers le deux-roues ; ou pour les motocyclistes le passage à des véhicules plus puissants que ceux qu'ils conduisaient précédemment. Ce succès auprès des trentenaires est dû notamment au caractère pratique de ce mode de transport, particulièrement en milieu urbain où la densité de la circulation pénalise lourdement les déplacements.

On observe une grande diversité d'usages selon le type de deux-roues motorisés, qui recouvre différentes variables.

La distance annuelle parcourue est liée au type de véhicule. D'après Filou (1999), plus la cylindrée est élevée, plus le kilométrage annuel moyen est important. Par ordre croissant, on a les kilométrages annuels moyens suivant : 2 260 km pour les cyclomoteurs, 3 780 km pour les scooters¹ et 5 270 km pour les motocyclettes.

La fréquence d'utilisation du deux-roues motorisé : un peu plus du tiers des motocyclistes déclarent utiliser leur véhicule tous les jours ou pratiquement tous les jours contre 46% pour les cyclomotoristes et 70% pour les utilisateurs de scooter (Filou, 1999). Ces différences s'expliquent par le fait que la moto est pour près de deux tiers des motards, un moyen de transport secondaire associé au loisir (20% ont un usage exclusif le week-end et 28% en été) tandis que pour près d'un quart des conducteurs de cyclomoteur ou de scooter, le deux-roues constitue leur unique mode de déplacement.

La localisation du parcours annuel : le tiers du parcours annuel des motocyclistes est effectué en milieu urbain contre 49% pour les cyclomotoristes et 59% pour les usagers de scooter. (Filou, 1999). L'utilisation en milieu urbain se retrouve principalement pour les véhicules de petite cylindrée (jusqu'à 125 cm³).

Le type de trajet : les deux-roues motorisés sont utilisés pour un type de trajet similaire à ceux des automobiles : loisir-distraktion-balade, domicile-travail, professionnel.

Les hommes se déplacent 7 fois plus en DRM que les femmes, et sont 12 fois plus impliqués dans des accidents de DRM qu'elles (Clarke et al, 2004). Selon ces auteurs, ce surplus proportionnel d'accidents découle d'un kilométrage supérieur parcouru par les hommes que par les femmes, et donc d'une exposition au risque plus élevé pour les hommes.

La majorité des accidents de DRM semblent être liés aux trajets dits "de loisirs" (non liés à la profession). Ainsi, selon Hurt et al. (1981), la plupart des accidents impliquent un trajet court associé au shopping, aux courses, aux amis, aux divertissements, et l'accident est susceptible d'arriver très peu de temps après le début du trajet. Une analyse des fichiers BAAC de 2001 en France métropolitaine montre que les trajets de loisirs constituent la majorité des trajets effectués lors de la survenue d'accidents corporels et mortels à DRM, et

¹ Toutes cylindrées confondues.

davantage encore pour les cyclomoteurs (56,9%) que pour les motocyclettes (46,0%). L'étude de Van Elslande et Maréchal (2007) questionne toutefois une éventuelle surreprésentation des trajets qualifiés dans les BAAC de "promenade-loisirs" alors que la majorité des accidents de cyclomoteurs surviennent aux heures d'entrée ou de sortie des collèges. A titre de comparaison, les données issues des Etudes Détaillées d'Accidents de l'INRETS ne montrent que 29% de trajets "promenade-loisirs".

Les trajets domicile-travail sont dans la majorité des études la deuxième source d'accidents de DRM. Selon Clarke et al. (2004), ces trajets correspondent à 25,4%¹ des trajets liés à un accident de DRM. En se basant sur une analyse des fichiers BAAC², les accidents lors de trajets domicile-travail impliquent principalement des motocyclettes (19,3%, comparativement à 12,4% pour les cyclomoteurs). Chez les cyclomoteurs, on observe plutôt des accidents survenus lors de trajets domicile-école (6,4% alors que le taux de ces trajets est de 0,7% pour les motocyclettes), ce qui paraît logique étant donnée l'exposition plus élevée des jeunes en âge scolaire pour l'utilisation de ce type de DRM.

D'après une étude du CNRS (2005) étudiant les « accidents de trajets » (domicile-travail)³ au sein de leur institut, la majorité de ces accidents de DRM surviennent en début de matinée (61%) – en direction du lieu de travail –, et 22% surviennent en fin de journée.

Les « accidents de trajets » des DRM impliquent principalement une perte de contrôle (49%) ou un choc avec un véhicule (44%). Concernant les pertes de contrôle, le sol glissant était un facteur participatif dans 50% des cas (ibid.).

Après ces 2 types de déplacement, le trajet dans lequel survient une certaine part des accidents de DRM concerne les trajets liés à l'activité professionnelle elle-même. Selon les sources, ces trajets concernent : 14% des trajets impliquant un accident de DRM (Clarke et al, 2004), 8,78% selon De Lapparent (2006), 12,3% pour les motocyclettes et 8,1% pour les cyclomoteurs (fichiers BAAC 2001).

4.2 Contexte de déplacement et gravité des accidents

Une analyse des fichiers BAAC montre que les accidentés qui circulaient en motocyclette sont en grande majorité les hommes, quel que soit le type de trajet (entre 90% et 96%). La gravité pour les occupants de motocyclettes est la plus élevée dans les accidents survenant lors de trajets "de loisir", avec 24,0% de blessés graves et 6,4% de tués. Les accidents de trajets les moins graves surviennent lors des déplacements professionnels (6,3% de blessés graves et 0,8% de tués).

En cyclomoteur, les accidentés de tous ces types de trajets sont également en majorité des hommes, mais, comparativement aux motocyclettes, les taux varient davantage selon le type de trajet : on trouve tout de même 24,5% de femmes dans les accidents liés à des trajets domicile-école (taux le plus élevé des femmes) et 22,2% pour les trajets de courses-achats, alors que les hommes sont davantage concernés par l'utilisation professionnelle avec 90,9% et les loisirs avec 86,8%. La gravité est la plus élevée pour les accidents survenant lors de trajets de courses-achats, avec 25,5% de blessés graves et 3,9% de tués. Les accidents de trajets liés à une utilisation professionnelle du cyclomoteur et de la motocyclette sont les moins graves.

¹ L'information du motif de déplacement est disponible dans seulement 13% des cas d'accidents de cette étude.

² Analyse des données des fichiers BAAC de l'année 2001, en France métropolitaine.

³ La définition de l'accident de trajet est donnée par l'article L. 411-2 du code de la sécurité sociale : "Est considéré comme accident du travail, lorsque la victime ou ses ayants droit apportent la preuve que l'ensemble des conditions ci-après sont remplies ou lorsque l'enquête permet à la caisse de disposer ce point de présomptions suffisantes, l'accident survenu à un travailleur pendant le trajet d'aller et retour entre - sa résidence principale, résidence présentant un caractère de stabilité ou tout autre lieu où le travailleur se rend de façon habituelle pour des motifs d'ordre familial et le lieu de travail - le lieu de travail et le restaurant, la cantine ou, d'une manière plus générale, le lieu où le travailleur prend habituellement ses repas et dans la mesure où le parcours n'a pas été interrompu ou détourné pour un motif dicté l'intérêt personnel et étranger aux nécessités essentielles de la vie courante ou indépendant de l'emploi".

De Lapparent (2006), par son analyse des accidents survenus lors de trajets professionnels, nuance ces données. Selon les résultats de son étude, 88,3% des blessures pour les accidents survenus lors de trajets professionnels étaient légères et 5,2% étaient graves (comparativement à respectivement : 83,06% et 4,32% pour les trajets autres que professionnels). De Lapparent (2006) en conclut que le risque de blessures augmente lorsque le trajet du DRM est lié à une activité professionnelle ; l'augmentation de risque est significative pour les blessures légères et graves, mais ce n'est pas le cas des blessures fatales.

4.3 Conclusion : besoins de connaissance pour la prévention

Des actions de sensibilisation bien ciblées devraient permettre d'intervenir différemment selon le type de trajet que réalisent les occupants de DRM.

Ainsi, certains centres de sécurité routière proposent des formations liées au risque routier en entreprise (centre Centaure, etc.), d'autres réalisent de la prévention spécifique sur la conduite des deux-roues sur les trajets domicile-travail (comme la « conduite préventive¹ »), et beaucoup d'organismes (auto-écoles) proposent des formations classiques, permettant un apprentissage initial de la conduite de DRM.

Jusqu'à récemment, les titulaires du permis B en Europe avaient la possibilité de conduire un DRM de faible puissance sans avoir recours à une formation préalable à la conduite de ce type de véhicules. Mais un décret² est paru fin 2006 qui instaure une formation obligatoire pour les conducteurs titulaires du permis B depuis plus de deux ans qui souhaitent conduire une motocyclette légère d'une cylindrée d'au plus 125 cm³ et d'une puissance d'au plus 11 kW. Un enseignement pratique de 3 heures devra donc être suivi par les personnes obtenant le permis B après le 1er janvier 2007, et souhaitant conduire un DRM de faible puissance. Ce décret devrait donc être bénéfique aux conducteurs de ce type de véhicules, à la fois dans les trajets de loisirs, domicile-travail, et d'utilisation professionnelle.

Concernant les trajets de mission, Van Belleghem et Bourgeois (2004) ont étudié le métier de coursier circulant à DRM, et soutiennent que la prévention pour ce type de trajets professionnels doit être axée sur plusieurs champs de prévention, comme une meilleure organisation des courses-trajets (visant à diminuer l'urgence des missions envers les clients), l'organisation du travail dans l'entreprise (répartition selon les équipes, etc.), le management (gestion des indicateurs d'alerte, des relations entre l'employé devant circuler en DRM et les services), la formation (développer les compétences métier), et les équipements de l'employé circulant en DRM (protection individuelle, etc.).

