

IFSTTAR – Laboratoire Mécanismes d’Accidents (LMA)  
304, Chemin de la Croix Blanche – 13300 Salon-de-Provence

## **Projet PERCEPT 2009-2012**



**Coordinateur :** IFSTTAR-MA  
**Partenaires :** ACEM  
IMMA  
Association Prévention Routière

### **Perceptibilité des deux-roues motorisés** *Powered Two Wheelers conspicuity*

#### **Rapport final**

**Auteurs :**

Pierre VAN ELSLANDE  
Magali JAFFARD  
Angela SILVESTRELLI  
Jean-Yves FOURNIER  
Nicolas CLABAUX  
Isabelle AILLERIE

**Convention N° :** 2009/MP/05

**Confidentialité :** Non

**Date de publication :** Mars 2013



**IMMA** — **INTERNATIONAL MOTORCYCLE**  
**MANUFACTURERS ASSOCIATION**



## Résumé

Les progrès obtenus au cours des dernières décennies sur la sécurité de la conduite automobile ne trouvent pas leur équivalent en conduite de deux-roues motorisés (DRM). Au kilomètre parcouru, le risque d'être tué est de l'ordre de 20 fois supérieur pour ces derniers. Différents travaux, ont souligné le rôle crucial des mécanismes perceptifs dans cette sur-accidentalité : les DRM tendent à ne pas être vus par les autres usagers de la route, ce qui provoque une grande partie de leurs accidents avec tiers. Le projet PERCEPT se propose, sur la base d'une analyse de la façon dont la littérature permet d'appréhender la question, d'investiguer plus avant cette problématique en recourant complémentirement à 1) une analyse approfondie des mécanismes d'accidents de DRM impliquant des difficultés perceptives de la part des conducteurs confrontés, 2) une investigation expérimentale des processus sous-jacents à ces difficultés perceptives, 3) ainsi qu'à une analyse plus opérationnelle des besoins des conducteurs concernés et des mesures qui y correspondent plus particulièrement. Le présent rapport fait l'objet d'un exposé détaillé de ces différents développements.

### Mots-clés :

Deux-roues motorisés - Perception - Accidents - Détectabilité - Saillance - Conspicuité



## Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1.....</b>	<b>9</b>
<b>La perception des deux-roues motorisés dans la littérature.....</b>	<b>9</b>
1.1 Perception et saillance visuelle chez l'homme .....	10
1.2 Des difficultés perceptives aux facteurs complexes .....	13
1.3 Les questions de la détectabilité du DRM .....	14
1.4 Principaux déterminants des problèmes de détectabilité du DRM.....	16
1.5 Discussion .....	19
<b>Chapitre 2.....</b>	<b>23</b>
<b>Analyse accidentologique approfondie des problèmes de perception des deux-roues motorisés .....</b>	<b>23</b>
2.1 Travaux préalables.....	23
2.2 Méthodologie générale de l'analyse accidentologique .....	25
2.2.1 Le principe des EDA et l'approche séquentielle de l'accident .....	25
2.2.2 L'analyse des défaillances de conduite .....	27
2.2.3 Modèle de classification des défaillances fonctionnelles .....	29
2.3 Méthode d'analyse du problème de perception .....	34
2.3.1 Identification du problème de perception dans les cas d'accident .....	34
2.3.2 Les facteurs explicatifs du problème de perception .....	36
2.3.3 Degré d'incidence des facteurs .....	37
2.3.4 Les facteurs explicatifs du comportement des DRM.....	38
2.3.5 Les configurations accidentelles récurrentes (CAR) .....	40
2.3.6 Echantillon étudié.....	41
2.4 Résultats généraux .....	42
2.4.1 Catégories de défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM.....	43
2.4.2 Type de défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM .....	44
2.4.3 Catégories et types de défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM.....	45
2.4.4 Niveau d'implication des conducteurs .....	47
2.4.5 Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM par les conducteurs confrontés...	48
2.4.6 Les configurations accidentelles récurrentes du problème de perception des DRM .....	50
2.5 Le problème de perception des DRM dans les défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM .....	52
2.5.1 Défaillance Déteçt 3 - Saisie d'information sommaire et/ou précipitée.....	52
2.5.2 Défaillance Déteçt 2 - Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation .....	58
2.5.3 Défaillance Déteçt 1 - Non détection en situation de visibilité contrainte .....	63
2.5.4 Défaillance Dec 3 - Violation-erreur. Prise de risque non délibérée liée au déclenchement inopiné d'une manœuvre, par automatisme ou effet d'entraînement.....	66
2.5.5 Défaillance Diag 2 - Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion .....	70
<b>Chapitre 3.....</b>	<b>75</b>
<b>Approche expérimentale des problèmes de détectabilité.....</b>	<b>75</b>
3.1 De l'accidentologie à l'expérimentation .....	75

3.2 De la saillance visuelle à l'orientation de l'attention visuelle .....	76
3.3 Une hypothèse .....	81
3.4 Des arguments en faveur de l'hypothèse du mouvement.....	82
3.5 Le système visuel humain et la perception du mouvement .....	84
3.6 Expérience 1 : Effet de la taille et du mouvement sur l'identification d'objets dans une tâche simple .....	87
3.6.1 Méthode .....	88
3.6.2 Résultats.....	90
3.7 Expérience 2 : Effede la taille et du mouvement sur l'identification d'objets dans une tâche complexe .....	91
3.7.1 Méthode .....	92
3.7.2 Résultats.....	97
3.8 Perspectives.....	100
3.9 Discussion .....	100
<b>Chapitre 4.....</b>	<b>103</b>
<b>Besoins des conducteurs et moyens d'y répondre.....</b>	<b>103</b>
4.1 Les contre-mesures à envisager .....	103
4.1.1 La formation .....	103
4.1.2 L'aménagement.....	110
4.1.3 Les aides à la conduite .....	118
4.2 Inscription du problème de perception des DRM dans les Configurations Accidentelles Récurrentes.....	120
4.3 Résultats : facteurs et contre-mesures pour les accidents impliquant un problème de perception des DRM par un autre usager .....	129
4.3.1 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle A.1.1.....	133
4.3.2 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle A.1.2.....	135
4.3.3 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle B.1.1. ....	137
4.3.4 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle B.1.3. ....	140
4.3.1 Ebauche d'un outil pédagogique s'adressant aux problèmes de perception des DRM .....	142
<b>Conclusion.....</b>	<b>151</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>156</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>156</b>

## Introduction

Depuis une vingtaine d'années, nous observons une baisse progressive du nombre d'accidents et de morts sur les routes, qui s'explique par la conjonction d'un ensemble d'actions s'appuyant sur les différents leviers d'amélioration de la sécurité routière, et non, comme le laissent parfois supposer les médias, exclusivement à l'une ou l'autre d'entre elles. Ces résultats sont ainsi à examiner autant à l'aune des améliorations apportées aux organes et équipements de sécurité des véhicules, que des aménagements de l'infrastructure routière, de la formation dispensée aux conducteurs, ainsi que de certaines mesures coercitives (limitations de vitesse, ports d'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 au risque lié aux accidents de la circulation routière : les utilisateurs de deux-roues à moteur représentent annuellement une proportion très importante des victimes de la route. Ils correspondent ainsi en 2011 en France à près de 25 % du total des tués et 40 % 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, 2011, 2012). 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) pour ce qui concerne la France. De façon plus large en Europe, on constate de la même manière un décalage entre les résultats positifs obtenus pour l'ensemble des usagers de la route et les données plus mitigées pour les motocycles (Figure 1).

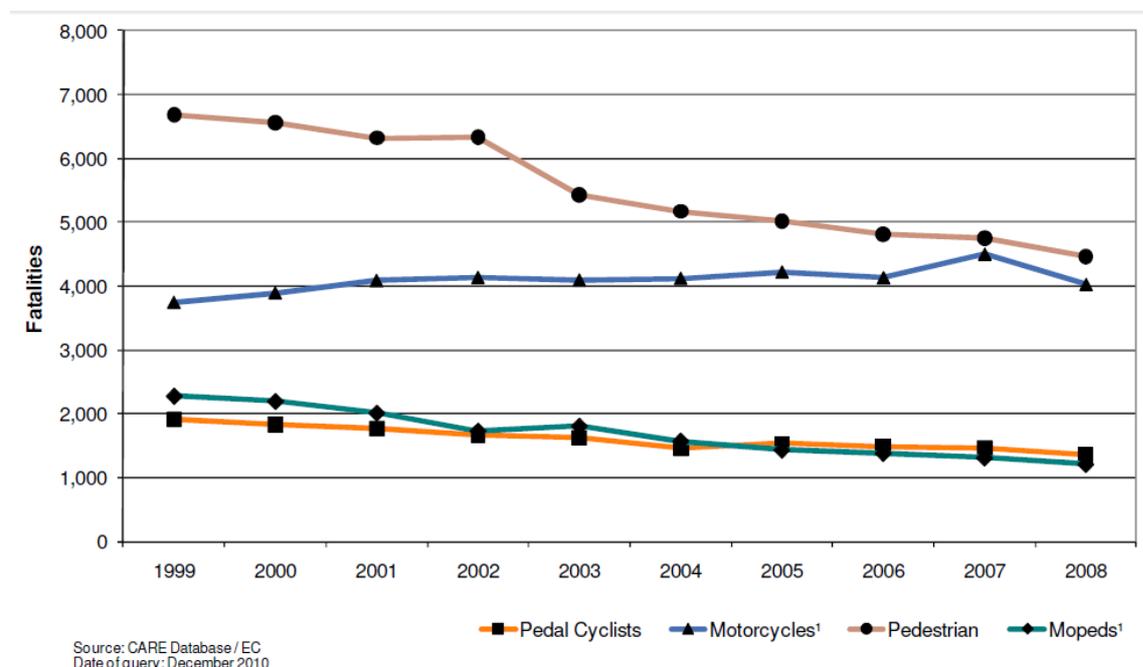


Figure 1 : Evolution du nombre de victimes selon le mode de déplacement en Europe (ERSO 2010)

La population des deux roues motorisés correspond par ailleurs à un enjeu important en termes de mobilité, l'usage de ces véhicules ayant tendance à se développer, notamment en environnement urbain dense, dans la mesure où ils permettent de mieux faire face aux problèmes de congestion de trafic. On note par exemple en France une augmentation de l'ordre de 50% du parc "motos" (véhicules de plus de 50 cm<sup>3</sup>) entre 2000 et 2011, ainsi qu'une augmentation sensible –de l'ordre de 20%– du nombre de kilomètres parcourus par ces véhicules (ONISR, 2012). La sécurité des DRM représente ainsi aujourd'hui une des questions parmi les plus cruciales en sécurité routière qui explique l'importance des travaux qui y sont consacrés au plan national et international, tant sur le plan de la recherche d'explications (Van Elslande, 2009 ; Hakkert, 2011 ; Van Elslande et Elvik, 2012) que sur celui de la recherche de solutions (Guyot, 2008 ; Van Elslande, 2012).

Parmi les pistes d'explication des difficultés d'amélioration de la sécurité des deux-roues motorisés (DRM), il en est deux qui ressortent le plus systématiquement des travaux réalisés dans le domaine. La première fait référence à une préoccupation en sécurité secondaire : il s'agit de la vulnérabilité au moindre choc auquel s'expose le conducteur de DRM, du fait de l'absence de protection carrossée caractérisant ce type de véhicule. La seconde fait référence à une préoccupation en sécurité primaire : elle concerne la question de la plus grande difficulté ressentie par les usagers de la route à détecter un deux-roues motorisé qu'un autre véhicule. C'est cette dernière question que le projet PERCEPT s'est proposé d'investiguer.

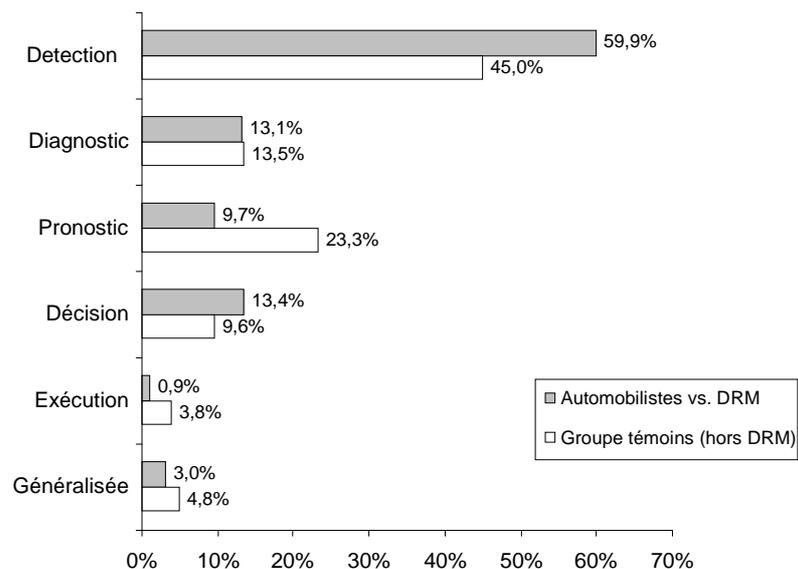
Le présent rapport est composé de quatre grandes parties : la première est dédiée à une revue bibliographique ; la seconde s'attache à une présentation détaillée des phénomènes accidentologiques impliquant des problèmes de perception de DRM ; le troisième chapitre présente une investigation expérimentale de ces problèmes et la quatrième partie questionne les différentes contre-mesures envisageables pour pallier ce type d'accidents.

## Chapitre 1

### La perception des deux-roues motorisés dans la littérature

Le problème de la détection est reconnu dans les études internationales comme représentant un enjeu crucial pour les accidents impliquant un deux-roues motorisé (DRM). Ainsi, selon l'étude européenne MAIDS, 70 % des erreurs des automobilistes considérés responsables d'un accident impliquant un deux-roues motorisé sont dues à un échec de détection du DRM.

Selon l'analyse réalisée en France dans le cadre du projet ANR-Prédit "2RM", les cas impliquant un DRM avec un tiers montrent un problème de détection pour près de 60 % des conducteurs confrontés aux DRM, qu'ils soient responsables ou non (Van Elslande et al., 2008). Sur l'année de référence de 2005 des statistiques nationales françaises (ONISR, 2006), cela représenterait 490 tués en deux-roues motorisés, et plus de 16 200 blessés. En contrepartie, cette étude souligne que les problèmes de détection ne représentent que 45 % des défaillances dans les accidents d'automobilistes n'impliquant pas de DRM. Il y a donc une surreprésentation des problèmes de détection des DRM (de l'ordre de 15 %) qui laisse supposer des difficultés spécifiques que pose ce type de véhicule du point de vue de leur perception par les autres usagers de la route (figure 2).



**Figure 2 : Répartition des catégories de défaillances des automobilistes confrontés aux DRM (n=218) et des automobilistes confrontés à un autre type de véhicule (n=905) (Van Elslande et al., 2008).**

Mais une telle configuration d'accident recouvre une réalité complexe qu'il faut appréhender en détail. Il s'agit en effet d'éviter de conclure trop hâtivement, sous peine de proposer des moyens d'action inappropriés. Les problèmes de détection ne constituent pas une cause à part entière: ils ont eux-mêmes des causes, et l'analyse qui suit cherche à les définir plus précisément dans leur diversité.

### *1.1 Perception et saillance visuelle chez l'homme*

La perception, de manière générale, constitue l'acte psychique le plus élémentaire (voir, entendre, sentir, etc.). Elle permet à l'homme de prélever des informations de toutes sortes dans son environnement et en conséquence d'interagir avec lui. La question qui va nous intéresser plus particulièrement ici concerne les limites du couple objet perçu / observateur.

Autrement dit, la question qui se pose est de savoir quelles sont les limites du système visuel, les origines de ces limites selon qu'elles soient liées à l'observateur ou à l'objet perçu, ainsi qu'à leurs interactions. Tout un ensemble de paramètres entrent ainsi en jeu, qui auront la capacité d'influencer la perception.

Tout d'abord, il faut tenir compte du fait que l'information est prélevée par un observateur muni d'organes des sens. Ces organes sont limités par leurs caractéristiques et propriétés qui dépendent de l'espèce animale considérée et des caractéristiques personnelles de l'individu (sexe, âge, etc.).

La perception visuelle d'un objet va également être conditionnée par les caractéristiques physiques de cet objet défini par sa taille, sa forme, sa couleur, son contraste avec l'environnement, etc. Plus précisément, la bonne perception d'un objet va être dépendante de la saillance de cet objet par rapport aux autres objets présents dans la scène visuelle.

En effet, tel que l'explique Landragin en 2004, "la perception visuelle fait largement intervenir la notion de saillance : notre attention s'arrête prioritairement sur les éléments saillants qui ressortent de notre environnement visuel, jusqu'à axer les processus cognitifs sur ces seuls éléments". Mais la saillance doit être scindée en deux composantes: une **composante sensorielle** et une **composante cognitive**.

D'une part, la saillance d'un objet est définie par une **composante visuelle (sensorielle)** dépendant de la nature et de la disposition d'objets dans une scène. Un objet physiquement saillant est un objet qui va avoir tendance à attirer en premier le regard d'un observateur au milieu d'une scène visuelle. Cette saillance visuelle n'est pas seulement intrinsèque à l'objet considéré mais est dépendante du contexte, comme le décrit Landragin (2004) :

- Saillance dépendante du contraste de luminosité et de couleur de l'objet.

Les caractéristiques intrinsèques de couleur et de luminance de l'objet contribuent à la saillance de cet objet. Il faut néanmoins tenir compte du fait que dans un environnement dynamique, cette saillance est relative à l'environnement dans lequel l'objet se trouve ou se déplace.

- Saillance contextuelle d'un objet.

Dans un ensemble d'objets, un objet peut être rendu saillant s'il possède une propriété que les autres objets n'ont pas. Cette propriété peut être la couleur, la forme, la taille. Un objet peut également ressortir d'un ensemble par une orientation différente par rapport au reste de la scène ou grâce à une particularité dynamique. En effet, au milieu d'objets statiques, un objet en mouvement va devenir saillant. Faut-il encore que le mouvement de l'objet soit clairement identifiable. Or l'angle d'approche de l'objet, sa taille, sa vitesse et son différentiel de vitesse par rapport au reste sont autant d'éléments qui vont pouvoir perturber la perception que l'on peut avoir du mouvement de l'objet.

