

Chapitre 4. Facteurs contribuant aux accidents de deux-roues motorisés et à leur gravité

Ce chapitre décrit les facteurs les plus fréquents d'accidents de deux-roues motorisés en s'appuyant sur l'interaction traditionnelle entre les trois éléments essentiels du système de circulation : usagers de 2RM et autres usagers de la route, environnement routier et véhicules.

Facteurs d'accidents liés aux usagers de deux-roues motorisés

Certains facteurs concernent les usagers de 2RM et notamment les différents paramètres caractérisant leur état et leur condition : motivations, état physique, expérience et conscience du risque, etc. La littérature scientifique a montré que les facteurs tels que la vitesse, la consommation d'alcool et de stupéfiants, le non-respect des règles de circulation et le manque d'expérience, notamment du véhicule utilisé, étaient les principaux facteurs humains contribuant aux accidents de deux-roues motorisés.

La souplesse et les performances accrues (rapport puissance-masse) des véhicules peuvent influencer sur leurs conducteurs et favoriser les manœuvres inadaptées ou dangereuses, notamment en ce qui concerne le dépassement, la négociation des virages, le franchissement des intersections et la remontée de files. Ces manœuvres sont probablement les plus caractéristiques des types d'infractions commises par les deux-roues motorisés.

La probabilité que les motocyclistes respectent les règles de circulation est fortement corrélée à d'autres caractéristiques comme l'âge, l'expérience, la puissance du moteur et l'influence sociale. Une étude récente (Wu et al., 2012) montre que la probabilité qu'un motocycliste brûle un feu rouge est plus élevée lorsque le motocycliste est jeune ou d'âge moyen, qu'il est seul, qu'il y a moins de motocyclistes à l'arrêt et qu'il y a d'autres motocyclistes qui ignorent le feu rouge.

Vitesse excessive et inadaptée

Il est bien connu que la vitesse excessive et inadaptée est présente dans un grand nombre d'accidents. Comme le montre le modèle de Nilsson (Nilsson, 1994), le risque d'être tué dans un accident évolue de manière exponentielle avec la vitesse. Si la valeur exacte de l'exposant, en tenant compte notamment de la vitesse initiale (Elvik, 2013), fait l'objet de débats, la forme générale de la courbe n'est pas controversée entre les chercheurs (Figure 4.1).

Même s'il n'existe pas de modélisation spécifique pour les 2RM, il n'y a pas de doute que le modèle est applicable, puisque la vitesse moyenne des deux-roues motorisés est généralement plus élevée que celles des voitures.

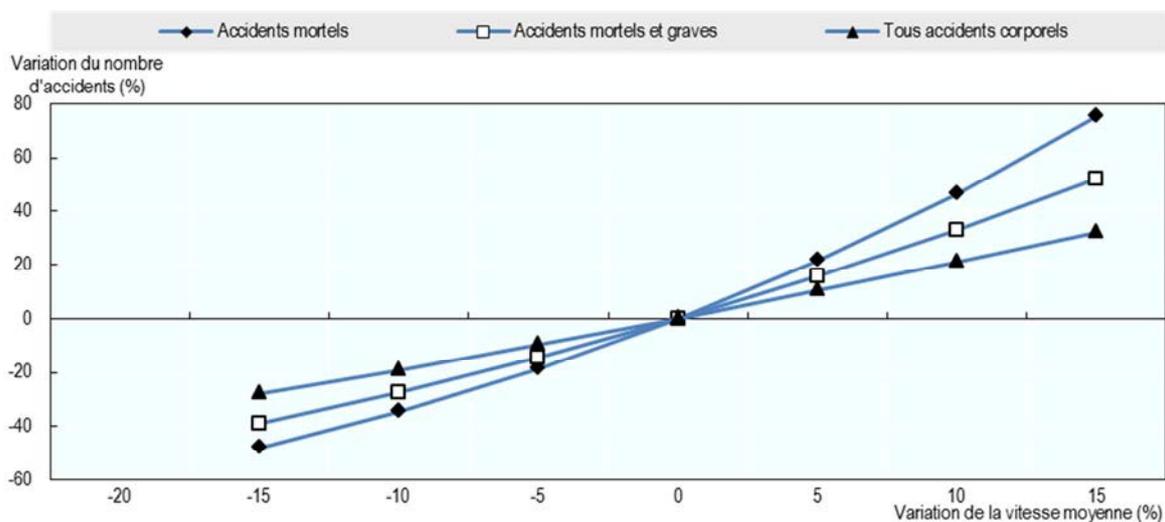
La vitesse est un facteur complexe qui peut influencer le processus d'accident à différentes étapes de sa production :

- Pendant la phase de conduite, une vitesse excessive peut mettre le conducteur dans une situation de conduite non optimale en réduisant le temps disponible pour traiter les informations et/ou en réduisant la capacité dynamique pour une régulation adaptée. Ainsi, en favorisant la production de certaines erreurs, la vitesse peut agir comme un facteur de production d'accidents.
- Pendant la phase d'urgence, une vitesse inadaptée peut empêcher le conducteur de maîtriser efficacement la trajectoire et la décélération du véhicule pour gérer une situation difficile. Ainsi, la vitesse peut aussi agir comme un facteur empêchant le contrôle du véhicule.
- Pendant la phase de collision, la vitesse constitue systématiquement un facteur aggravant, augmentant considérablement la gravité de l'accident en raison de l'énergie cinétique dissipée.

La vitesse concerne principalement les motocyclistes et moins fréquemment les cyclomotoristes (Blackman, 2012; Langley et al., 2000). La vitesse excessive (au-dessus de la vitesse limite) et inadaptée (non-adaptée aux circonstances, même si elle est inférieure à la vitesse limite) est responsable d'environ deux tiers des accidents mortels impliquant un seul véhicule (Lardelli-Claret et al., 2005; Shankar et al.,

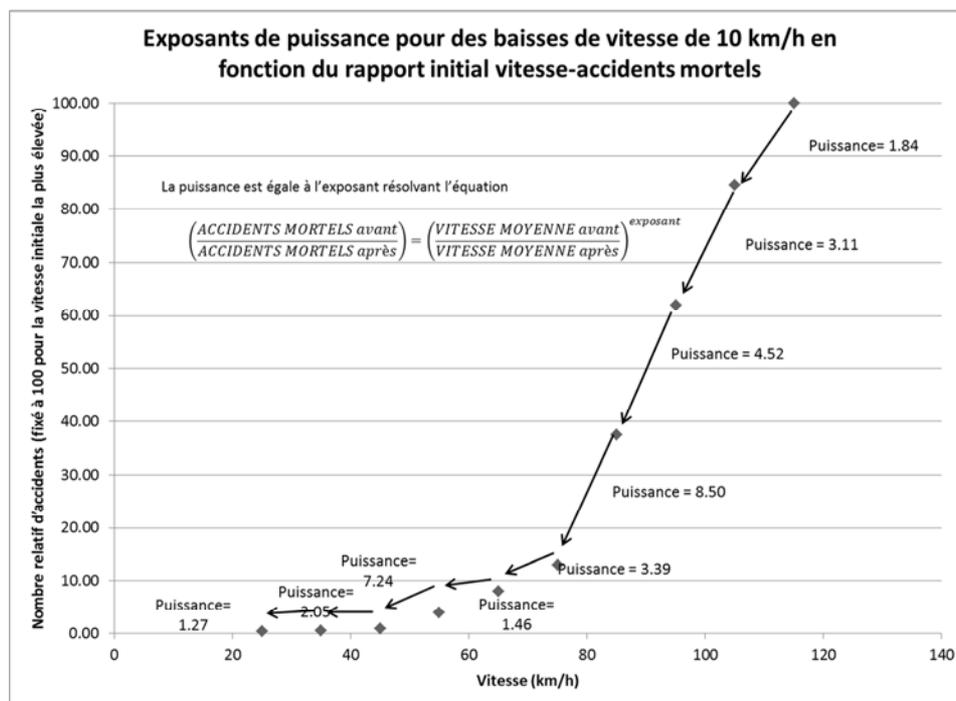
1992). Le risque lié à la vitesse est plus important chez les jeunes conducteurs de 2RM (Lardelli-Claret et al., 2005; Mullin et al., 2000; Wells et al., 2004).

