



HAL
open science

Accidentologie des deux-roues motorisés : Vers une meilleure prise en compte de leur diversité. Rapport Introductif (R0.1)

P. van Elslande, K. Fouquet, M. Vincensini, F. Nussbaum, M. Roynard

► To cite this version:

P. van Elslande, K. Fouquet, M. Vincensini, F. Nussbaum, M. Roynard. Accidentologie des deux-roues motorisés : Vers une meilleure prise en compte de leur diversité. Rapport Introductif (R0.1). 2008, 27p. hal-00544511

HAL Id: hal-00544511

<https://hal.science/hal-00544511>

Submitted on 8 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANR / Predit / Projet "2RM" 2006-2008 : Accidentologie, Usage et Représentation des Deux-Roues Motorisés

Partenariat : INRETS-MA, LAB-GIE PSA/Renault



Rapport Introductif (R0.1)

Accidentologie des deux-roues motorisés : Vers une meilleure prise en compte de leur diversité

Coordinateur : Pierre VAN ELSLANDE (INRETS)

Auteurs :

Pierre VAN ELSLANDE (INRETS)

Katel FOUQUET (INRETS)

Mathieu VINCENSINI (INRETS)

Fanny NUSSBAUM (INRETS)

Mathieu ROYNARD (INRETS)

AOUT 2008



1	INTRODUCTION	3
2	UNE GRANDE DIVERSITE D'USAGES, DE VEHICULES ET D'USAGERS	4
2.1	Des usages variés	4
2.2	Des véhicules hétérogènes	5
2.3	Des usagers diversifiés.....	6
3	UN COMPORTEMENT SPECIFIQUE.....	8
3.1	Particularités dynamiques des deux-roues motorisés.....	8
3.2	Importance de l'âge et de l'expérience dans la conduite des deux-roues motorisés	10
3.2.1	<i>L'âge et l'expérience de la conduite</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>L'expérience du véhicule.....</i>	<i>11</i>
3.2.3	<i>La formation des conducteurs</i>	<i>11</i>
3.3	Un comportement souvent imprévisible pour les autres usagers de la route.....	12
4	UNE PLACE A PART DANS LE SYSTEME DE CIRCULATION	13
4.1	L'intégration des deux-roues motorisés dans le trafic.....	13
4.2	Les interactions entre les deux-roues motorisés et les autres usagers	13
4.2.1	<i>Déteçtabilité des deux-roues motorisés par les autres usagers.....</i>	<i>14</i>
4.2.2	<i>Prise en compte des deux-roues motorisés par les autres usagers dans leur stratégie de conduite</i>	<i>15</i>
4.2.3	<i>Interactions avec l'environnement routier</i>	<i>16</i>
5	UNE ACCIDENTALITE PARTICULIERE.....	17
5.1	Les données accidentologiques : quelques chiffres.....	18
5.2	Les blessures des usagers de deux-roues motorisés	19
5.3	Les équipements de protection.....	20
6	CONCLUSION	21
7	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

1 Introduction

Depuis une vingtaine d'années, nous observons une baisse progressive du nombre d'accidents et de morts sur les routes, en relation avec les améliorations apportées aux organes et équipements de sécurité des véhicules, les aménagements de l'infrastructure routière, la formation dispensée aux conducteurs, ainsi que certaines mesures coercitives (e.g. limitations de vitesse, équipements de sécurité : ceinture, casque, etc.). Cependant, les deux-roues à moteur restent encore, à ce jour, un moyen de transport particulièrement dangereux et les motocyclistes des usagers très vulnérables : le nombre de conducteurs de deux-roues à moteur victimes d'accidents représente annuellement plus de 21% du total des tués et 29% du total des blessés alors même que ces véhicules ne représentent que 6,5% du parc circulant et qu'ils parcourent en moyenne près de quatre fois moins de kilomètres par an que les automobiles (ONISR, 2002, 2005)¹. Les mesures prises ces dernières années à leur égard ne sont pas parvenues à faire décroître significativement ces taux. En effet, malgré une sensible baisse du nombre d'impliqués, la part que représentent les motocyclistes tués dans l'ensemble des usagers de la route tués ne cessent de croître depuis 1996 (ONISR, 2005).

Cette étude a pour objectif d'appréhender et mieux comprendre les interactions de facteurs et les mécanismes en jeu dans les accidents des deux-roues motorisés. Elle vise également à mettre en évidence la diversité de ces accidents de façon à permettre la définition de mesures plus adaptée à chaque problème en jeu.

Les deux-roues motorisés se distinguent des autres modes de transport terrestres par des différences d'ordre dynamique, perceptif, mais aussi comportemental, attitudinal et social. Parmi les particularités qui les caractérisent, on développera les points suivants :

- Une population d'usager qui s'accroît de manière continue : les difficultés d'écoulement du trafic automobile dans les grandes agglomérations incitent de plus en plus de citoyens à utiliser les deux-roues.
- Des usagers dont les facteurs socio-démographiques sont de plus en plus hétérogènes (âge, sexe, usage (plaisir, utilitaire), attitudes, type de véhicule utilisé...). Une telle hétérogénéité des modes et des usages conditionne des pratiques particulières qui ne sont pas sans conséquence sur les différents problèmes d'interaction rencontrés au sein du trafic. Cette variabilité mérite donc d'être appréhendée en profondeur du point de vue de ses déterminants et de ses conséquences sur l'accidentalité.
- Une offre de véhicules croissante avec une grande diversité de cylindrées, de types (cyclomoteur, cyclomoteur à boîte de vitesse, scooter, routière, sportive, trail, etc.).
- Un comportement dynamique et une conduite spécifiques en fonction du type de véhicule et de ses capacités (vitesse, accélération, freinage, etc.).
- Une place à part au sein du trafic (introduction d'un différentiel avec les autres usagers de la route : faible part dans le trafic, comportement, etc.).
- Une accidentalité particulière : grande vulnérabilité des usagers, inadéquations entre les deux-roues motorisés et le système de circulation, les interactions avec le trafic, une diversité des circonstances et configurations accidentelles, etc.

¹ L'Observatoire (français) National Interministériel de Sécurité Routière.

2 Une grande diversité d'usages, de véhicules et d'usagers

L'insécurité et les difficultés liées à l'intégration des deux-roues motorisés dans les aménagements routiers devraient logiquement être un frein au développement de ce type de transport. Pourtant, nous constatons une augmentation récente de ses effectifs en ville, et l'apparition de nouvelles catégories d'usagers et de types de deux-roues motorisés.

2.1 Des usages variés

Dans de nombreux pays européens, on a observé une baisse du parc et des accidents de deux-roues motorisés dans les années 90 suivie d'une forte remontée à partir de 1996. Cette augmentation illustre des changements importants dans l'acquisition des motocycles et dans leur usage.

En France, ces dix dernières années, le parc en circulation a progressé à un rythme très soutenu de +6.8% par an pour dépasser en 2003 le nombre de 1 100 000 motocyclettes, contre 730 000 en 1996. Cependant, les deux-roues motorisés restent très minoritaires dans la circulation générale : les motocyclettes représentent 0.9% du trafic en km parcourus et les cyclomoteurs 0.4%.

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 des 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, notamment 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 :

- 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-distraction-balade, domicile-travail, professionnel.

¹ Toutes cylindrées confondues.

2.2 Des véhicules hétérogènes

L'usage des deux-roues motorisés est réglementé en France. Nous distinguons quatre familles de deux-roues motorisés à partir des caractéristiques mécaniques des véhicules, telles que la cylindrée, la puissance et la vitesse de l'engin : les cyclomoteur (CL), les motocyclettes légères (MTL), les motocyclettes moyennes (MTT1) et les motocyclettes puissantes (MTT2).

Le tableau 1 synthétise les éléments législatifs liés au véhicule, l'âge d'accès, les permis de conduire et les spécificités du code de la route :

Tableau 1 : Réglementation française concernant les caractéristiques et l'accès aux deux-roues motorisés

Genre	CYCLOMOTEUR	MOTOCYCLETTE LEGERE	MOTOCYCLETTE	
	CL	MTL	MTT1	MTT2
Cylindrée (cm ³)	Inférieure à 50	Entre 50 et 125	Supérieure à 125	Supérieure à 125
Puissance maximale	4,0 kW	11,0 kW	25,0 kW	73,6 kW
Vitesse	Limitée par construction à 45 Km/h			
Permis	Brevet de Sécurité Routière (BSR)	A1 (moto légère) Ou A (motocycle) Ou B (automobile) depuis plus de 2 ans	A (motocycle)	A depuis plus de 2 ans Ou A, accès direct
Age minimal de conduite	14 ans	16 ans	18 ans	20 ans (permis A depuis plus de 2 ans) 21 ans (accès direct)
Transport de passager	Passager sans limite d'âge Le véhicule doit être spécialement équipé (siège, repose-pied et dispositif de retenue)		Pas de limite d'âge pour les passagers	
Casque	Port obligatoire			
Voies de circulation	Pistes cyclables autorisées Voies rapides et express, autoroutes interdites		Pistes cyclables interdites	
	Nota : circulation entre file Article R.412-24 du code de la route : sur routes à sens unique et à plus de deux voies, lorsque la circulation, en raison de sa densité, s'établit en file ininterrompue sur toutes les voies, les conducteurs doivent rester dans leur file			
Circulation de jour avec les feux de croisement	Pas obligatoire		Obligatoire	
Poids maximum	Pas de restriction			
Dimensions maximales	2 m de large, 4 m de long et 2,5 m de haut			
immatriculation	OUI (depuis janvier 2003)		OUI	

Sources : ONISR ; Rusher 2003

La diversification des modèles de deux-roues motorisés et de leur usage est liée aux directives de 1996, autorisant la vente de cyclomoteurs à boîte de vitesse multipliant ainsi l'offre des moins de 50 cm³.

De nouveaux modèles correspondant à un nouvel usage apparaissent comme par exemple le scooter électrique ou le BMW C1 muni d'un toit et d'un système de retenue permettant la conduite sans casque. Les modèles émergents sont principalement des motocyclettes légères et des scooter (quelle que soit leur cylindrée).

Les deux-roues motorisés se distinguent par leur type. Les assurances ont créé une classification permettant de différencier les véhicules et de déterminer une grille de tarification. Cette liste, permettant de classer chaque véhicule commercialisé, est composée de 14 catégories : cyclomoteur, cyclomoteur à boîte de vitesses, scooter inférieur à 125 cm³, scooter supérieur ou égal à 125 cm³, trail 125 cm³, trail supérieur à 125 cm³, sportive 125 cm³, sportive supérieure à 125 cm³, custom 125 cm³, custom supérieure à 125 cm³, roadster, roadster sportif, routière, grande routière tourisme.

Afin de mieux appréhender cette diversité des véhicules, nous avons créé une classification adaptée de Rusher et Perrin (2000). Dans le groupe des deux-roues motorisés, on distingue quatre catégories correspondant aux catégories administratives réglementaires (cyclomoteur, motocyclette légère et motocyclette¹) et pour chaque catégorie on spécifie des types de véhicules² (Figure 1).