Il ressort que les accidents de DRM surviennent majoritairement lors de trajets dits "de loisirs", et que la gravité de ces accidents a tendance à être plus élevée que pour les accidents liés à d'autres types de trajets. Toutefois, peu d'études se sont vraiment intéressées à cette question, et l'on peut questionner parfois le bien fondé de la classification (on voit ainsi souvent classés en "loisir" des accidents de trajet "domicile-école") que l'on trouve dans les grands fichiers statistiques. On relève un certain manque d'informations disponibles sur les motifs de déplacements, qui contribue aux lacunes de la recherche sur les données d'exposition. Ces données sont pourtant nécessaires pour bien appréhender les phénomènes d'accidentalité et mettre en place des campagnes de prévention et de formation ciblées.

¹ Société C.E.F.S.R. (Conseil, Etude, Formation en Sécurité Routière).

² Décret n° 2006-1811 du 23 décembre 2006, publié au journal officiel du 31 décembre 2006.

Vulnérabilité et protections

5.1 Vulnérabilité

5.1.1 Données chiffrées

En France, le nombre de conducteurs de deux-roues à moteur (DRM) victimes d'accidents représente annuellement plus de 15% du total des tués et plus de 20% du total des blessés alors même que ces véhicules ne représentaient que 6,5% du parc circulant, et que leur volume de trafic représente seulement 1% du parcours total des véhicules motorisés (ONISR, 2002, 2005). Les motocyclistes ont ainsi un risque vingt fois supérieur à celui d'un automobiliste d'être tué par kilomètre parcouru sur la route. Même si les comparaisons sont toujours à rendre avec prudence, ce risque est deux fois plus élevé pour un motocycliste français que pour un motocycliste allemand (ONISR, 2006). Aux USA en 2000, les DRM étaient 10,5 fois plus impliqués dans un accident mortel et 2,2 fois plus dans un accident corporel que les voitures de tourisme (NHTSA, 2001). De plus, lors d'un accident entre un DRM et un autre usager, 95% des victimes tuées sont les usagers du deux-roues eux-mêmes (ONISR, 2006).

Au sein de la population des DRM, les occupants accidentés constituent environ 4% des tués et 75% des blessés, les conducteurs étant 1,4 fois plus tués que les passagers dans leurs accidents¹ (ONISR, 2005 ; NHTSA, 2001). Parmi leurs accidents mortels, 96,0% des véhicules étaient des motocyclettes, seulement 0,9% des cyclomoteurs, et dans 1,7% des motocyclettes non homologuées pour circuler sur la chaussée (NHTSA, 2001).

D'autre part, l'évolution de l'accidentalité des DRM n'est pas favorable : en 2004, les conducteurs de motocyclettes ont été 34 fois plus susceptibles de mourir dans un accident de la route que les occupants de voitures de tourisme, alors que cette proportion était 2,3 fois plus faible en 1997 (Majka et al, 2007).

5.1.2 Contextes de sur-vulnérabilité du DRM

Le conducteur de DRM, contrairement au conducteur de véhicules à 4 roues, ne possède pas d'habitacle carrossé permettant d'assurer une première protection lors d'une collision ou d'une chute. Les seuls équipements dont il peut bénéficier (habits, etc.) seront abordés en seconde partie.

La vulnérabilité du conducteur dépend de différents facteurs, et peut varier selon le type de DRM. Ainsi, une première variable différentielle concerne le lieu de l'impact : en rase campagne, le niveau de gravité est 4 fois plus élevé qu'en milieu urbain. Les accidents de cyclomoteurs sont plus fréquents en agglomération et de gravité moindre, du fait de leur vitesse relativement faible. La plupart des accidents de DRM ont lieu hors intersection ; or,

¹ Parmi les accidents des motocyclistes, en France en 2005, 3,7% étaient mortels, 38,4% ont entraîné des blessures graves et 57,9% des blessures légères. Aux USA, sur 70 000 cas d'accidents de DRM survenus en 2000, 4,2% étaient mortels, 75,7% avec blessures, et 20% matériels.

le taux de mortalité est 1,7 fois plus élevé dans ces lieux qu'en intersection¹ (Samaha et al, 2007).

Les accidents en heures d'obscurité sans éclairage public, donc principalement en rase campagne, sont plus susceptibles de résulter en décès que ceux survenant sur route éclairées (5,2% contre 3,8%) (ibid.). Le conducteur de DRM est également plus ou moins vulnérable selon le type d'obstacle percuté : différentes études menées au Japon (ITARDA, 2004), en Europe (MAIDS, 2004 ; Amans et Moutreuil, 2005) et aux Etats-Unis (NHTSA, 2001) montrent que ce sont les chocs avec la route ou avec des obstacles fixes² qui causent le plus grand nombre de blessés et de décès chez les conducteurs de DRM.

Des facteurs plus endogènes comme la vitesse de conduite et la consommation d'alcool entrent également en compte dans l'accidentalité des DRM, influant considérablement sur leur vulnérabilité. Selon Byrd et Parenti (1978), la vitesse est le facteur le plus récurrent et générant le plus fréquemment des blessures à la tête. Les motocyclettes de plus de 750c³ sont les plus représentées à tous les degrés de gravité, avec des pourcentages qui augmentent avec l'accroissement des limitations de vitesse. Les motocyclettes de 450-749c³ sont surreprésentées sur les routes limitées à 55mph (90 km/h), correspondant à 31% des accidents et 35% des décès (Samaha et al, 2007). En ce qui concerne la consommation d'alcool, il semble que les conducteurs de motocyclettes soient plus souvent alcoolisés que les conducteurs d'autres véhicules dans leurs accidents : c'est le cas aux USA (2000), avec un état alcoolique des conducteurs de DRM dans 38% de leurs accidents mortels (contre 26% pour les conducteurs de voitures de tourisme) et 9% de leurs accidents corporels (contre 5%) (NHTSA, 2001).

Enfin, l'âge montre également un lien avec la gravité liée des accidents de la route : d'après une étude du RoSPA (the Royal Society for the Prevention of Accidents, 2001), les jeunes conducteurs de DRM ont plus de risque d'être tués ou blessés sérieusement que les conducteurs de DRM plus âgés.

5.1.3 Régions corporelles touchées et gravité

Les blessures d'occupants de DRM concernent le plus couramment les membres inférieurs et la tête (Langley et al, 1994 ; Laumon, 2002). Les blessures aux membres inférieurs interviendraient dans 56% des accidents non mortels et dans 46% des accidents mortels (Peek et al, 1996). Selon Pedder (1979), lors d'un accident mortel de DRM, la tête représente 31% de l'ensemble des lésions, le thorax 27%, l'abdomen 20%, et les membres inférieurs et supérieurs totalisent 14%. L'utilisateur de DRM est l'usager le plus susceptible de garder des séquelles majeures médullaires ou radiculaires (Gadegbeku et al, 2006).

Les blessures aux membres (inférieurs et supérieurs) sont généralement de gravité modérée³ (Laumon, 2002). Pour les membres inférieurs, les fractures sont les diagnostics les plus courants, notamment au tibia et au fémur. Les lésions de la tête (hématomes et oedèmes) représentent 44,5% des lésions graves⁴, les lésions thoraciques 29,5%, les lésions abdominales 15,1%, et les lésions de la colonne vertébrale 8,9% (Laumon, 2002 ; Amans et Moutreuil, 2005). Comparativement au nombre moyen de lésions sur l'ensemble des autres victimes (1,80 lésions par victime), l'usager de DRM apparaît comme une victime fortement poly-lésionnelle (2,06 lésions par victime) (Laumon, 2002). La gravité des accidents contre obstacles est très élevée car les territoires corporels vulnérables (la tête, le thorax, la colonne vertébrale et l'abdomen) y sont généralement sévèrement touchés (Amans et Moutreuil,

¹ Taux de mortalité de 4,3 hors-intersection contre 2,5 en intersection.

² Une étude du Service d'Etude des Routes et Autoroutes (SETRA) a montré que les accidents contre les glissières représentent 8% des motards tués et que la gravité de ces accidents est cinq fois supérieure à la gravité moyenne des accidents de motocyclettes (Miquel, 2002).

³ AIS 2 et AIS 3.

⁴ AIS 4.

2005). D'un point de vue lésionnel, les infrastructures constituent donc une problématique réelle et représente donc un vecteur potentiel d'amélioration.

D'autre part, la gravité semble dépendre du sexe de l'occupant de DRM : selon Laumon (2002), un homme a plus de risque qu'une femme, à la fois d'être victime d'un accident de DRM, et de décéder des suites de ses blessures ; ce risque secondaire s'avère être le plus élevé de toutes les catégories d'usagers.

5.2 Equipements de protection

5.2.1 Type d'équipements

Equipements du conducteur

Le casque constitue le premier objet d'étude dans les recherches visant à améliorer la sécurité des utilisateurs de DRM. Il semble couramment utilisé par la majorité des usagers de DRM¹ (Filou et al, 2003 ; Ichikawa et al, 2003 ; Amans et Moutreuil, 2005 ; ONISR, 2005). L'ensemble des recherches montre que si le casque est correctement porté (Peek-Asa et al, 1999) et qu'il répond à un certain cahier des charges en matière de sécurité (Mills et Gilchrist, 1991), il protège efficacement et sans distinction les hommes et les femmes (Evans et Frick, 1988). Toutefois, l'efficacité du casque dépend de différents facteurs, et elle atteint forcément des limites au-delà d'une certaine vitesse au choc. Lors d'un accident de la route d'un DRM, l'ampleur et la direction de l'énergie mécanique qui se projette sur la tête casquée de l'occupant dépendent des configurations du choc (vitesse, type d'impact, etc.) (Van Den Bosch, 2006). La réponse dynamique du casque et l'interaction entre le casque et la tête déterminent comment cette énergie sera transmise vers la tête, et donc la réponse biomécanique finale de la tête (ibid.). En bref, même un casque performant, n'absorbe pas toute l'énergie dissipée, et au-delà d'une certaine ampleur de décélération (de choc), le cerveau pourra être endommagé, quand bien même le casque résisterait.