Figure 4.1. **Modèle puissance représentant la relation entre la variation de la vitesse moyenne et la variation du nombre d'accidents**



Source : Nilsson

Figure 4.2. **Reparamétrisation du modèle puissance par Elvik**



Source : Elvik.

Conduire un deux-roues motorisé à une vitesse excessive ou inadaptée est un type courant de comportement risqués. En raison de leurs petites dimensions et de leur capacité d'accélération, les deux-roues motorisés permettent de dépasser les autres véhicules, de négocier les virages à une vitesse élevée et de s'insérer plus rapidement dans la circulation que les véhicules à moteur à quatre roues.

La vitesse est un problème plus important dans les accidents de deux-roues motorisés, par rapport aux autres modes de transport. En moyenne, les motocyclistes roulent à des vitesses plus élevées que les automobilistes, et les accidents de 2RM se produisent généralement à des vitesses plus élevées que les accidents de voitures (Horswill et al., 2005). Les écarts de vitesse entre motocyclistes et automobilistes sont plus grands sur les routes rurales, de même que les excès de vitesse (Guyot, 2008). Walton et al. (2012) signalent que les motocyclettes et les scooters franchissent les carrefours en T à une vitesse environ 10 % supérieure aux autres véhicules, et ont 3.4 fois plus de risques de dépasser la vitesse limite que les voitures.

En France, en 2004, près de la moitié des accidents corporels de deux-roues motorisés se sont produits alors que le conducteur roulait au-dessus de la vitesse limite (ONISR, 2006a). Aux États-Unis, en 2011, 35% des motocyclistes impliqués dans un accident mortel étaient en excès de vitesse, contre 22% des automobilistes (NHTSA, 2013). Toutefois, dans certaines régions du monde, les efforts ont mené à une réduction des écarts de vitesse entre les 2RM et les autres véhicules à moteur.

Alcool, stupéfiants et fatigue

Alcool

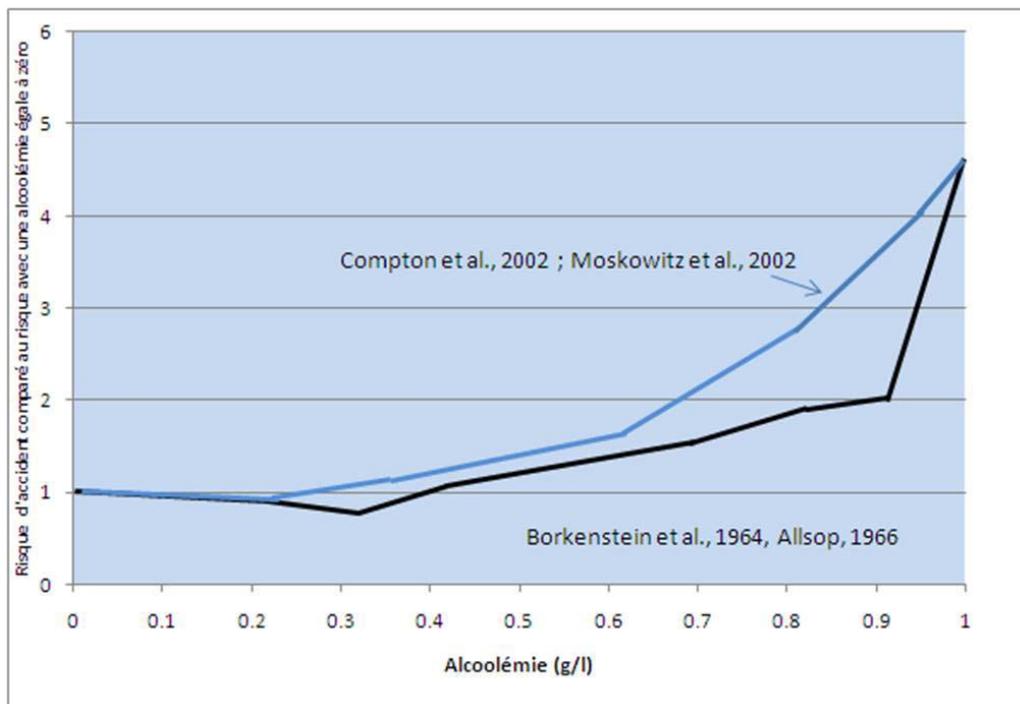
L'effet de la consommation d'alcool sur les performances de conduite est amplement démontré (Borkenstein et al., 1974; Compton et al., 2002 ; Moskowitz et al., 2002), comme l'indique la figure 4.3 concernant les automobilistes. De même, la consommation d'alcool est associée à une augmentation du risque d'accident mortel chez les conducteurs de 2RM (Evans, 2004; Kasantikul et al., 2005; Luna et al., 1984; Shibata et al., 1994; Rag et al., 2012). Étant donné la complexité de la conduite d'un deux-roues motorisé, le risque pour les conducteurs de 2RM pourrait être plus élevé, même si peu d'études ont examiné cette question (Creaser et al., 2009). Certains éléments indiquent que la capacité à conduire en toute sécurité est altérée à une alcoolémie plus faible pour un deux-roues motorisé que pour une voiture. Dans une étude antérieure, menée au Texas, les taux d'alcool dans le sang de conducteurs de 2RM et de conducteurs de voitures ou de poids lourds arrêtés pour conduite sous l'empire d'un état alcoolique ont été comparés (Watson and Garriott, 1992). Les deux groupes présentaient une altération de leurs capacités, mais évidente à un taux plus faible d'alcool dans le sang chez les conducteurs de 2RM que chez les autres conducteurs.

Par ailleurs, plusieurs études internationales montrent que les conducteurs de 2RM présentant une alcoolémie supérieure à la limite ont une plus forte probabilité d'excès de vitesse et de non-port du casque que ceux qui n'ont pas bu (SARTRE4, 2012; Peek-Asa et al., 1996; Soderstrom et al., 1993).

À l'exception de la Suède et de l'Australie, les données concernant la prévalence de l'alcool dans les accidents mortels chez différents usagers de la route montrent une plus grande proportion d'accidents liés à l'alcool chez les conducteurs de 2RM tués que chez les automobilistes tués (tableau 4.1). En outre, les accidents liés à l'alcool sont généralement plus graves (mortels) chez les conducteurs de 2RM. Cela signifie que pour une même alcoolémie, la gravité des accidents est plus élevée chez les conducteurs de 2RM que chez les autres usagers de la route (McLellan et al., 1993 ; Soderstrom et al., 1993 ; Soderstrom et al., 1995; Williams et al., 1985).

- En Suède, par ailleurs, le pourcentage d'accidents liés à l'alcool est le même chez les conducteurs de 2RM que chez les automobilistes, soit environ 24 %.
- En France, le pourcentage de conducteurs de 2RM ayant bu de l'alcool est plus élevé chez les cyclomotoristes que chez les motocyclistes, tant pour les accidents corporels que mortels (Guyot, 2008). En 2012, 8.4 % des cyclomotoristes et 5.2 % des motocyclistes impliqués dans un accident corporel avaient une alcoolémie supérieure à la limite (contre 6.6 % des automobilistes). Pour les accidents mortels, ces pourcentages étaient de 36 % chez les cyclomotoristes, 21 % chez les motocyclistes et 21 % chez les automobilistes (ONISR, 2013).
- Aux États-Unis, en 2011, les motocyclistes étaient plus nombreux, en pourcentage, à avoir une alcoolémie supérieure à la limite légale de 0.8 g/l que les autres conducteurs de véhicules à moteur. Les pourcentages de conducteurs sous l'empire d'un état alcoolique impliqués dans un accident mortel étaient de 29 % chez les motocyclistes, 24 % chez les automobilistes, 21 % chez les conducteurs de camions légers et 1 % chez les conducteurs de poids lourds. 30 % des motocyclistes tués avaient une alcoolémie supérieure à la limite légale de 0.8 g/l et 42 % des motocyclistes tués dans un accident impliquant un seul véhicule avaient une alcoolémie supérieure à la limite (NHTSA, 2013) (Tableau 4.1).