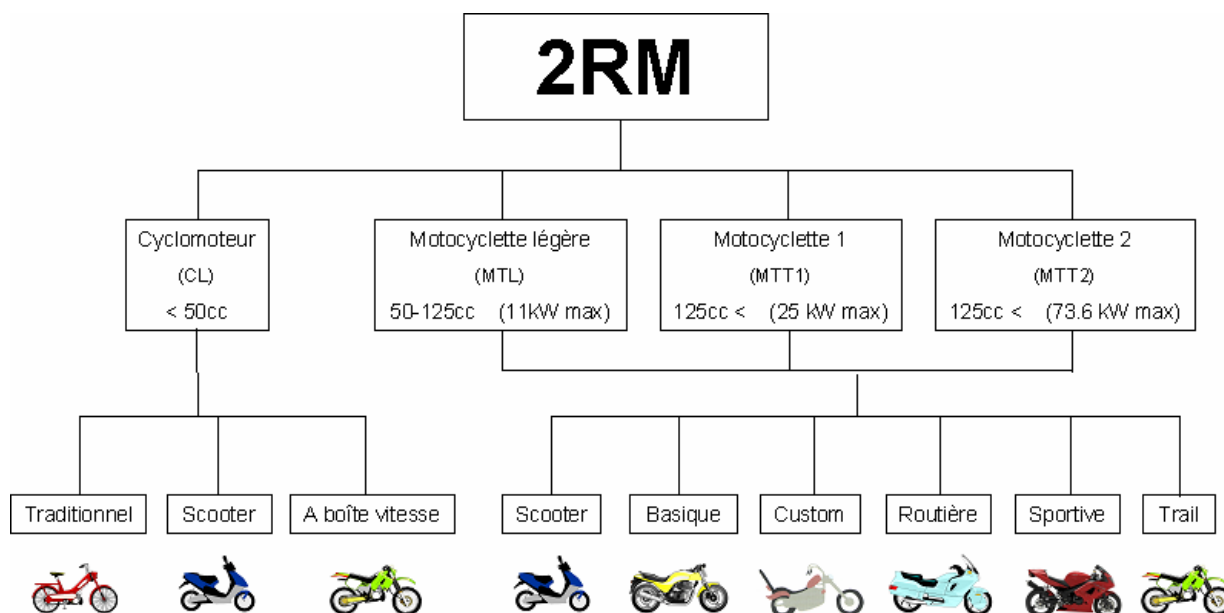


Figure 1 : Classification des deux-roues motorisés par catégories et types

Toutefois, l'essor régulier du parc en circulation masque des situations différentes selon la cylindrée et le type de véhicule. Ainsi, entre 2000 et 2004, l'évolution du parc des deux-roues motorisés se caractérise par une forte diminution du parc des cyclomoteurs traditionnels et une augmentation pour les autres types de deux-roues (Tableau 2).

Tableau 2 : Répartition du parc des deux-roues motorisés en France de 2000 à 2004 (en %)

	Cyclomoteurs traditionnels	Cyclomoteurs à boîte de vitesse	Scooters 50 cm ³	Motocyclettes légères (50-125 cm ³)	Motocyclettes (> 125 cm ³)
2000	27,8	4,3	27,7	16,1	24,1
2002	22,1	6,2	28,5	16,8	26,4
2004	17,0	7,7	29,4	18,5	27,4

Source : l'officiel du cycle et de la moto (2001-2005)

2.3 Des usagers diversifiés

Les utilisateurs de deux-roues motorisés ne constituent pas un groupe homogène. L'essor observé dans la pratique des deux-roues motorisés en France est corrélé avec la mise en place, en 1996, de directives autorisant les personnes titulaires du permis B (automobile) depuis plus de deux ans à la conduite d'une motocyclette légère (de moins de 125 cm³). Il s'explique également par une conjoncture d'engorgement du trafic automobile en milieu urbain, où le deux-roues motorisé est de plus en plus considéré par les usagers de la route comme une alternative économique et rapide par rapport à la voiture.

¹ MTT1 et MTT2.

² Cette classification sera reprise dans les rapports afférents aux tâches 1 et 3 du projet.

Si l'on se réfère à l'enquête SOFRES réalisées en 1999 (Rusher, 2003), nous distinguons les usagers de cyclomoteur, de scooter et les usagers de motocyclettes. Ces usagers ont plusieurs particularités : population masculine (80%), jeune (67% des usagers ont moins de 35 ans), résidant en ville (68%). Cependant à l'intérieur de cette population identifiée nous retrouvons des différences socio-démographiques selon le type de deux-roues (cyclomoteur, scooter, motocyclette).

Par ailleurs, une autre enquête SOFRES, menée en 2000, a caractérisé cinq types de motards (cf. Guyot, 2002).

Même s'il s'agit d'une catégorisation "intellectuelle" sur la base de données de sondage, elle rend bien compte de la variété des usagers de ces véhicules. L'étude développée dans la tâche 6 du projet "2RM" permettra néanmoins d'appréhender plus finement ces aspects d'ordre sociologique.

- "Les pragmatiques" (30%) : ont entre 35-54 ans, sont de professions intermédiaires et résident en ville. Le deux-roues est, pour eux, un moyen de transport particulièrement pratique pour circuler en agglomération mais aussi une véritable source de plaisir. Ils sont très sensibles à la sécurité routière, étant conscients du danger et des risques d'accidents. Ils sont surtout équipés de routières qui leur permettent de bénéficier du confort et de la sécurité.
- "Les hédonistes" (21%) : sur-représentation des artisans, commerçants, chefs d'entreprise, ils résident en ville. Le deux-roues n'est pas seulement un moyen de transport, c'est surtout un vecteur de loisir et d'évasion, un sport à part entière qui génère souvent un sentiment de puissance. Ils utilisent majoritairement la moto pour des déplacements ayant une fonction de loisirs-vacances. Ils sont surtout équipés de grosses cylindrées de type sportives. Ils ont une confiance absolue dans leur véhicule et traduisent un manque de réceptivité au discours sécuritaire et sont assez peu conscients du danger qui sous-tend la pratique de leur véhicule.
- "Les fous du guidon" (19%) : regroupent les jeunes (25-34 ans) et les seniors (55 ans et plus). Ce sont de véritables passionnés avec une volonté d'appartenance au groupe des motards très forte. Pour eux, la moto est un état d'esprit qui se traduit par un style de vie et une participation à des rencontres entre motards. Ce sont les plus gros rouleurs car le deux-roues est leur moyen de transport principal ou unique. Ils sont surtout équipés de grosses cylindrées, de type sportives. Ils sont très conscients des risques mais aussi sûrs d'eux (maîtrise du véhicule, griserie de la vitesse, sentiment de puissance, aucune peur de la circulation), ils prennent des risques régulièrement et sont les plus nombreux à avoir des accidents.
- "Les désimpliqués" (18%) : c'est dans ce groupe que les femmes sont le plus représentées (16%), plutôt jeunes (25-34 ans), et résidant en milieu rural. Ils ne sont pas d'accord avec le fait que conduire un deux-roues soit un plaisir. Ils l'utilisent plusieurs fois par semaine pour des trajets domicile-travail et les sorties ou distractions en journée. Ils sont surtout équipés de petites cylindrées (sur-représentation des scooters) et 125 cm³. Ils sont conscients des risques mais estiment ne jamais en prendre et considèrent que les autres usagers de la route ne font pas du tout attention aux deux-roues. Enfin, ils trouvent le code de la route mal adapté aux deux-roues.
- "Les motards du dimanche" (12%) : la conduite du deux-roues est associée au plaisir, à la détente et non à un moyen de s'affirmer. Ils n'ont pas un sentiment fort d'appartenir à un groupe des motards. Le deux-roues motorisé est un moyen de transport secondaire (85%). Il s'agit d'un loisir qu'on pratique le week-end et pendant les vacances. Le choix du véhicule se base pour eux essentiellement sur son prix, sa maniabilité. Ils accordent moins d'importance au confort, à la ligne ou à la puissance du deux-roues.

3 Un comportement spécifique

3.1 Particularités dynamiques des deux-roues motorisés

Les particularités dynamiques des deux-roues motorisés, comme l'ont souligné plusieurs études (Chinn, 1990 ; Obenski, 1994 ; Têtard, 1994 ; Mannering et Grodsky, 1995), les rendent particulièrement difficiles à conduire car elles exigent des habiletés motrices, une coordination physique et un contrôle de l'équilibre bien établis. Aussi, dans certaines conditions, ces caractéristiques peuvent être à l'origine de difficultés dans la maîtrise du véhicule et dans les interactions avec les automobilistes.

Le pilotage d'un engin à deux-roues est régi par des règles physiques précises importantes à connaître pour la sécurité et la performance du véhicule.

On notera que le comportement dynamique est propre à chaque type de deux-roues motorisé. Ainsi, deux véhicules de même cylindrée peuvent se comporter très différemment selon leur conception et selon le type d'utilisation prévu (routière, "trail", sportive, ...).

- Aux vitesses inférieures à 20 km/h, la stabilité est obtenue par un ajustement constant effectué par le pilote grâce au guidon, de la même façon qu'avec une bicyclette. La direction de la moto est alors contrôlée par le guidon et la position du motard ; tourner le guidon à droite conduira la moto vers la droite, et inversement.

Lorsque la moto va plus vite, la stabilité est assurée par l'action conjuguée de la chasse (la géométrie de direction) et l'effet gyroscopique des roues qui s'oppose à l'inclinaison de la moto. À grande vitesse, la position du motard a peu d'importance dans la direction prise, le contre-braquage constitue l'élément le plus important du pilotage. C'est également la méthode utilisée pour l'évitement d'urgence d'obstacles. Pour changer de direction, il faut appliquer la méthode du contre-braquage consistant à pousser vers l'avant la branche gauche (ou tirer vers soi la branche droite) du guidon pour pencher la moto vers la gauche. En conséquence la moto tournera vers la gauche. Les actions sur le guidon sont à l'inverse de celles employées à basse vitesse.

- La précession gyroscopique de la roue avant est l'un des phénomènes qui causent à la fois la contre-direction et le guidage en se penchant. La roue réagit à la force qui lui est appliquée en tournant à 90 degrés de celle-ci.
- La force centrifuge, elle pousse les véhicules vers l'extérieur des virages. La force centrifuge varie en fonction de la masse de la moto (M), du carré de la vitesse (V) et de façon inversement proportionnelle au rayon de la courbe (R). Le conducteur de deux-roues doit compenser cette force avec son poids et en inclinant la moto dans le virage ($F_c = MV^2/R$).
- Le guidonnage est un phénomène vibratoire qui se produit sur les véhicules à deux-roues, par définition, munies d'un guidon.

En raison de diverses causes qui peuvent se conjuguer (pneu défectueux ou usé irrégulièrement, mauvaise répartition des masses (arrière trop chargé), reprise de contact brutal de la roue avant avec le sol, revêtement routier défectueux (bosselé ou rainuré), etc.), le guidon du véhicule se met à osciller violemment à droite et à gauche, pouvant désarçonner le pilote. Toute tentative du pilote pour annuler le guidonnage ne fait que l'aggraver, car le temps de réaction du pilote est tel qu'il agit pour contrer le mouvement du guidon au moment où celui-ci repart déjà dans l'autre sens.