Selon la théorie de la Gestalt, des objets dans une scène peuvent être regroupés par l'observateur selon leurs critères de similarité, de proximité et d'orientation, pour ne constituer qu'un seul groupe perceptif (Wertheimer, 1923; Köhler, 1964). La scène va donc être structurée en groupes perceptifs, et un objet distinct ou isolé va alors apparaître saillant par rapport au reste pouvant être regroupé. A contrario, un objet peu saillant, ou dont les caractéristiques de saillance ne ressortent pas suffisamment, peut être regroupé dans un ensemble qui ne lui appartient pas forcément.

D'autre part, la saillance d'un objet est également conditionnée par une quantité de **facteurs cognitifs**. Ces facteurs peuvent être de différents ordres : intentionnel, attentionnels, mnémoniques, émotionnels, même si leurs effets sont souvent combinés :

- Intentionnels

Les objectifs de la tâche ou les objectifs personnels dans la réalisation d'une tâche vont orienter la perception que l'on peut avoir d'une scène en rendant certains éléments de la scène plus saillants en conséquence. Certains éléments peuvent ainsi être saillants dans un certain contexte de tâche et ne plus être saillants si la tâche change. La tâche de conduite, qui nous intéresse ici, est rigoureusement régie par une quantité de règles formelles et informelles qui vont structurer la recherche visuelle et ainsi conditionner la perception de la scène.

- Attentionnels

Les attentes que l'on développe vis-à-vis de ce que l'on recherche ou ce que l'on sait que l'on pourrait rencontrer dans une scène conditionnent également la saillance cognitive de l'objet. Landragin parle d'attitude de préparation à la perception : lorsque "je m'attends à rencontrer un objet dans une scène", cet objet a alors tendance à devenir attentionnellement saillant.

- Mnémoniques

La saillance peut être influencée par la mémoire à court terme et par la mémoire à long terme. Des objets récemment traités par le système cognitif visuel auront tendance à ressortir plus facilement d'une scène. De la même manière, la familiarité que l'on peut avoir vis-à-vis d'un stimulus, d'une situation, d'une scène va influencer sur le profil de saillance de cette scène visuelle.

- Emotionnels

Les stimulations chargées émotionnellement vont avoir tendance à attirer le regard d'un observateur. Mais par définition cet aspect des choses est fortement dépendant du vécu et des expériences de chaque individu et est donc inextricablement en lien avec les facteurs mnémoniques.

Pour résumer, un objet saillant est un objet qui va avoir tendance à ressortir parmi les autres composantes d'une scène visuelle. Cela dépend de sa capacité physique à attirer le regard mais également des représentations mentales de l'observateur, de ses connaissances, de ses expériences et de ses objectifs dans l'activité qu'il réalise. Ainsi, la perception est à la fois un système passif qui reçoit une quantité d'informations entrantes ("système bottom-up") et un système actif qui conditionne la façon dont les informations vont être prélevées dans un environnement ("système top-down"). La perception est donc un filtre de la réalité, qui fait que la perception que l'on peut avoir d'une situation ne constitue pas une reproduction

strictement identique à la réalité, mais une construction mentale de la réalité parmi d'autres constructions possibles de cette même réalité.

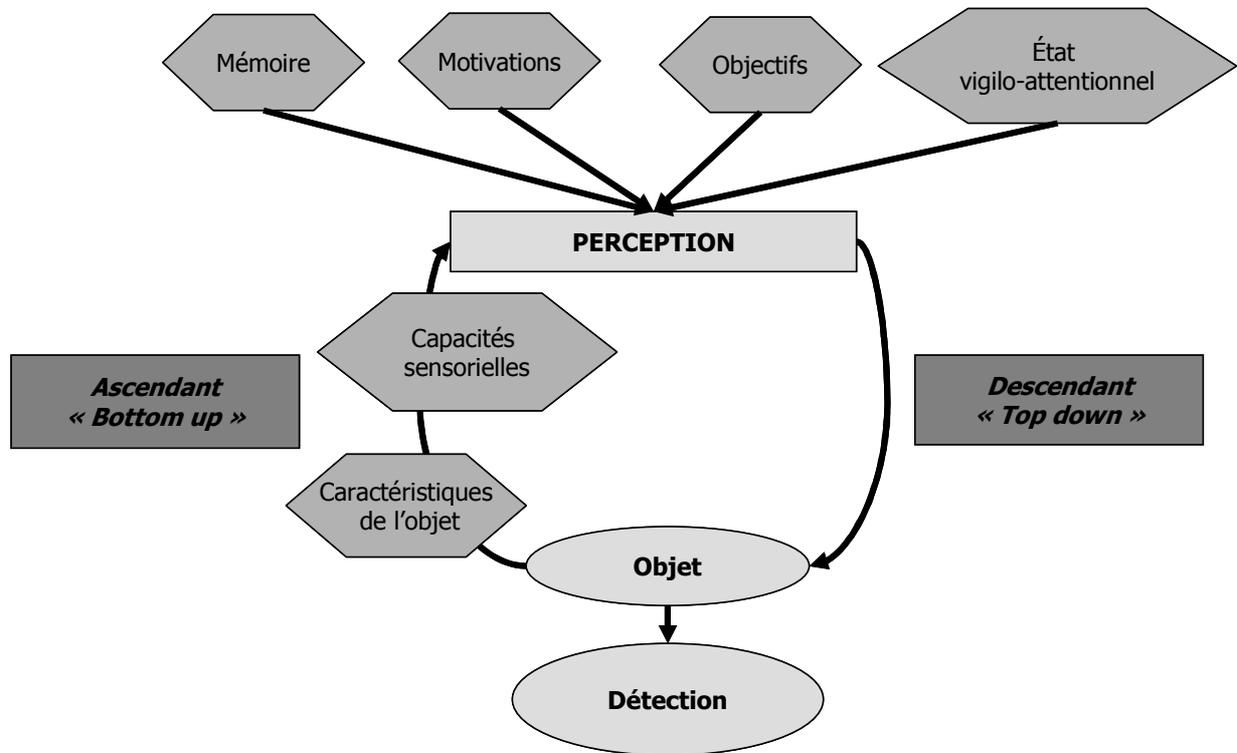


Figure 3 : Représentation schématique du fonctionnement du système perceptif humain

Au final, la résultante du bon fonctionnement de cette boucle perceptive constitue la détection de l'objet. **La détectabilité d'un objet représentera donc l'aptitude d'un objet à être plus ou moins bien détecté.** La perception est un système très complexe dans lequel les paramètres physiques et cognitifs sont très fortement intriqués. Et la description du fonctionnement de ce système illustre comment les propriétés cognitives d'un observateur, l'environnement d'une scène visuelle et les caractéristiques d'un objet interagissent en permanence pour aboutir à ce qu'un objet soit détecté ou non. On comprend donc aisément l'intérêt d'une approche système pour aborder le problème complexe de la détectabilité des DRM.

Dans un premier temps, nous allons rappeler quels sont les facteurs physiques et cognitifs qui interviennent dans le problème de détectabilité des DRM. Le but de cette approche est bien de se placer au cœur de l'interaction entre un observateur et un objet DRM avec ses spécificités qui se déplace à des vitesses pouvant être élevées dans un environnement complexe régi par de nombreuses règles rigoureuses.

Néanmoins, si le problème de détectabilité du DRM est directement en lien avec les propriétés des DRM, il ne faut pas oublier que le problème de perception peut être à tout moment conditionné par une quantité de facteurs physiques ou cognitifs n'ayant aucun lien avec le fait d'être confronté à un DRM.

## 1.2 Des difficultés perceptives aux facteurs complexes

Comme on l'a noté dans l'ouvrage de Guyot et al. (2008, Chapitre 3 - "Déteçtabilité des deux-roues motorisés"), de très nombreux paramètres peuvent contribuer aux problèmes de détection. Ces paramètres réfèrent aussi bien aux capacités du système visuel humain, aux caractéristiques de l'environnement dans lequel la rencontre d'un DRM s'opère, et aux spécificités de l'objet perceptif "deux-roues motorisé" lui-même. Par ailleurs, comme on l'a également noté dans ce même ouvrage, les phénomènes en jeu sont parfois très subtils et peuvent incidemment échapper à l'analyse, même fondée sur des études sérieuses.

Ainsi en est-il de l'influence des gênes à la visibilité : ce qui ne cache pas un véhicule d'un gabarit plus volumineux peut masquer un DRM, même légèrement, même ponctuellement. Certains auteurs rendent ainsi compte d'une plus grande propension des deux-roues à être dissimulés au moment critique de la prise d'information derrière certains masques à la visibilité qui n'auraient *a priori* posé aucun problème si l'usager en question avait été plus massif (cf. par exemple, Williams et Hoffman, 1977 ; Watts, 1980 ; Hurt et al., 1981 ; Olson, 1989 ; Van Elslande et al., 2008). Il s'agit également de prendre en compte la question de la combinaison des variables génératrices d'accident qui pourra aboutir à une situation critique par le cumul d'éléments qui peuvent sembler anodins lorsqu'on les considère indépendamment les uns des autres. Les conséquences d'une simple gêne pourront ainsi devenir très délicates en corrélation avec d'autres conditions accidentogènes. Un montant de baie de pare-brise, certains supports de signalisation ou la signalisation elle-même (un petit panneau sur un îlot, par exemple), des véhicules arrêtés ou en mouvement, des éléments de mobilier urbain ou la végétation, sont autant de paramètres qu'en temps habituel les conducteurs ont appris et parviennent le plus souvent à compenser. Mais des éléments épars pourront constituer une gêne encore plus significative lorsqu'ils se présenteront en association avec des facteurs de perturbation attentionnelle (par exemple, la recherche de direction), des contraintes de trafic (vitesse, densité), des situations d'interaction atypiques (infrastructures compliquées, manœuvres inattendues), etc. Le cumul d'éléments apparemment anodins peut ainsi provoquer un défaut majeur de perception.

Une autre variable qui peut exercer une influence sur la détection des DRM correspondrait pour certains auteurs, à l'intégration plus ou moins implicite par certains usagers du fait qu'un deux-roues motorisé pourrait présenter moins de danger en cas de collision, relativement à une voiture ou à un autre véhicule plus lourd. Cette variable pourrait ainsi contribuer à ce que le deux-roues soit moins recherché par les autres conducteurs et qu'ils y prêtent moins d'attention (Herslund et Jørgensen, 2003 ; Crundall et al., 2008 ; Van Elslande et al., 2008). Cette idée peut d'une certaine façon être interprétée en référence aux résultats de recherches montrant que les conducteurs devant effectuer une manœuvre non prioritaire s'accordent généralement des marges de sécurité en termes de temps et de distance plus grande lorsqu'ils interagissent avec des véhicules plus "menaçants" que les DRM (Nagayama et al., 1980). Toutefois, d'autres éléments, comme par exemple la taille du véhicule, influencent en premier lieu les jugements effectués concernant la vitesse de rapprochement et le temps d'arrivée (cf. par exemple : Caird et Hancock, 1994 ou Nagayama et al., 1980). Les motocyclistes semblent d'ailleurs d'après ces travaux, particulièrement exposés au risque de sous-estimation de leur vitesse et de surestimation de leur temps d'arrivée par les autres usagers.

Le comportement atypique des usagers de deux-roues motorisés dans certaines situations, lié aux capacités offertes par ces véhicules, que ce soit en termes de capacité d'accélération, de maniabilité ou de gabarit (dépassement, remontée de file par exemple), peut également mettre en défaut les stratégies habituelles (et habituellement efficaces) de prise

d'informations des autres usagers et ainsi nuire à leur détection (voir par exemple : Van Elslande et al., 2008).

Parmi les variables qui contribuent à la non détection des DRM, figure aussi le caractère parfois déficient des stratégies de recherche d'information de la part des automobilistes. On pense bien sûr à la question souvent évoquée des tâches annexes, telle l'utilisation du téléphone portable, qui vont accaparer l'attention du conducteur au détriment de la prise d'information sur le trafic. Cependant, l'analyse accidentologique de Van Elslande et al. (2008) fait plus fréquemment ressortir le problème de la recherche sommaire/précipitée d'information (23 % des défaillances), ainsi que celui de la focalisation sur une autre composante de la situation routière, par exemple un autre véhicule qui représente un risque potentiel pour le conducteur (14 %). On posera également plus en amont la question de la faible expérience d'interaction que développent certains automobilistes par rapport aux DRM du fait de leur faible confrontation à ces derniers dans leur conduite quotidienne, étant donné la faible part de trafic des DRM, notamment en dehors des gros centres urbains.

Une conclusion provisoire à tirer de cet ensemble d'éléments, c'est que c'est souvent du côté du cumul et de l'interaction entre facteurs que se manifestent les problèmes de détection : un DRM n'est pas invisible en soi, même s'il semble poser des difficultés particulières de "déteabilité", comme on en rend compte dans la section suivante. Mais on peut d'ores et déjà annoncer que cette multi causalité du phénomène appellera nécessairement une pluralité dans les actions menées en cohérence pour aboutir à des mesures adaptées.

### ***1.3 Les questions de la déteabilité du DRM***

La faible déteabilité ou "conspicuité" (dérivé du terme anglais "conspicuity") est un facteur accidentogène fréquemment cité dans la littérature pour expliquer une proportion conséquente des accidents confrontant un motocycliste et un autre usager (Hurt, Ouellet et Thom, 1981 ; Donne, 1990 ; Preusser et al., 1995 ; Yuan, 2000). La conspécuité correspond à la capacité qu'a un objet, de par ses caractéristiques, à attirer l'attention et à être facilement localisé dans son environnement (traduit de Wulf et al., 1989, p. 157). Pour ce qui concerne la circulation routière, cela correspond en d'autres termes à la plus ou moins grande capacité qu'ont les différents usagers de l'espace de circulation (poids lourds, automobiles, couple motocycliste/motocyclette, piétons, etc.) à être détectés, perçus dans leur environnement par les autres usagers avec lesquels ils interagissent.

Mais comme on l'a évoqué une fois encore dans l'ouvrage de Guyot et al. (2008), une telle question est susceptible d'en recouvrir plusieurs qui sont à bien appréhender pour définir des moyens d'action plus efficaces. On pensera bien sûr à la question de la déteabilité sensorielle, qui fait qu'un objet plus étroit est physiquement plus difficile à détecter. C'est la question la plus appréhendée dans les travaux de la littérature (voir ci-dessous). Mais on peut citer également le problème de la déteabilité dite "cognitive" qui peut faire intervenir différents types de paramètres. Ainsi en est-il de facteurs attentionnels qui font que moins on s'attend à voir un objet, moins on a tendance à le détecter. Ceci s'explique par le fait que la prise d'information dans un monde visuel complexe exige de mettre en place des filtres permettant d'éliminer du champ de la conscience tous les éléments non pertinents dont la prise en compte pourrait nuire à la détection des éléments recherchés. C'est ce qui peut amener le phénomène dit de "cécité inattentionnelle" (Simons et Chabris, 1999) qui aboutit à ce que certains éléments, pourtant flagrants, de la scène visuelle puissent être totalement occultés par la focalisation attentionnelle sur d'autres éléments de la tâche. Et dans la mesure où les DRM recouvrent, en moyenne, moins de 2 % de la quantité de trafic, c'est un

phénomène qui est susceptible de les affecter tout particulièrement par le fait que l'on a plus tendance à rechercher des voitures et d'occulter ainsi inconsciemment ce qui n'y correspond pas visuellement. On évoquera également le problème de la contribution de variables comportementales à ce problème de détectabilité cognitive, au sens où le différentiel introduit par les DRM en termes de vitesse, accélération, positionnement, manœuvre, etc., confronte parfois les automobilistes à une interaction qui serait improbable (voire impossible) avec un autre type d'usager de l'espace routier. Comme indiqué plus haut, un tel différentiel peut ainsi mettre en défaut des stratégies perceptives qui sont habituellement efficaces, et qui se révèlent obsolètes lors de la rencontre d'un véhicule qui n'obéit pas aux mêmes standards comportementaux. Non seulement par leurs caractéristiques physiques, mais aussi par l'atypicalité de leur comportement, les DRM peuvent ainsi parfois contribuer au fait qu'ils ne sont pas détectés. Ces différentes questions, qui sont reprises plus en détail dans la section suivante, pointent une fois encore toute la complexité des interactions qui se mettent en place dans les variables génératrices d'accidents, même regroupés derrière la notion de perception.

Sur la base de l'analyse de 1 183 rapports détaillés d'accidents impliquant un motocycliste et un tiers (automobiliste, piéton, etc.) et établis par les forces de Police dans l'Etat de Victoria en Australie, Williams et Hoffmann (1979) mettent par exemple en évidence que la faible perceptibilité des motocyclistes est intervenue dans 64,5 % des cas. En écartant les cas où d'autres facteurs ou circonstances se sont combinés, comme par exemple les cas où la perception du motocycliste est entravée par une obstruction à la visibilité ou les cas liés à une mauvaise estimation de la vitesse du motocycliste, les auteurs aboutissent à un échantillon de 245 cas, soit 21 % des accidents motocycliste/tiers, où la faible conspécuité du motocycliste est le seul facteur d'accident identifié : l'autre usager regarde en direction du motocycliste mais ne le perçoit pas bien que celui-ci soit dans son champ de vision. D'autre part, si ces accidents semblent relativement fréquents, la gravité des blessures qu'ils occasionnent, notamment aux motocyclistes, semble particulièrement élevée (voir à ce sujet : Peek-Asa et Kraus, 1996 ; Pai et Saleh, 2008 ; Pai, 2009). Les travaux de Peek-Asa et Kraus (1996) qui s'appuient sur des données de source médicale, mettent par exemple en évidence que les accidents entre un automobiliste tournant à gauche et un motocycliste circulant en sens inverse, cas pour lesquels la faible conspécuité des motocyclistes est le plus souvent le principal facteur d'accident, donnent lieu en moyenne à significativement plus de blessures, plus de jours d'hospitalisation et un score de gravité lésionnelle ISS (Injury Severity Score) supérieur par rapport à l'ensemble des autres types d'accidents de motocyclistes<sup>1</sup>.

Compte tenu de l'influence importante que semble jouer la faible capacité des motocyclistes à être perçus par les autres usagers sur le risque de leur implication dans les accidents corporels et sur la sévérité de ces derniers, la faible conspécuité des motocyclistes a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques. Il s'agit d'ailleurs de l'un des sujets les plus traités dans la littérature internationale relative à la sécurité des motocyclistes, même si celle-ci est peu abondante au regard du niveau d'implication de cette catégorie d'usager dans les accidents corporels (Clabaux, 2003). Différents éléments sont avancés dans cette littérature

---

<sup>1</sup> Excepté les cas de collisions fronto-frontales qui donnent lieu à des gravités encore supérieures. Les auteurs rappellent cependant que ces accidents restent relativement rares puisqu'ils représentent 3,6 % des cas de l'échantillon étudié.

pour tenter d'expliquer cette tendance qu'ont les motocyclistes dans les accidents à ne pas être détectés par les autres usagers.