On note que les caractéristiques techniques du casque sont considérées comme altérant peu les capacités visuelles et auditives des usagers lors de l'activité de conduite (McKnight et McKnight, 1995).

Le rôle des équipements de protection se limite dans la littérature à l'étude du casque. Il est vrai que la tête représente le segment corporel le plus vulnérable, mais il ne faudrait pas oublier que certaines autres blessures peuvent également mener à des handicaps graves. Cet équipement peu faire la différence entre un accident corporel léger ou grave.

Les vêtements de protection, non obligatoires en France, sont néanmoins fortement recommandés car ils contribuent à la sécurité des usagers.

- Les gants protègent de projections diverses (insectes, particules, graviers, ...). En cas de chute, ils permettent de protéger de manière efficace les mains en évitant l'abrasion. Il existe différents types de gants adaptés aux conditions climatiques et au type de moto (gants d'été ou d'hiver, sport, loisir, tourisme, cross...). Il est conseillé de n'utiliser que des gants en cuir spécifiques à la conduite de la moto et d'exclure l'usage de gants textiles qui sont sources de brûlures en cas de chute.
- Il est conseillé de porter des chaussures appropriées protégeant les chevilles et si possible en cuir, qui peuvent être renforcées aux emplacements les plus exposés (bottes de motard ou chaussures montantes). Celles-ci vieillissent moins avec l'usage du sélecteur de vitesses. La conduite pieds nus ou en chaussures légères est à proscrire.

¹ Les taux de port du casque varient entre 94% et 99% selon que l'on s'attache à observer les cyclomoteurs ou les motos et dépendent du type de réseau observé (Amans et Moutreuil, 2005).

- Le blouson protège des intempéries et des chutes éventuelles. Il comporte en général des renforts situés au niveau des coudes et des épaules (et si possible une protection dorsale). Il peut être en cuir ou en textile (matériaux spéciaux tels que le "cordura").
- Un pantalon en cuir protège de l'abrasion en cas de chute des membres inférieurs, surtout s'il comporte des renforts aux genoux. Des matériaux synthétiques peuvent aussi être utilisés. Les jeans sont un compromis entre la protection et le confort car ils n'absorbent pas les chocs d'une chute même s'ils préservent de l'abrasion. Les pantalons en toile ne sont pas adaptés car peu résistants à l'abrasion. Pour éviter les abrasions lors de glissades, il est préférable de disposer d'un ensemble blouson/pantalon d'un seul tenant (combinaison), ou d'une liaison solide (fermetures à glissière, pas de "velcro") entre ces deux parties.
- La combinaison de pluie ne doit jamais se substituer aux autres vêtements de sécurité et doit donc être portée par-dessus le blouson et le pantalon.

Toutefois, nous notons l'absence d'études accidentologiques sur l'impact réel de tels équipements de protection et leur apport dans l'amélioration de la sécurité des usagers de deux-roues motorisés. Les seuls articles concernant les vêtements de protection se retrouvent dans certains magazines de la presse spécialisée avec une approche qui s'apparente davantage à des essais qu'à des études scientifiques sur l'impact des protections. Lors de ces essais, on teste, en soufflerie par exemple, les vêtements achetés dans le commerce afin de connaître leurs réelles protections contre le froid. On fait tracter un mannequin (voire même un cascadeur) équipé de ces vêtements, afin de mettre en évidence la résistance à l'abrasion et donc la protection réelle en cas de glissade.

Les équipementiers ont fait de gros efforts à ce sujet puisque des normes sont en vigueur pour la protection des membres supérieurs, coudes et épaules, et des membres inférieurs, genoux et tibia/péroné. Concernant la protection dorsale la norme est en cours d'homologation. Cependant, le coût élevé d'un équipement de protection complet et son caractère non obligatoire constituent une limite pour la généralisation de son utilisation à l'ensemble des usagers de deux-roues, même s'il permettait une sécurité renforcée.

Ces équipements sont généralement portés par des conducteurs de motocyclettes, mais peu par les conducteurs de cyclomoteurs qui circulent plutôt en habits de tous les jours. Ces vêtements peuvent être fluorescents, augmentant ainsi leur détectabilité (RoSPA, 2001). Les conducteurs de grosses cylindrées portent majoritairement un casque (correctement porté) et des gants (environ 90%), mais peu d'autres éléments de sécurité (55% le blouson, 39,5% les bottes et 19% le pantalon) (Amans et Moutreuil, 2005). Pour les passagers et pour les utilisateurs de 50c³, le port correct d'un équipement adapté se raréfie pour chaque partie du corps, même pour le casque (ibid.).

Il est intéressant de noter que, selon Mortimer (1988), les motocyclistes ayant reçu une formation spécifique font un plus grand usage des équipements de protection que les autres motocyclistes.

Equipements du véhicule

Nous noterons l'apparition du premier airbag moto en série proposé par Honda, commercialisé en septembre 2006 sur le modèle "Gold Wing" après plus de 15 ans de développement. En effet, conçu pour absorber l'énergie cinétique d'un corps lancé contre un obstacle, l'airbag, qui a fait ses preuves en automobile, est difficilement adaptable aux deux-roues motorisés du fait de l'absence d'habitacle et de l'instabilité du véhicule.

Cela dit, les airbags de DRM semblent être efficaces si les vitesses d'impact sont faibles, jusqu'à 30mph (60 km/h) (RoSPA, 2001). Ils sont surtout opérationnels dans les collisions contre le côté et contre l'arrière d'un véhicule, et dans les impacts en biais. Or, les accidents de DRM comportent de multiples configurations de choc, en particulier les collisions frontales (elles comptent pour plus de 30% des blessures de tous les accidents de DRM, selon Moskal et al, 2007). Par ailleurs, ces airbags ne sont pas exempts d'effets secondaires

(effet rebond du conducteur propulsé vers l'arrière). C'est pourquoi les constructeurs mettent aujourd'hui l'accent sur la sécurité active (éviter l'accident grâce au freinage ABS, au contrôle de direction, aux suspensions, etc.), avant la sécurité passive (airbags, casques, gants, etc.) (Miquel, 2002). Des gilets équipés de sacs gonflables sont toutefois en cours de développement.

Mis à part les casques, très peu d'équipements sont l'objet aujourd'hui de normes particulières en matière de sécurité. Cela ne concerne pour le moment que les coques protectrices et les protections dorsales (Amans et Moutreuil, 2005).

5.2.2 Régions corporelles touchées et gravité selon l'équipement

Données générales

Parmi les accidents mortels survenus en 2000 aux USA, 51,7% des occupants de DRM portaient un casque (52,3% pour les conducteurs et 45,8% pour les passagers) (NHTSA, 2001). En 2005, les motocyclettes représentent seulement 3% du parc de véhicules des USA, mais concernent 42% de tous les décès résultant spécifiquement d'un choc contre rambarde. Plus des 2/3 des conducteurs de motocyclettes portaient un casque (Samaha et al, 2007). Selon Ouellet et Kasantikul (2006), environ la moitié des conducteurs de motocyclettes tués dans un accident ne sont pas morts de blessures à la tête mais plutôt de blessures de la poitrine et de l'abdomen, le port du casque ayant empêché, d'après ces auteurs, 80% des décès liés à une blessure à la tête.

De nombreuses études s'accordent à dire que le non-port du casque multiplie par deux le risque d'être blessé à la tête (Shankar et al, 1992 ; Gabella et al, 1995 ; Rutledge et Stutts, 1993). Seulement, le casque ne semble pas protéger complètement les conducteurs de motocyclettes, en l'occurrence lors de chocs contre rambardes : même si tous les conducteurs de motocyclettes portaient un casque, ces collisions provoqueraient encore des décès (Gabler, 2007).

Concernant les airbags, certaines recherches ont estimé que 25% des blessures graves des jambes et jusqu'à 40% des blessures graves et mortelles à la tête pourraient être évitées grâce à eux (RoSPA, 2001).

Données par régions corporelles selon l'équipement

Le casque s'avère être un moyen de protection efficace des blessures touchant la tête des usagers, s'il est correctement porté, et s'il n'a pas subi de choc préalable à l'accident (en cas de chute, les qualités d'absorption des chocs sont susceptibles d'avoir été détériorées). En fonction du moyen de transport, l'utilisateur de DRM sans casque est le plus à risque de garder une séquelle majeure à la tête : comparativement à l'automobiliste ceinturé, l'usager de DRM non casqué a un risque 12,7 fois supérieur de garder une séquelle encéphalique (2,5 s'il est casqué) (Gadegbeku et al, 2006). Parmi 18,7% de blessures à la tête lors d'accidents de DRM analysées dans l'étude MAIDS (2004), le casque s'est avéré utile dans 69% des cas pour empêcher ou réduire la gravité des blessures de la tête. Dans certains cas, le casque s'est détaché, du fait d'une mauvaise fixation du système de rétention ou des dégâts du casque causés lors du choc (Galliano et al, 2007).

D'autre part, des tests sur l'efficacité des airbags montre que, malgré la présence d'un airbag frontal permettant au conducteur de motocyclettes de ne pas être éjecté de son véhicule, la pression exercée par l'airbag perturbe la cinématique de la tête et provoque de graves lésions au niveau de la tête et de la nuque (Ramet et al, 1994).

Des tests ont également été faits avec des motocyclettes équipées de protections métalliques pour les jambes. Seulement, selon le type d'impact, les jambes restent coincées par ce dispositif, entraînant une augmentation des blessures aux jambes et de la vitesse d'impact de la tête (Rogers, 1994). Cet auteur en a conclu que le concept général de

protection des jambes ne contribue pas à augmenter la protection des conducteurs de motocyclettes.

L'étude RIDER (Amans et Moutreuil, 2005) a permis de constater que les équipements actuellement disponibles offraient une efficacité tout à fait satisfaisante en cas de glissade ou de chocs légers, mais avaient des difficultés à absorber l'énergie dégagée en cas de choc important.