Brorsson et al. (1984) ont relevé que le guidonnage est une source d'accident pour 8% des accidents. Ses mesures ont estimé que la vitesse moyenne d'entrée en résonance s'élève à 118 km/h. D'importants progrès ont été réalisés depuis, mais le guidonnage demeure une source d'accident potentielle pour les motards.

- Le freinage est l'une des manœuvres essentielles en deux-roues motorisés. Lorsqu'un deux-roues freine de l'avant, le rapport de masse avant/arrière est modifié et le poids (qui augmente en fonction de la vitesse) de l'engin et du pilote passe vers l'avant. Les suspensions avant

permettent, en s'enfonçant, d'absorber une partie de ce poids supplémentaire. Un freinage avant trop appuyé dans ces conditions peut entraîner le décollage de la roue arrière (lorsque les suspensions avant arrivent en butée) et/ou le blocage avec dérapage de la roue avant (c'est la chute presque assurée dans ce dernier cas).

Le frein avant est le plus efficace et peut assurer 100% du freinage. Cependant, le frein arrière permet d'asseoir et de stabiliser l'engin, il permet également un freinage tardif en courbe. Le pilote doit appliquer le maximum de freinage sur la roue avant en serrant progressivement la commande afin d'obtenir le transfert de masse, donc d'adhérence, sur la roue avant, tout en utilisant le frein arrière pour équilibrer l'engin. La roue arrière, qui est encore chargée au début de freinage, peut être freinée moyennement voire non freinée lorsque quasiment toute la masse est passée sur la roue avant. Le dosage frein avant / arrière dépend des caractéristiques du deux-roues motorisé et des pneumatiques, généralement la proportion 70% à l'avant et 30% est recommandée, le freinage arrière permettant de stabiliser l'engin. Une pression trop importante sur le frein arrière peut entraîner le blocage de la roue arrière, qui est cependant moins critique que celui de la roue avant. Il suffit au pilote de relâcher un peu la pression sur le frein arrière pour rétablir les bonnes conditions et terminer son freinage correctement.

Lors du freinage, le pilote doit tenir ses genoux serrés contre le réservoir, le dos le plus droit possible, le regard qui porte haut, droit devant et les bras sont verrouillés. Le deux-roues est si possible à la verticale, car le freinage de la roue avant a pour effet de redresser le véhicule.

À l'instar des automobiles, certains deux-roues motorisés de haut de gamme sont maintenant équipés d'un antiblocage des freins dit ABS permettant de limiter les risques de blocage de roue en cas de freinage appuyé.

Aussi, en comparaison à la conduite d'une automobile, un deux-roues à moteur est moins maniable, notamment en situation d'urgence (Têtard, 1994), les capacités d'évitement sont plus faibles, le freinage d'urgence est moins commode, voire plus dangereux (Obenski, 1994). Or les progrès techniques apportés sur les nouvelles machines (ABS, répartiteur, ...) ont une influence non négligeable sur la dynamique de la moto et donc sur l'évitement. Nous noterons que certains de ces éléments qui sont maintenant considérés comme obligatoires pour la commercialisation des automobiles ne le sont pas pour les deux-roues motorisés (par exemple l'ABS).

- La prise de virage se fait en trois étapes : avant d'entrer dans le virage, le pilote freine, rétrograde et regarde le point de corde du virage¹ ; dans le virage il exerce un contre-braquage et circule au point de corde ; à la sortie du virage il redresse le deux-roues et accélère.

Les capacités d'accélération de ces véhicules sont généralement bien au-dessus de celles de la plupart des automobiles (0 à 100 Km/h en 40 mètres pour les plus rapides...) sont souvent méconnues des automobilistes. De plus, le débridage² des véhicules de petites cylindrées permet d'obtenir des performances dynamiques équivalentes à un véhicule de cylindrée supérieure. Brooks & Guppy (1990) ont montré que les représentations qu'ont les conducteurs d'automobiles des capacités dynamiques des deux-roues motorisés sont le plus souvent erronées. Ils considèrent que ces véhicules sont plus maniables, ont une tenue de route et un freinage meilleurs que les automobiles. Ces conceptions orientent leurs attitudes de conduite, et amènent fréquemment des évaluations fausses des situations rencontrées et, en conséquence, l'exécution de manoeuvres inappropriées.

Concernant les cyclomoteurs de types scooter, Perrin (2000) a observé la relation entre l'évolution défavorable du nombre de cyclomotoristes victimes d'un accident de la circulation en France et les performances dynamiques (stabilité, maniabilité) de ces véhicules dont la part dans le parc ne cesse de croître. Il apparaît que les scooters modernes présentent de meilleures capacités dynamiques que les cyclomoteurs dits classiques et qu'elles ne peuvent donc pas être mises en cause dans les mauvais résultats en terme de sécurité routière enregistrés ces dernières années pour la catégorie des cyclomotoristes.

¹ Le point de corde correspond au cœur du virage.

² 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.

De nombreuses études ont étudié la relation entre la cylindrée et le niveau de risque d'accident, considérant celle-ci comme étant un facteur aggravant du niveau de risque.

Broughton (1988), Namdaran et Elton (1988), Dominique (1990), Filou et al. (2003), montrent que la cylindrée est l'un des éléments explicatifs majeur du sur risque lié à la pratique des deux-roues motorisés. En effet, les véhicules de grosses cylindrées semblent davantage impliqués dans des accidents sans tiers (Kautz, 1991), en rase campagne et hors agglomération la gravité augmente avec la cylindrée (Dominique, 1990). Cependant, cette sur-implication des grosses cylindrées est discutée. Pour Schulz et Koch, (1991), elle serait davantage due à une sur-exposition du fait d'un kilométrage supérieur par rapport aux autres cylindrées tandis que Filou et al. (2003) indiquent qu'en tenant compte du kilométrage annuel, les motocyclettes de grosse cylindrée restent les plus dangereuses (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).

Mais pour, Têtard, 1994 et Langley et al., 2000, la cylindrée ne serait pas le critère le plus pertinent pour catégoriser les différents types de véhicules. En revanche, le rapport poids/puissance ainsi que le type de motocyclette serait des indicateurs plus appropriés.

Il apparaît donc que les caractéristiques et les capacités dynamiques du deux-roues influent sur le risque pour son usager d'être impliqué, blessé ou tué dans un accident de la circulation. La cylindrée semble être le facteur de risque le plus mis en avant par les auteurs. Néanmoins, d'autres facteurs peuvent jouer de façon associée avec les caractéristiques des deux-roues à moteur. L'âge et le manque d'expérience, combinés avec une motocyclette puissante et une exposition à certains types de situations routières, par exemple, peuvent constituer un facteur de sur-risque non négligeable.

3.2 Importance de l'âge et de l'expérience dans la conduite des deux-roues motorisés

Les principaux facteurs d'accidents des deux-roues à moteur dégagés par les différentes études sont : l'âge (en lien avec l'expérience de la conduite et du véhicule), la vitesse excessive (que ce soit en approche d'une intersection ou en virage), la cylindrée du véhicule et les attitudes vis-à-vis de la prise de risque.

3.2.1 L'âge et l'expérience de la conduite

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 non négligeable dans la genèse des accidents (Dominique, 1990 ; Rutter et Quine, 1995 ; Kopjar, 1999). Dans le cas des deux-roues motorisés, 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).

Les jeunes conducteurs (14-25 ans) sont les premières victimes d'accidents¹ et montrent un facteur de risque 2,4 fois supérieur à la moyenne (RIDER, 2005). Si certaines causes peuvent sembler évidentes (inexpérience de la conduite, sous évaluation du risque, faible habileté de prise d'information, alcool, etc.) elles ne sont pas toutes clairement identifiées, notamment du point de vue de leur combinaison. Les jeunes conducteurs n'ont pas des comportements très éloignés de ceux des conducteurs plus âgés, mais tendent à commettre plus de violations du code de la route. Ainsi, les conducteurs jeunes roulent un peu plus vite, enfreignent plus souvent les règles de conduite ou utilisent moins souvent des vêtements voyants. L'explication du taux d'accident de cette population est à chercher notamment dans l'inexpérience de certaines situations de conduite, la méconnaissance des capacités du véhicule et à des comportements de conduite spécifiques plus accidentogènes. (Rutter et Quine, 1995).

L'expérience de prise de risque est également à considérer comme un facteur prépondérant. En effet, plus il y a d'expérience du danger, plus le sentiment de contrôle de ce danger augmente et plus le risque tend à être minimisé (Delhomme & Meyer, 1994). La population des conducteurs de deux-roues à moteur étant essentiellement composée de personnes de moins de trente ans (Carré & Filou, 1994), les études suggèrent qu'ils ont une attitude qui valorise la prise de risque, et dans le même temps, ce

¹ Ramenés aux effectifs de la classe.

sont 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 (Têtard, 1994). Même pour ceux 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.

Au moyen d'une analyse discriminante, Kraus et al. (1976) ont déterminé une série de facteurs (relatifs aux caractéristiques des motocyclistes et de leur usage de la motocyclette) influant dans la genèse des accidents de motocyclettes. L'âge y est le facteur le plus significatif. Viennent ensuite le nombre d'infractions commises, la fréquence d'utilisation, le nombre d'accidents antérieurs et la formation.

3.2.2 L'expérience du véhicule

Lorsque l'on s'intéresse aux différents types d'usagers, on s'aperçoit que la population des jeunes usagers de deux-roues motorisés décédés est la plus importante, le deux-roues étant pour eux le premier apprentissage de la conduite d'un véhicule à moteur (RIDER, 2005).

Toutefois, les études tendent à confondre âge et inexpérience. Si certaines caractéristiques -d'ordre à la fois ontologique et sociologique- liées à l'âge sont souvent mises en avant en tant qu'inductrices de comportements à risque (Assailly, 2007), elles ne doivent pas masquer l'importance de l'expérience de conduite sur la maîtrise des conducteurs. Cette expérience tient non seulement à la connaissance des situations, à la conduite d'un deux-roues en général, mais également à l'adaptation au type de véhicule utilisé.

On peut noter d'une part que le temps d'apprentissage de la conduite d'un deux-roues est plus long, quel que soit le deux-roues considéré (Têtard, 1994). Il faut souligner d'autre part que les caractéristiques et les capacités dynamiques des deux-roues motorisés rendent l'expérience spécifique du véhicule plus importante que dans la conduite automobile (Obenski, 1994 ; Têtard, 1994 ; Filou et al., 2003). En effet, deux véhicules de même cylindrée peuvent avoir des comportements dynamiques très différents selon leur conception et selon le type d'utilisation prévue (routière, "trail", sportive, etc). Un indicateur de l'importance de cette expérience spécifique est l'observation par Ouedraogo (2002) de la baisse de moitié des accidents la seconde année de possession d'un deux-roues motorisé, indépendamment de l'expérience globale de conduite.