### ***1.4 Principaux déterminants des problèmes de détectabilité du DRM***

Un certain nombre de connaissances ont été accumulées depuis une quarantaine d'années sur les déterminants des accidents « regardé mais pas vu » impliquant les motocyclistes. Nous rappelons ici les principales d'entre-elles sur la base de recherches bibliographiques et de quelques travaux conduits à l'INRETS.

Les travaux de recherche menés depuis les années 70 sur les déterminants des problèmes de "conspicuité" des deux-roues motorisés ont pour la plupart porté sur l'influence des caractéristiques visuelles de ces véhicules et de leurs usagers sur leur plus ou moins grande détection par les autres conducteurs. Le gabarit réduit des motocyclistes sur la chaussée est l'élément explicatif le plus souvent cité (cf. par exemple : Williams et Hoffman, 1979a, Fulton et al., 1980 ; Huebner, 1980 ; Thomson, 1980 ; Hurt et al., 1981 ; Wulf et al., 1989). La principale mesure qui a été prise pour compenser cette faible taille a été l'obligation d'allumage du phare avant de jour par les motocyclistes. L'effet positif de cette mesure sur les accidents a été clairement démontré (voir infra). Cependant, cette mesure ne prévient qu'une partie des accidents liés à la faible conspécuité" des motocyclistes (environ 29 % selon Radin Umar et al., 1996) et de tels accidents impliquant des motocyclistes ayant pourtant le phare avant allumé continuent de se produire (voir par exemple : Williams, 1976 ou plus récemment Clarke et al., 2004 ou Brenac et al., 2006), sous-entendant ainsi la présence d'autres facteurs et circonstances que la faible surface frontale de ces véhicules.

Ces travaux, qu'ils soient accidentologiques (cf. par exemple : Janoff et Cassel, 1971 ; Waller et Griffin, 1977 ; Muller, 1984 ; Zador, 1985 ; Radin Umar et al., 1996 ; Yuan, 2000 ; Wells et al., 2004) ou expérimentaux (cf. par exemple : Williams et Hoffman, 1977 ; Olson et al., 1981 ; Wulf et al., 1989 ; Hole et al., 1996 ; Binder et al., 2006), ont ainsi montré que les motocyclistes étaient plus fréquemment détectés s'ils roulaient de jour avec le phare avant allumé et encore plus s'ils portaient en complément des vêtements et/ou un casque de couleur voyante. Cependant, le port de vêtements voyants ne constitue pas une solution radicale dans la mesure où selon Hole et al. (1996), c'est davantage le contraste du motocycliste avec son environnement qui joue dans sa détection par les autres conducteurs. Ainsi, un vêtement voyant dans certaines situations pourra apparaître neutre dans certains contextes, voire comme un camouflage dans d'autres situations.

Les résultats de recherches récentes apportent un éclairage nouveau sur d'autres facteurs susceptibles d'agir sur ces problèmes perceptifs. Les travaux de Brenac et al. (2006) et Clabaux et al. (2012) suggèrent par exemple l'existence d'un lien significatif entre les problèmes de détectabilité et les vitesses élevées des motocyclistes dans les accidents urbains. Les auteurs interprètent cette association comme résultant de l'influence de la vitesse des motocyclistes sur leur position et leur perceptibilité par les autres usagers au moment de la prise d'information : pour un même temps séparant un motocycliste et un autre usager d'une collision éventuelle, plus la vitesse du motocycliste est élevée, plus sa distance à l'autre véhicule est grande, et plus faible est sa taille apparente dans le champ visuel de l'autre conducteur. Et, comme on le verra dans la suite du projet, plus faible est la sensation de mouvement induite par le déplacement de ce véhicule.

D'autres auteurs soulignent l'importance de la dimension cognitive des problèmes de détectabilité dont font l'objet les deux-roues motorisés (cf. Van Elslande et al., 2008 et Hole et al., 1996). Ainsi, pour Hole et al. (1996), la faiblesse des attentes des automobilistes vis-à-vis

des motocyclistes, notamment chez les conducteurs expérimentés (on ajoutera : "expérimentés à ne pas rencontrer de DRM"...), est la principale raison pour laquelle ils ne les perçoivent pas. Des travaux s'appuyant sur des investigations en profondeur sur des cas d'accidents donnent du crédit à cette idée. Sur la base de l'analyse 1 003 accidents de motocyclistes au Royaume-Uni, Clarke et al. (2007) mettent par exemple en évidence que les automobilistes expérimentés sont significativement plus impliqués dans les accidents où un motocycliste n'est pas détecté. Les accidents de type "regardé mais pas vu" impliquant des motocyclistes seraient ainsi le révélateur de l'un des effets pervers de l'expérience de la conduite automobile puisqu'au fur et à mesure de leur pratique de la conduite, les conducteurs développeraient des stratégies de prises d'information de plus en plus rapides et de plus en plus sélectives, n'extrayant qu'un nombre minimal d'informations dont l'expérience leur a montré la pertinence. Les motocyclistes et plus généralement les deux-roues motorisés échapperaient, du fait de leur rareté relative dans certains contextes, à cette sélection. Cette possibilité est d'autant plus à prendre au sérieux que les problèmes de détection des motocyclistes semblent se produire, d'après les résultats de Crundall et al. (2008), lors de prises d'information rapides, de type coup d'œil. Les travaux de Magazzù et al. (2006) montrent, quant à eux, que les conducteurs de voiture ayant l'expérience de la pratique motocycliste et étant détenteurs d'un permis motocycliste sont significativement moins souvent responsables d'un accident avec un motocycliste que ceux ne conduisant que des voitures et n'ayant pas de permis motocycliste. Les auteurs interprètent ces résultats par le fait que la pratique de la motocyclette pourrait contribuer à mieux s'attendre aux motocyclistes, à plus souvent les détecter, mais aussi à mieux prévoir leurs manœuvres. À l'inverse, le manque de familiarité vis-à-vis des deux-roues motorisés contribuerait à peu s'attendre à ces usagers, à moins souvent les rechercher et donc à moins souvent les détecter. Les travaux plus anciens de Brooks et Guppy (1990) vont également dans ce sens. D'après Clarke et al. (2007, p. 980), cette hypothèse selon laquelle la faiblesse des attentes chez les automobilistes vis-à-vis des motocyclistes (du fait de la rareté de ces usagers dans le trafic) peut contribuer à la faible détectabilité de ces derniers, reste cependant difficile à démontrer.

Hole et al. (1996) suggèrent par exemple que la faiblesse des attentes des automobilistes vis-à-vis des motocyclistes, notamment chez les conducteurs expérimentés, est la principale raison pour laquelle ils ne perçoivent pas les motocyclistes. Les résultats de Clarke et al. (2007) ont depuis confirmé la surreprésentation des conducteurs expérimentés dans les accidents où un conducteur ne détecte pas un motocycliste. Les travaux de psychologie cognitive ont montré de longue date que, dans la réalisation de sa tâche, le sujet va sélectionner dans la scène visuelle qui se présente à lui un certain nombre d'éléments qu'il va juger pertinents pour la réalisation de son activité. Cette sélection va notamment dépendre des connaissances et des représentations qu'a le conducteur de la scène routière qui se présente à lui, ces connaissances et représentations s'étant construites au fil du temps de sa pratique automobile. Sur cette base, un conducteur va juger certains événements comme très probables, certains possibles et d'autres complètement inconcevables (Duncan, 1996 ; Girard, 2006). Si ce mode de fonctionnement permet très généralement la réalisation sans fatigue excessive de déplacements sûrs, il présente en revanche l'inconvénient d'être un peu moins performant lorsque le conducteur est confronté à des événements moins fréquents, moins attendus. Ainsi, un événement ou un élément de la scène routière, comme par exemple la traversée d'un piéton en zone rurale ou la présence d'un cycliste ou d'un motocycliste sur l'axe prioritaire dans une intersection, pourra ne pas être perçu, ou trop tardivement par le conducteur car il n'aura pas été recherché, ni attendu en ces lieux.

Des travaux s'appuyant sur des investigations de cas d'accidents ou sur des observations de conducteurs en intersection semblent donner du crédit à cette idée, en particulier pour ce qui

concerne les deux-roues. Par exemple, Hunter et al. (1995) analysent 2 990 cas d'accidents impliquant un cycliste et un autre véhicule s'étant produits dans six Etats américains et classifient ces cas selon la typologie d'accidents de cyclistes établie dans les années 70 par Cross et Fisher (1977). Leurs résultats indiquent que dans les principaux types d'accidents où un véhicule effectue un changement de direction (en direction d'une autre rue ou d'un accès) et interfère avec la trajectoire d'un cycliste, celui-ci provenait d'une direction autre que le trafic général<sup>2</sup> dans 32 % des cas. Concernant les accidents se produisant en intersection ou en sortie d'accès et où un automobiliste s'insère sur un axe prioritaire ou le traverse sans céder la priorité à un cycliste, celui-ci provenait d'une direction autre que le trafic général dans 65 % des cas<sup>3</sup>. Les travaux de Summala et al. (1996) et de Herslund et Jørgensen (2003) renforcent également cette idée selon laquelle les conducteurs développent des stratégies de prise d'informations qui se concentrent sur les événements les plus fréquents et ignorent les événements et usagers rares.

D'autres travaux se référant à la psychologie de la perception et réalisés cette fois en laboratoire avancent d'autres hypothèses. Pour Crundall et al. (2008), l'influence de la direction du regard en vision centrale (champ de vision fovéal) dans les accidents "regardé mais pas vu" impliquant des motocyclistes est sous-estimée. D'après ces auteurs, les conducteurs dirigeraient leur regard dans une partie de la scène visuelle, où leur expérience a montré qu'il était pertinent de rechercher l'information. Un motocycliste situé en dehors de cette zone apparaîtrait alors en vision périphérique (dans le champ de vision parafovéal, zone de la rétine où l'acuité est plus réduite) et serait donc moins facilement détectable et reconnaissable. En revanche, étant plus large, une voiture ou un poids lourd pourra être détecté même lorsqu'ils apparaissent en vision périphérique. Bien qu'il n'existe que peu de travaux à ce sujet, on peut néanmoins citer ceux de Labbett et Langham (2006) qui montrent au moyen d'une expérimentation sur simulateur et d'un enregistrement des mouvements oculaires des sujets que, en intersection, les conducteurs novices tendent à explorer davantage la scène visuelle dans son ensemble par rapport aux conducteurs expérimentés qui semblent, eux, davantage concentrer leur regard sur la partie éloignée de la même scène. Les sujets novices détectent également plus tôt les motocyclistes que les sujets expérimentés. Cette idée est également évoquée par Herslund et Jørgensen (2003) et Clarke et al. (2007). Ces derniers trouvent que, dans une certaine proportion de leur échantillon d'accidents avec un motocycliste non détecté, accidents impliquant davantage les conducteurs expérimentés, le motocycliste était situé à proximité de l'intersection au moment de la prise d'information par l'autre conducteur, et se situait donc probablement en vision périphérique.

Crundall et al. (2009) avancent également une autre hypothèse pour tenter d'expliquer les différences qu'ils observent dans les niveaux de détection des voitures et des motocyclettes. Ces auteurs se réfèrent à l'hypothèse des fréquences spatiales et à la théorie de la précedence globale (cf. par exemple, Hughes et al., 1996). Celle-ci suggère que les informations en basses fréquences spatiales<sup>4</sup> d'une scène visuelle tendent à être traitées avant, et sont par conséquent plus rapidement perçues que les informations en hautes fréquences, qui

---

<sup>2</sup> Le cycliste circulait sur le trottoir dans 24 % de ces cas et dans 8 % à contresens.

<sup>3</sup> Dont 37 % dans lesquels il circulait sur le trottoir et 29 % à contresens.

<sup>4</sup> Le terme "fréquence spatiale" renvoie à la variation plus ou moins rapide, dans l'espace, de la luminance d'un pattern visuel.

correspondent aux détails et qui se noient plus facilement dans l'arrière-plan. Ainsi, les voitures, plus larges, aux contours et aux couleurs plus homogènes, se présenteraient comme étant des objets en basses fréquences spatiales et seraient alors plus souvent perçues par les conducteurs lors de prises d'informations rapides, comme celles réalisées en conduite automobile. En revanche, les motocyclettes, plus étroites, aux contours plus saillants et complexes renverraient des informations de hautes fréquences spatiales qui ne seraient pas perçues au premier coup d'œil, notamment dans le cas d'arrière-plans complexes et riches en informations de hautes fréquences (panneaux de signalisation, de publicité, végétations, etc.). Pour Wulf et al. (1989), la complexité de l'environnement de circulation et la surcharge d'informations visuelles constituent d'ailleurs l'un des facteurs de la non détection des motocyclistes.

### **1.5 Discussion**

Le problème de la détectabilité est donc un problème complexe qui ne peut pas se cantonner au simple fait que les DRM sont physiquement moins visibles que les autres véhicules. Les causes de la mauvaise détectabilité des DRM sont multiples et le plus souvent combinées. Ces problèmes ont trait aux capacités du système visuel humain, aux caractéristiques de l'environnement et aux spécificités physiques des DRM. Pour récapituler ce qui a été développé jusqu'ici, on peut ainsi distinguer trois ordres d'éléments susceptibles de contribuer aux problèmes de détectabilité : des paramètres sensoriels, des paramètres attentionnels et des paramètres comportementaux.

Les paramètres d'ordre sensoriel sont directement liés au gabarit des deux-roues. Les DRM sont par définition étroits et peuvent facilement être masqués par des obstacles, même de petites tailles (ex : panneau publicitaire, montant de baie de pare-brise...). Alors que ces gênes ne vont pas masquer une automobile elles peuvent masquer totalement l'approche d'un DRM.

Les paramètres d'ordre attentionnel font référence à l'expérience et aux anticipations des usagers de la route vis-à-vis de la rencontre d'un DRM. Les DRM ne représentent qu'environ 2 % du trafic, aussi de nombreux automobilistes n'ont que peu l'habitude d'être confrontés à eux (cela dépend évidemment de l'environnement habituel de circulation des usagers : des citadins ont plus l'habitude de rencontrer des DRM que des personnes vivant en rase campagne).

Les paramètres d'ordre comportemental sont liés aux modes de conduite des DRM qui ne tiennent pas forcément compte de leur manque de détectabilité et adoptent des comportements qui peuvent accroître ce phénomène au lieu de le compenser : positionnement sur la chaussée, remontée de file, niveaux de vitesse et d'accélération, etc. Ce type de comportement des motards accentue les problèmes de perceptibilité auxquels ils sont vulnérables. Identifier clairement ces comportements à risque et tenter de les améliorer sont donc des enjeux majeurs de sécurité routière.

Ces différents problèmes de détectabilité peuvent être associés à deux problématiques cognitives distinctes (Détection vs Perception) du point de vue des conducteurs confrontés à un DRM (figure 4).

La détection est l'acte qui consiste à prélever les informations disponibles dans son environnement. C'est le traitement le plus élémentaire de la vision mais la détection ne suffit pas à l'indentification d'une stimulation.

La perception, en revanche est un processus complexe qui nécessite une construction mentale consciente de l'objet perçu, appelé "percept". Pour comprendre la perception, il faut partir de l'idée que tout organisme vivant prélève des informations dans son environnement: l'homme perçoit le monde extérieur de façon active ; ces informations sont regroupées, sélectionnées, structurées, traitées ; il y a un traitement de l'information sensorielle. Nous traitons et stockons les informations dans le système nerveux et cette trace influence de nouveau les perceptions à venir. Les schèmes perceptifs sont ainsi des informations stockées sur un objet. La perception dépend aussi de l'état dans lequel se trouve la personne qui perçoit. Les intérêts, la recherche d'un but, forment l'attitude perceptive qui va orienter la perception au moment où la stimulation intervient. En d'autres termes, la perception est une fonction cognitive complexe.

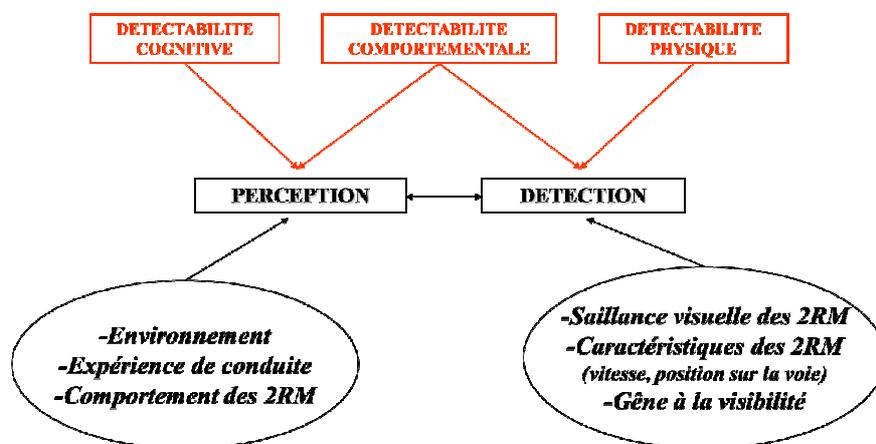


Figure 4 : Influence des trois types de problèmes de détectabilité sur la perception et la détection des DRM et facteurs endogènes et exogènes influant sur ces processus cognitifs

Les différents problèmes de détectabilité cités plus haut n'agissent pas tous de la même façon sur la détection ou la perception. Les caractéristiques physiques des DRM vont limiter leur détection. D'un autre côté, la faible fréquence des DRM dans le trafic limite la perception que l'on peut en avoir, et par conséquent leur détection. Evidemment, la résultante d'un défaut de perception ou de détection est la même (la non prise en compte de la présence d'un DRM), cependant, les solutions à apporter à ces problèmes divergent. Il est donc nécessaire d'identifier clairement ces problèmes afin de déterminer le poids des facteurs d'influence, les interactions qui s'instaurent en situation accidentelle entre ces différents facteurs, afin d'entrevoir les solutions appropriées à ces problèmes. Jusqu'à présent, les travaux se sont essentiellement orientés sur l'amélioration de la détectabilité des DRM par une augmentation de la saillance visuelle des deux-roues (phare allumé, couleur du véhicule, du casque, gilet fluorescent, etc.). Ces travaux ont bien montré l'intérêt des dispositifs qui permettent de faciliter la détection des DRM par les autres usagers de la route. Cependant, comme le soulignent Wulf et coll. (1989), la détection – et le problème de détectabilité – est fonction du système visuel du conducteur (et du système cognitif en général) en interaction avec l'environnement externe. Ce n'est pas seulement un attribut de la stimulation provoquée par l'objet (ici le DRM).