5.3 Conclusion

Selon les conclusions de l'étude RIDER, la sécurité primaire constitue, dans le milieu du deux-roues, le domaine le plus apte à être amélioré tant les caractéristiques actuelles des DRM tendent à minimiser les effets d'un travail sur la sécurité secondaire.

L'optimisation de la réalisation de manoeuvre d'urgence ne peut à ce jour porter que sur le freinage ; la tendance actuelle va vers une généralisation des aides au freinage (ABS, répartiteur et amplificateur) ce qui est un plus incontestable en terme de freinage et peut également permettre au conducteur de garder la maîtrise de son véhicule et tenter ainsi un évitement (Amans et Moutreuil, 2005).

Le casque semble être à ce jour le dispositif de sécurité secondaire le plus efficace. Toutefois, l'utilisation d'un casque ne respectant pas les normes de sécurité accroît le risque et la gravité des blessures à la tête par rapport aux casques dits standard (Peek-Asa et al, 1999). Il en est de même lors d'une utilisation inappropriée du casque. Enfin, le casque n'est pas une panacée, et son efficacité s'amointrit de façon dramatique dès une vitesse au choc de 25 km/h (contre obstacle fixe).

Chapitre 6

Questions d'expérience

6.1 Introduction

L'âge et le manque d'expérience sont régulièrement cités dans les études relatives à la sécurité routière comme des facteurs pouvant jouer un rôle dans la genèse des accidents (Dominique, 1990 ; Rutter et Quine, 1996 ; Kopjar, 1999). Il est souvent difficile de distinguer ces deux variables du fait de leur fréquente co-variation dans l'activité de conduite. Dans le cas des deux-roues motorisés (DRM), leur rôle est d'autant plus important compte tenu de la proportion importante de jeunes adultes parmi les usagers de motocyclettes et de cyclomoteurs. En effet, si les moins de trente ans sont plus souvent que les autres impliqués dans des accidents, ils sont aussi les plus nombreux à conduire des deux-roues à moteur (60% des accidentés, 50% des conducteurs). En 2005 en France, la tranche d'âge 15-24 ans est la plus représentée chez les cyclomotoristes et celle des 25-44 ans chez les motocyclistes (ONISR, 2006). Selon les études, 60 à 70% des tués dans un accident de DRM ont moins de 30 ans, en sachant que 45 à 55% des conducteurs de DRM font partie de cette tranche d'âge, quel que soit le deux-roues (Carré et Filou, 1994 ; Têtard, 1994 ; Rutter et Quine, 1996 ; Pibault et Bilman, 1997). Selon l'ONISR (2006), 54% des motocyclistes tués ont entre 20 et 34 ans, et 48% des personnes tuées à cyclomoteur sont âgées de 15 à 19 ans.

Concernant plus particulièrement l'expérience de conduite, Dominique (1990) relève que le manque d'expérience de la conduite d'une motocyclette constitue un facteur d'accident important puisque plus de la moitié des accidents étudiés¹ impliquait un motocycliste ayant le permis depuis moins d'un an (ou n'ayant pas de permis). Les résultats de Filou et al. (2003) indiquent que près de 40% des motocyclettes accidentées en 2001 avaient moins de deux ans de permis.

6.2 Inexpérience et Age

L'effet de l'expérience est difficilement séparable de l'effet de l'âge, tant ces deux variables sont corrélées. Il est pourtant essentiel de connaître précisément l'influence des différents facteurs pour définir des solutions appropriées.

La majorité des études s'intéresse à l'âge, les jeunes conducteurs de DRM étant nécessairement novices aux environs de 14-20 ans (en France) différenciellement selon le type de DRM, du fait de l'âge minimal d'accès à la conduite de ces véhicules. L'intérêt des études vis-à-vis de l'âge vient également du fait que les jeunes conducteurs (14-25 ans) sont les premières victimes d'accidents² (Amans et Moutreuil, 2005 ; Morsink, 2007) et montrent un facteur de risque 2,4 fois supérieur à la moyenne (Amans et Moutreuil, 2005). Selon Sexton et al (2004), l'âge et l'expérience de conduite sont tous deux prédictifs d'accidents : les jeunes conducteurs de DRM de 16-20 ans ont une probabilité élevée d'accidents de la route comparativement aux 21-25 ans, et une probabilité très élevée comparativement aux plus de 40 ans.

¹ Accidents de motocyclettes survenus en rase campagne.

² Ramenés aux effectifs de la classe.

L'expérience seule a également une part importante d'influence sur le risque d'accident (Maycock et al, 1991 ; Taylor et Lockwood, 1990). Toutefois, selon Sexton et al (2004), l'expérience des conducteurs de DRM est difficilement quantifiable, car les conducteurs font souvent des longs arrêts de conduite. Par ailleurs, ces interruptions de conduite montrent des effets variables et parfois contradictoires sur l'accidentalité.

Selon certains auteurs, l'âge (ou plutôt certains traits qui y sont y sont attachés) est un facteur de risque d'accidents de DRM plus important que l'expérience (Mullin et al, 2000). Par exemple, Rutter et Quine (1996) affirment que le jeune âge joue un rôle plus important que l'inexpérience dans les accidents de motocyclettes survenus en Grande Bretagne. La jeunesse en elle-même serait un facteur de risque, dans la mesure où plus le nouveau titulaire du permis est jeune, plus le risque d'accident qui s'ensuit est élevé (OCDE, 2006). Concernant les moins de 30 ans – population majoritaire chez les conducteurs de DRM (Carré et Filou, 1994)¹ – les études suggèrent qu'ils ont une attitude qui valorise la prise de risque, et que ce sont dans le même temps les sujets qui surévaluent le plus leurs compétences de conduite (Delhomme, 1994), leurs aptitudes face aux situations critiques, et qui sous évaluent le plus la dangerosité des situations (Brendike, 1991). Même pour ceux d'entre eux qui ont un comportement plus prudent, cet écart entre habiletés réelles et l'autoévaluation de ses capacités reste plus important que chez les conducteurs plus âgés (ibid.).

6.3 Stratégies et comportement de conduite des novices

Les conducteurs novices semblent donc adopter des comportements plus risqués que les plus expérimentés, à la fois de façon volontaire et involontaire.

Ainsi, les conducteurs inexpérimentés de DRM ne tiennent pas compte de leur faible détectabilité et adoptent des modes de conduite en termes de positionnement, de vitesse et de manoeuvres qui ne facilitent pas leur détection par les automobilistes (Obenski, 1994). Les conducteurs novices, principalement les jeunes, utilisent moins souvent des vêtements voyants. Ils commettent également plus de transgressions au code de la route que les conducteurs plus âgés. Selon Rutter et Quine (1996), l'explication du taux d'accident de cette population est à chercher dans une interaction de facteurs corrélés à l'âge : l'inexpérience de certaines situations de conduite, la méconnaissance des capacités du véhicule et une certaine attitude de conduite entraînant des niveaux de risque plus élevés.

Par ailleurs, des expérimentations menées sur les différences de comportements entre conducteurs de DRM expérimentés et non expérimentés révèlent des écarts importants, notamment pour les habiletés perceptives. Katayama et Motoki (1991) ont ainsi montré que les différences majeures se situent dans le nombre de fixations par seconde sur les objets, dans la fréquence des regards en courbe et dans la fréquence des regards sur les voitures arrêtées en intersection (3 fois plus importante pour les expérimentés) pour effectuer un tourne à gauche ou s'insérer sur la chaussée. Selon une étude de l'OCDE (2006), la prise de conscience du danger ne vient qu'avec l'expérience.

6.4 Expérience de conduite / Expérience du véhicule

Selon Haworth et al (2000), il existe une réduction significative du risque d'accident avec les années d'expérience de conduite de DRM : un conducteur de DRM avec 10 ans d'expérience de conduite de ce type de véhicules a environ 25% moins de risque d'accident qu'un conducteur de DRM avec 1 an d'expérience.

L'expérience de conduite en termes généraux de kilométrage parcouru à deux-roues motorisé est importante pour permettre une conduite sûre, mais l'expérience du véhicule DRM lui-même semble également être primordiale. Ainsi, d'après plusieurs études (Chinn, 1990 ; Têtard, 1994 ; Obenski, 1994), les particularités dynamiques des DRM les rendent

¹ On note toutefois une tendance à l'augmentation de la moyenne d'âge pour les motocyclistes (ONISR, 2006).

particulièrement difficiles à conduire du fait de la nécessité de s'adapter aux différentes caractéristiques des différents modèles, notamment pour le contrôle de l'équilibre. Selon Obenski (1994) et Têtard (1994), l'expérience spécifique du véhicule est une variable beaucoup plus importante dans la conduite d'un DRM que dans la conduite automobile. Il en découle que le temps d'apprentissage nécessaire pour en assurer la maîtrise est plus long, quel que soit le deux-roues (Têtard, 1994). Un indicateur de l'importance de cette expérience spécifique est la baisse de moitié des accidents la deuxième année de possession du DRM, indépendamment de l'expérience globale de conduite (Ouedraogo, 2002). Dans ce sens, Dominique (1990) insiste sur l'inexpérience du véhicule comme facteur d'accident, notamment au cours de la première année d'utilisation d'un DRM, même pour des conducteurs expérimentés à d'autres modèles de DRM.

6.5 Formation spécifique

Il existe à ce jour, en France, une formation pratique obligatoire pour les jeunes ayant entre 14 et 16 ans et possédant l'Attestation Scolaire de Sécurité Routière (ASSR), il s'agit du Brevet de Sécurité Routière (BSR).

Le BSR permet de conduire :

- à partir de 14 ans, un cyclomoteur,
- à partir de 16 ans une motocyclette légère.

A partir de 18 ans, les jeunes peuvent passer le permis A (motocycle) afin de conduire des véhicules de plus de 125 cm³.