Des expérimentations menées sur les différences de comportements de conducteurs de deux-roues expérimentés et non expérimentés révèlent des écarts importants, notamment pour les habiletés perceptives. Katayama & Motoki (1991) ont ainsi montré que les différences les plus importantes se situaient 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 (trois fois plus importante pour les expérimentés) pour effectuer un tourne à gauche ou s'insérer sur la chaussée.

3.2.3 La formation des conducteurs

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.

Certaines études (Raymond & Tatum, 1977 ; Jonah et al., 1982 ; Manders, 1984 ; Brown, 1987 ; Mortimer, 1988 ; McDavid et al., 1989) ont émis l'hypothèse que la mise en place de formations initiales ou complémentaires spécifiques aux conducteurs de deux-roues motorisés pourrait réduire la probabilité d'occurrence d'un accident de la circulation. Les résultats montrent des effets parfois mitigés, voire contreproductifs, de certains stages post permis, qui amènent des auteurs à conclure qu'une formation, trop axée sur la maîtrise du véhicule, et notamment sur les situations d'urgence, n'est pas une réponse adaptée pour faire diminuer l'accidentologie des deux-roues (Jonah et al., 1982 ;

Mortimer, 1988). On peut en effet concevoir que ce type de formation tende à induire chez les conducteurs une confiance accrue dans leurs capacités à maîtriser leur véhicule plutôt qu'une méfiance utile envers les situations à risque. Ce n'est donc pas l'opportunité de la formation en tant que telle qui est en question (comme l'envisagent certains auteurs...), mais plutôt son contenu et son orientation.

D'autres études ont évalué l'introduction d'un permis progressif afin de limiter l'exposition à des situations de risque pour les motocyclistes débutants, et notamment pour les plus jeunes d'entre eux (Reeder et al., 1999). S'il apparaît que l'instauration du permis progressif a été suivie d'une baisse significative du nombre de motocyclistes blessés, cette baisse tient davantage, d'après leurs résultats à une baisse de la pratique de la motocyclette qu'aux effets du permis progressif.

La formation des conducteurs reste donc un sujet complexe, sensible, et qui nécessite des études complémentaires du point de vue de son contenu et de son influence sur le comportement des usagers des deux-roues motorisés.

3.3 Un comportement souvent imprévisible pour les autres usagers de la route

Les deux-roues motorisés peuvent mettre en œuvre des comportements imprévisibles pour les autres usagers. Ceci est lié à leurs performances dynamiques -très différentes de celles des voitures- en termes de maniabilité et de capacité d'accélération, et à une importante hétérogénéité des vitesses pratiquées par ces deux catégories dans certaines situations, particulièrement en agglomération. De plus, le faible espace occupé par les deux-roues sur la chaussée leur permet de s'intercaler entre les voitures et d'effectuer des changements de trajectoire fréquents et qui peuvent surprendre l'ensemble des usagers de la route et de la rue.

Par ailleurs, les automobilistes ont des représentations (explicites ou implicites) souvent erronées des capacités dynamiques des deux-roues motorisés. Aussi leurs attitudes de conduite les amènent fréquemment à mal évaluer certaines situations rencontrées et, en conséquence, à exécuter des manoeuvres inadaptées (Brooks & Guppy, 1990).

Selon Têtard (1994), les usagers des deux-roues motorisés ont tendance, plus fréquemment que les autres usagers, à circuler à des vitesses souvent excessives par rapport aux limitations, et à adopter de manière générale un comportement dangereux lié à la recherche de sensations et au plaisir de piloter.

L'ONISR (2005) révèle que les motocyclistes pratiquent des vitesses moyennes supérieures à celles des automobilistes, entre 3 et 11 km/h de plus que les autres véhicules selon le réseau, ce qui crée une hétérogénéité dans les interactions. Cependant, le lien entre répression de la vitesse et réduction des accidents n'est pas démontré puisque le nombre d'excès de vitesse des motards n'a guère évolué malgré la mise en place de contrôles automatiques. L'ONISR (2005) annonce qu'en 2003 entre 52% et 82% des conducteurs de deux-roues sont en excès de vitesse.

Cependant, Mannering et Grodsky (1995) montrent que les motocyclistes ont, contrairement aux idées reçues, conscience du caractère risqué de certaines de leurs manoeuvres. Les accidents de motocyclettes ne peuvent donc pas être expliqués d'après ces auteurs, par l'inconscience des motards vis-à-vis du risque. Par ailleurs, Horswill et Helman (2003) ont montré que la prise de risque dans la conduite des motards ne peut expliquer qu'une très faible part du sur-risque lié à la pratique de la motocyclette et ne se transmet pas d'un type de véhicule à un autre. En effet, les motocyclistes n'ont pas, au volant d'une automobile, un comportement plus risqué, ne recherchent pas plus de sensations et ne transgressent pas plus le code de la route que les autres automobilistes, mais ont par contre une bien meilleure perception globale du danger.

D'après les études d'Holubowycz et al. (1994) les accidents de motocyclettes avec le conducteur sous l'emprise de l'alcool sont souvent des accidents sans tiers et se produisent le plus souvent le week-end. Williams et Hoffmann (1979) ont montré qu'il n'y a pas de différence significative dans le taux d'alcool sanguin entre les conducteurs tués de deux-roues et d'automobiles. Les données statistiques (ONISR, 2005) révèlent qu'en France, les conducteurs de motocyclettes impliqués dans un accident corporel sont moins souvent alcoolisés que les conducteurs de véhicules légers ou que l'ensemble des conducteurs. En revanche, concernant les accidents mortels, les motocyclistes sont plus souvent alcoolisés que les autres conducteurs. Ces observations semblent suggérer que l'alcool est beaucoup plus un facteur d'accident mortel pour les usagers de deux-roues motorisés que pour les autres conducteurs.

4 Une place à part dans le système de circulation

4.1 L'intégration des deux-roues motorisés dans le trafic

Les deux-roues motorisés de par leur infériorité numérique (6,5% du parc circulant)¹, leurs caractéristiques dynamiques et comportementales, leur mode de conduite, engendrent un différentiel avec les autres véhicules qui conduit à un problème d'intégration au sein du trafic global. Ceci a pour effet d'amener des difficultés d'ordres perceptif, évaluatif et représentationnel dans leurs relations aux autres.

Le facteur le plus souvent énoncé pour caractériser la conduite des deux-roues motorisés est la vitesse excessive par rapport à la difficulté rencontrée, que ce soit pour les cyclomoteurs ou les motocyclettes (Peek-Asa & Kraus, 1996 ; Têtard, 1994). Cependant les valeurs moyennes des vitesses relevées par l'ONISR (2005) montrent des écarts de vitesses moyennes annuelles qui vont seulement de 2 km/h à 14 km/h, selon le type de route, entre deux-roues motorisés et automobiles.

Aussi, s'il y contribue sans ambiguïté, ce facteur ne suffit donc pas, à lui seul, à expliquer les accidents et généralement d'autres facteurs entrent en jeu : l'inexpérience des capacités du véhicule et de la conduite en situation de contrôle difficile, la détectabilité et l'estimation de leur vitesse par les autres usagers lors de l'approche en intersection (Carré & Filou, 1994 ; Têtard, 1994 ; Chinn, 1990 ; Peek-Asa & Kraus, 1996).

4.2 Les interactions entre les deux-roues motorisés et les autres usagers

Dans au moins deux tiers des accidents de deux-roues à moteur un autre véhicule est impliqué, le plus souvent un véhicule léger. En ce sens, l'étude des interactions à l'œuvre dans les accidents paraît indispensable pour mieux cerner les difficultés respectives rencontrées par les différents conducteurs selon les configurations accidentelles auxquelles ils ont été confrontés.

L'analyse des interactions entre les deux-roues motorisés et les autres usagers de la route nécessite une prise en compte des aspects cognitifs et comportementaux des deux populations afin de mieux comprendre l'origine des défaillances réciproques des conducteurs.

Les recherches montrent que les difficultés sont multiples. Elles mettent en question :

- La relativement faible probabilité (hormis certains contextes urbains denses) pour un usager de rencontrer un deux-roues motorisés dans le trafic. Or, la rareté de leur rencontre ne favorise pas l'élaboration d'habiletés à leur égard.
- Les spécificités dynamiques du deux-roues lui-même : nécessité du contrôle de l'équilibre, forte maniabilité de conduite, faible maniabilité en situation d'urgence, freinage plus délicat, fortes capacités d'accélération, etc. Ces différentes particularités peuvent facilement surprendre les autres usagers de la route.
- L'apprentissage du conducteur : l'expérience de la conduite d'un deux-roues en général et l'adaptation à un modèle particulier exigent un temps plus long que celui de la conduite automobile (Ouedraogo, 2002).
- Les problèmes de détectabilité : les automobilistes ont une mauvaise perception des deux-roues du fait de leur faible gabarit de face (détectabilité physique), ainsi que des différences de vitesse, d'accélération et de manœuvres -telles que se faufiler entre les véhicules- qui les rendent plus difficilement détectables (détectabilité comportementale) (cf. Guyot et al. 2008).
- Les évaluations de leurs vitesse et distance sont souvent erronées².
- La notion de "loi du plus fort" ou de différentiel de masse : les automobilistes tendraient à moins prendre en considération les usagers vulnérables.

¹ ONISR, 2003.

² Les variations dans les performances des différents types de deux-roues à moteur ajoutent encore à cette difficulté d'évaluation pour les automobilistes.

Les deux situations les plus accidentelles identifiées dans la littérature sont les phases de traversée d'intersection et de dépassement de véhicule. Elles ont pour principales origines une mauvaise évaluation des distances par les automobilistes et une prise de risque importante de la part des conducteurs de deux-roues (Caird & Hancock, 1995 ; Pibault & Bilman, 1997). Il existe d'autres situations d'accident, telles que les ouvertures de portières, les traversées de piétons hors des passages cloutés, le franchissement de feux tricolores au rouge, les mouvements dangereux des autres usagers (brusque changement de file) mais dans des proportions moindres (Pibault & Bilman, 1997 ; ONISR, 2005).

Dans plus de 20% des cas, les accidents impliquant un deux-roues à moteur découlent de violations délibérées commises par les conducteurs de ces véhicules (Pibault & Bilman, 1997).

Mais au-delà des analyses basées le plus souvent sur des procédures définies par les forces de l'ordre, la compréhension réelle de l'émergence des erreurs et des facteurs d'apparition des défaillances lors d'accidents de deux-roues à moteur passe par l'étude de l'interaction entre les différents impliqués. Ces interactions entre les conducteurs de deux-roues et les autres usagers, peuvent être expliquées par une approche cognitive de la conduite. Les travaux de Van Elslande (1997, 2000, 2002, 2003, 2006) rassemblent différents types d'accidents sous forme de scénarios types d'erreur dans le traitement cognitif de la situation d'accident par le conducteur. Cette analyse, appliquée à un vaste échantillon d'études détaillées d'accidents impliquant des deux-roues motorisés fait l'objet de la Tâche 1 du présent projet ANR Predit "2RM" (cf. Van Elslande & Fouquet, 2008).