Ce bref aperçu de la littérature scientifique sur les déterminants des accidents liés à la faible conspécuité des motocyclistes, montre qu'en dépit de nombreuses études mises en œuvre dans la recherche internationale en sécurité routière, aujourd'hui encore, on ne sait pas clairement pourquoi de tels accidents se produisent (Clarke et al., 2007). Cet aperçu montre également la diversité et la complexité des mécanismes à l'œuvre dans la genèse de ces accidents. Ces mécanismes ne sont pas mutuellement exclusifs et vont bien souvent se combiner les uns avec les autres dans le déroulement des accidents. Il suggère enfin la pluralité mais aussi et surtout la complexité des actions qui peuvent être tentées pour essayer de les contrecarrer (Clabaux, 2009). Le problème de la détectabilité des DRM est donc un problème complexe qui ne peut pas se cantonner au simple fait que les DRM sont physiquement moins visibles que les autres véhicules. Les causes de la mauvaise détectabilité des DRM sont multiples et le plus souvent combinées. Ces problèmes ont trait aux capacités du système visuel humain, aux caractéristiques de l'environnement, aux spécificités physiques des DRM et à leurs comportements atypiques.

Le chapitre qui suit se propose d'investiguer de manière très détaillée l'inscription des différents facteurs à l'œuvre dans la production des accidents impliquant un problème de perception d'un DRM.



## Chapitre 2

### Analyse accidentologique approfondie des problèmes de perception des deux-roues motorisés

Cette deuxième section présente notre analyse approfondie des questions accidentologiques impliquant des problèmes de perception d'un DRM. Cette analyse s'est en partie appuyée sur la méthodologie et les résultats d'un travail préalable réalisé dans le cadre du projet ANR - Prédit "2RM" (2006-2008), dont la Tâche 1 était orientée vers l'analyse en profondeur des difficultés accidentogènes sous l'angle des interactions avec l'infrastructure et avec les autres usagers de la route. Cette analyse, qui s'est fondée sur des données EDA et les modèles d'analyse de l'accident et du fonctionnement humain, a amené des résultats intéressants sur les processus perceptifs, cognitifs et psycho-moteurs impliqués dans l'accidentalité des DRM, qu'ils concernent le conducteur du DRM ou l'usager de la route qui s'y trouve confronté. L'application de cette analyse détaillée à un large effectif d'accidents a permis de définir des distinctions essentielles à établir du point de vue du type de véhicule impliqué et des mécanismes d'accidents en jeu. Nous en rendons compte ci-dessous, et présenterons ensuite la méthode et l'analyse spécifique qui a été réalisée pour le projet PERCEPT.

#### 2.1 Travaux préalables

L'étude "2RM" (Van Elslande et al, 2008) démontre que les conducteurs confrontés aux DRM sont plus susceptibles que les automobilistes témoins de commettre des erreurs de détection (59,9 % vs 45 %). De la même manière, mais dans une moindre mesure, plus de défaillances de décision d'engagement de manœuvre ont été identifiées chez ces usagers par rapport aux témoins (13,4 % vs 9,6 %).

Parmi les défaillances de détection, c'est la prise d'information sommaire qui se distingue plus particulièrement entre ces groupes. En effet, on la retrouve dans près de 23 % chez les conducteurs confrontés aux DRM et seulement 8,5 % des conducteurs témoins. Les scénarios associés à cette défaillance laissent apparaître des difficultés contextuelles d'accès à la visibilité mais aussi une forte participation de facteurs relatifs au conducteur et notamment aux ressources attentionnelles allouées à sa tâche de conduite. Ces résultats suggèrent donc que le problème de détection du DRM est lié à une conjonction de facteurs aussi bien endogènes (liés au conducteur lui-même) qu'exogènes (liés à l'environnement, aux autres usagers, au véhicule). Ces premiers résultats illustrent la nécessité de prendre en compte ces interactions de facteurs mais soulèvent la question de la spécificité de ces facteurs explicatifs aux caractéristiques des DRM.

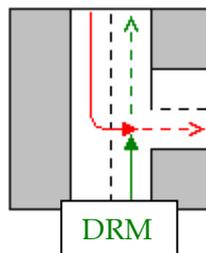
Concernant les défaillances des conducteurs de DRM impliqués dans un accident mettant en cause un problème d'interaction, on note une surreprésentation des défaillances de pronostic par rapport à un groupe témoin (33,8 % vs 23,3 %) et également une représentation plus importante de défaut de décision (14,5 % vs 9,6 %). Lorsque l'on regarde plus en détail les défaillances des conducteurs de DRM en fonction du type de DRM conduit, on peut s'apercevoir que les défauts de décision concernent essentiellement les conducteurs de cyclomoteur, alors que l'augmentation du taux de défaillances de pronostic est plus prononcée chez les usagers de motocyclette. Ainsi si certaines défaillances sont communes aux différents groupes d'usagers (défaillances relatives au pronostic à établir sur l'évolution

de la situation ou sur la mauvaise compréhension de la manœuvre de l'autre notamment), des profils d'erreurs distinguent motards, cyclomotoristes et automobilistes dans les accidents où ils interagissent avec d'autres conducteurs. Ce sont les situations d'anticipation portant sur la manœuvre d'autrui qui mettent le plus en défaut les motocyclistes, ainsi que celles où ils ont à établir un diagnostic sur ce que fait l'autre. Chez les cyclomotoristes, une défaillance se détache fortement. Elle correspond aux prises de décision d'engagement d'une manœuvre contraire aux règles de sécurité, qui est observée dans un cas sur cinq. En résumé, l'étude "2RM" démontre que les fonctions en cause dans les accidents résultant d'une interaction avec autrui diffèrent entre deux-roues à moteur et automobilistes, et se distinguent aussi d'un groupe de DRM à l'autre, montrant des spécificités propres aux motards et aux cyclomotoristes.

Un autre volet de l'étude a été consacré à une approche accidentologique dite "quantitative approfondie" basée sur un analyse d'un millier de procès-verbaux d'accident. L'objectif étant d'établir une distinction entre les accidents mortels et non mortels impliquant au moins un DRM en fonction de plusieurs paramètres, tels que : la gravité, le type de situation d'accident, le type de véhicule impliqué, le type de DRM, les sources de dysfonctionnements conduisant à l'accident, etc. Cette question a amené dans un premier temps une analyse statistique afin de déterminer les variables spécifiques des accidents de DRM mortels et non mortels. Un second objectif de ces analyses consistait à définir des configurations accidentelles caractéristiques des deux-roues motorisés. Ces configurations sont construites sur la base de regroupements de cas qui se produisent dans des circonstances similaires. Elles montrent d'une part des régularités, des récurrences dans les circonstances accidentelles. Elles permettent d'autre part une meilleure prise en compte de la diversité des accidents des deux-roues motorisés, utile à établir dans une perspective de prévention en sécurité routière.

C'est principalement cette deuxième partie qui va nous intéresser ici et plus particulièrement, les configurations accidentelles récurrentes (CAR) les plus représentées dans les accidents mettant en cause un problème d'interaction entre un DRM et un autre véhicule. Les trois CAR qui se retrouvent le plus fréquemment dans les accidents mettant en cause un problème d'interaction avec un DRM sont :

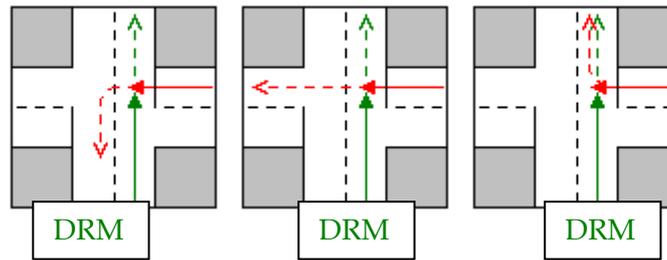
**B.1.1** Le DRM circule sur axe prioritaire. Un AU arrivant en face et souhaitant TAG, ne détecte pas le DRM malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU engage son TAG et coupe la route au DRM<sup>5</sup>.



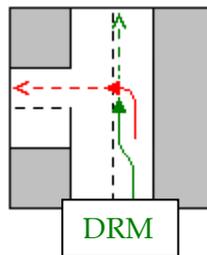
<sup>5</sup> Les couleurs utilisées sur les pictogrammes indiquent le niveau d'implication des usagers :

- le rouge est utilisé pour les conducteurs déclencheurs de la perturbation
- le vert est utilisé pour les niveaux d'implication autres que déclencheurs

**A.1.1 Un AU non prioritaire** souhaitant s'insérer dans l'intersection **ne détecte pas le DRM** malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU entre dans le flux de trafic.



**B.1.3 Le DRM circule derrière un AU qui ralentit** (avec ou sans son clignotant gauche). Le DRM **décide de dépasser l'AU**. Au même moment, l'AU **effectue un TAG** en intersection ou en accès privé.



En accord avec l'ensemble de la littérature, les accidents d'interaction entre un DRM et un autre véhicule mettent ainsi principalement en cause un problème de détection du DRM ou une mauvaise perception de ce dernier.

L'analyse approfondie d'accidents qui a été entreprise dans le cadre de PERCEPT a eu pour visée une compréhension fine des mécanismes en jeu dans ces différentes configurations du point de vue de ces problèmes de détection et de perception.

## 2.2 Méthodologie générale de l'analyse accidentologique

La méthode utilisée consiste en une exploitation de données détaillées d'accidents de la banque de données de l'IFSTTAR. Ces données ont été exploitées premièrement selon un modèle d'analyse établi lors de travaux antérieurs dont on récapitulera ci-après les principales lignes. Deuxièmement, un nouveau modèle d'analyse a été développé afin d'approfondir le problème de perception des DRM. Ce modèle sera développé à la suite.

### 2.2.1 Le principe des EDA et l'approche séquentielle de l'accident

L'objectif de l'Etude Détaillée d'Accidents (EDA) est le développement de la connaissance des mécanismes générateurs des accidents et des processus de dysfonctionnement du système routier. Pour ce faire, l'EDA prend l'accident comme objet de recherche : il s'agit, à partir d'un recueil de données de qualité, de reconstruire et décrire le déroulement de l'accident, d'explicitier les enchaînements de causalité qui rendent compte de ce déroulement, et d'identifier parmi les caractéristiques des usagers, des véhicules et des infrastructures, les facteurs dont le contrôle permet l'action de prévention.

L'EDA s'appuie sur :

- Une approche système de l'accident qui met l'accent sur les interactions entre les usagers, les outils de déplacement et les infrastructures support de ces déplacements,
- Un modèle cinématique permettant la reconstruction et le paramétrage dans le temps et l'espace, de la dynamique du phénomène,
- Un modèle du fonctionnement de l'opérateur humain assimilé à un système de traitement de l'information, modèle qui s'appuie sur les formalismes de la psychologie cognitive,
- Un modèle d'analyse reposant sur le découpage en phases du déroulement de l'accident (Ferrandez, 1995). L'accident étant par définition un événement dynamique, cette analyse se fait donc séquentiellement selon une répartition en phases (figure 5) :
  - La situation de conduite : situation de conduite "normale" qui intègre les objectifs, la tâche à réaliser, les attentes du conducteur. Elle est significative de la stratégie adoptée en abord du lieu de l'accident.
  - La situation d'accident qui correspond à l'instant de rupture qui amène une situation critique. Elle est créée généralement par la survenue d'un élément imprévu.
  - La situation d'urgence où il y a mise en œuvre d'actions d'évitement, dès l'identification de la difficulté.
  - La situation de choc qui marque l'échec des actions entreprises. On décrit ici la nature du choc et les événements consécutifs.

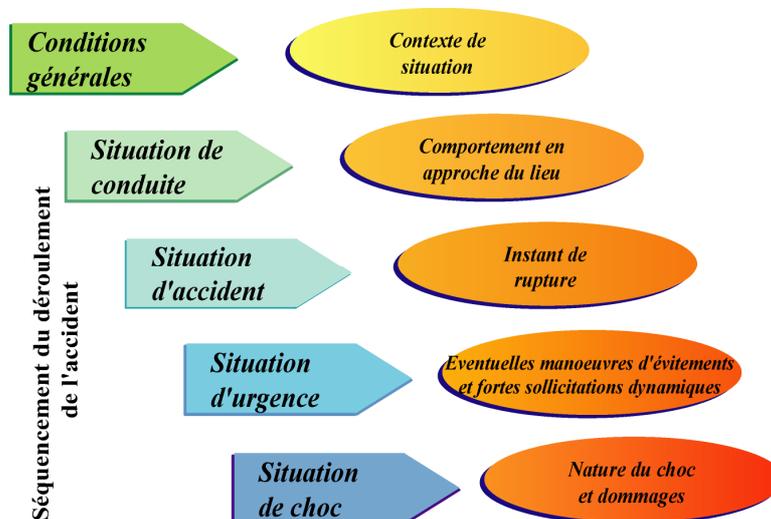


Figure 5 : Découpage en phases du déroulement de l'accident

La situation "d'accident" (ou de rupture) est considérée comme une étape charnière, au sens où elle rend compte du basculement dans une séquence dysfonctionnelle. Son analyse permet la comparaison des accidents entre eux sous l'angle des processus psychologiques qui entrent en jeu dans la défaillance. La rupture est généralement ponctuelle et instantanée, ce qui en fait un bon point de repère pour déterminer quelle fonction a été défaillante à cet

instant précis. Cependant, chaque étape amène des éléments susceptibles d'expliquer les défaillances du système, et renseigne sur leur poids ou leur incidence dans la survenue de l'accident. L'intérêt d'un tel découpage est d'essayer de trouver les mécanismes qui ont amené un décalage entre les procédures mises en œuvre par les conducteurs et celles qui auraient été adaptées à la situation. Il s'agit donc d'analyser la combinaison des différents paramètres - qu'ils soient internes ou externes au conducteur - qui ont obéré la mise en place d'une stratégie adaptée ou ont provoqué une défaillance à l'une des étapes fonctionnelles de traitement de l'information.

Le résultat de cette démarche est une collection de cas d'accidents analysés cliniquement, intégrant un diagnostic sur les mécanismes et les facteurs concourant au déclenchement, au déroulement et aux conséquences de ces accidents. Un recoupement de ces monographies sur la base de différents critères de sélection permet la mise en place d'études thématiques comme celle qui est présentée ici, dont l'objet est la mise en évidence de la spécificité des dysfonctionnements caractéristiques des accidents impliquant des deux-roues motorisés.

### **2.2.2 L'analyse des défaillances de conduite**

Les EDA ont été entreprises dans un objectif de recherche, avec pour intention de dépasser la démarche traditionnelle d'identification statistique des causes accidentelles pour atteindre les mécanismes-mêmes de production des accidents à travers la reconstitution de leur scénario et l'analyse de leur déroulement. Le principe de base de ces études, engagées dans les années 1980, consiste à établir au cas par cas le scénario le plus probable de chaque accident recueilli, en identifiant les facteurs qui y ont contribué et les mécanismes qui les relient.

Le recueil de données est réalisé par des équipes pluridisciplinaires spécifiquement formées, constituées d'un technicien spécialiste de l'infrastructure et du véhicule, et d'un psychologue spécialiste du fonctionnement cognitif et rompu aux techniques d'entretiens adaptées au contexte accidentel (Van Elslande et al., 2004). Les données recueillies visent à couvrir les trois composants élémentaires (Usager - Véhicule - Environnement) du système routier, en s'axant particulièrement sur les phénomènes d'interaction qui les relient. Une verbalisation des circonstances de l'accident est demandée aux impliqués et aux témoins éventuels. Un relevé des traces et des conditions matérielles de l'accident est effectué. La reconstitution du cas s'appuie sur des calculs cinématiques pour estimer, en fonction de l'ensemble des données recueillies, les vitesses d'approche, les temps à l'obstacle, les vitesses d'impact, les trajectoires suivies par les différents mobiles en cause, en bref le scénario le plus probable de l'accident en termes de déroulement espace/temps. La phase d'analyse qui s'appuiera sur cette reconstitution, va consister en une décomposition de l'accident en termes de séquences d'événements rythmées par la nature des dysfonctionnements et les niveaux de dégradation des situations.

L'analyse des cas permet de définir, entre autres, pour chaque impliqué la défaillance fonctionnelle pivot qui a fait basculer une situation de conduite contrôlée dans une situation accidentelle et le niveau d'implication de chacun des protagonistes.

#### **❖ Défaillance fonctionnelle**

La défaillance fonctionnelle correspond à l'incapacité momentanée d'une fonction sensorielle, cognitive ou motrice à gérer une difficulté, qui aboutit à une situation de rupture dans la gestion des situations. Ces défaillances fonctionnelles seront réparties en six catégories : les cinq premières réfèrent à l'une ou l'autre des différentes étapes de traitement mises en œuvre dans la logique d'un modèle séquentiel d'analyse (détection, diagnostic,

pronostic, décision, exécution) ; la dernière correspond à une altération de l'ensemble de cette chaîne fonctionnelle, telle qu'elle ressort de certains cas d'accidents (défaillances dites "généralisées").

Ces défaillances fonctionnelles correspondent le plus souvent à une limite d'efficacité d'un mode de fonctionnement généralement adaptatif. Elles ne sont donc pas à regarder comme des "causes premières" d'accidents, mais comme la résultantes de causes ("facteurs") qui se situent en amont et qui caractérisent l'état dégradé des différents composants en jeu : les usagers, les véhicules et les infrastructures concernés, ainsi que les interactions entre ces états dégradés.