Figure 4.3. Taux d'alcool dans le sang et risque relatif d'implication dans un accident déclaré à la police



Source : Borkenstein et al. (1974) ; Compton et al. (2002) , Moskowitz et al. (2002) , Allsop (1966) dans OMS (2004).

Tableau 4.1. Proportion (%) d'accidents liés à l'alcool chez les conducteurs de 2RM et de voitures (alcoolémie supérieure à la limite)

Pays	Accidents mortels		Accidents corporels	
	2RM	Voitures	2RM	Voitures
Suède (2005-08)	24%	23 %	n.d.	n.d.
États-Unis (2011)	29 %	24 %		
France (2012)	21 % (motocyclettes) 36 % (cyclomoteurs)	21 %	5.2 % (motocyclettes) 8.4 % (cyclomoteurs)	6.6 %
Australie (1999-2003)	26 %*	26 %	n.d.	n.d.

* comprend l'alcool et autres drogues.

Source : enquête du groupe de travail.

Des études ont montré que, chez les conducteurs de 2RM, l'alcool était présent dans 29 % à 75 % des morts (Drummer et al., 2003 ; Holubowycz et al., 1994 ; Hurt et al., 1981 ; Larsen et al., 1987 ; Preusser et al., 1995) et dans 13 % à 60 % des blessures (Holubowycz et al., 1994 ; Kasantikul et al., 2005 ; Luna et al., 1984 ; McLellan et al., 1993 ; Sun et al., 1998). En moyenne, les conducteurs de 2RM impliqués dans des accidents mortels avaient une alcoolémie plus élevée que ceux impliqués dans des accidents corporels (Holubowycz et al., 1994).

Comme les accidents de voitures, les accidents de 2RM liés à l'alcool peuvent impliquer plus souvent des hommes jeunes (Holubowycz et al., 1994; McLellan et al., 1993; Williams, 1979). Des études montrent également une surreprésentation des accidents liés à l'alcool pendant la nuit (Kasantikul et al., 2005; Peek-Asa et al., 1996; Williams et al., 1985), durant le week-end (Holubowycz et al., 1994; Kasantikul et al., 2005) et à vitesse élevée (Colburn et al., 1993; Peek-Asa et al., 1996; Soderstrom et al., 1993).

Stupéfiants

Comme pour l'alcool, l'effet des stupéfiants peut être amplifié chez les conducteurs de 2RM, puisque la conduite d'un deux-roues motorisé exige plus d'équilibre, de coordination et de précision que la conduite d'une voiture (Van Elslande et al., 2003). L'usage de stupéfiants, en plus de la consommation d'alcool, principalement chez les jeunes, pendant les nuits de week-end, ne doit pas être ignorée (Assailly et al., 2002).

Très peu d'études portent sur la relation entre l'usage de stupéfiants et le risque d'accident chez les deux-roues motorisés. La plupart examine la prévalence des différents types de stupéfiants chez les conducteurs de 2RM blessés (Drummer et al., 2003; Longo et al., 2000; Soderstrom et al., 1993; Soderstrom et al., 1995; McLellan et al., 1993; Sun et al., 1998; Williams et al., 1985). Dans ces études, la proportion de consommateurs de stupéfiants est plus élevée chez les conducteurs de 2RM que chez les automobilistes (Drummer et al., 2003; Longo et al., 2000; Soderstrom et al., 1995; Sun et al., 1998 ; Williams et al., 1985) et la proportion de conducteurs de 2RM ou de voitures testés positifs à l'alcool et aux stupéfiants ne peut pas être négligée (Drummer et al., 2003; Williams et al., 1985).

Les résultats d'une étude de cas française¹ dans le cadre du projet européen DRUID suggèrent que parmi les conducteurs impliqués dans un accident mortel, la prévalence de l'alcool et du cannabis est plus élevée chez les conducteurs de deux-roues motorisés, notamment de cyclomoteurs, que chez les autres usagers de la route.

Tableau 4.2. **Prévalence de la consommation de stupéfiants chez différents usagers de la route**

Type d'usager	N	Alcool	Cannabis	Amphét.	Cocaïne	Opiacés
Cycliste	131	22.1 %	3.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Cyclomotoriste	217	55.8 %	14.3 %	1.4 %	1.4 %	0.9 %
Motocycliste	1 018	32.9 %	9.0 %	0.4 %	0.4 %	0.9 %
Automobiliste	7 455	28.5 %	7.5 %	0.8 %	0.5 %	1.0 %
Conducteur de camionnette	340	13.2 %	5.0 %	0.9 %	0.3 %	0.3 %
Conducteur de camion	1 092	3.8 %	1.9 %	0.2 %	0.5 %	0.3 %
Autre	266	9.8 %	0.4 %	0.0 %	0.0 %	0.4 %

Positivité (taux dans le sang) :

Alcool ≥ 0.1 g/l, THC ≥ 1 mg/ml, amphétamines ≥ 20 mg/ml, cocaïne ≥ 10 mg/ml, opiacés ≥ 10 mg/ml

Source : DRUID, étude de cas française.

Une étude américaine (NHTSA, 2007) basée sur des enquêtes en bord de route concernant la consommation d'alcool et de stupéfiants a montré que les motocyclistes avaient le pourcentage de résultats positifs aux stupéfiants le plus élevé de tous les usagers de la route, principalement la nuit. Elle a également montré que la prévalence des stupéfiants était plus élevée chez les motocyclistes ne portant pas de casque.

Âge et expérience

Âge

La relation entre âge et risque est complexe. Si les jeunes conducteurs de 2RM peuvent avoir des comportements plus risqués entraînant une augmentation du risque d'accident, les conducteurs de 2RM plus âgés peuvent avoir un risque plus élevé de blessures graves en raison de leur plus grande fragilité physique.

En général, les jeunes ont un risque d'accident plus élevé. Comme pour les autres modes de transport, le risque plus élevé chez les jeunes peut s'expliquer par l'association du manque d'expérience et de la propension à adopter un comportement à risque (vitesse, consommation d'alcool et de stupéfiants, conduite récréative, etc.) (Chesham et al., 1993; Ryan et al., 1998).

Plusieurs études montrent que le risque d'accident diminue avec l'âge, ce qui s'explique essentiellement par une diminution de la distance annuelle parcourue (Chang et al., 2006; Harrison et al., 2005; Lin et al., 2003; Mullin et al., 2000). Par ailleurs, les études montrent une augmentation du risque chez les conducteurs de 2RM de plus de 60 ans (Lardelli-Claret et al., 2005). Cela peut s'expliquer par une baisse de leur capacité et de leurs performances de conduite, ainsi que par la difficulté à gérer des situations de conduite complexes (Ryan et al., 1998).

Les 40-60 ans sont de plus en plus représentés dans les accidents de deux-roues motorisés, ce qui est essentiellement dû à une augmentation sensible du nombre de conducteurs de cette classe d'âge (SafetyNet, 2010).

Manque d'expérience

Des études montrent l'importance de l'expérience de la circulation, non seulement pour les conducteurs de 2RM, mais aussi pour les automobilistes. L'expérience de la conduite d'un deux-roues motorisé réduit également le risque d'accident : plus la distance parcourue est longue, plus le risque par kilomètre est faible (Mullin et al., 2000). L'expérience de la conduite d'une voiture contribue à réduire le risque d'accident chez les jeunes conducteurs de 2RM : les personnes qui ont une plus grande pratique de la voiture ont un risque d'accident moins élevé lorsqu'elles roulent en deux-roues motorisé (Reeder et al., 1995), ce qui reflète un bon transfert d'expérience.