4.2.1 Déteçtabilité des deux-roues motorisés par les autres usagers

La faible perceptibilité des deux-roues motorisés 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).

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 signalement. De plus, comme le souligne Obenski (1994), un obstacle, même très petit peut parfois masquer entièrement ces véhicules dans certaines conditions. Ce qui peut être paradoxalement le fait de certains éléments de l'aménagement, en intersection par exemple (Guyot et coll., 2008).

Obenski (1994) étudie le comportements des conducteurs de deux-roues à moteur et plus particulièrement les inexpérimentés. Il en résulte que ces derniers ne tiennent pas compte de leur faible déteçtabilité et adoptent des modes de conduite qui ne facilitent pas leur déteçtion par les automobilistes, et qui, de surcroît, ne leur permettent pas de faire face à d'éventuelles situations critiques. Un exemple représentatif de ce problème est la position choisie sur la voie par le conducteur de deux-roues motorisés pour circuler. Selon Obenski (1994) l'endroit le plus sûr est le passage de la roue gauche des voitures, cette position leur permettant d'anticiper certains débris ou les flaques d'huile sur la chaussée et d'effectuer une manœuvre de déboîtement plus rapidement en cas de danger. Mais cette position les rend en même temps vulnérables aux angles morts des rétroviseurs des voitures, ce qui favorise les problèmes de leur déteçtion par les automobilistes.

C'est dans la perspective de réduire les problèmes de déteçtabilité des deux-roues motorisés que l'allumage des feux de croisement de jour comme de nuit a été promulgué pour les motocyclistes, afin de les distinguer du trafic automobile. Muller (1984) et Zador (1985), parmi d'autres auteurs, ont montré que l'allumage des phares avant par les motocyclistes améliore nettement leur perceptibilité. Cette mesure diminue ainsi de près d'un tiers les accidents liés à un problème de déteçtabilité (Radin Umar et al., 1996) ainsi que le nombre d'accidents mortels et graves. Toutefois, Yuan (2000) révèle que l'allumage des feux de jour ne réduit pas les accidents les moins graves. Hole & Tyrell (1995) ont conclu que les motocyclistes ayant le phare allumé étaient déteçtés beaucoup plus tôt que ceux sans éclairage et cela notamment lorsque la motocyclette était éloignée. Cependant l'allumage des feux de jour par les motocyclistes diminue à partir d'une certaine proportion (60% d'après ces auteurs) la perceptibilité des motocyclistes n'ayant pas le phare avant allumé. Hole & Tyrell (1996) ainsi que

Wells et al. (2004) ont montré que l'utilisation des phares de jour et de vêtements voyants et réfléchissants améliore la perceptibilité des motocyclettes par les autres conducteurs. Le contraste du motard avec son environnement serait, d'après ces auteurs, un facteur plus déterminant dans sa détection.

Toutefois, 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.

Enfin, Wulf et al. (1989) ont relevé qu'il existe d'autres facteurs pouvant contribuer à la non-perception des motocyclistes. Ils distinguent ainsi deux classes de facteurs ayant pu mener à l'échec de la détection du motocycliste :

- Des facteurs transitoires tels que l'alcool, la fatigue, le manque de sommeil ou encore "l'inattention".
- Des facteurs dits permanents faisant appel à des aspects cognitifs et à des problèmes de surcharge d'informations visuelles (trafic important, masques à la visibilité divers, etc.).

Ces différentes études illustrent donc l'hypothèse selon laquelle l'accidentalité des deux-roues motorisés ne s'explique pas seulement par des problèmes de détectabilité physique, mais aussi par des phénomènes plus divers, d'ordres cognitifs et comportementaux qui vont différencier les deux-roues motorisés des autres usagers. A ce titre, Brenac et al. (2006) font état d'une association significative entre les problèmes de perceptibilité et les niveaux de vitesse élevés des motocyclistes dans le cas d'accidents survenant en milieu urbain. De tels résultats permettent d'envisager une certaine forme de contribution comportementale des conducteurs de deux-roues motorisés à leur non perceptibilité en mettant en défaut les stratégies perceptives des automobilistes par les niveaux de vitesse adoptés. Par ailleurs, la faible fréquence des deux-roues dans le trafic engendre une faible perceptibilité cognitive pour les autres usagers (Guyot et coll., 2008). On notera enfin la notion d'"illusion de visibilité" de la part des conducteurs de deux-roues motorisés, au sens où lorsqu'ils voient les autres usagers ils pensent être vus en retour de la même manière (Têtard, 1994).

4.2.2 Prise en compte des deux-roues motorisés par les autres usagers dans leur stratégie de conduite

Un facteur de comportement évoqué par plusieurs études fait référence à la notion de "la loi du plus fort" (Favero, Ferrandez, Fleury, 1980 ; Têtard, 1994). Les automobilistes tendraient fréquemment à moins prendre en considération les deux-roues à moteur dans leur stratégie de recherche d'information et dans leurs actions du fait d'un sentiment moins grand de vulnérabilité par rapport à ces derniers (effet de masse) et de leur faible proportion dans le trafic routier.

Mannering et Grodsky (1995), Treisman (1996), Mack and Rock (1998) et Van Elslande (2002) 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) occultant ainsi le reste de l'environnement routier et donc des deux-roues. Il est ainsi très fréquent que lors d'un accident entre une voiture et un deux-roues, le conducteur de l'automobile témoigne ne pas avoir vu le deux-roues (MAIDS, 2004).

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 (différentiel élevé entre les deux véhicules), 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 légers¹ (Têtard, 1983 ; Duncan, 1996 ; Brown, 2002).

¹ Les automobilistes auraient tendance à attribuer implicitement aux deux-roues des vitesses et des niveaux d'accélération du même ordre de grandeur que celles des voitures.

Hancock & Caird, 1993 ; Hancock, Caird, Shekhar, Vercruyssen, 1991 ; Caird & Hancock, 1995 ont étudié, sur simulateur, la perception du temps d'arrivée de différents véhicules en intersection. Il en ressort que :

- Les conducteurs utilisent la taille du véhicule comme information de jugement. Les deux-roues sont moins bien perçus, détectés moins fréquemment et les estimations des temps d'arrivée sont les moins précises. La taille du véhicule est donc un facteur important de sur-estimation de la distance inter-véhicules et donc de sous-estimation du temps d'arrivée.
- Les conducteurs tournant à gauche choisissent plus facilement de tourner en face des véhicules les plus petits, dont évidemment les deux-roues à moteur.
- Il semble également que les hommes sous-estiment moins que les femmes le temps d'approche des véhicules arrivant sur l'intersection.

Par ailleurs, 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. En effet, l'estimation de la vitesse d'approche des deux-roues à moteur étant fautive, les conducteurs de ces derniers n'ont pas toujours la capacité de réguler la situation critique résultante. 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.

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.

4.2.3 Interactions avec l'environnement routier

Les études consacrées aux deux-roues motorisés se cantonnent trop souvent à définir les causes des accidents sans chercher à identifier les processus sous-jacents, ni à en définir des solutions à adopter. Ainsi, il apparaît clairement que le volet relatif à l'infrastructure est insuffisamment exploité malgré son rôle prépondérant pour la sécurité des deux-roues motorisés (Guyot et coll. 2008). En effet, 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 comme dans les situations d'urgence.

La plupart des routes que nous empruntons aujourd'hui n'ont pas été conçues ni même pensées pour les deux-roues motorisés. On distingue trois catégories de dysfonctionnements :

- ceux susceptibles de provoquer la perte d'adhérence indispensable à l'équilibre du deux-roues : peinture au sol glissante (passages piétons, marquages au sol), pavé, bouche d'égout, accumulation de gazole/gravier, nid de poule, etc.
- ceux susceptibles de provoquer des blessures ou de les aggraver en cas de choc : absence de lisse inférieure sur les barrières latérales à effet guillotine, structure agressive du mobilier urbain (bacs à fleur, bornes de métal, poteaux en bordure de chaussée, etc.).
- ceux susceptibles de masquer le deux-roues ou de le "noyer" dans un environnement visuellement trop complexe (panneaux d'information, carrefour à interactions multiples, publicités, etc.)

Aussi, les efforts ne doivent pas se porter exclusivement sur la chaussée (qualité de l'enrobé, dévers en courbe corrects, tracé, etc.) mais doivent également tenir compte du "mobilier urbain" (poteaux et

pylônes divers, glissières de sécurité, trottoirs, etc.). En effet, lors d'un accident, la collision avec ces derniers peut être à l'origine de graves blessures et dans certains cas tuer.

La dispersion des responsabilités entre les gestionnaires du réseau routier (Etat, collectivités territoriales) et la faiblesse des normes en matière de mobilier urbain a longtemps constitué un réel obstacle à la résolution de ces nombreux dysfonctionnements observés. Toutefois, cette carence a tendance à s'estomper. En effet, plusieurs actions ont été entreprises en France pour améliorer les aménagements routiers vis à vis des deux roues motorisés et on observe une mobilisation croissante des structures gestionnaires du réseau routier (collectivités locales, conseil régional, département). Nous pouvons citer à cet égard le document "Prise en compte des motocyclistes dans l'aménagement et la gestion des infrastructures" (Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 2000) paru à l'attention des élus locaux, qui propose des aménagements d'infrastructure, simples et peu coûteux, permettant une meilleure sécurité pour les deux-roues à moteur.

Parmi ces initiatives, nous notons :

- La mise en place dans chaque Division Départementale de l'Équipement (DDE) d'un(e) correspondant(e) moto dont l'objectif est de sensibiliser les services aux problèmes spécifiques des motards et de permettre de mieux prendre en compte dans les nouvelles conceptions routières les deux roues motorisés.
- La parution d'une circulaire (1^{er} octobre 1999) qui fixe désormais l'emploi de dispositifs spécifiques adaptés à la retenue des motards sur les nouvelles infrastructures et qui prévoit dans le cadre de programme d'entretien et de réaménagements de sécurité de recenser les secteurs concernés et de traiter en priorité les zones les plus dangereuses¹ (SETRA-CERTU, 2000).
- La prise en considération des problèmes d'adhérence (déformation de la couche de roulement, rainurage, gravillons, usure des marquages), des gênes à la visibilité qui peuvent également masquer le motard par rapport aux autres usagers (végétations, balises, signalisations).
- L'élaboration de recommandations pratiques, en particulier, sur le danger potentiel induit par le marquage (peinture, adhérence, grande surface peinte), les obstacles (mobilier moins anguleux, glissière de sécurité adaptée) et les giratoires.

Cependant, il est à déplorer que de telles recommandations ne soient pas plus suivies dans la gestion locale de l'aménagement.

5 Une accidentalité particulière

Les recherches accidentologiques entreprises sur les deux-roues à moteur ont évolué en trois phases. Dans les années 70, les études portaient principalement sur les types de choc (sécurité "secondaire"). Dans les années 80, on s'est intéressé au processus de conduite, à la perception du risque, à l'expérience, le conducteur étant regardé comme le "facteur central". Depuis le début des années 90, on s'intéresse au conducteur comme "agent actif", et aux processus qui sous tendent son traitement des informations. On étudie également les attitudes, les croyances sur la sécurité, ainsi que les effets de l'expérience et de la formation sur les habiletés (Chesham et al., 1993).