#### ❖ Le degré d'implication des conducteurs

Cette variable définit le rôle joué par le conducteur dans la genèse de l'accident. Proche de la notion de "responsabilité", elle s'en distingue toutefois par l'absence de référence à un code légal et le recours à une analyse strictement comportementale. Suivant une approche ergonomique, on cherche à clarifier le degré de participation respectif des différents usagers impliqués dans un même accident, du point de vue de la dégradation des situations, sans préjuger de la faute attribuable d'un point de vue juridique. Quatre modalités sont ainsi définies :

##### - Actif primaire (déclencheur)

Cette modalité désigne les conducteurs provocateurs de la perturbation qui a conduit à l'accident. Ils ont une implication fonctionnelle déterminante dans la genèse de l'accident : ils sont directement à l'origine de la déstabilisation de la situation. Suite à une défaillance fonctionnelle, ces conducteurs provoquent pour eux-mêmes ou pour les autres usagers interférents dans le système en place, une situation critique dans laquelle va s'inscrire la situation d'accident. On notera toutefois que le caractère inadapté de la manœuvre engagée par ces conducteurs est souvent involontaire, du fait de la non perception d'une information essentielle. Exemples : un démarrage à un carrefour régi par un stop alors qu'un véhicule non détecté arrive, ou toute autre manœuvre amenant sur une trajectoire de collision avec un autre, générant une perturbation pour les autres usagers, ou provoquant une perte de contrôle. En règle générale, il y a toujours au moins un actif primaire dans un accident. La seule rare exception correspond à des conducteurs circulant dans des conditions normales (en termes de vitesse notamment) qui sont soudainement confrontés à un obstacle totalement imprévisible sur la chaussée (par exemple : une chute de pierres). Dans certains cas particuliers, on peut isoler deux actifs primaires dans un même accident, lorsqu'ils prennent tous deux une part active dans le déclenchement de l'accident.

##### - Actif secondaire (contributeur)

Ces conducteurs ne sont pas à l'origine-même de la perturbation mais font toutefois partie prenante de la genèse de l'accident à titre secondaire. On ne peut leur attribuer une implication fonctionnelle directe dans la déstabilisation de la situation mais ils participent à la non résolution du problème par une mauvaise anticipation de l'évolution des événements. En situation de pré-accident, ils n'ont pas envisagé une dégradation possible des événements, pourtant théoriquement repérable en fonction d'indices plus ou moins alarmants dont ils disposaient. En fonction des informations à leur disposition, ils pouvaient réguler le conflit (contrairement à ceux qui l'ont provoqué à leur insu...). Anticipateurs potentiels, ils contribuent ainsi à la genèse de l'accident par l'absence de mise en place de stratégies préventives adaptées. Exemples : absence d'adaptation comportementale dans

l'attente d'une régulation par autrui, déni d'une interférence possible en présence d'indices pourtant alarmants, etc.

- Réactif potentiel

Ces conducteurs sont confrontés à une manœuvre d'autrui, atypique, difficilement prévisible, sans disposer d'indices annonciateurs, que cette manœuvre soit ou non en contradiction avec la législation. En règle générale, la défaillance fonctionnelle dont ils sont sujets ne met en cause aucun élément explicatif propre au conducteur. Ils ne sont pas considérés comme "actifs" dans la genèse de la perturbation car les informations dont ils disposaient ne leur permettaient pas de prévenir la défaillance d'autrui : ils n'ont pu anticiper, faute d'informations, la dégradation de la situation. Toutefois, on considère que, pour ces conducteurs, l'évitement de l'accident eut été théoriquement possible si ces informations leur avaient été fournies à temps. C'est en cela qu'on les différencie des usagers "neutres", pour lesquels aucune information ne leur aurait *a priori* permis d'éviter l'accident. Exemples : conducteurs confrontés à une gêne à la visibilité, conducteurs devant faire face à une manœuvre d'autrui atypique et ne disposant pas d'indices annonciateurs, etc.

- Neutre (passif)

Il s'agit des conducteurs non impliqués dans la déstabilisation de la situation mais qui font malgré tout partie intégrante du système. Leur seul rôle consiste à se trouver présents et ils ne peuvent être considérés comme partie prenante dans la perturbation. Aucune mesure n'est *a priori* susceptible de leur être bénéfique, si ce n'est d'agir sur l'autre conducteur. Exemples : conducteurs qui se font percuter à l'arrêt à un stop, un feu rouge ou à une place de stationnement, conducteurs confrontés à l'irruption d'un obstacle imprévisible, etc.

### 2.2.3 Modèle de classification des défaillances fonctionnelles

L'exploitation croisée de multiples études de cas d'accidents en regard des données de la littérature a amené l'élaboration d'une grille opérationnelle de classification des défaillances fonctionnelles (Van Elslande et al., 1997 ; Van Elslande, 2003) qui s'applique particulièrement aux spécificités des situations dégradées en conduite automobile (cf. figure 6). Au niveau global des 6 catégories de défaillances dégagées (partie gauche de la figure), cette classification recouvre les grandes étapes fonctionnelles, telles qu'elles sont classiquement mises en évidence dans la littérature, et qui peuvent correspondre à une grande variété d'activités humaines. Au niveau plus spécifique des 20 types de défaillances identifiées (partie droite de la figure), on fait apparaître les particularités des processus engagés dans la dégradation des situations en conduite automobile. Ces défaillances sont présentées par commodité suivant la logique d'un modèle classique du traitement de l'information. Le caractère linéaire de cette présentation ne sous-entend absolument pas que l'opérateur fonctionne lui-même de façon linéaire, en commençant par recueillir de l'information pour ensuite l'analyser, prendre une décision et en fin de compte engager une action. Comme le rappelle Amalberti (1996), il existe de nombreuses rétroactions entre les différents modules, le traitement de l'information est fortement bouclé et l'action elle-même va orienter la perception (Rizzolatti & Siniglia, 2008). Mais s'agissant d'accidents comme dans l'analyse qui suit, on arrête cette boucle fonctionnelle à l'étape de rupture dans la progression du conducteur, au moment où il est confronté à une difficulté imprévue qui va l'amener à perdre la maîtrise de la situation jusque-là plus ou moins convenablement régulée.

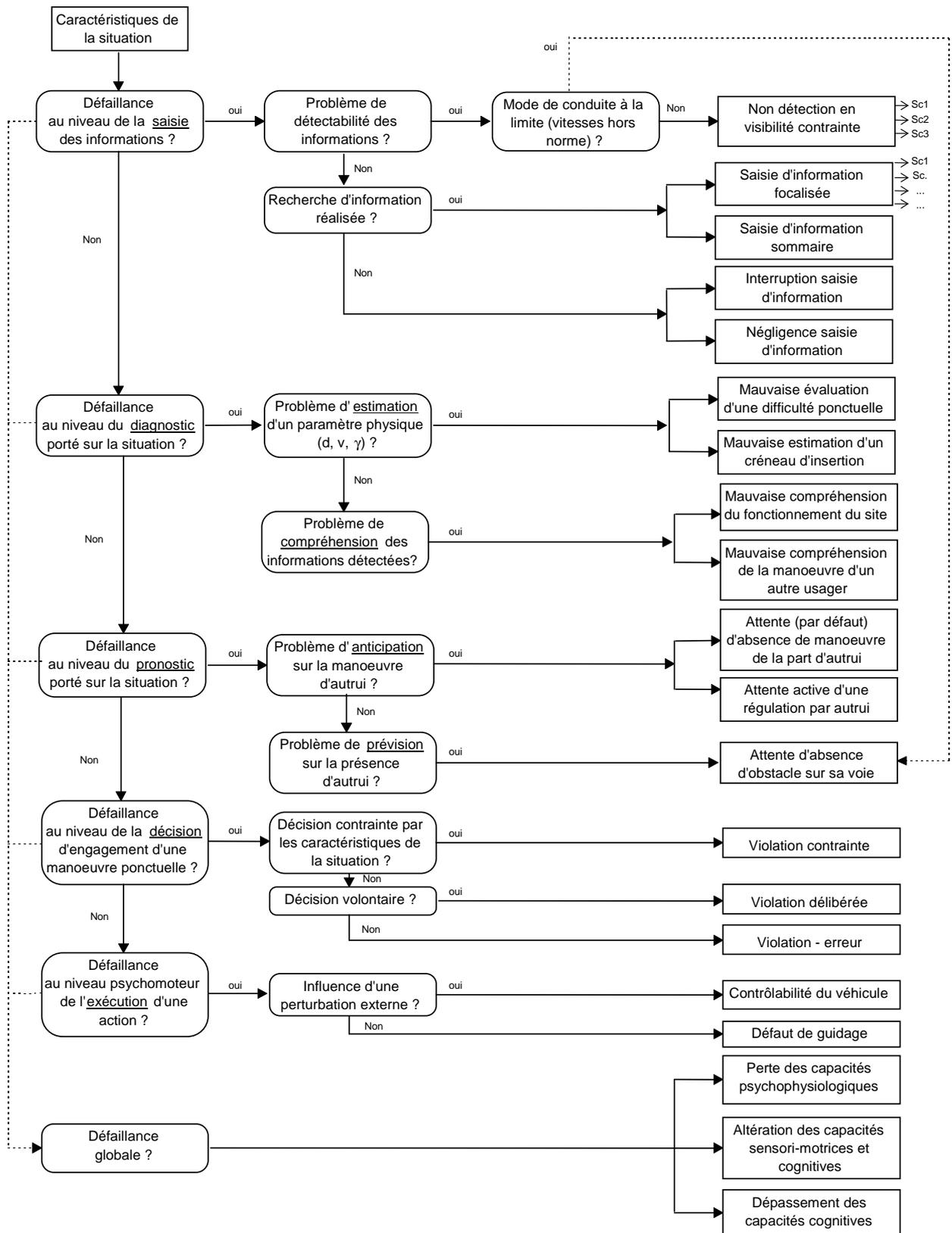


Figure 6 : Modèle de classification des défaillances fonctionnelles (Van Elslande, 2003)

#### ❖ Défaillances à l'étape de Détection

Les défaillances à l'étape de détection (Detect-1 à Detect-5) rassemblent les problèmes de détection et d'identification de certains paramètres essentiels de la situation, quelles qu'en soient les raisons. Elles font notamment état des problèmes de stratégies de recherche d'information mises en œuvre par les conducteurs. Sont répertoriés dans cette rubrique les cas pour lesquels l'accident est directement imputable à la non détection (ou détection trop tardive) d'un élément correspondant au fonctionnement du site ou au comportement d'un autre usager sur une trajectoire de collision potentielle. Ces défaillances perceptives peuvent aussi bien s'appuyer sur un problème de détectabilité des informations, sur une organisation défectueuse de la prise d'information, ou sur l'absence de recherche active des informations.

- Défaillance Detect 1 - Non détection en situation de visibilité contrainte. Les contraintes environnementales liées aux aménagements ou à la présence d'autres véhicules ont compromis la détection en temps utile d'un élément important de la situation.
- Défaillance Detect 2 - Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation. Rencontrant une difficulté spécifique durant la réalisation de leur trajet, les conducteurs centrent leur regard et leur attention sur ce problème, ce qui les amène à ne pas détecter un véhicule adverse.
- Défaillance Detect 3 - Saisie d'information sommaire et/ou précipitée. Que ce soit en liaison avec le caractère routinier d'une manœuvre ou avec la rencontre d'une pression situationnelle, les conducteurs restreignent au minimum le temps et l'attention consacrés à la recherche des informations.
- Défaillance Detect 4 - Interruption momentanée de l'activité de recherche des informations. La mise en œuvre d'une tâche annexe "matérialisée" amène un détournement momentané du regard et de l'attention portés à la scène routière.
- Défaillance Detect 5 - Négligence des exigences de recherche d'information. Lors de situations à faible contrainte, l'attention des conducteurs devient si diffuse qu'ils n'identifient un élément interférent qu'au moment où celui-ci devient "obstacle".

#### ❖ Défaillances de Traitement à l'étape de diagnostic

Les défaillances de diagnostic déclinent les problèmes de Traitement de l'information (Diag-1 à Diag-4) qui n'ont pas permis au conducteur, d'une part d'évaluer les paramètres physiques identifiés durant l'étape préalable afin d'estimer la faisabilité de la manœuvre envisagée, d'autre part de comprendre les informations recueillies concernant le type de situation auquel il est confronté dans son interaction avec l'environnement.

- Défaillance Diag 1 - Mauvaise évaluation d'une difficulté ponctuelle. Ces problèmes d'évaluation d'une difficulté relative à l'infrastructure concernent principalement le tracé d'un virage difficile et l'importance d'une perte d'adhérence sur une zone en travaux.
- Défaillance Diag 2 - Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion. En situation d'insertion ou de traversée d'un flux de trafic, les conducteurs estiment avoir le temps de s'engager alors que ce n'est pas le cas. De multiples raisons, tant internes qu'externes, peuvent expliquer cette défaillance du jugement évaluatif.
- Défaillance Diag 3 - Mauvaise compréhension du fonctionnement du site. Le plus souvent issue d'une combinaison d'une méconnaissance des lieux et de défauts

d'aménagements (atypiques, peu lisibles), cette défaillance origine amène le conducteur à ne pas s'arrêter au bon endroit en intersection, à y mettre en œuvre un séquençage inadapté de prise d'information, ou à ne pas s'attendre à rencontrer un autre véhicule en un certain endroit.

- Défaillance Diag 4 - Mauvaise compréhension de la manœuvre d'un autre usager. Cette défaillance peut provenir de l'absence d'émission d'indices annonciateurs de cette manœuvre, du caractère polysémique (ambigu) des indices émis, ou d'une analyse sommaire de l'interaction par le conducteur qui se limite à l'identification d'une gêne à la progression.

#### ❖ Défaillances de Traitement à l'étape de pronostic

Les défaillances de pronostic correspondent à une autre étape du Traitement de l'information (Pronost-5 à Pronost-7), caractéristique de toute activité à composante dynamique : le développement d'attentes appropriées à l'évolution potentielle des situations. On distinguera les problèmes qui ressortent d'une mauvaise anticipation sur les évolutions envisagées d'une situation en cours, et ceux qui correspondent à une mauvaise prévision sur les possibilités de survenue d'un événement dans une situation donnée.

- Défaillance Pronost 1 - Attente (par défaut) d'absence de manœuvre de la part d'autrui. En l'absence d'indices contraires, les conducteurs prioritaires abordant une intersection n'envisagent ainsi pas le démarrage possible d'un usager non prioritaire préalablement arrêté, et se font surprendre par l'engagement inattendu de l'autre.
- Défaillance Pronost 2 - Attente active d'une régulation par autrui. En fonction d'une anticipation erronée, basée sur l'habituel et le connu, et malgré la détection d'indices alarmants, les conducteurs excluent l'éventualité d'une évolution critique de la situation d'interaction rencontrée et, par conséquent, ne mettent pas en œuvre une stratégie de conduite préventive adaptée à cette évolution critique envisageable.
- Défaillance Pronost 3 - Attente d'absence d'obstacle. Le mécanisme de cette défaillance prévisionnelle repose unilatéralement sur l'adoption d'un mode de conduite qui n'intègre pas l'éventualité de la rencontre d'une perturbation dans la progression, malgré l'absence de visibilité. Au lieu d'engendrer la mise en œuvre de précautions particulières, cette restriction de visibilité semble conforter le conducteur dans un raisonnement du type "si je ne vois rien, c'est qu'il n'y a rien", et les conduit à emprunter l'espace réservé à autrui en faisant le pari de son absence...

#### ❖ Défaillances à l'étape de prise de Décision

Les défaillances Décisionnelles (Dec-1 à Dec-3) correspondent à un "choix" inadapté qu'a fait le conducteur parmi les stratégies de conduite qu'il lui était possible de mettre en œuvre dans la situation, en fonction notamment de ses exigences sécuritaires. Dans la mesure où on s'intéresse aux problèmes spécifiques qui font basculer le conducteur dans une situation dégradée, les défaillances qui sont présentées sous cette rubrique concernent les décisions bien définies d'engagement d'une manœuvre donnée, et non les éléments décisionnels plus diffus relatifs aux conditions de réalisation du trajet (motivations diverses, prise d'alcool, trajet à forte composante ludique, etc.), conditions que nous considérons par ailleurs en tant qu'éléments explicatifs des différentes défaillances. Les dysfonctionnements mis en évidence dans cette classe de processus font plus référence à la notion de "violation" (Reason, 1993), qu'à la notion "d'erreur" en termes de traitement de l'information. Trois types de défaillances

de cette fonction décisionnelle sont distingués selon le degré d'intentionnalité de la violation commise :

- Défaillance Dec 1 - Violation contrainte par les caractéristiques de la situation. Les conducteurs sont confrontés à une situation paradoxale dans laquelle ils sont contraints de prendre un risque quand bien même ils cherchent à l'éviter (défauts d'aménagements : sans visibilité ou inadaptés à certains types de véhicules).
- Défaillance Dec 2 - Violation délibérée d'une règle de sécurité. Cette défaillance fait référence aux processus dont on rend compte classiquement en termes de "prise de risque" (Saad, 1988) dans l'engagement d'une manœuvre : les conducteurs relèguent momentanément (voire durablement...) les aspects sécuritaires de leur activité au profit d'autres motivations, comme rattraper un retard, se libérer d'une gêne à la progression, tester les performances d'un véhicule, "s'amuser", etc.
- Défaillance Dec 3 - Violation-erreur. Cette prise de risque non délibérée (ou violation "involontaire") (Reason, 1993), correspond au déclenchement inopiné d'une manœuvre, par automatisme ou effet d'entraînement. On peut prendre l'exemple d'un conducteur qui cherche sa direction et qui réagit spontanément à l'injonction de son passager en omettant de vérifier la faisabilité de la manœuvre qui lui est indiquée.

❖ Défaillances à l'étape psychomotrice d'Exécution de l'action

Les défaillances d'Exécution (Exec-1 et Exec-2) rendent compte des faiblesses du dernier maillon de la chaîne fonctionnelle impliqué dans l'activité de conduite : l'exercice réalisé sur les commandes du véhicule pour assurer le guidage de la trajectoire poursuivie. Ne figurent dans cette catégorie que les accidents pour lesquels le problème de contrôle du véhicule est directement à l'origine du basculement en situation d'accident, c'est-à-dire lorsque les autres étapes ont été correctement parcourues. Les pertes de contrôle sont parfois à distinguer des "accidents véhicule seul"<sup>6</sup> classiquement répertoriés dans les bases de données : l'analyse est faite sur l'origine fonctionnelle de la défaillance, que l'accident se termine contre un élément d'infrastructure ou contre un autre véhicule qui joue le rôle d'obstacle dans la trajectoire en perdition.

- Défaillance Exec 1 - Mauvaise contrôlabilité face à une perturbation externe. Lors de situations à contraintes fortes (rafales de vent, pluie violente, perte d'adhérence, etc.), les conducteurs ne sont plus à même de contrôler la trajectoire de leur véhicule.
- Défaillance Exec 2 - Défaut de guidage. Pour ce second type de défaillance dans l'exécution de l'action, on ne relève pas d'intervention d'un élément extérieur. C'est ici l'affectation des ressources attentionnelles au guidage de trajectoire qui est en question (mise en œuvre d'une activité annexe, détournement de son attention vers ses pensées et préoccupations).