Une étude récente (Bellet et al., 2012) examine quatre populations de motocyclistes en termes d'expérience : les motocyclistes professionnels (policiers), les motocyclistes expérimentés, les jeunes motocyclistes et les motocyclistes novices. Les résultats montrent que les capacités cognitives dans la détection des dangers et l'évaluation des situations critiques dépendent de l'expérience de la conduite : les motocyclistes professionnels et les motocyclistes expérimentés ont obtenu de meilleurs résultats que les motocyclistes novices et les jeunes motocyclistes concernant la perception des dangers (temps de réaction plus court). En outre, ces derniers sous-estiment le risque situationnel et semblent trop confiants dans leurs capacités à le gérer.

Plus encore que pour la voiture, l'expérience du véhicule utilisé semble importante. Dans le parc de motocyclettes, il existe une plus grande diversité de types de véhicules, ce qui peut exiger un temps d'adaptation à un nouveau véhicule. Un indicateur de ce phénomène est le nombre de kilomètres parcourus avec le même véhicule (familiarité avec le deux-roues motorisé), qui s'est avéré fortement lié à la baisse du nombre d'accidents mortels ou graves, encore plus que d'autres aspects de l'expérience de la conduite (Mullin et al., 2000). Ainsi, les personnes qui empruntent une motocyclette ont un risque d'accident plus élevé que celles qui possèdent leur propre motocyclette (Haworth et al., 1994; Mullin et al., 2000; Reeder et al., 1995).

Enfin, l'augmentation du risque d'accident est souvent constatée chez les personnes non titulaires d'un permis valide (Haworth et al., 1994; Hurt et al., 1981; Lardelli-Claret et al., 2005; Lin et al., 2003; Magazzu et al., 2006; Reeder et al., 1999; Rutter et al., 1996; Wells et al., 2004).

Perception et détection

Comme indiqué au chapitre 3, les trois scénarios d'accidents les plus courants pour les deux-roues motorisés (motocyclettes et cyclomoteurs) sont les suivants :

- Le motocycliste ou cyclomotoriste est victime d'un accident impliquant un seul véhicule, alors qu'il roule sur une route et qu'il perd le contrôle de son véhicule (par exemple, dans un virage).
- Le motocycliste ou cyclomotoriste aborde un carrefour et se heurte ou est heurté par un automobiliste qui ne l'a pas vu à temps.
- Un automobiliste tourne à gauche (ou à droite dans les pays où l'on circule à gauche) et brûle la priorité au motocycliste ou cyclomotoriste qui arrive dans le sens opposé.

À l'exception des accidents impliquant un seul véhicule, ces scénarios montrent que le refus de priorité par les automobilistes est un élément important des accidents impliquant des motocyclistes.

Selon un vaste corpus de recherche, cela est essentiellement dû au fait que l'automobiliste ne voit pas le motocycliste. Ainsi, le projet MAIDS (ACEM, 2009) a étudié plus de 900 accidents dans cinq pays (France, Allemagne, Italie, Espagne et Pays-Bas) impliquant un deux-roues motorisé (motocyclette ou cyclomoteur). Il a conclu que dans plus de 36 % des cas, le conducteur de l'autre véhicule n'avait pas vu le 2RM et que dans 12 % des cas, le conducteur du 2RM n'avait pas vu l'autre véhicule.

Questions de perception concernant les deux-roues motorisés

Dans les situations où l'automobiliste brûle la priorité au motocycliste, il admet souvent qu'il a regardé dans la direction du motocycliste avant de manœuvrer, mais qu'il n'a pas vu le motocycliste, qui était théoriquement visible (Wulf et al., 1989). Ces accidents sont appelés « looked-but-failed-to-see » (a regardé, mais n'a pas vu) (Clarke et al., 2007; Koustanai et al., 2008) ou « motorcycle conspicuity-related crashes » (accidents liés à une faible conspécuité) (Radin-Umar et al., 1996; Wulf et al., 1989). Ils se caractérisent souvent par une forte gravité (Pai, 2009).

Les accidents où l'automobiliste n'a pas regardé et les accidents où l'automobiliste a regardé mais n'a pas vu le motocycliste comprennent les deux principales catégories d'erreurs de perception contribuant aux accidents (Staughton et Storie, 1977). La première peut s'expliquer par une analyse visuelle inadéquate : l'automobiliste ne regarde pas au bon endroit et au bon moment (par ex., angle mort). La deuxième est davantage due à la faiblesse du système de perception humain, qui dans certaines conditions (contraintes de temps, excès de sources d'information) ne voit pas ce qui se trouve pourtant dans son champ visuel. C'est l'une des raisons pour lesquelles les automobilistes ont des difficultés à détecter les deux-roues motorisés.

La perception et la détection des deux-roues motorisés par les autres usagers de la route sont donc reconnues comme des aspects essentiels caractérisant les problèmes d'interaction de ces véhicules dans la circulation. Elles portent notamment sur la difficulté inhérente d'un motocycliste à être vu par les autres usagers de la route, un concept appelé dans la littérature « faible détectabilité ou conspécuité » (Hurt et al., 1981; Preusser et al., 1995; Yuan, 2000).

Défaillances du système de perception visuel humain

L'environnement routier sollicite considérablement les capacités de perception humaines, en raison de vitesses élevées et de situations complexes qui poussent parfois ces capacités jusqu'à leurs limites. Il se peut ainsi qu'un conducteur ne perçoive pas des éléments d'information inattendus ou inhabituels, comme c'est parfois le cas avec les deux-roues motorisés, qui ont une forme différente et un comportement différent, et qui sont plus difficiles à détecter en raison de leurs petites dimensions frontales.

La détection n'est pas la seule difficulté qui se présente à notre système de perception, car elle n'est pas la seule à participer au traitement des informations visuelles. Il est courant que les deux-roues motorisés soient détectés sur la route, mais que leur distance et leur vitesse d'approche ne soient pas correctement évaluées par l'observateur (Pai, 2011). Une mauvaise perception des 2RM peut avoir un impact sur chaque étape de traitement de l'information, depuis la détection jusqu'à la prise de décision.

Causes complexes des problèmes de perception

De nombreux paramètres peuvent contribuer aux difficultés de perception et d'évaluation d'un automobiliste en présence d'un deux-roues motorisé. Ces paramètres peuvent être liés aux capacités du système visuel humain, aux caractéristiques de l'environnement, ainsi qu'aux caractéristiques du deux-roues motorisé en tant qu'objet perçu.

- Petites dimensions du véhicule : les plus petites dimensions frontales des deux-roues motorisés constituent l'élément le plus souvent cité pour expliquer la difficulté particulière à les percevoir (voir notamment Hurt et al., 1981; Wulf et al., 1989). Les caractéristiques physiques des 2RM poussent souvent la capacité du système sensoriel humain jusqu'à ses limites, ce qui explique la difficulté à détecter les véhicules et à évaluer leur vitesse d'approche.
- Obstruction de la visibilité : en raison de ses dimensions, un deux-roues motorisé est plus facilement caché par un objet ou par la végétation qu'un véhicule plus important.
- Comportement du conducteur : les conducteurs de 2RM peuvent, par leur comportement, contribuer indirectement au fait qu'ils ne soient pas facilement perceptibles. Ils peuvent surprendre les autres usagers de la route en s'écartant des usages par certaines manœuvres, concernant notamment le positionnement (situation dans l'angle mort des voitures), la vitesse et l'accélération, et perturber ainsi les stratégies de perception des automobilistes (Ragot et al., 2012; van Elslande, 2009).
- La faible connaissance des deux-roues motorisés par la plupart des automobilistes, liée à la rareté relative de ces véhicules dans la circulation, entraîne des difficultés cognitives pour les automobilistes : ces derniers s'attendent peu à rencontrer un motocycliste, principale raison pour laquelle ils ne le voient pas (Rogé et al., 2012; Gershon et al., 2012).