Une question récurrente concerne la capacité des systèmes de formation à faire acquérir par apprentissage des compétences similaires à celles qui sont issues de l'expérience. McDavid et al. (1989) ont étudié l'effet d'une formation spécifique sur le niveau d'insécurité des motocyclettes. Ils ont ainsi comparé deux groupes de motocyclistes, l'un composé de motocyclistes ayant reçu une formation spécifique, l'autre composé de motocyclistes disposant d'une formation classique. Ils observent que les motocyclistes ayant reçu une formation spécifique ont moins d'accidents, démontrant de cette façon l'intérêt de la formation spécifique dans la prévention des accidents. Par ailleurs, les motocyclistes ayant reçu une formation spécifique semblent faire un plus grand usage des équipements de protection (casque, etc.) que les autres motocyclistes (Mortimer, 1988).

A l'inverse, selon Jonah et al. (1982), les motocyclistes ayant suivi une formation spécifique n'auraient pas une probabilité plus faible d'être impliqués dans un accident de la circulation. Il y a même des études qui montrent un effet contre productif de la formation.

Bien évidemment, la question fondamentale à se poser concerne le contenu de la formation dispensée. Dès 1978, le CEMT s'alarmait du fait que la formation donnée aux futurs conducteurs de DRM se proposait davantage de les préparer aux épreuves de l'examen du permis de conduire que de leur enseigner, sur les plans théorique et pratique, les éléments d'une conduite réellement sûre. Le CEMT préconisait alors un développement plus large de l'apprentissage des risques de la circulation et des comportements aptes à éviter ces risques. De nos jours, il semble que la méthode de formation soit également critiquée : le CNSR (2007) désapprouve le fait que la formation théorique se résume généralement à de l'apprentissage « par cœur », et ainsi que les élèves ne reçoivent pas de véritable formation théorique s'appuyant sur un enseignement de la pratique et des risques spécifiques à la conduite d'un motorcycle. On rappellera enfin qu'un accès progressif aux motos pour les conducteurs novices a été notifié par une directive européenne récente (20 décembre 2006), de façon à ce que ces conducteurs ne puissent accéder aux motocyclettes les plus puissantes sans acquérir une certaine expérience.

6.6 Conclusion

Il semble donc que l'inexpérience de conduite ait une forte influence sur l'accidentalité des DRM, principalement du fait de la difficulté d'utilisation de ce type de véhicules. Une particularité pour cette population concerne le problème de l'adaptation à un nouveau véhicule, même pour les conducteurs expérimentés à la conduite de DRM. Il semble également que certaines attitudes liées l'âge aient une incidence, et notamment la tendance des jeunes "pilotes" à adopter une conduite à risque. Tout l'enjeu des systèmes de formation résidera dans leur capacité à compenser ces deux facteurs de dangerosité, par l'instruction des habiletés utiles pour prévenir les difficultés de la conduite, et par l'enseignement des attitudes appropriées sur la route. La formation constitue ainsi un chantier fondamental pour une amélioration de la sécurité des DRM. La définition de son contenu doit s'appuyer sur les travaux de recherche, en accidentologie notamment, pour être plus adaptée aux difficultés de fond qui sous-tendent l'accidentalité.

Les problèmes de détectabilité du deux-roues motorisé

Les analyses d'accidents montrent de façon récurrente un problème de détection du deux-roues motorisés (DRM) par les autres usagers de la route dans une large proportion des cas d'accidents à plusieurs véhicules qui les impliquent (Clabaux, 2006 ; Clarke et al, 2007 ; Van Elslande, 2002). L'importance de ces problèmes de détection par rapport à ceux que l'on trouve pour les autres types de véhicules fait supposer qu'il émane du DRM un problème spécifique de "détectabilité". Par la notion de détectabilité (équivalent à la notion de « conspicuity » en Anglais), on entend l'aptitude d'un objet à être plus ou moins bien détecté.

Ainsi, diverses études s'accordent sur le fait que la faible détectabilité des DRM constitue un des facteurs accidentogènes les plus fréquents dans les études d'accidents impliquant un motocycliste et un autre usager (Hurt et al, 1981 ; Donne, 1990 ; Preusser et al, 1995 ; Yuan, 2000). Cette question est pourtant assez peu étudiée dans la littérature. Cette étude est d'autant plus nécessaire que les phénomènes concernés sont complexes, subtils et qu'ils peuvent facilement passer au travers d'une analyse trop sommaire.

7.1 Composantes de la faible détectabilité des DRM

Les problèmes que rencontrent les usagers de la route pour détecter correctement les DRM semblent avoir deux sources principales : la difficulté à percevoir le DRM et la difficulté à évaluer son rapprochement.

7.1.1 La perception du DRM

Les problèmes de perception correspondent à la difficulté que rencontrent les conducteurs à voir le DRM, ou à l'identifier en tant que DRM.

De manière générale pour l'ensemble des véhicules, des facteurs transitoires comme l'alcool, la fatigue, le manque de sommeil ou encore l'inattention (Wulf et al, 1989) peuvent influencer sur les fonctions perceptives et entraver la bonne détection du DRM. Mais l'origine de cette difficulté fait également intervenir des facteurs plus « permanents » qui caractérisent à la fois le système perceptif humain et l'objet de sa perception.

Ces différents ordres de facteurs peuvent faire intervenir des difficultés dont l'origine sera plutôt d'ordre sensoriel, d'ordre comportemental ou d'ordre cognitif (Van Elslande, 2007)

Origine sensorielle des problèmes de détectabilité

Les problèmes de détectabilité d'origine sensorielle font référence aux phénomènes physiques que recouvre la vision, en bref : ce que nos yeux sont aptes à percevoir. La vision est une fonction complexe. Cette complexité croît de façon exponentielle avec la dynamique de la vitesse, les contraintes temporelles et la multiplicité des informations à traiter. De telle sorte qu'un objet pourra sous certaines contraintes devenir indétectable, alors qui apparaît évident à un observateur statique et sous faible contrainte visuelle et temporelle.

Le petit gabarit de ces véhicules est souvent évoqué comme étant à l'origine d'un problème de perceptibilité physique (Olson, 1989 ; Clarke et al., 2004). Foldvary (1964), Williams et Hoffman (1979) ainsi que Hurt et al. (1981) montrent que la faible perceptibilité frontale des motocyclistes est la principale cause dans les accidents, plutôt diurnes, résultant d'une manœuvre effectuée par un autre conducteur : un changement de file, une insertion éventuellement combinés avec une absence de signallement. Les masques à la visibilité peuvent spécifiquement restreindre la bonne détection du DRM : selon Olson (1989), les masques à la visibilité sont plus pénalisants pour les deux-roues que pour les autres usagers de la route, et un obstacle, même de petite taille (panneaux de signalisation, etc.) peut parfois masquer entièrement le DRM dans certaines conditions (Obenski, 1994).

D'autre part, la forme même du DRM semble nuire à sa détectabilité. Le DRM et son conducteur représentent ainsi une forme non saillante aux angles flous (contrairement aux formes distinctes, généralement rectangulaires, des autres véhicules) et sont donc susceptibles d'être perceptivement "camouflés" dans un environnement naturel de fond, également pauvre en formes linéaires (Hancock et al, 2005).

La difficulté intrinsèque à détecter cet objet "étroit et peu saillant" sera renforcée dans certaines conditions. Ainsi en est-il de l'alcool, de la fatigue, ou encore d'un faible niveau d'attention. Ainsi en est-il également du manque d'expérience : Katayama et Motoki (1991) ont montré que les conducteurs novices réalisent moins de fixations par seconde sur les objets, et font preuve notamment d'une moindre fréquence des regards sur les autres usagers en intersection.

C'est dans la perspective de réduire les problèmes de détectabilité sensorielle des DRM que l'allumage des feux de croisement de jour comme de nuit a été promulgué pour les motocyclistes, afin de les rendre plus distincts. Muller (1984) et Zador (1985) ont montré que l'allumage des phares avant par les motocyclistes améliore nettement leur détectabilité. Cette mesure diminue ainsi de près d'un tiers le nombre d'accidents mortels et graves liés à ce problème (Radin Umar et al, 1996). Toutefois, Yuan (2000) rappelle que l'allumage des feux de jour ne réduit pas les accidents les moins graves, et semble en contrepartie diminuer la détectabilité des motocyclistes circulant sans phare avant allumé (de près de 60% d'après Hole et Tyrell, 1995).

De plus, l'efficacité de cette mesure est relativisée par certains auteurs (dont Têtard, 1994), notamment parce qu'elle ne permet pas de résoudre les erreurs d'estimation des vitesses d'arrivée que ces véhicules suscitent, notamment en situation de dépassement et en intersection. Howells et al. (1980) ont ainsi montré que les automobilistes n'avaient pas de meilleures performances d'évaluation lorsque les motos ont leurs feux de croisement allumés. Caird & Hancock (1995) ont constaté que la taille du véhicule était fortement utilisée comme un indice de jugement et qu'elle serait donc un facteur important d'erreurs d'estimation des distances inter-véhicules.

Les vêtements voyants et réfléchissants améliorent également la détectabilité des motocyclettes par les autres conducteurs (Hole et Tyrell, 1996 ; Wells et al, 2004, Hancock et al, 2005). Il en est de même pour le casque : l'utilisation d'un casque blanc réduirait de 24% le risque d'être accidenté comparativement au port d'un casque noir (Wells et al, 2004).

Le contraste du motard avec son environnement serait donc un facteur déterminant dans sa détection.

Origine comportementale des problèmes de détectabilité

Selon Olson (1989), le comportement des DRM crée un différentiel de stratégies. Il semble que la diversité des performances, et en particulier des vitesses de circulation des DRM, participent à leur non-détection par les automobilistes (Têtard, 1994 ; Brenac et al, 2006). Selon Clabaux (2003), la diminution de vitesse de circulation des DRM est ainsi susceptible d'augmenter leur capacité à être vu en temps utile. Les manœuvres de remontées de files, spécifiquement réalisables par les deux-roues, peuvent également entraîner des

conflits de trafic (Clabaux et Brenac, 2005) susceptible de surprendre les autres usagers de la route.