---

<sup>6</sup> Au sens implicite de "véhicule seul heurté" (ce qui comprend également des cas où la perturbation provient d'un problème d'interaction avec un autre, voire même a été généré par un autre véhicule, même s'il n'a pas été endommagé par l'accident).

### ❖ Défaillances généralisées

Les défaillances généralisées (Gen-1 à Gen-3) se distinguent des précédentes en ce qu'elles font état d'une altération de l'ensemble de la chaîne fonctionnelle décrite. C'est donc au niveau primordial des capacités générales de l'individu à maîtriser la situation rencontrée, tant sur le plan des informations à recueillir, des traitements à opérer, des décisions à prendre, que des actions à entreprendre, que se situe le problème. Cette défaillance "globale" trouve son origine dans des paramètres caractérisant un état psychophysiologique et cognitif du conducteur incompatible avec les exigences fonctionnelles requises par l'activité de conduite. Trois types de défaillances généralisées distinguent les cas où il y a une absence totale d'activation de l'organisme, une altération des capacités sensori-motrices et cognitives, ou un dépassement des capacités cognitives.

- Défaillance Gen 1 - Perte des capacités psychophysiologiques. Cette défaillance correspond à une perte de conscience du conducteur suite à un malaise ou un endormissement lié à la fatigue et/ou une alcoolémie élevée, d'autres psychoactifs, qui interviennent le plus souvent durant une tâche simple de guidage. Cette perte de conscience provoque bien évidemment une désactivation de l'organisme qui amène une interruption de l'activité de conduite dans sa globalité, ce qui se traduit par une totale perte de contrôle du véhicule.
- Défaillance Gen 2 - Altération des capacités sensori-motrices et cognitives. On rend compte ici d'une désorganisation globale de l'activité à la fois cognitive et motrice, au point de rendre les usagers inaptes à conduire même dans les situations les plus élémentaires, comme un contrôle de trajectoire en ligne droite. Les conséquences de cette altération des capacités sensori-motrices et cognitives peuvent se manifester à tout moment, et notamment lors de la rencontre de la moindre difficulté dans l'itinéraire, que l'usager semble avoir été inapte à gérer sur tous les plans fonctionnels. Le seul paramètre qui distingue cette défaillance de G1 est le fait que les conducteurs ne perdent pas connaissance.
- Défaillance Gen 3 - Dépassement des capacités cognitives. Cette défaillance caractérise des conducteurs qui ont vu leurs compétences totalement dépassées au moment de la rencontre d'une difficulté dans leur itinéraire. Leur impuissance à gérer la situation ne provient pas d'un problème de contrôle du véhicule, mais d'une incapacité de l'ensemble des fonctions cognitives à réguler cette difficulté. Cette incapacité se traduit par un effet de sidération ou par la réalisation de manœuvres inappropriées, voire totalement aberrantes.

## ***2.3 Méthode d'analyse du problème de perception***

Les variables décrites jusqu'ici s'appliquent de façon générale à l'ensemble des études qui sont réalisées sur le rôle des facteurs humains dans la genèse des accidents. Nous les avons complétées, dans le cadre de PERCEPT, par des variables spécifiquement caractéristiques des problèmes perceptifs.

### **2.3.1 Identification du problème de perception dans les cas d'accident**

Comme indiqué dans le chapitre 1, un dysfonctionnement des fonctions perceptives peut avoir des répercussions spécifiquement aux différentes séquences du processus accidentel. Nous allons ici nous intéresser plus particulièrement au problème de perception du DRM en amont de la défaillance pivot, autrement dit en amont de la phase de rupture (figure 7).

Le problème de perception est identifié comme intervenant dans l'accident lorsque l'on peut mettre en évidence, en amont de la défaillance du conducteur :

- un problème d'accès à l'information (lié à l'infrastructure, au DRM auquel le conducteur est confronté, lié au véhicule, au trafic, à la situation, etc.),
- un problème dans la stratégie de recherche d'information de la part du conducteur confronté au DRM.

D'un point de vue "expert", la question formulée dans chaque cas d'accident n'était pas : "y a-t-il eu dans cet accident un problème de détectabilité du DRM ?". Mais "y a-t-il eu à un moment donné, dans la séquence accidentelle un problème de perception indépendamment du fait que l'Autre Usager (AU) rencontre un DRM ?". Pris dans ce sens, l'analyse nous permet de remonter *a posteriori* aux accidents mettant spécifiquement en cause un problème de détectabilité du DRM et de fonder ce résultat sur des faits notables dans les analyses détaillées d'accident. Cette méthode évite de faire des inférences systématiques sur le fait que, lorsque l'on rencontre un DRM on serait systématiquement confronté à son problème de détectabilité et que celui-ci jouerait nécessairement un rôle déterminant dans l'interaction.

La définition de la défaillance fonctionnelle pivot est centrale dans l'analyse clinique des accidents et nous sert de point de comparaison entre les différents groupes d'impliqués. Néanmoins, la défaillance n'est qu'un maillon dans la chaîne événementielle qui aboutit à l'accident (Malaterre, 1987). La survenue de la défaillance est généralement l'aboutissement d'une chaîne de dysfonctionnement tout au long de laquelle il faut tenter d'identifier les facteurs qui interviennent si l'on veut comprendre l'origine et les processus qui mènent à la défaillance. Ce travail est mené dans l'hypothèse qu'un problème de perception peut souvent être identifié en amont de la défaillance fonctionnelle chez les conducteurs confrontés au DRM. Evidemment, dans une large majorité des cas, un défaut de perception devrait aboutir à une défaillance au niveau de l'étape de détection. Mais il s'agit également d'étudier dans quelle mesure le défaut de perception influence la survenue d'autres types de défaillances (diagnostic, décision, etc.).

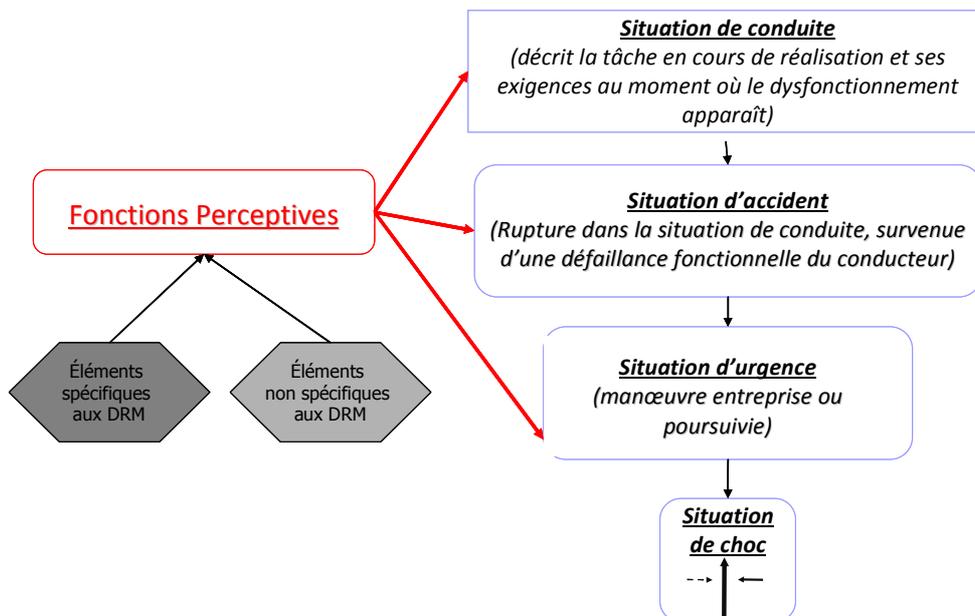


Figure 7 : Influence des fonctions perceptives sur les étapes de la séquence accidentelle

### 2.3.2 Les facteurs explicatifs du problème de perception

Les facteurs explicatifs du défaut de perception qualifient les principaux paramètres du contexte de conduite qui vont rendre compte du problème de perception du conducteur confronté au DRM. A l'image du caractère multicausal de l'accident, ces défauts de perception s'expliquent par un faisceau d'éléments qui peuvent être spécifiques aux caractéristiques des DRM ou non. Nous avons donc défini une première liste de facteurs explicatifs pouvant entrer en jeu dans le problème de perception qui sont non spécifiques aux DRM. Ces facteurs peuvent être endogènes (en lien direct avec l'état du conducteur et ses conditions internes de réalisation de la tâche) ou exogènes (en lien avec l'infrastructure, le véhicule ou l'environnement).

**Tableau 1: Liste des facteurs explicatifs du problème de perception d'un DRM. Tous ces facteurs sont considérés comme non spécifiques de l'objet DRM**

Vigilance faible liée à la fatigue
Préoccupations
Distraction par un évènement externe (dans ou en dehors de l'habitacle)
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience de la manœuvre
Conduite en mode "automatique" : entraînant une recherche orientée en fonction des connaissances
Méconnaissance des lieux
Contrainte de temps globale (affectée au trajet)
Contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre)
Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (focalisation sur une composante partielle de la scène)
Visibilité limitée par l'infrastructure (bâti, végétal et mobilier urbain)
Complexité du site (intersection)
Manœuvre complexe (TAG, demi-tour, etc.)
Difficulté d'obtention d'un créneau de traversée ou d'insertion (densité, vitesse du trafic) = Trafic important
Gêne à la visibilité ponctuelle (soleil, autre véhicule...)
Effet d'entraînement (ex: intervention d'un passager, démarrage d'un autre véhicule)
Vitesse excessive (au-dessus des limitations mais pouvant être pratiquées par des VLs)

Par ailleurs, nous avons également établi une liste de facteurs explicatifs du problème de perception spécifique au fait que le conducteur soit confronté à un DRM. Cette liste est présentée dans le détail dans le tableau suivant.

Ces facteurs sont en lien avec :

- Les attentes des conducteurs confrontés aux DRM
- Les véhicules des conducteurs confrontés aux DRM
- Les comportements spécifiques des DRM
- Les caractéristiques physiques du DRM
- L'environnement de conduite

**Tableau 2 : Liste des facteurs explicatifs du problème de perception d'un DRM. Tous ces facteurs sont considérés comme spécifiques de l'objet DRM**

<i>Catégorie de Facteurs</i>	Facteurs explicatifs
<i>Facteurs liés aux attentes des conducteurs confrontés aux DRM</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitudes de conduite (conducteurs n'ayant pas l'habitude de rencontrer des DRM)</li> <li>- Conducteurs n'ayant pas d'expérience des DRM</li> </ul>
Facteurs liés au véhicule des conducteurs confrontés aux DRM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chargement pouvant limiter la détection d'un DRM</li> <li>- Masque à la visibilité engendré par le véhicule pouvant limiter spécifiquement la détection d'un DRM</li> <li>- Défaut de rétroviseur pouvant limiter spécifiquement la détection d'un DRM</li> </ul>
<i>Facteurs liés au comportement des DRM</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible expérience de la conduite avec un passager ou avec un chargement entraînant un comportement atypique.</li> <li>- Remontée de file</li> <li>- Gymkhana</li> <li>- Dépassement spécifique des DRM (par la droite, en milieu de file, ...)</li> <li>- Positionnement sur la voie du DRM (très à droite ou très à gauche)</li> <li>- Manœuvre atypique et réalisable uniquement par un DRM</li> </ul>
<i>Facteurs liés aux caractéristiques physiques du DRM</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taille du DRM</li> <li>- Non allumage des feux ou allumage insuffisant</li> <li>- Manque de contraste entre le DRM et l'environnement</li> </ul>
<i>Facteurs liés à l'environnement</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gêne à la visibilité ponctuelle limitant spécifiquement la détection d'un DRM (soleil, autre véhicule, ...)</li> <li>- Visibilité limitée par l'infrastructure limitant spécifiquement la détection d'un DRM (mobilier urbain, végétation, ...)</li> <li>- Trafic chargé pouvant limiter la détection d'un DRM</li> </ul>

Ainsi pour chaque cas d'accident pour lequel nous avons identifié un problème de perception, nous avons identifié une combinaison de 1 et 7 facteurs explicatifs pouvant être spécifiques ou non spécifiques à la rencontre d'un DRM. Les résultats présentés rendent compte du pourcentage de contribution de chaque élément aux défaillances et s'échelonnent donc sur plus de 100 %. On pourra donc identifier des cas d'accident dans lesquels on retrouve une combinaison d'éléments spécifiques et non spécifiques aux DRM, des accidents avec des éléments uniquement non spécifiques aux DRM et des accidents dans lesquels le problème de perception est essentiellement lié à des facteurs spécifiques aux DRM.

### 2.3.3 Degré d'incidence des facteurs

L'accident est un événement dont le caractère majoritairement pluricausal n'est plus à démontrer. L'inconvénient de cette multicausalité est la difficulté à démêler un élément de l'écheveau des dysfonctionnements, et à rendre compte du poids d'un facteur dans sa participation à la dégradation d'une situation. Il ne suffit pas qu'un facteur soit présent pour qu'il joue nécessairement un rôle déterminant dans le mécanisme accidentel. Nous avons

donc estimé globalement le degré d'incidence des variables à partir d'une confrontation des différents paramètres ayant contribué à la genèse de l'accident. Deux niveaux d'impact des variables étudiées sur la genèse de la défaillance ont été définis au cas par cas :

- **Facteurs Déterminants** : Ce niveau rendra compte des conducteurs pour lesquels les facteurs identifiés ont eu une influence majeure sur le problème de perception. Le critère de jugement d'expert en sera qu'en l'absence de ce facteur, le DRM aurait pu être détecté ou perçu correctement.

- **Facteurs Contributifs** : Ce niveau correspond aux cas où les variables étudiées n'ont pas d'influence marquée sur l'apparition de la défaillance fonctionnelle. On considère qu'elles viennent favoriser le dysfonctionnement, mais qu'en leur absence, le problème de perception aurait quand même pu se produire du fait du poids des autres facteurs impliqués.

### 2.3.4 Les facteurs explicatifs du comportement des DRM

Le projet ANR-Prédit "2RM" Tâche 1 avait permis de mettre en évidence le niveau d'implication des conducteurs impliqués dans un accident à plusieurs véhicules. Un des principaux résultats est que les conducteurs de DRM sont plus souvent actifs secondaires dans les accidents dans lesquels ils sont impliqués que les autres conducteurs ("témoins"). Ce point est particulièrement marqué pour les conducteurs de motocyclette. En revanche, les conducteurs de cyclomoteur sont plus souvent actifs primaires, c'est-à-dire directement à l'origine de la perturbation, que les conducteurs de motocyclette et que des conducteurs "témoins".

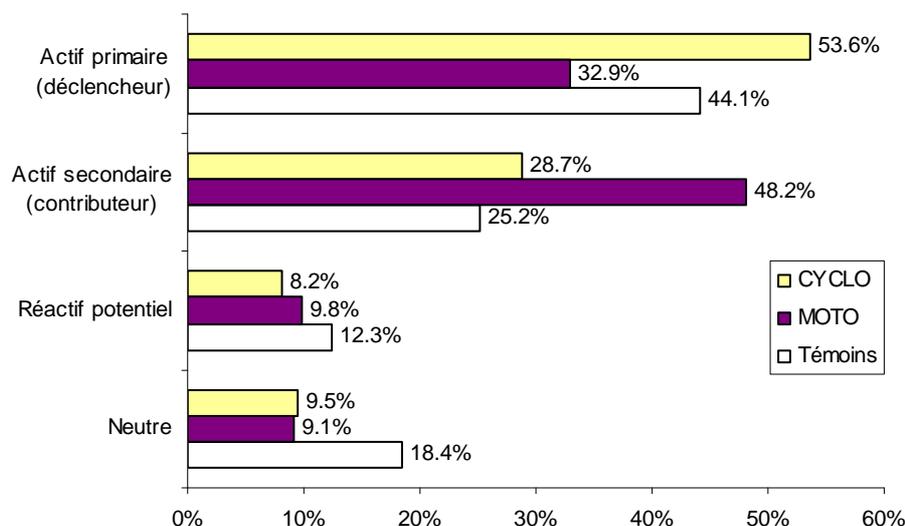


Figure 8 : Répartition des statuts des conducteurs de moto, de cyclomoteurs et des conducteurs témoins impliqués dans un accident à plusieurs véhicules (Van Elslande et al., 2008)

Ainsi, motards et cyclomotoristes se distinguent par leur niveau de participation aux accidents. En majorité, les premiers contribuent à la dégradation de la situation en ne mettant pas en place des stratégies de régulation. Les seconds sont, quant à eux, dans plus de la moitié des cas directement à l'origine de la perturbation accidentogène. Dans le cadre de PERCEPT, nous nous sommes intéressés au niveau d'implication de chacun des impliqués et ce plus particulièrement dans les cas d'accident où un problème de perception a pu être identifié.

**Tableau 3 : Liste des éléments explicatifs du comportement des DRM**

Non perception de la situation à risque
Sentiment d'avoir été vu ou qu'il va être vu
Alcoolisation
Cannabis
Médicament
Vigilance faible liée à la fatigue
Vigilance faible liée à la durée du trajet
Impatience, énervement, stress
Faible niveau d'attention (au sens psychologique de l'affectation des ressources attentionnelles à la tâche de conduite en général, ex : trajet de loisir)
Préoccupations
Distraction par un évènement externe
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet
Conduite en mode "automatique" liée à la monotonie du trajet
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience de la manœuvre
Conduite en mode "automatique" : entraînant une recherche orientée en fonction des connaissances
Faible expérience de la conduite (conducteur débutant)
Conduite épisodique
Méconnaissance des lieux
Faible expérience de la situation
Attachement rigide au statut prioritaire (sentiment prioritaire)
Confiance excessive dans les signaux émis aux autres (sentiment "prioritaire")
Contrainte de temps globale (affectée au trajet)
Contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre)
Problème directionnel (navigation)
Aménagement de la zone incitant à la prise de vitesse
Adoption d'une conduite à risque (ludique, test d'un véhicule, transgression, ...)
Absence d'indices annonciateurs d'une manœuvre de la part d'autrui
Polysémie (ambiguïté) des indices émis par autrui
Manœuvre d'autrui atypique
Manoeuvre d'autrui en contradiction avec la législation
Envie de se soustraire à une gêne
Défaut d'aménagement (intersection peu lisible, inadaptée, mal éclairée, mal indiquée)
Focalisation sur une composante partielle de la situation
Effet d'entraînement

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à comprendre pourquoi les conducteurs de DRM se trouvent plus souvent que les autres considérés comme actifs (primaire ou secondaire) dans la genèse de l'accident. Pour cela, nous avons identifié une liste de causes explicatives du comportement du motard (tableau 3). Ces éléments peuvent expliquer les comportements spécifiques des conducteurs de DRM à l'origine de la perturbation ou leur absence de régulation de la situation alors qu'ils avaient en leur possession des indices alarmant de la dégradation de la situation. En effet, au-delà de l'impact du comportement du motard sur sa détectabilité, dans une quantité de situations d'accidents nous considérons que le DRM aurait pu réguler la situation ou l'éviter en adoptant un autre comportement. Le fait qu'il ne le fasse pas peut s'expliquer par une quantité de facteurs, dont la liste est fournie ci-dessous.