Environnement routier

Les facteurs liés à l'environnement routier peuvent avoir une influence importante sur la gravité de l'accident, même s'ils sont rarement la principale cause d'accident. Ainsi, selon l'étude MAIDS, la route et son environnement sont une cause principale dans 8 % des accidents de deux-roues motorisés. Néanmoins, les conducteurs de 2RM sont plus sensibles à la conception et à l'entretien de la route que les automobilistes. Une perturbation de l'environnement peut être facilement gérée par un automobiliste, mais peut représenter une difficulté pour un conducteur de 2RM.

Conception, état et entretien de la chaussée

La conception des éléments de la route influe sur la façon dont l'utilisateur interagit avec la route. Ces éléments comprennent les courbes, les carrefours, la surface de la chaussée et les abords de la route.

Courbes

Le rayon d'une courbe horizontale a un effet important sur la capacité à contrôler la trajectoire du véhicule et est un facteur d'augmentation du risque d'accident. Environ 30 % des accidents de deux-roues motorisés se produisent pendant ou après un virage, contre 21 % des accidents d'autres véhicules. Les courbes à petit rayon sont plus difficiles à négocier et le mauvais état de la route dans les virages augmente considérablement le risque d'accident pour les motocyclistes (ACEM, 2006).

Carrefours

Environ un tiers des accidents mortels de deux-roues motorisés ont lieu à un carrefour (intersection ou giratoire), contre seulement 14 % pour les voitures. La gravité des accidents de 2RM aux carrefours est plus élevée que pour les autres usagers de la route (CERTU, 2010). Les panneaux ou autres objets implantés près des intersections peuvent réduire sensiblement la visibilité et rendre plus difficile la détection des usagers venant d'autres directions.

Une série d'études belges (Daniels et al., 2010; De Brabander et Vereeck, 2007) s'accordent à conclure que les giratoires réduisent le nombre d'accidents corporels, mais qu'ils ne bénéficient pas autant aux usagers vulnérables (piétons, vélos et 2RM). Daniels et al. (2010) ont démontré que les cyclomoteuristes, cyclistes et motocyclistes étaient victimes d'un plus grand nombre d'accidents impliquant un seul véhicule, par rapport à leur part modale. Il s'est produit moins d'accidents de cyclomoteuristes sur les giratoires construits plus récemment (giratoires plus susceptibles d'être des « turbo-giratoires »), et les accidents impliquant des cyclomoteuristes sont plus susceptibles d'avoir lieu sur les giratoires à trois branches. Si les bénéfices globaux des giratoires en matière de sécurité routière sont dus à la géométrie qui oblige les véhicules venant de différentes directions à ralentir, il est possible que les deux-roues motorisés, en raison de leur manœuvrabilité, ne ralentissent pas et soient donc plus exposés aux accidents impliquant un seul véhicule. Une adhérence suffisante de la chaussée sur les giratoires est donc primordiale pour les 2RM. Les giratoires qui ne sont pas suffisamment visibles (notamment de nuit) peuvent constituer des obstacles en soi.

Qualité de la chaussée

Les deux-roues motorisés sont plus sensibles à l'état de la chaussée que les autres véhicules à moteur. Plusieurs facteurs peuvent provoquer des conditions dangereuses pour les motocyclistes en réduisant l'adhérence (coefficient de frottement) ou en créant une surface irrégulière de la chaussée: ornierage, plissement, nids-de-poule, bosses, etc. (IBSR, 2005; MOW, 2008). Les joints longitudinaux entre les voies constituent une zone étroite dont l'adhérence est différente ou créent une petite irrégularité sur la surface de la chaussée. Les joints de dilatation en acier, parfois utilisés sur les ponts, peuvent déstabiliser un deux-roues motorisé (SETRA, 2002 ; CROW, 2003).

Les éléments de la chaussée (grilles d'avaloirs ou de drainage, plaques d'égout, rails de tramway, etc.) peuvent aussi constituer un facteur de risque pour les deux-roues motorisés (IHIE, 2010 ; MOW, 2008 ; ERF, 2009 ; CROW, 2003), en raison des caractéristiques de surface (adhérence) différentes par rapport à la chaussée environnante. En outre, ils peuvent créer des irrégularités sur la surface de la chaussée (voir figure 4.4). La différence d'adhérence entre un marquage routier et la chaussée environnante peut être problématique et entraîner une perte de stabilité (ACEM, 2006 ; ERF, 2009 ; IHIE, 2010). En cas de mauvaise conception ou réalisation, il existe un risque d'accumulation d'eau à la surface du marquage. L'usure causée par la circulation dégrade rapidement les caractéristiques des marquages. Le renouvellement d'un marquage sans enlèvement de l'ancienne couche peut créer une couche « surélevée » et provoquer une perte de stabilité (ACEM, 2006 ; CROW, 2003).

Les dispositifs d'apaisement du trafic utilisés pour réduire les vitesses des véhicules peuvent entraîner une perte d'adhérence sur la chaussée et déstabiliser les deux-roues motorisés (ACEM, 2006; ERF, 2009 ; MOW, 2008). Dans certains pays, les bordures et les délinéateurs sont parfois utilisés pour séparer les voies ou délimiter le bord de la route. Or, ils entraînent un risque élevé de perte de stabilité pour les 2RM, même à vitesse modérée (IBSR, 2005).

Débris, pollution et marchandises déversées sur la chaussée

Les débris, la pollution et les marchandises déversées sur la chaussée peuvent être dangereux pour les motocyclistes. Les arbres en surplomb et autres végétaux peuvent créer des conditions dangereuses sur la chaussée : chute de feuilles, gravier, terre, boue et liquides peuvent rendre la surface glissante à certains endroits ou cacher des défauts ponctuels de la chaussée (IBSR, 2005). La présence de gravier, terre, boue et liquides influe sur l'adhérence de la chaussée. Le carburant déversé peut être glissant, peu détectable par les motocyclistes et difficile à enlever (IBSR, 2005). Ce phénomène est plus dangereux

dans les courbes et les giratoires, où une adhérence suffisante est particulièrement importante pour les deux-roues motorisés.

Aquaplaning/hydroplanage

La présence d'eau sur la chaussée peut avoir différentes origines (drainage insuffisant ou obstrué, événements météorologiques extrêmes, défauts d'uni, etc.). Elle réduit l'adhérence, ce qui est encore plus problématique pour les deux-roues motorisés que pour les autres usagers de la route.

Bords de route

Les obstacles (végétation, construction, équipement de la route, etc.) à l'intérieur des virages ou aux intersections peuvent compromettre la visibilité en obscurcissant la vue ou en réduisant la distance de visibilité. Les usagers venant de différentes directions auront plus de difficultés à détecter les autres véhicules (MOW, 2008). Bien qu'ils contribuent à une faible part des accidents de deux-roues motorisés, les obstacles sont responsables d'un nombre relativement élevé de morts (IBSR, 2005). Les obstacles considérés comme « sûrs » ou non agressifs pour les occupants de voitures, peuvent être très agressifs pour les usagers de 2RM, et entraîner la mort ou des blessures graves (CROW, 2003).

Dispositifs de retenue routiers et barrières

Les dispositifs de retenue routiers sont utiles pour les occupants de voitures, mais peuvent être très dangereux pour les usagers de 2RM en cas de collision. Les collisions contre des dispositifs de retenue ou des barrières contribuent à une part de 2 % à 4 % des morts chez les deux-roues motorisés. Les impacts contre des poteaux non protégés, et notamment les parties coupantes des glissières de sécurité peuvent être critiques (CIDAUT, 2006 ; 2-BE-SAFE, 2009).