D'autre part, les conducteurs de DRM ne semblent pas tenir compte de leur faible détectabilité. Ils font part, selon Têtard (1994), d'une certaine "illusion de visibilité" : les DRM voient les autres usagers et pensent en retour être vus de la même manière. Selon Obenski (1994), c'est particulièrement le cas des conducteurs de DRM inexpérimentés : ces derniers adoptent ainsi des modes de conduite qui ne facilitent pas leur détection par les automobilistes, et qui, de surcroît, ne leur permettent pas de faire face à d'éventuelles situations critiques (ibid.).

Origine cognitive des problèmes de détectabilité

La singularité des comportements de conduite des DRM a également un impact sur les attentes et des anticipations des autres usagers sur le déroulement des situations d'interactions qui les confrontent (Têtard, 1994). De plus, ces attentes des autres usagers semblent être différentes selon que l'utilisateur pratique par ailleurs la conduite d'un motocycle ou non : on note ainsi que des automobilistes qui pratiquent la moto sont très peu impliqués dans des situations conflictuelles avec les motocyclistes et perçoivent mieux leurs variations d'allure (Howells et al, 1980). A contrario, des usagers qui ne conduisent pas de motocyclettes sous-estiment les vitesses d'approche et décident de passer alors qu'ils n'en ont pas le temps (ibid.).

Par ailleurs, la faible fréquence des deux-roues dans le trafic (que l'on peut évaluer, d'après les données de l'ONISR, entre 1% et 3% de la quantité de trafic) engendre une faible "détectabilité cognitive" (Olson, 1989 ; Clarke et al, 2004) de la part des autres usagers, au sens où l'être humain a tendance à moins voir ce à quoi il s'attend le moins à voir.

7.1.2 L'évaluation de la vitesse et du rapprochement du DRM

D'après plusieurs auteurs (Têtard, 1983 ; Duncan, 1996 ; Brown, 2002), il existe deux principaux cas de figure dans la non-détection d'un deux-roues :

- soit la vitesse d'approche est telle qu'il n'est pas visible pour l'automobiliste lorsqu'il engage sa manœuvre (le problème se situe ici au niveau de la composante perceptive),
- soit l'automobiliste sous-estime la vitesse d'approche du deux-roues, en basant sa stratégie de conduite sur des connaissances adaptées au comportement habituel des véhicules légers (on suppose dans ce cas que la composante perceptive a été, au moins partiellement, comblée). C'est ici la composante évaluative qui fait défaut.

Les automobilistes auraient en fait tendance dans leurs évaluations intuitives à attribuer aux deux-roues des vitesses du même ordre de grandeur que celles des voitures (ibid.). Selon Olson (1989), les erreurs de jugement des distances et des vitesses concernent plus les DRM que les voitures. Pour évaluer la vitesse d'approche des véhicules, les conducteurs utilisent la taille du véhicule comme information de jugement (Hancock et al, 1993 ; Hancock et al, 1991 ; Caird et Hancock, 1995). Le DRM étant de petite taille, sa vitesse d'arrivée est alors sous-estimée (ibid.). Ces auteurs en concluent que la taille du véhicule est un facteur important de surestimation de la distance inter-véhicules et donc de sous-estimation du temps d'arrivée du DRM. Selon ces mêmes auteurs, ces éléments sont critiques lorsque les véhicules interférents tournent à gauche, car ils choisissent plus facilement de tourner en face de véhicules les plus petits.

En outre, l'absence de règles comportementales qui définissent la régulation de toutes les situations d'interaction pousse les conducteurs à adopter implicitement des compromis entre eux dans leurs comportements. Delhomme (1994) et Delhomme & Meyer (1994) ont montré que ces compromis amènent souvent (plus ou moins consciemment) un conducteur qui effectue une manœuvre risquée, à envisager que ce sont les autres conducteurs qui devront réguler la situation par rapport à la manœuvre effectuée. On parle ici de prise de risque "calculée", au sens où le risque est pris en évaluant la régulation par l'autre conducteur

comme possible. Ce calcul n'est cependant pas exempt d'erreurs dans le diagnostic ou le pronostic, pour les conducteurs de DRM comme de voitures. Il est toutefois difficile de mettre à jour de tels phénomènes dans l'étude des accidents à partir de données issues de PV, où ces aspects ne sont pas explicites et d'autres arguments sont le plus souvent avancés par les conducteurs pour expliquer leur démarrage inopiné.

Cela dit, Howells et al. (1980) ont montré expérimentalement que le fait de pratiquer la conduite d'un motorcycle avait une incidence sur les évaluations réalisées à leur rencontre en situation d'intersection simulée. Des sujets qui la pratiquent tendent à être moins impliqués dans des situations conflictuelles avec les motocyclistes et perçoivent mieux leurs variations d'allure dans les séquences simulées. Des sujets qui ne conduisent pas de deux-roues tendent à sous-estimer les vitesses d'approche et décident plus souvent de s'engager sur la voie alors qu'ils n'en ont pas le temps.

7.2 Les problèmes de détection dans les accidents

7.2.1 Contexte d'occurrence des problèmes perceptifs

La littérature nous informe bien sur le contexte général de survenue d'accidents de DRM, mais très peu sur le contexte d'accidents survenus du fait d'un problème spécifique de détection. L'étude MAIDS (2004) indique par exemple que 54,3% des accidents de DRM surviennent en croisement¹, mais nous ne disposons pas des informations nécessaires pour connaître la part des problèmes de détectabilité dans ce contexte. On peut néanmoins faire l'hypothèse qu'elle est loin d'être négligeable dans la mesure où l'intersection est un lieu privilégié d'émergence de problèmes perceptifs et évaluatifs. C'est en tous cas ce dont semble attester les premiers résultats d'une étude de Van Elslande et Maréchal (2007). Cette étude montre par ailleurs que certains éléments sont susceptibles d'amplifier la difficulté de l'usager interférant à détecter le DRM, comme le fait de conduire en « mode automatique » (inattentif) du fait d'une forte habitude du trajet ou de la manœuvre, et les problèmes de visibilité dus à l'infrastructure ou à des éléments présents ponctuellement.

7.2.2 Origine des problèmes de détectabilité

D'après l'étude MAIDS (2004), il est fréquent que lors d'un accident entre un véhicule léger et un deux-roues, le conducteur de l'automobile témoin ne pas avoir vu le deux-roues. Ainsi, dans 36,6% des cas, le plus gros facteur contributif est l'erreur perceptive de la part de l'autre conducteur, et ce facteur a contribué à la survenue de l'accident dans 62,9% des cas (contre 27,7% pour les DRM).

D'autre part, les premiers résultats de l'étude de Van Elslande et Maréchal (2007) indiquent une tendance des usagers avertis à mettre en place de stratégies déficientes de recherche d'information (sommaire, précipitée) qui, si elles peuvent être efficaces pour détecter une voiture, ne le sont plus pour détecter un DRM.

Les problèmes d'ordre perceptif dans la détection des DRM semblent également provenir de paramètres attentionnels : Mannering et Grodsky (1995), Treisman (1996), Mack and Rock (1998) et Van Elslande (2007) soulignent que les conducteurs d'automobiles impliqués dans un accident de la circulation avec un deux-roues avaient fréquemment leur attention focalisée sur une composante du trafic identifiée comme potentiellement dangereuse (un autre véhicule léger, etc.) au détriment des autres éléments de la scène visuelle, et en l'occurrence des deux-roues.

¹ Intersection entre deux voies publiques.

7.3 Conclusion

La littérature apporte des informations multiples et intéressantes sur les différents facteurs liés aux problèmes de détection des DRM : les problèmes de détectabilité des DRM semblent à la fois émaner d'eux-mêmes (composantes perceptives sensorielle et comportementale), et des usagers interférents (composante perceptive, cognitive et composante évaluative). L'infrastructure a également un rôle non négligeable dans l'obstruction de visibilité.

Il existe un différentiel global entre les DRM et les autres usagers (taille des véhicules, comportement, etc.) que tous ces usagers devraient mieux appréhender. Pour cela, il serait intéressant que les recherches futures portent davantage sur l'analyse approfondie des problèmes de détectabilité, en prenant en compte les différentes facettes de ces problèmes. Il faudrait également que les actions s'adressent aux différents composants et "acteurs" en interaction : conducteurs de DRM, automobilistes, aménageurs, constructeurs, équipementiers, formateurs, etc. Les erreurs perceptives participent fréquemment ou sont à l'origine des accidents de DRM. Il est donc souhaitable de porter un intérêt minutieux aux sources de leur faible détectabilité : les actions qui pourraient découler d'une recherche plus approfondie de ce problème permettraient d'aboutir à une nette diminution de leur insécurité.

Mais cette question de détectabilité est pourtant assez peu étudiée dans la littérature. Au-delà du constat de son intervention dans l'accident, elle appelle ainsi le développement de travaux de recherche sur les différents facteurs et mécanismes qui y contribuent.