Cette analyse complémentaire est nécessaire dans l'optique de définir clairement, du point de vue du conducteur confronté au DRM et du point de vue du conducteur de DRM, tous les points qui entrent en jeu dans la survenue d'un problème de perception du DRM par l'autre et qui aboutit à un accident de la route. D'un point de vue opérationnel, cette analyse des causes des défauts de comportement de chacun des impliqués nous permettra par la suite d'envisager des leviers d'amélioration de sécurité les plus adaptés à la réalité accidentelle qui met en cause ce fameux problème de détectabilité des DRM.

### **2.3.5 Les configurations accidentelles récurrentes (CAR)**

Nous nous appuyerons sur les rapports des projets "2RM" (Van Elslande et al, 2008) et "COMPAR" (Van Elslande et al, 2011) qui avaient tous deux comme objectif une analyse comparative de procédures d'accidents représentatives au plan national. Le but commun à ces deux projets était réaliser analyse des accidents impliquant au moins un deux-roues motorisé en fonction de plusieurs paramètres, tels que : la gravité, le type de situation d'accident, le type de véhicule impliqué, le type de DRM, les sources de dysfonctionnements conduisant à l'accident, le lieu, etc.

Un second objectif consistait à définir des configurations accidentelles caractéristiques des deux-roues motorisés. Ces configurations sont construites sur la base de regroupements de cas qui se produisent dans des circonstances similaires. Elles montrent d'une part des régularités, des récurrences dans les circonstances accidentelles. Elles permettent d'autre part une meilleure prise en compte de la diversité des accidents des deux-roues motorisés, utile à établir dans une perspective de prévention en sécurité routière.

Le concept de Configuration Accidentelle Récurrente (CAR) a pour visée de synthétiser et de généraliser les connaissances qui sont extraites des études monographiques de cas d'accidents. Le principe de leur construction consiste à regrouper des cas présentant des profils similaires du point de vue des contextes et des mécanismes de production de l'accident. C'est une construction issue de la synthèse de plusieurs cas considérés comme semblables sur la base d'un ensemble de critères (intégrant le type de DRM, les conditions de l'accident, la manœuvre réalisée, etc.), qui leur donnent un "air de famille" (Rosch, 1978) permettant leur catégorisation en une configuration. La configuration accidentelle récurrente se définit donc comme un profil de production accidentelle présentant de fortes similitudes dans les mécanismes et les facteurs impliqués, au point d'en constituer une catégorie caractéristique qui les distingue des autres. Proche de la notion de "scénario-type d'accident" (Fleury & Brenac, 2001 ; Clabaux, 2003), cette notion s'en démarque cependant par le caractère moins formalisé de la classification. Mais à l'instar des scénarios-types, la perspective de ces configurations n'est pas seulement le repérage de groupes d'accidents

homogènes, mais également de se fonder sur cette homogénéité dans le but opérationnel de définir des modalités de prévention mieux définies et plus appropriées à différentes catégories de problèmes (cf. Clabaux, 2003).

Ainsi, ce recoupement va nous permettre de déterminer :

- 1- Dans quelles CAR apparaissent les défaillances fonctionnelles les plus souvent associées à un problème de perception du DRM,
- 2- Dans les CAR les plus fréquemment identifiées dans les situations d'interactions entre un DRM et un autre usager, quelles sont les défaillances fonctionnelles de chacun des impliqués associées à un problème de perception du DRM et les facteurs spécifiques et non spécifiques au DRM explicatifs du problème de perception.

### 2.3.6 Echantillon étudié

Comme en atteste la littérature internationale, les problèmes liés à la perception des deux-roues motorisés représentent donc une proportion importante des accidents impliquant ces véhicules avec un tiers. Récemment, l'étude COMPAR basée sur un échantillon de 1000 procès-verbaux d'accidents extraits aléatoirement de la base nationale (Van Elslande et al, 2011) faisait état d'une proportion de plus de 60 % d'accidents faisant intervenir un problème de détection du DRM, ce qui représente un enjeu majeur pour la sécurité de ces usagers de la route. L'analyse qui suit, basée sur des études détaillées d'accidents, correspond à une analyse approfondie des processus impliqués dans cette accidentalité, telle qu'on peut l'estimer sur la base des données nationale. Il ne s'agit plus ici d'estimer des enjeux en termes de représentativité, mais d'apporter un approfondissement qualitatif, par rapport à ce que permettent de faire les études de PV, sur les mécanismes d'accidents impliquant un problème de perception d'un DRM.

Dans le cadre de PERCEPT, nous nous sommes intéressés aux études détaillées d'accidents de la base de l'IFSTTAR mettant en cause une interaction entre un DRM et un autre usager (c'est-à-dire : hors "pertes de contrôle du véhicule seul"). Les accidents "en interaction" englobent l'ensemble des accidents dont le déclenchement a pour origine une interaction entre plusieurs usagers (intersection, dépassement, etc.), même si au final un seul de ces usagers subit des dégâts.

Les accidents sélectionnés se sont tous déroulés entre 1992 et 2009.

L'échantillon utilisé dans le cadre de cette étude rassemble 127 accidents mettant en cause une interaction entre un DRM et un autre usager.

Cet échantillon est composé de :

- 121 accidents DRM vs autre
- 3 accidents DRM vs DRM
- 3 accidents DRM vs autre vs autre

Nous considérerons donc 127 DRM et 129 confrontés (dont 3 deux-roues motorisés)

Parmi les 130 DRM impliqués dans les accidents, on retrouve :

- 52 cyclomoteurs
- 62 motocyclettes
- 18 motocyclettes légères (50-125cc)

**Tableau 4 : Répartition des catégories de DRM pour l'ensemble des conducteurs de DRM (confrontés inclus)**

Catégorie DRM	n	%
Cyclomoteur	52	40,0%
MTL (50-125cc)	18*	13,8%
MTT (>125cc)	62	46,2%
<b>Nombre de DRM</b>	<b>130</b>	<b>100,0%</b>

\* un cyclomoteur monté en en 75cc

Les données démographiques sur notre échantillon montrent que les impliqués conducteurs de DRM sont en très grande majorité des hommes (91 %) avec une moyenne d'âge de 29,5 ans. Les conducteurs confrontés à ces DRM dans les accidents sont également majoritairement des hommes mais dans des proportions moindres (67 %). Concernant l'âge, ces derniers sont en moyenne plus âgés que les conducteurs de DRM (moyenne = 41,6 ans).

**Tableau 5 : Répartition du sexe des conducteurs de DRM et de leurs confrontés**

SEXE	DRM	Confrontés
Homme	91,3%	66,7%
Femme	8,7%	33,3%
<b>Nombre de conducteurs</b>	<b>127</b>	<b>129*</b>

\* 9 conducteurs avec sexe indéterminé

**Tableau 6 : Répartition de l'âge des conducteurs de DRM et de leurs confrontés**

Groupe d'âge	DRM	Confrontés
<18	21,3%	0,0%
18-21	15,7%	9,2%
22-25	11,0%	10,1%
26-29	7,9%	14,3%
30-33	12,6%	5,0%
34-37	6,3%	7,6%
38-41	10,2%	7,6%
42-45	4,7%	7,6%
46-55	4,7%	19,3%
56-65	3,1%	6,7%
>65	2,4%	12,6%
<i>Moyenne d'âge</i>	29,5	41,6
<b>Nombre de conducteurs</b>	<b>127</b>	<b>129*</b>

\* 10 conducteurs avec âge indéterminé

## 2.4 Résultats généraux

Le premier résultat important de cette étude est que nous avons identifié 99 cas d'accidents avec un problème de perception de la part du confronté au DRM. Ainsi dans notre échantillon, **78 % des cas d'accidents de l'échantillon mettent en cause un problème de perception du DRM.**

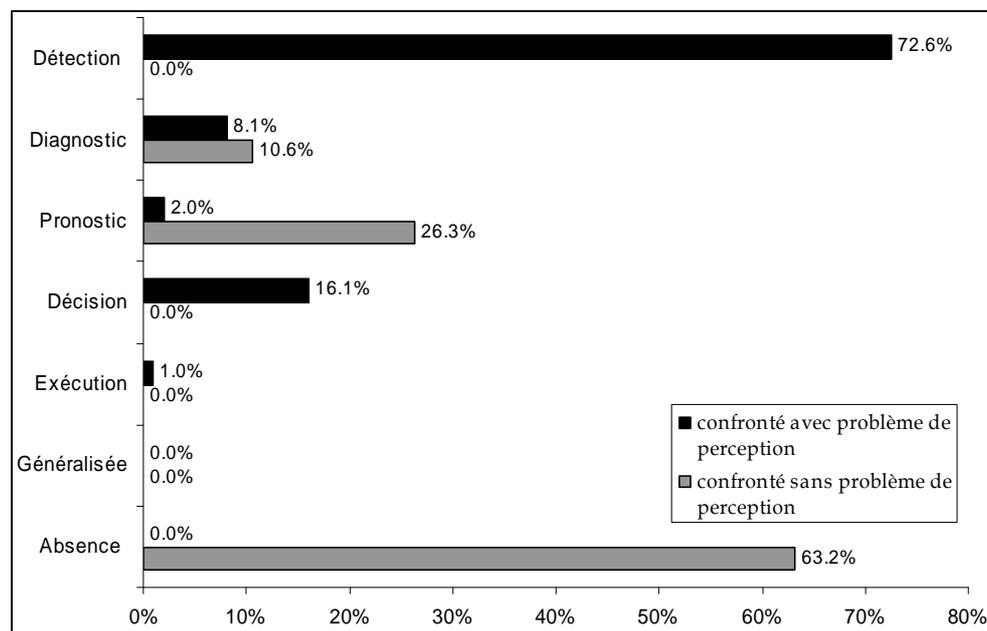
Plus précisément sur les 127 cas d'accidents :

- 99 cas d'accident dans lesquels un problème de perception du DRM est identifié. Cela correspond à 99 impliqués confrontés à un DRM.
- 22 cas d'accident dans lesquels aucun problème de perception du DRM n'est relevé. Cela correspond à 24 impliqués confrontés à un DRM.
- 6 cas d'accident dans lesquels le problème de perception des confrontés reste indéterminé.

#### 2.4.1 Catégories de défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM

Nous distinguerons les conducteurs confrontés à un DRM chez lesquels un problème de perception a pu être identifié, des autres conducteurs confrontés pour lesquels aucun problème de perception du DRM n'a été mis en évidence comme intervenant dans la séquence accidentelle. Les effectifs de ces groupes sont faibles, nous n'appliquerons donc pas de test statistique pour comparer ces deux groupes.

Dans le premier groupe, comme attendu, les défaillances fonctionnelles les plus fréquemment identifiées sont les défaillances de détection (72,6 %, cf. figure 9). On notera que ce résultat est légèrement supérieur mais cohérent avec ce qui a été diagnostiqué sur la base d'un échantillon d'un millier de procès-verbaux d'accidents corporels (ce qui n'est pas forcément le cas des EDA) sélectionnés aléatoirement sur la base nationale (Van Elslande, Fournier, Jaffard, 2011). Mais ces résultats montrent que le problème de perception peut également être préalable à des défaillances au niveau de certaines autres étapes de traitement de l'information. En effet, dans ce groupe, on note 8 % d'erreur de diagnostic et 16 % d'erreur lors de l'étape de prise de décision.



**Figure 9 : Les Catégories de défaillances des conducteurs confrontés au DRM (confronté avec un problème de perception n= 99 ; confronté sans problème de perception n=24) (Rq : la défaillance n'a pu être déterminé pour 5 conducteurs confrontés)**

En revanche, lorsqu'aucun problème de perception du DRM n'est identifiable dans la séquence accidentelle, on ne note aucune défaillance fonctionnelle de la part du conducteur confronté dans plus de la moitié des cas étudiés. Autrement dit, lorsque ces conducteurs ne

rencontrent pas de problèmes perceptif vis-à-vis du DRM, ils sont le plus souvent passifs du point de vue de la genèse de l'accident et n'ont seulement rien pu faire pour l'éviter. Dans ces cas, c'est le conducteur du DRM qui est directement à l'origine de la dégradation de la situation. Pour le reste de ces conducteurs confrontés, on note soit des erreurs de diagnostic, soit des défauts de pronostic du comportement du DRM.

#### 2.4.2 Type de défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM

Plus précisément, chez les conducteurs confrontés présentant un problème de perception, cinq types de défaillances sont principalement retrouvés (Tableau 7) :

- Detect 3 : Saisie d'information sommaire et/ou précipitée.
- Detect 2 : Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation.
- Detect 1 : Non détection en situation de visibilité contrainte.
- Dec 3 : Violation-erreur par automatisme ou effet d'entraînement.
- Diag 2 : Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion.

Le défaut de perception conduit le plus souvent à une erreur de détection. Comme le type de défaillance le révèle, dans la plupart des cas, cet enchaînement de défaut dans la boucle perceptive est en lien avec un problème d'attribution des ressources attentionnelles du conducteur confronté. En effet, les deux défaillances les plus retrouvées sont "Saisie d'information sommaire et/ou précipitée" (Detect 3) et "Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation" (Detect 2).

**Tableau 7 : Les Types de défaillances des conducteurs confrontés à un DRM**

Défaillance du conducteur confronté	Confronté avec problème de perception
Detect1	13,1%
Detect2	23,2%
Detect3	32,3%
Detect4	1,0%
Detect5	3,0%
Diag1	0,0%
Diag2	8,1%
Diag3	0,0%
Diag4	0,0%
Pronost1	0,0%
Pronost2	0,0%
Pronost3	2,0%
Dec1	3,0%
Dec2	3,0%
Dec3	10,1%
Exec1	0,0%
Exec2	1,0%
Gen1	0,0%
Gen2	0,0%
Gen3	0,0%
Absence	0,0%
n	99

La première défaillance ("Saisie d'information sommaire et/ou précipitée - Detect 3) est liée au fait que les conducteurs attribuent un minimum de ressources attentionnelles à leur recherche d'information, la deuxième s'explique quant à elle par le fait que les conducteurs attribuent un maximum de ressources attentionnelles sur une partie de la situation routière. Il semble donc que les DRM soient particulièrement vulnérables aux perturbations attentionnelles des autres conducteurs. Le but de l'analyse des facteurs explicatifs du problème de perception sera dans ces cas de déterminer si le fait d'être confronté à un DRM a contribué de manière déterminante à sa non détection.

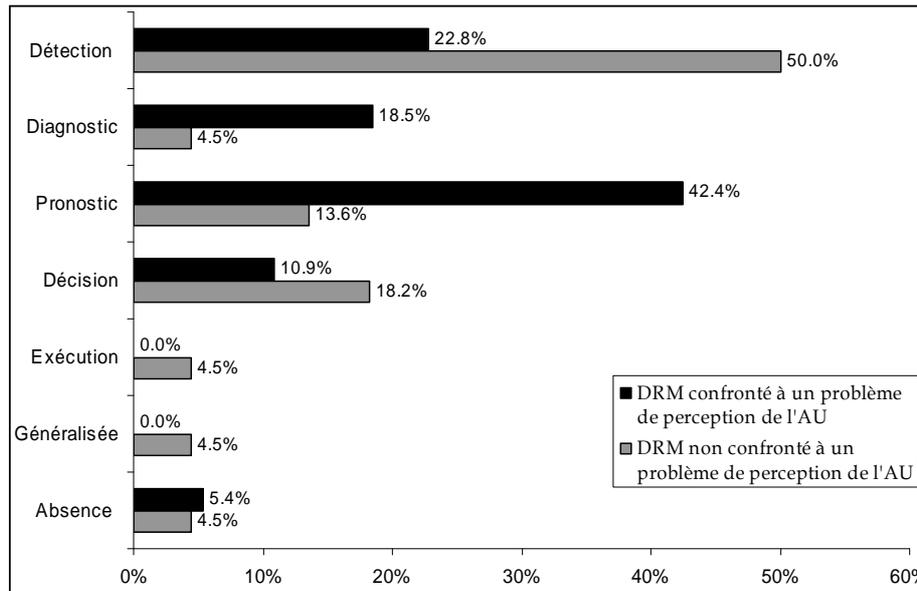
D'autre part, on retrouve dans 13 % des cas la "Non détection en situation de visibilité contrainte" (Detect 1). Comme sa dénomination l'indique, ce problème de détection met en cause un masque à la visibilité. Mais à ce stade de l'analyse, nous ne pouvons pas établir si ces masques sont spécifiquement limitant pour la détection d'un DRM.

Une autre défaillance consécutive à un problème de perception du DRM est une erreur dans la prise de décision du type "violation-erreur" (Dec3). Cette prise de risque est dans ces cas non délibérée. Elle correspond au déclenchement inopiné d'une manœuvre, par automatisme ou effet d'entraînement. On peut prendre l'exemple d'un conducteur qui cherche sa direction et qui réagit spontanément à l'injonction de son passager en omettant de vérifier la faisabilité de la manœuvre qui lui est indiquée. Comme pour les erreurs de détection, l'implication de l'engagement attentionnel du conducteur dans sa tâche de conduite semble fortement en cause dans cette défaillance. L'objectif de PERCEPT va être d'identifier pourquoi les DRM sont, semble-t-il, plus vulnérables à ces types de défaillances.

Concernant les erreurs de diagnostic, ce sont essentiellement des erreurs du type "Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion". En situation d'insertion ou de traversée d'un flux de trafic, les conducteurs estiment avoir le temps de s'engager avant l'arrivée du DRM alors que ce n'est pas le cas. Comme l'a montré la Tâche 1 du projet ANR-Prédit "2RM" (Van Elslande et al., 2008), cette défaillance est plus particulièrement retrouvée chez les conducteurs confrontés à une motocyclette qu'à un cyclomoteur. Différentes raisons, tant internes qu'externes, peuvent expliquer cette défaillance du jugement évaluatif. Nous essaierons dans la suite de l'analyse d'identifier l'origine de ce problème d'évaluation spécifique aux motocyclettes.