De manière générale, tout poteau non protégé représente un réel danger pour les deux-roues motorisés. Selon le projet SMARTRSS (Università degli Studi di Firenze, 2013) de dispositif routier de retenue européen intelligent, la barrière en câbles d'acier est considérée comme l'un des dispositifs de retenue les plus agressifs pour les usagers de 2RM. Cependant, selon Rizzi et al. (2012), aucune différence significative n'a été observée entre les barrières en câbles et d'autres types de glissières de sécurité discontinues. Il a été néanmoins constaté que la position du conducteur par rapport à la glissière de sécurité lors de l'impact avait une importance déterminante sur les conséquences générales de la collision.

Travaux d'entretien routier

Les réparations locales ou les traitements de surface (enduits superficiels) qui ne sont pas correctement exécutés créent un risque et les zones ainsi réparées représentent donc un danger (temporaire) pour les deux-roues motorisés. Une adhérence insuffisante, un excès de gravillons rejetés ou une trop faible quantité de gravier ou de granulat antidérapant (par ex., pour les réfections locales en enrobé à froid) peuvent localement réduire l'adhérence (CROW, 2003 ; IHIE, 2010). Durant le surfacage, la chaussée scarifiée ouverte à la circulation avant qu'une nouvelle couche ne soit mise en œuvre, peut représenter un danger supplémentaire pour les motocyclistes (CROW, 2003).

Figure 4.4. **Dangers infrastructurels liés à la conception et à l'entretien de la route**

Pavés en pierre naturelle et plaques d'égout en fonte glissants lorsqu'ils sont mouillés



Intersection : panneau cachant les véhicules venant de la gauche



Séparateur de voies représentant un obstacle pour les deux-roues motorisés



Revêtement différent sur la bordure intérieure créant une zone à l'adhérence différente



Joint



Modération de la circulation : plateau surélevé



Différence de niveau entre la plaque d'égout et la surface de la chaussée



Marquages routiers pouvant réduire l'adhérence



Rails de tramway



Orniérage



Accotement non stabilisé



Source : AWV, BRRC, www.motorcyclenews.com.

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont rarement le principal facteur d'accident de deux-roues motorisé. Des études menées en Europe, en Australie et aux États-Unis, à partir d'enquêtes d'accidents approfondies, suggèrent que les conditions météorologiques défavorables causent moins de 10 % des accidents de 2RM (Hurt et al., 1981; ACEM, 2003 ; Johnston et al., 2008). Ces résultats s'expliquent en partie par le fait que les conditions météorologiques ont un impact important sur la mobilité des 2RM: les usagers quotidiens sont plus susceptibles de changer de mode de transport et les usagers occasionnels (pour les loisirs) peuvent différer leur voyage.

Les conditions météorologiques défavorables pour les deux-roues motorisés peuvent aussi être liées aux températures élevées, qui peuvent tout autant réduire le confort et la sécurité. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre leur impact sur le comportement de conduite.

Véhicule

La responsabilité des défauts techniques dans les accidents de deux-roues motorisés varie, selon les études, entre 5.1 % (MAIDS, 2009) et 8 % (Commission européenne, 2012). Une étude dans l'État de Victoria (Australie) a constaté que les défauts du véhicule étaient relativement courants sur les motocyclettes accidentées et contribuaient à environ 12 % des accidents de motocyclettes, contre 3 % des accidents de voitures (Rechnitzer, Haworth et Kowadlo, 2001). Les défauts des pneumatiques et des freins sont les problèmes les plus fréquents. Les défaillances des pneumatiques peuvent créer un risque de blessures graves ou de mort. Pour réduire le risque lié à ces défaillances, il est fortement recommandé de suivre toutes les instructions de sécurité relatives au gonflement, à la charge, aux dommages, à la taille des pneus, etc.

Si l'implication dans un accident et la prévalence des défauts augmentent avec l'âge du véhicule pour les voitures, ce n'est pas le cas pour les motocyclettes, car les accidents de motocyclettes impliquent souvent des conducteurs inexpérimentés possédant des véhicules plus récents (avec moins de défauts) que les conducteurs expérimentés.

Certains défauts des véhicules contribuent clairement à la survenue d'accidents. Toutefois, il est difficile d'établir des systèmes permettant d'identifier et de limiter la formation de ces défauts. Même lorsqu'il existe des programmes d'inspection périodique, un pourcentage important de véhicules continue de présenter des défauts les rendant « hors d'état de circuler ». Cependant, seuls certains de ces défauts s'avèrent contribuer aux accidents. Cela suggère que les défauts ne sont des facteurs d'accidents que dans certaines circonstances. Cette conclusion est loin d'être surprenante, puisque les accidents peuvent être causés par un grand nombre de facteurs et une chaîne d'événements, dont les défauts des véhicules ne sont qu'un des éléments.

Les caractéristiques des véhicules (ou leur absence) peuvent contribuer aux accidents de deux-roues motorisés et à leur gravité de différentes manières : elles peuvent rendre le véhicule plus difficile à contrôler, elles peuvent encourager ou faciliter des comportements dangereux de la part du conducteur, elles peuvent constituer un défaut ou un dysfonctionnement et contribuer ainsi à la survenue d'un accident ou elles peuvent compromettre la protection du véhicule lors d'un accident.

Comme indiqué au chapitre 3, les études existantes ne sont pas concluantes en ce qui concerne l'effet de la cylindrée sur le risque d'accident de motocyclette. Deux revues de la littérature ont été menées (Mayhew et al., 1989 ; van Honk et al., 1997). Elles soulignent l'absence de preuves reliant la

cylindrée et la survenue ou la gravité d'un accident. Une analyse combinant les résultats de treize études a constaté que l'association entre la cylindrée et la survenue d'un accident était plus faible lorsque les résultats étaient corrigés en fonction de l'âge, du sexe et du nombre de kilomètres parcourus (Elvik et al., 2009).

La puissance d'un deux-roues motorisé n'explique pas en elle-même l'augmentation du risque d'accident. Il existe plusieurs facteurs associés, comme le type de véhicule (de sport, de tourisme, trail), les conditions d'exposition (conduite de jour ou de nuit, longueur du trajet) et l'âge du conducteur, qui influent sur les comportements de conduite. Ainsi, Bjornskau et al. (2012) indiquent qu'en Norvège, les motos de sport (répliques de motos de course) présentent un risque d'accident sensiblement plus élevé. Comme indiqué au chapitre 3, aux États-Unis, une étude (Teoh, 2010) a montré un risque d'accident accru pour certains types de motocyclettes. Elle a également montré que cette augmentation du risque était souvent liée à des comportements à risque, comme la vitesse ou la consommation d'alcool (tableau 4.3). Des recherches supplémentaires s'avèrent nécessaires pour établir l'association entre la cylindrée des deux-roues motorisés et la survenue ou la gravité d'un accident.

Tableau 4.3. **Prévalence relative des caractéristiques du motocycliste et de l'accident États-Unis, données pour 2000 et de 2003 à 2008**

	Vitesse	Erreur du motocycliste	Alcoolémie ≥ 0.08 g/dl	Casque	Sans permis	Accident à un seul véhicule	Accident entre 21h et 6h
Touring / cruiser, standard	0.90*	0.95*	0.82*	0.96*	0.65*	1.08*	0.90*
Sport touring / cruiser, standard	1.45	1.05	0.30*	1.67*	0.47*	0.94	0.49*
Sport, unclad sport / cruiser, standard	1.70*	1.22*	0.53*	1.49*	1.24*	0.95*	0.77*
Super Sport / cruiser, standard	1.86*	1.28*	0.44*	1.56*	1.25*	0.98	0.80*
Augmentation de 10 ans de l'âge du motocycliste	0.88*	0.95*	0.88*	1.07*	0.75*	1.01	0.80*
Femme / homme	0.67*	0.97	0.51*	1.20*	0.66*	1.00	0.57*
Année calendaire (augmentation d'un an)	1.00	0.98*	1.01	1.01*	1.02*	1.00	1.00

*Statistiquement différent de 1.00 au niveau de 0.05
Source : Teoh (2010).