Références bibliographiques

- ACEM (Association des Constructeurs Européens de Motocycles) (2006). Guidelines for PTW-safer road design in Europe. <http://www.acembike.org>.
- Amans, B., Moutreuil, M. (2005). Projet RIDER (Recherche sur les accidents Impliquant un Deux Roues motorisé), rapport final n° RIDER200503-10. <http://www.fondation-maif.fr/>
- Berg, F.A., Rucker, P., Gartner, M., Konig, J., Grzebieta, R., Zou, R. (2005). Motorcycle impacts into roadside barriers – Real-world accident studies, crash tests and simulations carried out in Germany and Australia. ESV: 19th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 6-9 2005, Washington, D.C. – USA. Paper N° 05-0095. <http://www.nhtsa.dot.gov>.
- Brenac, T., Clabaux, N., Perrin, C., Van Elslande, P. (2006). Motorcyclist conspicuity-related accidents in urban areas: a speed problem? *Advances in Transportation Studies*, 8, 23-29.
- Brendike, R. (1991). Attitudes of motorcycle riders towards risk exposure. A study of various age groups. In "Safety Environment Future", proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference. Bochum: Institut für Zweiradsich.
- Broughton, J. (1988). The relation between motorcycle size and accident risk. TRRL Research report (169).
- Brown, I.D. (2002) A review of the 'look but failed to see' accident causation factor. In Behavioural Research in Road Safety XI. London: Department for Transport, Local Government and the Regions.
- Byrd, R.N., Parenti, R.F. (1978). Factors related to head injury severity of motorcyclists involved in traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 10 (1), pp.1-4.
- Caird, J.K., Hancock, P.A. (1995). The perception of arrival time for different oncoming vehicles at an intersection. *Ecological Psychology*, 6 (2), pp. 83-109.
- Carré, J.R., Filou, C. (1994). Accidents risks for two-wheelers in France: Safety of two-wheelers is largely subject to the skill and vigilance of cars drivers. ESV Conference.
- CEMT (1978). Résolution n° 37 concernant la formation des conducteurs. <http://www.cemt.org/>
- Chinn, B.P. (1990). Motorcycle safety. Transport and Road Research Laboratory. Safety report 91.
- Clabaux, N. (2003). Les accidents de deux-roues motorisés en ville : scénarios-types et perspectives pour l'aménagement urbain. Mémoire de DEA (discipline : Transport). Ecole Nationale des Ponts et Chaussées : Université Paris XII-Val de Marne, 163p.
- Clabaux, N. (2003). Les accidents de deux-roues motorisés en ville : scénarios-types et perspectives pour l'aménagement urbain. Mémoire de DEA (discipline : Transport). Ecole Nationale des Ponts et Chaussées : Université Paris XII-Val de Marne, 163p.
- Clabaux, N. (2006). Prévention des risques routiers en ville, contribution au développement et à l'évaluation d'outils d'aide au diagnostic s'appuyant sur des scénarios types d'accident. Mémoire de thèse (discipline : Transport). Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, INRETS/Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, 363p.
- Clabaux, N., Brenac, T. (2005). Deux-roues motorisés en ville : scénarios types d'accidents, influence de l'aménagement et perspectives pour la prévention. *Transport, Environnement, Circulation (TEC)*, 16-21.
- Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., Truman, W. (2004) In-depth Study of Motorcycle Accidents. Road Safety Research Report No. 54, University of Nottingham, Department for Transport: London.

- Clarke, D.D., Ward, P., Bartle, C., Truman, W. (In Press). *The role of motorcyclist and other driver behaviour in two types of serious accident in the UK. Accident Analysis and Prevention*. Corrected Proof, Available online 10 May 2007.
- CNRS (2005). Analyse du risque trajet et propositions d'actions. <http://www.sg.cnrs.fr/>
- Comité Interministériel de Sécurité Routière (2005). Dossier de presse - 24 janvier 2005. <http://www.securiteroutiere.gouv.fr/>
- Conseil National de la Sécurité Routière (2007). Commission deux roues Premières recommandations de la commission deux roues. <http://www.securiteroutiere.gouv.fr/>
- Crundall, D., Clarke, D., Ward, P. and Bartle, C. (2008). Car Drivers' Skills and Attitudes to Motorcycle Safety: A Review. Road Safety Research Report No. 85, School of Psychology, University of Nottingham, Department for Transport: London.
- De Lapparent, M. (2006). Empirical Bayesian analysis of accident severity for motorcyclists in large French urban areas. *Accident Analysis & Prevention*, 38 (2), 260-268.
- Delhomme, P. (1994) INRETS-LPC. Liens entre la surestimation de ses propres capacités, l'expérience de la conduite et l'activité de conduite. Rapport INRETS No. 187.
- Dominique, J. (1990). La sécurité des deux roues et l'aménagement des infrastructures en rase campagne, Rapport ENSAIS-SETRA, 116p.
- Donne, G.L. (1990). Research into motorcycle conspicuity and its implementation. SAE technical paper, International Congress and Exposition.
- Duncan, J. (1996). Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention. In Humphreys, G.W., Duncan, J., Treisman A. (eds) *Attention, Space and Action: Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: OUP, 112-129.
- Elvik, R., Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*. Ed Elsevier, 1078p.
- Evans, L., Frick, C. (1988). Helmet effectiveness in preventing motorcycle driver and passenger fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 20 (6), 447-458.
- FEMA (Federation of European Motorcyclists Associations) (2000). Final report of the Motorcyclists and Crash Barriers Project. <http://www.fema.ridersrights.org>.
- FEMA (Federation of European Motorcyclists Associations) (2007). Position statement, directive on road infrastructure safety management. <http://www.fema.ridersrights.org>.
- Filou, C., Lagache, M., Decamme, C., Chapelon, J. (2003). *La sécurité des motocyclettes en 2001 : étude sectorielle*. Paris : La Documentation Française.
- Gabella, B., Reiner, K.L., Hoffman, R.E., Cook, M., Stallones, L. (1995). Relationship of helmet use and head injuries among motorcycle crash victims in El Paso county, Colorado, 1989-1990, *Accident Analysis & Prevention*, 27 (3), 363-369.
- Gabler, H.C. (2007). The risk of fatality in motorcycle crashes with roadside barriers. ESV: 20th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 18-21 2007, Lyon – France. Paper N° 07-0474. <http://www.nhtsa.dot.gov>.
- Gadegbeku, B., Ndiaye, A., Chiron M. (2006). Séquelles majeures en traumatologie routière, registre du Rhône, 1996-2003. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 36, 267-272. <http://www.bdsp.tm.fr/>
- Galliano, F., Santucci, M.D., Hoffmann, O., Perez-Magallon, B., Guiggiani, M. (2007). SIM project: a way for PTW integrated safety. ESV: 20th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 18-21 2007, Lyon – France. Paper N° 07-0080, <http://www.nhtsa.dot.gov>
- Hancock, P.A., Caird, J.K., Shekhar, S., Verduyssen, M. (1991). Factors Influencing Drivers' Left-Turn Decisions. *Proceedings of the Human Factors Society*, 35, 1139-1143.
- Hancock, P.A., Flach, J., Green, P., Caird, J.K., Andre, A. (1993). Human Factors In Vehicle Driving Simulation. In: Haug, E.J. (Ed.). *Concurrent Engineering: Tools And Technologies For Mechanical System Design*. (945-946), Berlin: Springer-Verlag.

- Hancock, P.A., Oron-gilad, T., Thom, D. (2005). Human Factors Issues In Motorcycle Collisions. In: Noy, I., Karwowski, W. (Eds.). *Handbook of Human Factors in Litigation*. (pp. 18:1-20), CRC Press: Boca Raton, FL. <http://www.mit.ucf.edu/>
- Haworth, N., Symmons, M., Kowadlo, N. (MONASH University, Accident Research Centre) (2000). Hazard perception by inexperienced motorcyclists. Report n° 179, 40p.
- Hole, G.J., Tyrell, L., Langahm, M. (1996). Some factors affecting motorcyclists' conspicuity, *Ergonomics*, 39 (7), 946-965.
- HONDA (nd). Airbag Technical Information English. <http://www.europaeisches-motorrad-institut.de/>
- Howells, R.A., Buck, J.R., Weiss, S.M., McMillan, A.G. (1980). Decision making in intersection entry accidents. International Motorcycle Safety Conference Proceedings. 4, 1585-1611. Linthicum, Maryland.
- Hurt, H.H., Ouellet, J.V., Thom D.R. (1981). Motorcycle accident cause factors and identification of countermeasures. Final report. DOT-HS-F601160.
- Ichikawa, M., Chadbunchachai, W., Marui, E. (2003). Effect of the helmet act for motorcyclists in Thailand. *Accident Analysis & Prevention*, 35, 183-189.
- ITARDA (Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis) (2004). Two-wheeled vehicle accidents, Information n°52. http://www.itarda.or.jp/english/info_e.html
- Jonah, B.A., Dawson, N.E., Bragg, B.W.E. (1982). Are formally trained motorcyclists safer? *Accident Analysis & Prevention*, 14 (4), 247-255.
- Katayama, T., Motoki, M. (1991). Comparison of Riding Behaviour between Inexperienced Riders and Experienced Riders. Proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference, 382-403.
- Kopjar, B. (1999). Moped injuries among adolescents: a significant forgotten problem? *Accident Analysis & Prevention*. 31, pp. 473-478.
- Langley, J.D., Begg, D.J., Reeder, A.I. (1994). Motorcycle crashes resulting in death and hospitalisation, *Accident Analysis & Prevention*, 26 (2). 165-171.
- Laumon, B. (2002). Recherches coordonnées sur les traumatismes consécutifs à un accident de la circulation routière, et sur leurs causes et conséquences. Rapport final: Tome 1 - Résultats généraux. PREDIT 1996 – 2000, 292p.
- Mack, A., Rock, I. (1998). *Inattention Blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- MAIDS (Motorcycle Accident In-Depth Study) (2004). In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers. Final Report. <http://maids.acembike.org/>
- Majka, K., Blatt, A., Flanigan, M. (2007). Use of geocoded FARS data to analyse fatal motorcycle crashes. ESV : 20th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 18-21 2007, Lyon – France. Paper N° 07-0287. <http://www.nhtsa.dot.gov>
- Mannering, F.L., Grodsky, L.L. (1995). Statistical analysis of motorcyclists' perceived accident risk. *Accident Analysis & Prevention*, 27 (1), 21-31.
- Maycock, G., Lockwood, C.R., Lester, J. (1991). The accident liability of car riders. Research report RR315. Crowthorne : TRL Limited.
- Mcdavid, J.C., Lohrmann, B.A., Lohrmann, G. (1989). Does motorcycle training reduce accidents? Evidence from a longitudinal quasi-experimental study. *Journal of Safety Research*, 20 (2), 61-78.
- Mcknight, A.J., Mcknight, A.S. (1995). The effects of motorcycle helmets upon seeing and hearing. *Accident Analysis & Prevention*, 27 (4), 493-501.
- Megherbi, B. (1999). Scénarios types d'accidents de la circulation sur autoroute : élaboration, méthodes de reconnaissance et application pour le diagnostic et la prévention, thèse de doctorat de transport, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 300p.