Les travaux sur la conduite des deux-roues à moteur sont basés principalement sur des analyses de procès-verbaux d'accidents. Ces études ont permis de détecter les populations les plus exposées (Têtard, 1994), les types de véhicules les plus impliqués (Filou, 1998), de décrire l'accident-type de motocyclette (Preusser et al, 1995 ; Têtard, 1994), les principaux facteurs d'accidents de deux-roues à moteur (Hurt et al., 1981 ; Rutter et Quine, 1995) et de proposer en conséquence des mesures de prévention et de formation.

Les principaux facteurs d'accidents des deux-roues à moteur, dégagés par les différentes études sont l'âge, l'expérience de la conduite et du véhicule, la vitesse excessive (notamment en approche

¹ Par exemple la mise à niveau des glissières de sécurité en les équipant d'une sous-glissière, évitant aux motards de percuter, le plus souvent de façon fatale, les potelets sur lesquels sont installées les glissières.

d'intersection ou en virage), la cylindrée du véhicule et les attitudes vis à vis de la prise de risque. Ces différents facteurs permettent d'expliquer les accidents sur le versant du conducteur de deux-roues.

Cependant, nous pouvons émettre plusieurs critiques envers la majorité de ces études mentionnées ci-dessus. Une première est de s'en tenir à la recherche des causes de l'accident d'une part, et des causes chez le conducteur de deux-roues d'autre part. Quelques études seulement tiennent compte véritablement de l'interaction entre véhicules dans la recherche d'explications et s'appuient sur des études détaillées d'accident (EDA) (Ferrandez, 1995 ; MAIDS, 2003 ; RIDER, 2005 ; Van Elslande 2008).

En effet, dans plus des deux tiers des accidents de deux-roues à moteur, un véhicule léger est impliqué. La compréhension réelle de l'émergence des erreurs et des facteurs d'apparition des défaillances doit donc passer par l'étude des interactions entre les différents protagonistes et de leur participation réciproque à la dégradation des situations.

5.1 Les données accidentologiques : quelques chiffres

L'étude des proportions d'accidents impliquant des deux-roues motorisés en France révèle des taux de l'ordre de 25% à l'échelon national (Carré & Filou, 1994 ; ONISR, 1998), pour atteindre jusqu'à 45% en Ile de France, Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur (Pibault & Bilman, 1997 ; ONISR, 2005). Ces données sont bien sûr à mettre en lien avec le parc de deux-roues à moteur dans ces différentes régions à très forte concentration urbaine.

- En 2006, les motocyclistes représentent 16.3% des victimes de la route et les cyclomotoristes 6.7% (ONISR, 2006).
- Près de 80% des tués en deux-roues motorisés ont entre 15 et 44 ans. En ce qui concerne les cyclomotoristes, 63% des tués et 70% des blessés ont entre 15 et 19 ans. Pour ce qui est des motocyclistes, 52% des tués et 49% des blessés ont entre 20 et 34 ans (ONISR, 2006).

Les jeunes (dans la catégorie des 14-25 ans) sont les premières victimes d'accidents et possèdent un facteur de risque 2,4 fois supérieur à la moyenne (RIDER, 2005).

Selon les études, 60 à 70% des tués dans un accident de deux-roues motorisés ont moins de 30 ans. Cependant, 45 à 55% des conducteurs de deux-roues à moteur ont moins de trente ans, quel que soit le deux-roues (Carré & Filou, 1994 ; Têtard, 1994 ; Rutter et Quine, 1995 ; Pibault, Bilman, 1997). C'est vers cette population que les campagnes de sensibilisation et de prévention sont les plus appuyées.

Rutter et Quine (1995) ont montré que l'inexpérience est plus en cause que l'âge chez les conducteurs de motocyclettes (51% ont le permis depuis moins de trois ans). Pibault et Bilman (1997) donne des résultats intégrant motocyclettes et cyclomoteurs, indiquant que les 30/50 ans sont impliqués dans 34% des accidents de deux-roues à moteur.

- Le risque d'être tué par milliard de véhicules x Km chez les conducteurs de deux-roues motorisés (cf tableau 3) est 16.9 fois plus élevé chez les cyclomotoristes que les automobilistes et 19,8 fois plus élevé chez les motocyclistes que les automobilistes (ONISR, 2006).
- 62% des tués et 70% des blessés en deux-roues motorisés le sont de jour. Les cyclomotoristes se distinguent des autres usagers par une forte mortalité survenant la nuit. En effet, un cyclomotoriste sur deux est tué dans un accident de nuit contre seulement 1 motocycliste sur trois (ONISR 2006).
- D'après les études sectorielles de l'ONISR sur les deux-roues motorisés, en 2006, on dénombre près de 17% des accidents de deux-roues motorisés sans tiers en cause. La proportion du nombre de tués dans ce type d'accident passe à 35%, avec une part plus importante concernant les motocyclistes (près de 38% de tués contre 29% pour les cyclomotoristes).

Dans l'étude de Carré et Filou (1994), 25% de ces accidents sont des pertes de contrôle et 10% des accidents surviennent lors de dépassements. Les accidents sans tiers impliqué sont la cause du décès de 34% des motocyclistes et de 17% des cyclomotoristes.

Les motocyclistes sont jugés moins responsables que l'ensemble des autres usagers (respectivement 38% contre 42% pour l'ensemble des usagers. Au contraire, les cyclomoteurs eux sont jugés en moyenne plus responsables (47%) que l'ensemble des usagers.

Preusser (1995) a décrit cinq types principaux d'accidents de deux-roues motorisés qui expliquent 80% des accidents mortels : la sortie de route (41,3%), le "non respect" de la signalisation (18,1%), les collisions frontales (10,8%), les collisions frontales lors d'un tourne à gauche (8,5%) et la chute du motocycliste (7,3%).

L'accident type de motocyclette est une sortie de route hors agglomération, un week-end, de nuit avec un conducteur sous l'emprise de l'alcool (Preusser, 1995).

- Entre 35% (Preusser et al, 1995) et 38% des accidents corporels (ONISR, 1998) ont lieu en intersection. La mortalité est beaucoup plus importante hors intersection avec 72% des victimes (ONISR, 2001). Au contraire, de manière surprenante, l'étude de Peek-Asa et Kraus (1996) relève plus d'accidents mortels en intersection qu'en section courante.
- Les situations de dépassement sont "typiques" des accidents hors intersection. Les principales origines invoquées sont une mauvaise évaluation des distances inter-véhicules par les automobilistes et une prise de risque importante des conducteurs de deux-roues (dépassement en conditions critiques, vitesse peu adaptée à la manœuvre, ...) (Têtard, 1994 ; Caird & Hancock, 1995).
- Les accidents de deux-roues motorisés se caractérisent par un sur-risque de collision marqué en milieu urbain : interactions avec le trafic fréquentes, nombreuses intersections, changement de voie, remontée de file, divers types d'usagers, ...

Cependant, le niveau de gravité en rase campagne est quatre fois plus élevé qu'en milieu urbain pour les motocyclistes. Les accidents de cyclomoteurs sont plus fréquents en agglomération et de gravité moindre, du fait de leur vitesse relativement faible.

De fait, la répartition du nombre de tués est à peu près identique selon que l'accident ait lieu en rase campagne (55%) (surtout sur RD et RN) ou en agglomération (45%) tous types de deux-roues confondus.

Enfin, on note que les accidents hors agglomérations de type perte de contrôle du véhicule sans tiers ne font pas toujours l'objet d'une procédure et ne sont donc pas systématiquement comptabilisés dans les statistiques nationales (Laumon et Martin, 2002). Ceci conduit à une sous-estimation des accidents non mortels en perte de contrôle chez les deux-roues motorisés.

Il est donc essentiel de mettre en évidence des mécanismes d'accidents spécifiques (niveaux de vitesse, performance recherchée, dynamique spécifique...) pour chaque type d'environnement (en agglomération et hors agglomération) afin de couvrir l'ensemble de la problématique des deux-roues motorisés.

- La conduite d'un deux-roues motorisé peut impliquer des régulations complexes et non intuitives telles que le contre-braquage, des manipulations simultanées des freins avant et arrière (séparés mécaniquement), l'ouverture de la commande des gaz lors de la négociation d'un virage. Aussi, la moindre perte de capacité due à l'alcool, une drogue ou un médicament augmente considérablement le risque d'accident pour les conducteurs de deux-roues en comparaison avec un niveau semblable d'intoxication chez un conducteur de véhicule léger (Mannering and Grodsky, 1995 ; Sunderstrom et al., 1999). A titre d'exemple, aux Etats-Unis, en 1998, plus d'un tiers des motocyclistes impliqués dans un accident mortel avaient un taux d'alcool supérieur au seuil légal. Des études antérieures donnent des chiffres allant jusqu'à 50%. En conséquence, Sun et al. (1998) ont proposé d'abaisser le taux légal d'alcool pour les conducteurs de deux-roues par rapport aux autres conducteurs.

5.2 Les blessures des usagers de deux-roues motorisés

En 2006, les usagers de deux-roues motorisés en France représentent 23% de l'ensemble des conducteurs tués et 31% du total des blessés, ces chiffres illustrent aisément le caractère vulnérable de ce type d'usagers de la route (ONISR, 2006).

Byrd et Parenti (1978) ont relevé que la vitesse est le facteur le plus récurrent et générant le plus fréquemment des blessures (à la tête).

Les blessures aux membres inférieurs et à la tête sont les plus courantes (Langley et al., 1994). Peek et al., 1996 relèvent que les blessures aux membres inférieurs sont les plus courantes puisque elles apparaissent dans 56% des accidents non mortels et dans 46% des accidents mortels.

Les fractures sont les diagnostics les plus courants (notamment au tibia et au fémur). O'Malley et al. (1985) montre que les usagers de deux-roues motorisés ont, en moyenne, de 2 à 2,5 fractures selon la classe d'âge.

Mackay, 1985 a présenté par fréquence et par gravité, les différentes lésions subies par les motocyclistes. Cet article insiste également sur la nécessité pour toutes les équipes impliquées dans ce type de recherche, d'utiliser des codages communs, du type de l'AIS (Abbreviated Injury Scale)¹, pour pouvoir comparer entre elles des données d'origine différente. Les distributions lésionnelles chez les motocyclistes sont de type AIS 1 pour les lésions externes, AIS 2 pour les membres inférieurs et supérieurs ainsi que la tête, enfin AIS 3+ pour les membres supérieurs.

Une étude de Pedder J. (1979) décrit les régions corporelles les plus affectées lors d'un accident mortel de motocycliste. La tête représente 31% de l'ensemble des lésions, le thorax 27% et l'abdomen 20% les membres inférieurs et supérieurs totalisent 14%.