Association de facteurs de risque

Les facteurs de risque sont souvent corrélés et parfois interdépendants. Le comportement à risque, comme une conduite à vitesse élevée, sous l'empire d'un état alcoolique, sans casque, sans permis valide ou sans éclairage diurne, a été identifié comme une explication possible de l'augmentation du risque chez les hommes jeunes, en plus du manque d'expérience (Lin et al., 2003; McLellan et al., 1993; Rutter et al., 1996; Chesham et al., 1993).

La recherche a montré l'association de risques suivante :

- Les conducteurs de 2RM non titulaires d'un permis valide ont une plus forte probabilité de ne pas porter de casque, de rouler au-dessus de la vitesse limite, d'être sous l'empire d'un état alcoolique et de ne pas avoir allumé leur éclairage diurne (Peek-Asa et al., 1996 ; Reeder et al., 1996).
- Les conducteurs de 2RM qui ne portent pas de casque sont plus susceptibles de rouler au-dessus de la vitesse limite (Shankar et al., 1992). En outre, les personnes sous l'empire d'un état alcoolique sont plus susceptibles de ne pas porter d'équipements de protection (NHTSA, 2007).
- La conduite sous l'empire d'un état alcoolique est associée à la conduite au-dessus de la vitesse limite, au non-port du casque et à la non-possession d'un permis valide (Hundley et al., 2004 ; Luna et al., 1984 ; Nelson et al., 1992 ; Peek-Asa et al., 1996 ; Soderstrom et al., 1993).

Conclusions

La plupart des accidents résultent d'une association de facteurs intervenant différemment aux différentes étapes de l'accident (avant, pendant, après). Certains de ces facteurs (comme l'alcool, la vitesse, etc.) agissent plus directement et leur empêchement s'avère un moyen évident de réduire les traumatismes routiers. Les facteurs liés au comportement des conducteurs de voitures et de 2RM sont souvent considérés comme plus prévalent dans les accidents de 2RM que les facteurs liés au véhicule et à l'environnement routier. Toutefois, bien qu'ils agissent plus indirectement, d'autres facteurs et éléments (comme le manque d'expérience, les infrastructures routières, etc.) ne doivent pas être négligés en tant que moyens complémentaires et efficaces de promouvoir la sécurité routière.

Comme il a été constaté chez d'autres usagers de la route, la vitesse et la consommation d'alcool et/ou de stupéfiants sont déterminantes dans la survenue et la gravité des accidents. La conduite d'un deux-roues motorisé exige plus de coordination et d'équilibre que la conduite d'une voiture, ce qui explique pourquoi la conduite sous l'emprise d'alcool ou de stupéfiants soit encore plus problématique chez les conducteurs de 2RM.

Dans un grand nombre d'accidents, interviennent des problèmes de perception ou d'appréciation par le conducteur de l'autre véhicule. La surreprésentation d'une mauvaise perception dans les accidents de deux-roues motorisés suggère un problème spécifique de détectabilité (conspicuité) des 2RM. Le problème de la perception est complexe et ne peut pas se réduire au simple fait que les 2RM soient physiquement moins visibles que les autres véhicules. Il existe plusieurs causes sous-jacentes à la mauvaise détectabilité des 2RM. Elles sont souvent liées les unes aux autres, ainsi qu'aux paramètres généraux de la situation de conduite. De fait, ce problème peut s'expliquer par les caractéristiques visuelles des 2RM, les capacités sensorielles de l'être humain, le comportement atypique des conducteurs de 2RM et les attentes des autres usagers de la route.

Les facteurs liés à l'environnement routier ont une influence plus importante sur la gravité de l'accident (obstacles latéraux et barrières de sécurité, dispositifs de réduction de la vitesse) que sur la survenue d'un accident. Une association plus fréquente des facteurs d'accident est constatée dans les accidents de deux-roues motorisés, par rapport aux accidents d'autres véhicules, ce qui entraîne une multiplication du risque relatif. En outre, la conception et l'entretien des routes peuvent aussi constituer un moyen essentiel de promouvoir un « bon » comportement en termes de vitesse et de manœuvres, ainsi qu'en termes de compréhension et d'attente dans les situations de circulation. Cela est vrai pour tous les usagers de la route, mais s'applique tout particulièrement aux deux-roues motorisés qui, par nature, sont

plus sensibles que les autres usagers aux irrégularités de la route (état de la chaussée, conditions météorologiques, etc.).

S'il a été démontré que les défaillances techniques des véhicules ne contribuaient que dans une faible mesure aux accidents de deux-roues motorisés, les améliorations des véhicules peuvent néanmoins influencer sur le comportement pour améliorer la sécurité de leurs conducteurs (Chapitre 7).

Même si le comportement et les caractéristiques des êtres humains sont souvent considérés comme les facteurs d'accident les plus fréquents, cela ne signifie pas que la solution pour améliorer les conditions de sécurité des deux-roues motorisés doive uniquement porter sur le comportement. Une approche pour un Système Sûr s'avère nécessaire pour modifier les comportements en agissant sur différents leviers, à savoir les infrastructures, les véhicules et le système dans son ensemble.

Note

- 1 Les études DRUID font une distinction en fonction de l'âge, du sexe, de l'heure et du type de substance, mais seule l'étude française fait une distinction en fonction des usagers de la route.

Références

- 2-BE-SAFE (2010), « Rider / Driver behaviours and road safety for PTW », Deliverable D1 of the 2-BE-SAFE project, Commission européenne, Bruxelles (Belgique), disponible en ligne sur : http://www.2besafe.eu/sites/default/files/deliverables/2BES_D1_RiderDriverBehavioursAndRoadSafetyForPTW.pdf.
- ACEM (2006), *Guidelines for PTW-Safety Road Design in Europe*, Association des constructeurs européens de motocycles.
- ACEM (2009), *Motorcycle Accident In-Depth Study: In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers*, MAIDS project, Final report 2.0, Association des constructeurs européens de motocycles, Bruxelles (Belgique).
- Allsop R.E. (1966), *Alcohol and road accidents RRL Report N° 6*, Road Research Laboratory, Crowthorne (Royaume-Uni).
- Assailly J.P., Biecheler M. (2002). « Conduite automobile, drogues et risque routier », *Synthèses INRETS* 42.
- Bambach M., Grzebieta R., McIntosh A. (2012), « *Injury typology of fatal motorcycle collisions with roadside barriers in Australia and New Zealand* », *Accident Analysis and Prevention*.
- Bellet T., Banet A. (2012), « Towards a conceptual model of motorcyclists Risk Awareness: a comparative study of riding experience effect on hazard detection and situational criticality assessment », *Accident Analysis and Prevention*.
- Bjornskau T., Naevestad T.O., Akhtar J. (2012), « Traffic safety among motorcyclists in Norway: a study of subgroups and risk factors », *Accident Analysis and Prevention*.
- Blackman R.A. (2012), « The increased popularity of mopeds and motor scooters: exploring usage patterns and safety outcomes », PhD thesis, Queensland University of Technology, <http://eprints.qut.edu.au/52685/>
- Borkenstein R.F. et al. (1964), *The role of the drinking driver in traffic crashes*, Dept. of Police Administration, Indiana University, Bloomington, Indiana (États-Unis).
- Chesham D., Rutter D., Quine L. (1993), « Motorcycling safety research: a review of the social and behavioral literature », *Social Science and Medicine*, Vol. 37, Issue 3.
- CIDAUT (2006), *Advanced Protection Systems*, Final report for the work on “Motorcyclists Accidents” SP 4, APROSYS project.
- Compton R.P. et al. (2002), « Crash risk of alcohol impaired driving », In: Mayhew D.R., Dussault C., eds., *Proceedings of the 16th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety*,