- Mills, N.J., Gilchrist, A. (1991). The effectiveness of foams in bicycle and motorcycle helmet. *Accident Analysis & Prevention*, 23 (2-3), 153-163.
- Miquel, G. (2002). Sécurité routière : développer la recherche pour sauver des vies. Rapport d'information No 29 fait au nom de la commission des Finances, du contrôle budgétaire et des comptes économiques de la Nation. Session ordinaire de 2002-2003, annexe au procès-verbal de la séance du 23 octobre 2002. <http://www.senat.fr>
- Morsink, P.L.J. (2007). Powered two-wheelers and road safety; Inventory and positioning in Sustainable Safety. Rapport R-2006-24. SWOV: Leidchendam.
- Mortimer, R.G. (1988). A further evaluation of the motorcycle rider course, *Accident Analysis & Prevention*, 19 (4), 187-196.
- Moskal, A., Martin, J.L., Lenguerrand, E., Laumon, B. (2007). Injuries among motorized two-wheelers in relation to vehicle and crash characteristics in Rhone, France. ESV : 20th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 18-21 2007, Lyon – France. Paper N° 07-0232. <http://www.nhtsa.dot.gov>
- Muller, A. (1984). Daytime headlight operation and motorcyclist fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 16 (1), 1-18.
- Mullin, B., Jackson, R., Langley, J., Norton, R. (2000). Increasing age and experience: are both protective against motorcycle injury? A case-control study. *Injury Prevention*, 32-35. <http://injuryprevention.bmj.com/>
- Namdarani, F., Elton, R.A. (1988). A study of reported injury accidents among novice motorcycle riders in a Scottish region. *Accident Analysis & Prevention*, 20 (2), 117-121.
- NHTSA (2001). Traffic Safety Facts 2000: A compilation of motor vehicle crash data from the fatality analysis reporting system and the general estimates system. DOT HS 809 337.
- Obenski, K.S. (1994). *Motorcycle accident reconstruction: understanding motorcycles*. New York: Lawyers and Judges Publishing Co.
- OCDE – Observateur (2006). Jeunes conducteurs : la voie de la sécurité. N° 257. <http://www.cemt.org/>
- Olson, P. (1989). Motorcycle conspicuity revisited. *Human Factors*, 31 (2), 141-146.
- ONISR (2002). *La sécurité routière en France : bilan de l'année 2001*. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2004). *La sécurité routière en France : bilan de l'année 2003*. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2004). Les grands thèmes de la sécurité routière : obstacles fixes. Synthèse. <http://www.securiteroutiere.gouv.fr/>
- ONISR (2005). *Les motocyclettes et la sécurité routière en France en 2003*. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2006). Les grandes données de l'accidentologie 2005, caractéristiques et causes des accidents de la route. <http://www.securite-routiere.gouv.fr/>
- Ouedraogo, L. (2002). Accidentologie des deux-roues motorisés des sociétés MAIF et FILIA MAIF. Rapport de stage de DESS "Sciences du Danger - Gestion des Risques", Université de Poitiers.
- Ouellet, J.V. (1982). Environmental hazards in motorcycle accidents. Proceedings of the 26th annual meeting of the American Association for Automotive Medicine, Ottawa, Ontario, Canada.
- Ouellet, J.V., Kasantikul, V. (2006). Motorcycle helmet effect on a per-crash basis in Thailand and the United States. *Traffic Injury Prevention*, 7, 1-6.
- Pedder, J., Hagues, S., Mackay, G. (1979). A study of 93 Fatal Two-wheeled Motor Vehicle Accidents, Proceedings of IRCOBI conference, 24-38, Goteborg.

- Peek, C., Braver, E.R., Shen, H., Kraus, J.F. (1996). Lower extremity injuries from motorcycle crashes: a common cause of preventable injury. *Journal of Trauma*, 37 (3), 358-364.
- Peek-Asa, C., Kraus, J.F. (1996). Injuries sustained by motorcycle riders in the approaching turn crash configuration. *Accident Analysis & Prevention*, 28 (5), 561-569.
- Peek-Asa, C., Mac-Arthur, D-L., Kraus, J.F. (1999). The prevalence of non-standart helmet use and head injuries among motorcycle riders. *Accident Analysis & Prevention*, 31, 229-233.
- Pibault, C., Bilman, G. (1997). *Les accidents corporels des deux-roues motorisés à Paris*. Paris: CERET, Centre de Recherche et d'Etudes Techniques. Observatoire des déplacements.
- Preusser, D.F., Williams, A.F., Ulmer, R.G. (1995). Analysis of fatal motorcycle crashes: crash typing. *Accident Analysis and Prevention*. 27(6), 845-852.
- Radin Umar, R.S., Murray, G.M., Brian, L.H. (1996). Modeling of conspicuity-related motorcycle accidents in Seremban and Shah Alam, Malaysia. *Accident Analysis & Prevention*, 28(3), 325-332.
- Ramet, M., Bouquet, R., Bouallegue, M., Bermond, F. (1994). The effect of airbag inflation on the cinematic and the lesions of motorcyclist; Influence du gonflement d'un airbag sur la cinématique. ESV 14th international technical conference on enhanced safety of vehicles, 23/27-05-1994, Munich - Germany. Paper n° 94-S7-O-11.
- Rogers, N.M. (1994). Evaluation of TRL designed leg protectors for a medium sized sport motorcycle. ESV 14th international technical conference on enhanced safety of vehicles, 23/27-05-1994, Munich - Germany. Paper n° 94-S7-W-16.
- RoSPA (2001). Motorcycling safety. Position paper of the Royal Society for the Prevention of Accidents.
- Rutledge, R., Stutts, J. (1993). The association of helmet use with the outcome of motorcycle crash injury when controlling for crash/injury severity. *Accident Analysis & Prevention*, 25 (3), 347-353.
- Rutter, D.R., Quine, L. (1996). Age and experience in motorcycle safety. *Accident Analysis & Prevention*. 28 (1), 15-21.
- Samaha, R.R., Kuroki, K., Digges, K.H., Ouellet, J.V. (2007). Opportunities for safety improvements in motorcyle crashes in the United States. ESV: 20th international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles, June 18-21 2007, Lyon – France. Paper N° 07-0370. <http://www.nhtsa.dot.gov>.
- Sexton, B., Baughan, C., Elliott, M., Maycock, G. (Department for Transport) (2004). The accident risk of motorcyclists. TRL Report TRL607.
- Shankar, B.S., Ramzy, A.I., Soderstrom, C.A., Dischinger, P.C., Clarck, C.C. (1992). Helmet use, patterns of injury, medical outcome, and costs among motorcycle drivers in Maryland. *Accident Analysis & Prevention*, 24 (4), 385-396.
- Shankar, U. (NHTSA) (2001). Fatal single vehicle motorcycle crashes. Report n° DOT HS 809 360.
- Taylor, M.C., Lockwood, C.R. (1990). Factors affecting the accident liability of motorcyclists – a multivariate analysis of survey data. Research Report RR270. Crowthorne : TRL Limited.
- Têtard, C. (1983) Accidents impliquant des motocyclettes : I. Revue bibliographique. Cahiers d'études ONSER n°60, 66p.
- Têtard, C. (1994). Etude approfondie d'accidents impliquant des deux-roues : le cas des motocyclistes. Rapport final sur convention. Arcueil, F : INRETS.
- Treisman, A. (1996). Feature binding, attention and object perception. In Humphreys, G.W., Duncan, J., Treisman A. (eds) *Attention, Space and Action: Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: OUP, 91–111.

- Van Belleghem, L., Bourgeois, F. (2004). Le métier de coursier et ses pratiques de prévention. Étude ergonomique pour la prévention des risques professionnels. <http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/>
- Van Den Bosch, H.L.A. (2006). Crash Helmet Testing and Design Specifications, PhD. Thesis. <http://alexandria.tue.nl/extra2/200611939.pdf>
- Van Elslande, P. (2002). Specificity of error-generating scenarios involving motorized two-wheel riders. In Wang, K., Xiao, G., Nie, L., Yang H. (Ed.) *Traffic and Transportation Studies ICCTS'2002*. Reston: ASCE. Vol. 2, 1132-1139.
- Van Elslande, P. (à paraître). Les deux-roues motorisés dans le système de circulation : une question d'interactions. *Le Travail Humain*.
- Van Elslande, P, Marechal, M. (2008), Accidentologie des cyclomoteurs. Rapport final, Convention INRETS / Prévention routière, INRETS, 81p.
- Van Elslande, P, Fouquet, K, Maréchal, M. (à paraître). La détectabilité des deux-roues motorisés dans les EDA.
- Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-Yee, R., Jackson, R. (2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury : case-control study. *BMJ*, 328:857-860. <http://www.bmj.com/>
- Wulf, G., Hancock, P.A., Rahimi, M. (1989). Motorcycle conspicuity : An evaluation and synthesis of influential factors?. *Journal of Safety Research*, 20 (4), 153-176.
- Yuan, W. (2000). The effectiveness of the "ride-bright" legislation for motorcycles in Singapore. *Accident Analysis & Prevention*, 32, 559-563.
- Zador, P.L. (1985). Motorcycle headlight-use laws and fatal motorcycle crashes in the U.S., 1975-1983. *American Journal of Public Health*, 75, 543-546.