Une étude plus récente de la Direction de la Voirie et des Transports, Division des Equipements Routiers (1999), a permis d'analyser les accidents des deux-roues dans le département des Hauts-de-Seine sur deux années. Ce sont ainsi 981 accidents de deux-roues qui ont été analysés et qui ont impliqué 2026 usagers de la route dont 1096 conducteurs et passagers de deux-roues. Par catégorie de véhicules, nous observons 28% de cyclomoteurs, 23% de scooters et 49% de motocyclettes. D'après cette étude, les motocyclettes enregistrent le plus grand nombre d'impliqués et ont le bilan lésionnel le plus lourd en termes de gravité, suivi par les cyclomoteurs et enfin les scooters. Par ailleurs, les membres inférieurs représentent plus de 50% des régions corporelles affectées quel que soit le type de deux-roues motorisé.

Peek et al., 1996 notent enfin que ces types de blessures sont occasionnés le plus généralement par des collisions avec d'autres véhicules et qu'ainsi des modifications des formes des véhicules et une amélioration des capacités de protection des vêtements contribueraient à réduire la gravité de ces blessures.

5.3 Les équipements de protection

La grande vulnérabilité des conducteurs de deux-roues provient de l'absence de protection carrossée lors d'une collision ou d'une chute. L'absence d'habitacle clos et de système de retenue se solde, par ailleurs, très souvent par une éjection du véhicule. Le conducteur, au terme de cette éjection, peut percuter divers obstacles fixes ou mobiles de l'environnement routier (chaussée, autre véhicule, glissière de sécurité, poteau, arbre, ...), engendrant des traumatismes souvent graves voire mortels.

Le casque constitue le premier objet d'étude dans les recherches visant à améliorer la sécurité des utilisateurs de deux-roues motorisés. C'est un élément de protection obligatoire et largement reconnu dans la majorité des pays occidentaux. En effet, il protège la partie la plus vulnérable du corps humain et il est par ailleurs couramment utilisé par la majorité des usagers de deux-roues motorisés (Supramaniam et al., 1984 ; Chenier et Evans, 1987 ; Conrad et al., 1996 ; Schoonbroodt, 1999 ; Branat et Knudson, 2001 ; Filou et al., 2003 ; Ichikawa et al., 2003 ; ONISR, 2005) contrairement aux autres protections telles que les combinaisons.

L'ensemble des recherches montrent 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 s'avère être un moyen de protection efficace des blessures à la tête pour les usagers. Le non-port du casque

¹ Indice mis au point aux États-Unis et utilisé internationalement. Il permet de coder chaque lésion élémentaire et de lui affecter un degré de gravité ; AIS 1 pour des blessures légères, AIS 2 représentant des blessures modérées, AIS 3+ des lésions sérieuses, jusqu'à AIS 6 pour une blessure au-delà de toute ressource thérapeutique, conduisant au décès de la victime.

multiplierait par deux le risque de blessures à la tête comparé aux conducteurs portant un casque (Shankar et al., 1992 ; Rutledge et Stutts, 1993 ; Gabella et al., 1995).

Le casque protège efficacement et sans distinction les hommes et les femmes (Evans et Frick, 1988). Enfin, ses caractéristiques techniques altèrent peu les capacités visuelles et auditives des usagers (Mc Knight et Mc Knight, 1995).

L'équipement 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 peut faire la différence entre un accident corporel léger ou grave.

Concernant les autres vêtements, non obligatoires mais fortement recommandés comme équipement de protection (gants, chaussures, blouson...), nous notons l'absence d'études accidentologiques sur leur impact réel 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.

Les équipementiers ont fait de gros efforts à ce sujet puisque deux normes sont en vigueur pour la protection des membres supérieurs la norme NF EN 1621-1 pour les coudes et les épaules, applicable aussi aux membres inférieurs genoux et tibia / péroné. Concernant la protection dorsale la norme est en cours d'homologation, il s'agit de la norme prEN 1621-2. 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.

Enfin, 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.

6 Conclusion

Les données accidentologiques relatives aux deux-roues à moteur sont éloquentes et, malgré le fait que le taux d'accident n'augmente plus alors que le parc s'agrandit, beaucoup de progrès restent à faire pour la sécurité des conducteurs de deux-roues à moteur et particulièrement du côté de la compréhension des phénomènes liés aux accidents. Mais les aspects les plus délicats tiennent, semble-t-il, aux paramètres comportementaux de la conduite, aux changements des représentations des conducteurs, et à la compréhension des mécanismes plus fins en jeu dans la conduite.

Les différentes tâches du projet Predit ANR "2RM" se sont employées à appréhender ces différentes questions de manière à aller plus loin dans la connaissance de l'accidentalité des deux-roues motorisés, des contextes qui les produisent, des facteurs qui les sous-tendent, sous l'hypothèse que cette connaissance est une condition nécessaire à la définition de pistes d'actions bien appropriées.

Le projet 2RM se décline en 6 Tâches qui appréhendent complémentaires les questions liées aux deux-roues motorisés.

- Tâche 1 : Les défaillances d'interaction

La tâche 1 du projet est spécifiquement dédiée à l'analyse accidentologique des différents types de problèmes opérationnels d'interaction entre les 2RM et les autres usagers, entre les 2RM et les infrastructures. Cette analyse porte donc sur les difficultés des conducteurs de 2RM mais aussi sur celles que les automobilistes rencontrent à leur égard.

- Tâche 2 : La dynamique des accidents - Comportement du couple conducteur-2RM en situation d'urgence

L'objectif de cette tâche est d'améliorer les connaissances sur le comportement du couple conducteur-2RM en situation d'urgence, afin de mieux comprendre comment le conducteur pourrait être assisté pendant cette phase de conduite délicate (et rare) et quelle pourrait être l'influence de systèmes d'assistance sur les comportements et sur la production des accidents.

- Tâche 3 : Analyse comparative de procédures d'accidents mortels et non mortels

Cette étude accidentologique "quantitative approfondie" à partir de procédures d'accidents est complémentaire de l'analyse "clinique" des EDA (Tâche 1). L'objectif est d'établir une distinction entre les accidents mortels et non mortels selon plusieurs paramètres : le type de situation d'accident, le type de véhicule impliqué, les sources de dysfonctionnements, etc., et de rendre compte des configurations accidentelles les plus récurrentes.

- Tâche 4 : Approfondissements et EDA prospectives.

Il s'agit ici de développer une approche complémentaire aux EDA existantes, pour approfondir les questionnements spécifiquement liés à la problématique des 2RM. Une interaction avec la Tâche 6 permettra d'élargir l'investigation accidentologique du côté sociologique.

- Tâche 5 : Observation des situations de trafic

L'objectif de cette tâche est d'identifier, puis d'analyser, les différentes situations de conflit de trafic auxquelles sont confrontés les motocyclistes, et notamment les situations dans lesquelles les motocyclistes sont en interaction avec les autres usagers. Ces données d'observation constituent un complément aux résultats accidentologiques.

- Tâche 6 : Etude sociologique des représentations

La dimension sociologique du projet porte sur l'analyse des représentations "croisées" des motocyclistes et des automobilistes les uns à l'égard des autres. Une fois mises à jour, ces représentations sociales sont interrogées sous l'angle de leur pouvoir explicatif des comportements individuels.

Les résultats issus de ces différentes tâches visent une connaissance plus ciblée et plus approfondie de la variété des problèmes rencontrés par les deux-roues motorisés, cette connaissance étant indispensable pour la définition de mesures qui soient bien adaptées à la réalité de ces problèmes.

7 Références bibliographiques

- Assailly, J.P. (2007). *Jeunes en danger : Les familles face aux conduites à risque*. Paris : Imago.
- Begg, D.J., Langley, J.D., Reeder, A.I. (1994). Motorcycle crashes in New Zealand resulting in death and hospitalisation. I: introduction methods and overview, *Accident Analysis & Prevention*. 26(2), 157-164.
- Branas, C.C, Knudson, M.M. (2001). Helmet laws and motorcycle rider death rates, *Accident Analysis & Prevention*. (33), 641-648.
- 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 (sous presse).
- Brooks, P., Guppy, A. (1990). Driver awareness and motorcycle accidents. *International motorcycle safety conference proceedings*. Motorcycle safety foundation.
- Brorsson, B., Ifver, J. (1984). Wobbling in modern motorcycles, *Accident Analysis & Prevention*. 16(5-6), 451-456.
- 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 and Prevention*, 10(1), 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), 83-109.
- Carré, J.R., Filou, C. (1991). Risque accidentel et mobilité des deux roues. Partie II : les deux-roues à moteur en France, *Rapport intermédiaire INRETS*.
- Carré, J.R., Filou, C. (1993). Etablissement d'une base de données documentaire internationale sur la sécurité des deux roues et revue de questions. Partie II : Sécurité des deux roues à moteur, *Rapport sur convention DSCR-INRETS*.
- 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. E.S.V. conférence, 1994. Communications françaises.
- Carré, J.R., Filou, C. (1996). L'insécurité des cyclomotoristes : Situation française et internationale, *Rapport INRETS n°211*.
- Cercarelli, L.R., Arnold, P.K., Rosman, D.L., Sleet, D., Thornett, M.L. (1992). Travel exposure and choice of comparison crashes for examining motorcycle conspicuity by analysis of crash data, *Accident Analysis & Prevention*. 24(4), 363-368.
- Chenier, T.C., Evans, L. (1987). Motorcyclist fatalities and the repeal of mandatory helmet wearing laws, *Accident Analysis & Prevention*. 19(2), 133-139.
- Chesham, D.J., Rutter, D.R., & Quine, L. (1993). Motorcycling safety research: a review of the social and behavioural literature. *Société de Sciences Médicales*, 37(3), 419-429.
- 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, Ecole Nationale des Ponts et Chaussée, Paris.
- 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.
- Conrad, P., Bradshaw, Y.S., Lamsudin, R., Kasniyah, N., Costello, C. (1996). Helmets injuries and cultural definitions: motorcycle injury in urban Indonesia, *Accident Analysis & Prevention*. 28(2), 193-200