- Montréal, 4-9 août 2002, Société de l'assurance automobile du Québec, 2002:39-44 ([http://www.saaq.gouv.qc.ca/t2002/actes/pdf/\(06a\).pdf](http://www.saaq.gouv.qc.ca/t2002/actes/pdf/(06a).pdf), consulté le 17 novembre 2003).
- Creaser J., Ward N.J., Rakauskas M.E., Shankwitz C., Boer E.R. (2009). « Effects of alcohol impairment on motorcycle riding skills », *Accident Analysis and Prevention*, 41, 906-913.
- CROW (2003). *Handboek gemotoriseerde tweewielers, een handreiking voor veilig wegontwerp, wegonderhoud en wegbeheer*.
- Daniels S., Brijs T., Nuyts E., Wets G. (2010), « Explaining variation in safety performance of roundabouts », *Accident Analysis and Prevention*, 42, 393-402.
- De Brabander B., Vereeck L. (2007), « Safety effects of roundabouts in Flanders: Signal type, speed limits and vulnerable road users », *Accident Analysis and Prevention*, 39, 591-599.
- Drummer O.H., Gerostamoulos J., Batziris H., Chu M., Caplehorn J., Robertson M.D., Swann P. (2003), « The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes », *Accident Analysis and Prevention*, Volume 36, Issue 2, mars 2004, pp. 239-248.
- ERF (2009), « Road Infrastructure, safety of Powered Two-Wheelers », Discussion paper, février 2009.
- Gershon et al. (2012), « Increasing motorcycles attention and search conspicuity by using alternating blinking light system », *AAP*, 44, 97-103.
- Haworth N., Ozanne-Smith J., Fox B., Brumen L. (1994), *Motorcycle-related injuries to children and adolescents*, Report N° 56, Monash University Accident Research Centre, Melbourne (Australie).
- Holubowycz O., Kloeden C., McLean A. (1994), « Age, sex, and blood alcohol concentration of killed and injured drivers, riders, and passengers », *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, Issue number 4.
- Hundley et al. (2004). « Non-Helmeted Motorcyclists: A Burden to Society? A Study Using the National Trauma Data Bank » <http://trid.trb.org/results.aspx?q=&serial=%22Journal%20of%20Trauma%2C%20Injury%2C%20Infection%20and%20Critical%20Care%22>, *Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care*, Vol. 57.
- IBSR (2005), *Pour une prise en compte des motards dans l'infrastructure*, Avril 2005
- IHIE (2010), *Guidelines for motorcycling, improving safety through engineering and integration*, Institute of Highway Incorporated Engineers, Londres (Royaume-Uni).
- Johnston P., Brooks C., Savage H. (2008), « *Fatal and serious road crashes involving motorcyclists* », *Research and analysis report, Road Safety*, Monograph 20, avril 2008, Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government, Canberra (Australie).
- Lardelli Claret P., Jiménez Moleón J.J., Luna del Castillo J.D., García-Martín M., Bueno Cavanillas A., Gálvez Vargas R. (2005), « Driver dependent factors and the risk of causing a collision for two wheeled motor vehicles », *Injury Prevention*, 11, 225-231.

- Lin M.R., Chang S.H., Huang W., Hwang H.F., Pai L. (2003), « Factors associated with severity of motorcycle injuries among young adult riders », *Annals of Emergency Medicine*, 41 (2003), pp. 783-791.
- Luna et al. (1984), « The influence of ethanol intoxication on outcome of injured motorcyclists », *Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care*, Vol. 24, Issue 8.
- Magazu D., Comelli M., Marinoni A. (2006), « Are Car Drivers Holding a Motorcycle Licence Less Responsible for Motorcycle-Car Crash Occurrence? A Non-Parametric Approach », *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, Issue number 2.
- Mayhew D., Simpson H. (1989). *Motorcycle engine size and traffic safety*, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne (Royaume-Uni).
- McLellan et al. (1993), « The role of alcohol and other drugs in seriously injured traffic crash victims », International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety-T92, Proceedings of the 12th Conference.
- Moskowitz H et al. (2002), « Methodological issues in epidemiological studies of alcohol crash risk », In: Mayhew D.R., Dussault D., eds., Proceedings of the 16th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety, Montréal, 4-9 août 2002, Société de l'assurance automobile du Québec, 2002:45-50.
- MOW (2008), *Vademecum motorrijdersvoorzieningen*, Flanders Ministry of Mobility and Public Works.
- NHTSA (2007), *2007 National roadside survey of alcohol and drug use by driver*, DOT HS 811 249, US Department of Transportation, Washington (États-Unis).
- NHTSA (2013), *Traffic Safety Facts: Motorcycles – 2011 Data*, US Department of Transportation, Washington (États-Unis).
- Peek-Asa C., Kraus J.F. (1996), *Alcohol use, driver, and crash characteristics among injured motorcycle drivers*, 1996; 41: 989-93, 213-5.
- Ragot-Court I., Mundutéguy C., Fournier J.Y. (2012), « Risk and threat factors in prior representations of driving situations among powered two-wheeler riders and car drivers », *Accident Analysis and Prevention*.
- Rechnitzer G., Haworth N., Kowadlor N. (2001), *The effect of vehicle roadworthiness on crash incidence and severity*, Report N° 164, Monash University Accident Research Centre, Melbourne (Australie).
- Rizzi M., Strandroth J., Sternlund S., Tingvall C., Fildes B. (2012), « Motorcycle Crashes into Road Barriers: the Role of Stability and Different Types of Barriers for Injury Outcome », in Proceedings of the 2012 IRCOBI Conference, Dublin (Irlande).
- Rutter D., Quine L. (1996), « Age and experience in motorcycling safety », *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28, Issue number 1, 1996.
- SafetyNet (2009), *Powered Two Wheelers*.

- SETRA (2000), *Prise en compte des motocyclistes dans l'aménagement et la gestion des infrastructures*, Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements, ministère des Transports, Paris (France).
- Staughton G.C., Storie V.J. (1977), *Methodology of an in-depth accident investigation*, Survey Report n° 672, TRRL, Crowthorne (Royaume-Uni).
- Soderstrom C.A. (1993), « Alcohol use, driving records, and crash culpability among injured motorcycle drivers », *Accident Analysis and Prevention*, Volume 25, Issue number 6, pp. 711-716.
- Soderstrom C.A., Dischinger P., Kerns T., Triffilis A. (1995), « Marijuana and other drug use among automobile and motorcycle drivers treated at a trauma center », *Accident Analysis and Prevention*, Volume 27/1, pp. 131-135.
- Teoh E., Campbell M. (2010), « Role of motorcycle type in fatal motorcycle crashes », *Journal of Safety Research* 41 (2010) 507-512, Elsevier.
- Università degli Studi di Firenze (2013), « Innovative concepts for smart road restraint systems to provide greater safety for vulnerable road users », Final Report, Smart Road Restraint System Project, Deliverable D1.3.
- Van Honk J., Klootwijk C.W., Ruijs P. (1997). *Literature survey of motorcycle accidents with respect to the influence of engine size*, Institute for Road Safety Research, SWOV Institute for Road Safety Research (Pays-Bas).
- Villaveces A., Cummings P., Koepsall T.D. et al. (2003), « Association of alcohol-related laws with deaths due to motor vehicle and motorcycle crashes in the United States, 1980-1997 », *American Journal of Epidemiol.*, 157, 131-140.
- Walton D., Buchanan J. (2012), « Motorcycle and Scooter Speeds Approaching Urban Intersections », *Accident Analysis and Prevention*.
- Watson W.A., Garriott J.C. (1992), « Alcohol and motorcycle riders: a comparison of motorcycle and car/truck DWIs », University of Missouri, Kansas City (États-Unis).
- Williams A.F., Peat M.A., Crouch D.J., Wells J.K., Finkle B.S. (1985), « Drugs in fatally injured young male drivers », *Public Health Report*, 100 (1985), pp. 19-25.
- Wu C., Yao L., Zhang K. (2012), « The Red Light Running Behavior of Electric Bike Riders and Cyclists at Urban Intersections in China: An Observational Study », *Accident Analysis and Prevention*.