- 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.
- Delhomme, P., Meyer, T. (1994). Gestion d'interaction conflictuelle et perception du contrôle chez les jeunes conducteurs. Rapport final DRAST/INRETS No. 92001.
- Direction de la Voirie et des Transports, Division des Equipements Routiers, Les accidents des deux-roues dans les Hauts-de-Seine, juillet 1996 à juin 1997. (1999)
- Dominique, J. (1990). La sécurité des deux roues et l'aménagement des infrastructures en rase campagne, *Rapport ENSAIS-SETRA*.
- Donne, G.L. (1990). Research into motorcycle conspicuity and its implementation. SAE technical paper, International Congress and Exposition.
- DRAST. "Gisement de sécurité routière", II, les dossiers de la Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques.
- Duncan, J. (1996) Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention. In G.W. Humphreys, J. Duncan and A. Treisman (eds) *Attention, Space and Action: Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: OUP, 112–129.
- Evans, L., Frick, C. (1988). Helmet effectiveness in preventing motorcycle driver and passenger fatalities, *Accident Analysis & Prevention*. 20(6), 447-458.
- Favero, J.L., Ferrandez, F., & Fleury, D. (1980). Les accidents de deux-roues : diagnostic et perspectives. *TEC*, 38, 32-38.
- Ferrandez, F. (Ed.) (1995). *L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire: méthodologie de recueil et d'analyse*. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Filou, C. (1998). Constitution d'un fichier des principales caractéristiques des motocycles et mise en relation avec les données d'accidents. (Rapport DERA MACIF/INRETS No. 9806). Arcueil, F : INRETS.
- Filou, C., Lagache, M., Decamme, C., Chapelon J. (2003). La sécurité des motocyclettes en 2001 : étude sectorielle. *La documentation Française*.
- Foldvary, L.A., Lane, J.C. (1964). The effects of compulsory safety helmets on motor-cycle accident fatalities, *Australian Road Research*.
- 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.
- Grayson, G.B., & Hakkert, A.S. (1987). Accident analysis and conflict behaviour. In T. Rothengatter & R. de Bruin (Eds.), *Road users and traffic safety*. Assen, Netherlands: Van Gorcum.
- Guyot, R. & coll. (2008). *Gisements de sécurité routière pour les deux-roues motorisés*. Chapitre 3 :: Améliorer la détectabilité des deux-roues motorisés. Paris : La Documentation Française.
- Guyot, R. (Ed.) (2002). *Gisements de sécurité routière*. Paris : La Documentation Française.
- Hancock, P.A., Caird, J.K., Shekhar, S., & Vercruyssen, 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: E.J. Haug (Ed.). *Concurrent engineering: Tools and technologies for mechanical system design*. (945-946), Berlin: Springer-Verlag.
- Hole, G.J., Tyrrel, L. (1995). The influence of perceptual "set" on the detection of motorcyclists using daytime headlights, *Ergonomics*. 38(7), 1326-1341.
- Hole, G.J., Tyrrel, L., Langahm, M. (1996). Some factors affecting motorcyclists' conspicuity, *Ergonomics*. 39(7), 946-965.
- Holubowycz, O.T., Kloeden, C.N, McLean, A.J. (1994). Age, sex and blood alcohol concentration of killed and injured drivers, riders, and passengers, *Accident Analysis & Prevention*. 26(4), 483-492.
- Horswill, M.S., Helman, S. (2003). A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: factors influencing accident risk, *Accident Analysis & Prevention*. (35), 589-597.

- Howells, R.A., Buck, J.R., Weiss, S.M., & McMillan, A.G. (1980). *Decision making in intersection entry accidents*. International Motorcycle Safety Conference Proceedings. Volume 4, 1585-1611. Linthicum, Maryland.
- Hurt, H.H., Ouellet, J.V., & Thom, D.R. (1981). *Motorcycle accident cause factors and identification of countermeasures*. Technical report. Traffic Safety Centre, University of Southern California.
- Ichikawa, M., Chadbunchachai, W., Marui, E. (2003). Effect of the helmet act for motorcyclists in Thailand, *Accident Analysis & Prevention*. (35), 183-189.
- Jonah, B.A., Dawson, N.E., Bragg, B.W.E. (1982). Are formally trained motorcyclists safer?, *Accident Analysis & Prevention*. 14(4), 247-255.
- Kautz, A. (1991). Statistical analysis of motorcycle accidents in Dresden. *Safety Environment Future, proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference, Bochum, edited by Institut für Zweiradsich*.
- Kopjar, B. (1999). Moped injuries among adolescents: a significant forgotten problem?, *Accident Analysis & Prevention*. (31), 473-478.
- Katayama, T., Motoki, M. (1991). Comparison of Riding Behaviour between Inexperienced Riders and Experienced Riders. *Proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference*, 382-403.
- Kraus, J.F., Franti, C.E., Johnson, S.L., Riggins, R.S. (1976). Trends in deaths due to motorcycle crashes and risk factors in injury collisions, *Accident Analysis & Prevention*. 8(4), 247-255.
- Langley, J., Mullin, B., Jackson, R., Norton, R. (2000). Motorcycle engine size and risk of moderate to fatal injury from a motorcycle crash, *Accident Analysis & Prevention*. (32), 659-663.
- Langley, J.D., Begg, D.J., Reeder, A.I. (1994). Motorcycle crashes resulting in death and hospitalisation. II: traffic crashes, *Accident Analysis & Prevention*. 26(2), 165-171.
- Laumon, B., Martin, J.-L. (2002). Analyse des biais dans la connaissance épidémiologique des accidents de la route en France. *Revue Epidémiologie Santé Publique*, 50, 277-285.
- Mack, A. and Rock, I. (1998) *Inattention Blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mackay, M. (1985). Leg Injuries to Motorcyclists and Motorcycles Design, 29th annual proceedings, Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- MAIDS (2004). *Motorcycle accidents in depth-study. Rapport Final*. Bruxelles : ACEM.
- Manders, S. M.; Rennie, G.C. (1984). An Evaluation of an Advanced Driver Training Course Involving Company Drivers. Report 1/84 (GR). Melbourne, Road Traffic Authority, Road Safety and Traffic Bureau.
- Mannering, F.L., Grodsky, L.L. (1995). Statistical analysis of motorcyclists' perceived accident risk, *Accident Analysis & Prevention*. 27(1), 21-31.
- 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.
- Mills, N.J., Gilchrist, A. (1991). The effectiveness of foams in bicycle and motorcycle helmets, *Accident Analysis & Prevention*. 23(2-3), 153-163.
- Mortimer, R.G. (1988). A further evaluation of the motorcycle rider course, *Accident Analysis & Prevention*. 19(4), 187-196.
- Muller, A. (1984). Daytime headlight operation and motorcyclist fatalities, *Accident Analysis & Prevention*. 16(1), 1-18.
- Namdara, 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.
- Obenski, K.S. (1994). *Motorcycle accident reconstruction: understanding motorcycles*. New York: Lawyers and Judges Publishing Co.
- Olson, P. (1989). Motorcycle conspicuity revisited. *Human Factors*, 31(2), 141-146.

- O'Malley, K.F., Born, C.T., DeLong, W.G., Halsey, D., Shaikh, K.A., Schwab, C.W. (1985). Patterns of Injury in Highway Trauma: Automotive, Motorcycle, Pedestrian, Moped and Bicycle. 29th Proceedings of the American Association for Automotive Medicine. 323-334.
- ONISR (2005). *Les motocyclettes et la sécurité routière en France en 2003*. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2003). La sécurité routière en France, bilan de l'année 2002. Paris : *La documentation Française*.
- ONISR (2002). *La sécurité routière en France, bilan de l'année 2001*. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2001). La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2000. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2001b). La sécurité des motocyclettes en 1999 : étude sectorielle. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2000). Bilan annuel : statistiques et commentaires, année 1999. Paris : La Documentation Française.
- Ouedraogo, L. (2002). Accidentologie des deux-roues motorisés des sociétaires MAIF et FILIA MAIF. Rapport de stage de DESS "Sciences du Danger - Gestion des Risques", Université de Poitiers.
- 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-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.
- 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.
- Perrin, C. (2000) Comparaison des capacités dynamiques des cyclomoteurs de type "classique" ou "scooter", *rapport de convention CNRS-INRETS*, 62p.
- 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.
- Raymond, S., & Tatum, S. (1977). An evaluation of the effectiveness of the RAC/ACU motorcycle training scheme. England7 University of Salford, Department of Civil Engineering, Road Safety Research Unit.
- Reeder, A.I., Alsop, J.C., Langley, J.D., Wagenaar, A.C. (1999). An evaluation of the general effect of the New Zealand graduated driver licensing on motorcycle traffic crash hospitalisations, *Accident Analysis & Prevention*. (31), 651-661.
- RIDER Rapport Final, Rapport CEESAR, Juin 2005
- Rusher, C. (2002). Deux roues motorisés: une catégorie hétérogène, une image et des usages diversifiés, Mémoire de DEA de géographie physique et humaine, aménagement, urbanisme, *Institut d'Aménagement Régional*.
- Ruscher, C. (2003). Qu'est ce qu'un "Deux roues motorisé" ? Réflexion sur la définition de ce mode de déplacement, son image et ses usages, *Transport/Environnement/Circulation*. (175), 27-33.
- 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. (1995). Age and experience in motorcycle safety. *Accident Analysis and Prevention*. 28(1), 15-21.
- Saad, F. (1988), INRETS-LPC. Prise de risque ou non - perception du danger. *Recherche Transport et Sécurité*, n° 18-19 sept, pp. 55-62.
- Schoonbroodt, M. (1998-1999). Le casque du motocycliste, son rôle lors d'un accident de la route, et les implications médico-légales, mémoire de licence en évaluation du dommage corporel, Université libre de Bruxelles, Faculté de Médecine.
- Schulz, U., Koch, H. (1991). Factors that influence the involvement of motorbikers in traffic accidents, *Safety Environment Future, proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference, Bochum, edited by Institut für Zweiradsich.*
- 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.
- Sun, S.W., Kahn, D.M., Swan, K.G. (1998). Lowering the legal blood alcohol level for motorcyclists, *Accident Analysis & Prevention*. 30(1), 133-136.
- Sunderstrom, C.A., Dischinger, P.C., Kerns, T.J. and Trifillis, A.C. (1999). Marijuana and other drug use among automobile and motorcycle drivers treated at a trauma centre. *Accident Analysis and Prevention*, 30(1), 182-185
- Supramaniam, V., Van Belle, G., Sung, J.F.C. (1984). Fatal motorcycle accidents and helmets laws in Peninsular Malaysia, *Accident Analysis & Prevention*. 16(3), 157-162.
- 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 G.W. Humphreys, J. Duncan and A. Treisman (Eds) *Attention, Space and Action: Studies in Cognitive Neuroscience*. Oxford: Oup, 91-111.
- Van Elslande, P. (2000). L'erreur humaine dans les scénarios d'accident : cause ou conséquence ? *Recherche Transports Sécurité*, 66, 7-33. (Numéro spécial "Psychologie de la conduite").
- Van Elslande, P. (2002). Analyse approfondie d'accidents de deux roues à moteur : défaillances fonctionnelles et scénarios d'erreur, Rapport de convention DSCR-INRETS.
- Van Elslande, P. (2002) Accidents de deux roues à moteur. Vers une meilleure compréhension grâce aux scénarios d'erreur. *Accidentologie et Sécurité routière*, novembre 2002.
- Van Elslande, P. (2003). Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique en ergonomie. *Le Travail Humain*, 66(3), 197-224.
- Van Elslande, P. (2008). Les deux-roues motorisés dans le système de circulation : une question d'interactions. *Le Travail Humain* (à paraître).
- Van Elslande, P., Alberton, L., Nachtergaële, C., & Blancher, G. (1997). Scénarios-types de production de "l'erreur humaine" dans l'accident de la route. (Rapport de recherche No.218). Arcueil, F : INRETS.
- Wells, S., Mullin B., Norton R., Langley J., Connor J., Lay-Yee R. and Jackson R. (2004) *Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study*. *BMJ* 2004, 328:857-860.
- Williams, M.J., Hoffman, E.R. (1979). Motorcycle conspicuity and traffic accidents, *Accident Analysis & Prevention*. 11(3), 209-224.
- 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.