#### **2.4.3 Catégories et types de défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM**

La répartition des catégories de défaillances des conducteurs de DRM confrontés à un autre usager (AU) ayant eu un problème de perception se distingue des autres cas d'accident. Ce deuxième échantillon reste faible mais nous permet d'entrevoir les catégories de défaillances lorsqu'aucun problème de perception du DRM n'est pas relevé dans l'accident.



**Figure 10 : Les Catégories de défaillances des conducteurs de DRM (DRM confronté à un problème de perception de l'AU n= 99 ; DRM non confronté à un problème de perception de l'AU n=22) (Rq : la défaillance n'a pu être déterminé pour 7 conducteurs de DRM)**

Dans les cas d'accident sans problème de perception du DRM, les conducteurs de DRM présentent dans 1 cas sur 2 un défaut de détection (Figure 10). Le plus souvent, ce défaut correspond à une défaillance Detect 2 "Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation". Dans ces cas, c'est le DRM qui ne perçoit pas l'autre usager.

Dans les cas d'accident où un problème de perception du DRM a été identifié chez l'AU, le profil de défaillance montre une surreprésentation des défauts de pronostic (42,4 %) et de diagnostic (18,5 %) (Figure 10).

Principalement, les types de défaillances de diagnostic et de pronostic identifiés mettent en cause la compréhension d'une situation ou bien les attentes que les conducteurs développent vis-à-vis du comportement de l'autre usager rencontré. Les 3 types de défaillances qui ressortent dans ce groupe de DRM sont :

- Diag 4: Mauvaise compréhension de la manœuvre d'un autre usager. Cette défaillance peut provenir de l'absence d'émission d'indices annonciateurs de cette manœuvre, du caractère polysémique (ambigu) des indices émis, ou d'une analyse sommaire de l'interaction par le conducteur qui se limite à l'identification d'une gêne à la progression.
- Pronost 1: Attente (par défaut) d'absence de manœuvre de la part d'autrui. En l'absence d'indices contraires, les conducteurs prioritaires abordant une intersection n'envisagent ainsi pas le démarrage possible d'un usager non prioritaire préalablement arrêté, et se font surprendre par l'engagement inattendu de l'autre.
- Pronost 2: Attente active d'une régulation par autrui. En fonction d'une anticipation erronée, basée sur l'habituel et le connu, et malgré la détection d'indices alarmants, les conducteurs excluent l'éventualité d'une évolution critique de la situation d'interaction rencontrée et, par conséquent, ne mettent pas en œuvre une stratégie de conduite préventive adaptée à cette évolution critique envisageable.

Tableau 8 : Les Types de défaillances des conducteurs confrontés à un DRM

Défaillance du DRM	Confronté avec un problème de perception
Detect1	9,8%
Detect2	3,3%
Detect3	4,3%
Detect4	1,1%
Detect5	4,3%
Diag1	0,0%
Diag2	0,0%
Diag3	1,1%
Diag4	17,4%
Pronost1	17,4%
Pronost2	16,3%
Pronost3	8,7%
Dec1	0,0%
Dec2	9,8%
Dec3	1,1%
Exec1	0,0%
Exec2	0,0%
Gen1	0,0%
Gen2	0,0%
Gen3	0,0%
Absence	5,4%
n	99

Ces résultats illustrent le caractère interactif des défaillances qui s'instaurent entre les différents protagonistes d'un accident (Van Elslande, 2009). Plus précisément, elles montrent que le problème de perception de l'AU induit une défaillance chez ce conducteur et souvent un comportement qui vient perturber les attentes ou la compréhension de la situation par le conducteur de DRM. En bref, le problème de perception de l'AU semble donc également conditionner les erreurs des conducteurs de DRM. Le problème perceptif à l'égard du DRM influence donc directement le type d'erreur des conducteurs confrontés au DRM et indirectement les erreurs des conducteurs de DRM.

#### 2.4.4 Niveau d'implication des conducteurs

L'analyse du rôle joué par chacun des impliqués dans la genèse accidentelle révèle que lorsqu'un problème de perception est identifié chez un conducteur confronté à un DRM, ce conducteur est dans près de 85 % des cas considéré comme actif primaire (Tableau 9). Ces conducteurs ont une implication fonctionnelle déterminante dans le déroulement de l'accident en tant que déclencheur de la perturbation qui va dégénérer en accident.

Les conducteurs de DRM confrontés à ces conducteurs ne sont pas pour autant inactifs dans la genèse de l'accident. Dans 23 % des cas, ils sont également classés comme actifs primaires et dans 58 % des cas, les DRM ont un rôle d'actif secondaire. Ils participent ainsi à la dégradation de la situation en accident en négligeant les indices alarmants qu'ils avaient à leur disposition pour réguler la situation. Nous nous intéresserons par la suite aux raisons qui expliquent que les motards négligent les indicateurs de risques et n'adoptent pas une conduite préventive.

En opposition, lorsque l'on regarde le niveau d'implication des impliqués dans des accidents où aucun problème de perception du DRM n'est mis en cause, les conducteurs confrontés à un DRM sont dans la majorité des cas "Passifs" dans l'accident. Alors que les DRM sont dans la plupart des cas actifs primaires.

Ces résultats illustrent comme précédemment que le problème de perception du DRM, en amont de la défaillance fonctionnelle du conducteur confronté au DRM, est à l'origine de séquences accidentelles particulières. Les conducteurs confrontés génèrent une situation à risque qui perturbe les attentes des DRM au point qu'ils ne tentent rien pour réguler la situation.

**Tableau 9 : Répartition des niveaux d'implication des confrontés étant impliqués dans des accidents où il y a eu un problème lié à la perception**

Niveau d'implication	Confrontés	
	Avec un problème de perception	Sans problème de perception
Actif primaire	84,8%	20,0%
Actif secondaire	6,1%	20,0%
Réactif potentiel	9,1%	0,0%
Passif	0,0%	60,0%
<i>Nombre de conducteurs</i>	99	24*

\* 4 confrontés avec niveau d'implication indéterminé

**Tableau 10 : Répartition des niveaux d'implication des conducteurs de DRM étant impliqués dans des accidents où il y a eu un problème lié à la perception**

Niveau d'implication	DRM	
	Confrontés à un AU avec un problème de perception	Confrontés à un AU sans problème de perception
Actif primaire	23,2%	68,2%
Actif secondaire	58,6%	18,2%
Réactif potentiel	9,1%	9,1%
Passif	5,1%	4,5%
<i>Nombre de conducteurs</i>	99*	22

\* 4 conducteurs de DRM avec niveau d'implication indéterminé

#### 2.4.5 Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM par les conducteurs confrontés

Afin d'aller plus loin dans la compréhension du problème de perceptibilité du DRM, nous avons identifié quels pouvaient être les facteurs explicatifs de ce problème. Pour chaque cas, nous avons codé entre 1 et 7 facteurs explicatifs. Ces facteurs pouvaient être soit spécifiques au DRM (voir Tableau 10), soit non spécifiques d'un DRM mais perturber de manière globale la perception d'un DRM.

Pour compléter cette analyse, nous avons évalué la contribution de chacun des facteurs dans la survenue du défaut de perception. Les facteurs peuvent avoir un impact déterminant s'ils ont eu une influence majeure sur le problème de perception ou un impact contributif s'ils ont

simplement favorisé le dysfonctionnement, mais qu'en leur absence le problème de perception aurait quand même pu se produire.

Ainsi on peut distinguer trois types de problèmes perceptifs :

- Des problèmes de perception qui s'expliquent par une combinaison de facteurs spécifiques et non spécifiques aux DRM. C'est de loin ce que l'on remarque le plus souvent dans les accidents (65,3 % des cas, Tableau 10). Un tel résultat ne fait que confirmer le fait que le problème de perceptibilité des DRM est un problème complexe. Les facteurs se cumulent et interagissent pour aboutir à une situation où l'on ne détecte pas l'usager avec lequel on interagit. Par exemple, un conducteur sur une intersection complexe avec un trafic soutenu et soumis à une pression arrière sera beaucoup plus vulnérable à la moindre gêne à la visibilité, et la prise d'information rapide qui lui permettrait d'identifier une voiture l'amènera à ne pas percevoir un DRM. Un deux-roues motorisé est plus vulnérable que les véhicules plus imposants aux problèmes de perception émergeant dans certaines situations visuellement contraignantes.
- Des problèmes de perception qui s'expliquent uniquement par des facteurs spécifiques et si un facteur non spécifique est identifié, il est seulement contributif. Ce groupe constitue 10,2 % de notre échantillon de conducteur avec un problème de perception du DRM (Tableau 10). Dans ces cas-là, on suppose que l'accident n'aurait pas eu lieu si le DRM avait été un véhicule plus imposant. C'est dans cette catégorie que le problème de détectabilité des DRM a l'impact le plus direct dans l'accident.
- Des problèmes de perception mettant en cause uniquement des facteurs non spécifiques aux DRM et si un facteur spécifique est identifié, il est seulement contributif. Cette catégorie rassemble tout de même 24,5 % des cas (Tableau 10) Ce type de problème perceptif montre que dans près de 25 % des cas où le DRM n'a pas été détecté ou mal perçu, les caractéristiques (physiques, comportementales et cognitives) de l'objet deux-roues ne sont pas déterminantes. Autrement dit dans ces cas, si le DRM avait été une voiture, l'accident aurait très certainement pu se produire de la même manière.

**Tableau 11 : Répartition des accidents avec problème de perception selon la spécificité ou non des facteurs aux DRM**

<b>Spécificité des facteurs explicatifs des problèmes de perception</b>	<b>%</b>
Problème de perception mettant en cause des facteurs spécifiques aux DRM <i>(les facteurs sont uniquement spécifiques et si un facteur non spécifique est identifié il est seulement contributif)</i>	10,2%
Problème de perception mettant en cause des facteurs non spécifiques aux DRM <i>(les facteurs sont uniquement non spécifiques et si un facteur spécifique est identifié il est seulement contributif)</i>	24,5%
Problème de perception mettant en cause à la fois des facteurs spécifiques et non spécifiques aux DRM	65,3%
Nombre d'accidents	99*

\* 1 accident avec facteurs du confronté indéterminés

Le problème de perception est retrouvé dans une quantité relativement importante (78 %) d'accidents en interaction avec le trafic. Néanmoins, l'enjeu du problème de détectabilité doit être pondéré par le fait que dans près de 25 % de ces cas d'accident, le fait d'être confronté à

un DRM n'explique pas de manière déterminante le défaut perceptif. Ainsi, si l'on devait estimer l'enjeu du problème de détectabilité des DRM, on ne conserverait que les cas pour lesquels les facteurs spécifiques aux DRM ont joué un rôle déterminant dans la défaillance. Ceci représente donc  $65,3 \% + 10,2 \% = 75,8 \%$  des 99 accidents mettant en cause un problème de perception du DRM.

On a donc 75,8 % de 99, soit 75 cas d'accidents dans lesquels le problème de détectabilité des DRM a joué un rôle déterminant. Sur l'ensemble des accidents en interaction impliquant un DRM, cela représente 57,7 % tous types de défaillances fonctionnelles confondues.

#### **2.4.6 Les configurations accidentelles récurrentes du problème de perception des DRM**

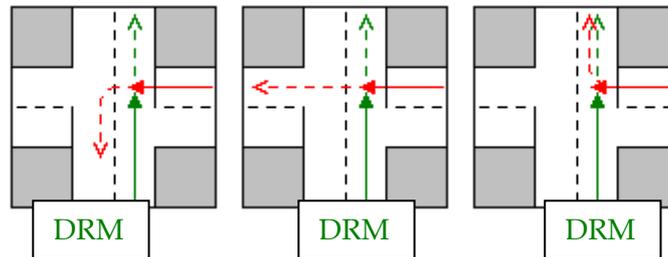
Afin de resituer ces problèmes de perception en situation de conduite, nous avons cherché à identifier pour chaque cas d'accident, la configuration accidentelle récurrente (CAR) correspondante. Comme indiqué ci avant, les CAR caractéristiques des DRM ont été préalablement définies dans la tâche 3 du projet "2RM" et le volet 1 du projet "COMPAR" portant chacun sur l'analyse de 1 000 procès-verbaux d'accidents (Van Elslande et al., 2008, 2011). Le rapprochement de ces études présente deux avantages :

- Les CAR ont été définies sur un nombre très élevé de cas d'accident permettant de définir les enjeux de sécurité. Ainsi, ce recoupement devrait nous permettre d'entrevoir l'enjeu du problème de perception des DRM.
- Contrairement aux données PV, les EDA fournissent une quantité de données sur les circonstances de l'accident qui nous permettent d'entrer dans le détail des défaillances fonctionnelles et des problèmes de perception qui nous intéressent ici. Les données EDA viennent alimenter les données obtenues dans les CAR en nous permettant d'établir avec précision les dysfonctionnements des conducteurs et les facteurs explicatifs et donc d'affiner leurs définitions. De plus, préciser le déroulement fonctionnel de ces configurations présente un enjeu opérationnel important afin d'envisager des réponses aux problèmes des DRM au plus proche de la réalité accidentelle.

Dans notre échantillon de cas d'accident mettant en jeu un problème de perception du DRM, 4 CAR sont principalement retrouvées. Nous allons dans un premier temps simplement les présenter. Dans un deuxième temps, pour ces 4 CAR, nous compléterons leur analyse à l'aide des données des EDA.

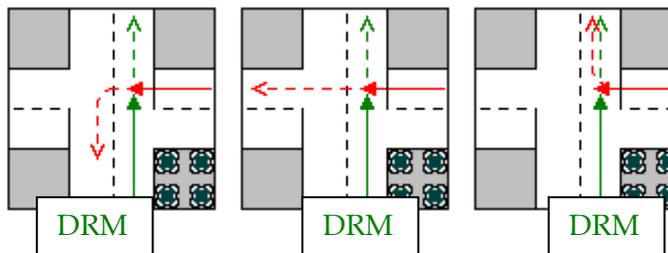
**A.1.1 Un AU non prioritaire** souhaitant s'insérer dans l'intersection **ne détecte pas le DRM** malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU entre dans le flux de trafic.<sup>7</sup>

**12 cas**



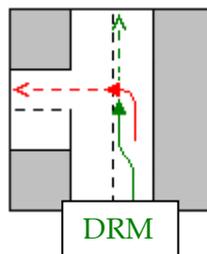
**A.1.2 Un AU non prioritaire** souhaitant s'insérer dans l'intersection **ne détecte pas le DRM masqué** par un **élément fixe** (haies, véhicule stationné, bâtiments, etc.). L'AU entre dans le flux de trafic.

**15 cas**



**B.1.3 Le DRM circule derrière un AU qui ralentit** (avec ou sans son clignotant gauche). Le **DRM décide de dépasser l'AU**. Au même moment, l'AU effectue un **TAG** en intersection ou en accès privé.

**13 Cas**

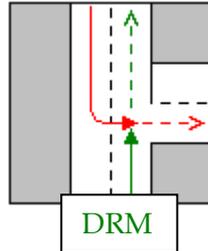


<sup>7</sup> Les couleurs utilisées sur les pictogrammes indiquent le niveau d'implication des usagers :

- le rouge est utilisé pour les conducteurs déclencheurs de la perturbation
- le vert est utilisé pour les niveaux d'implication autre que déclencheurs

**B.1.1** Le DRM circule sur axe prioritaire. Un **AU arrivant en face** et souhaitant TAG, **ne détecte pas le DRM** malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU engage son TAG et coupe la route au DRM.

### 8 Cas



## **2.5 Le problème de perception des DRM dans les défaillances fonctionnelles des conducteurs confrontés au DRM**

### **2.5.1 Défaillance Déteçt 3 - Saisie d'information sommaire et/ou précipitée**

99 confrontés présentent un problème de perception en amont de leur défaillance. Dans 32 cas, ce problème aboutit à une défaillance de type Déteçt 3 "non détection due à une saisie d'information sommaire et/ou précipitée". C'est la défaillance fonctionnelle la plus fréquemment retrouvée dans les accidents mettant en cause un problème de perception.

- ❖ Les facteurs explicatifs du problème de perception en amont d'une défaillance Déteçt 3

Ce problème perceptif qui aboutit à cette défaillance Déteçt 3 s'explique essentiellement par une combinaison de facteurs spécifiques et non spécifiques au DRM. On observe seulement :

- 6 cas dans lesquels le problème de perception s'explique uniquement par des éléments non spécifiques au DRM et si un élément spécifique est identifié, il est uniquement contributif.
- 2 cas dans lesquels le problème de perception s'explique uniquement par des éléments spécifiques au DRM et si un élément non spécifique est identifié, il est uniquement contributif.

Une quantité de facteurs non spécifiques au DRM sont identifiés (Figure 11). On retrouve principalement un nombre important de facteurs qui expliquent le manque d'attention que le conducteur confronté attribue à sa recherche d'information au cours de sa tâche de conduite telle que :

- préoccupations
- distraction par un évènement externe
- forte expérience du trajet ou de la manœuvre qui entraîne une conduite sur un mode automatique
- méconnaissance des lieux
- contraintes de temps (affecté au trajet, à la manœuvre)
- manœuvre complexe

Ces éléments vont conditionner la capacité du conducteur à investir des ressources attentionnelles dans sa tâche. Ces éléments peuvent être à l'origine de différents défauts d'attention : inattention, distraction ou compétition d'attention (Van Elslande, Jaffard, Fouquet et Fournier, 2009). Ces problèmes vont avoir principalement deux répercussions lors de l'étape de recherche visuelle :

- soit les ressources attentionnelles sont centrées vers ses pensées ou ses préoccupations et le conducteur va avoir tendance, alors que sa recherche est correctement orientée, à traiter que sommairement l'information disponible ;
- soit les ressources sont orientées vers une autre source externe de stimulation ou se partager entre différentes sources d'information. De la même manière, les ressources attribuées au reste de la scène ne sont plus suffisantes pour traiter correctement l'information.

Ces défauts d'attention peuvent avoir un impact plus ou moins déterminant dans la survenue du problème perceptif mais c'est souvent en association avec des éléments spécifiques au DRM que le DRM n'est pas détecté.

Parmi les éléments spécifiques au DRM, on retrouve dans plus de 65 % des cas le facteur explicatif "gabarit du DRM (le rendant plus facilement masquable ou plus difficilement détectable)". Ce facteur, lorsqu'il est présent, est reconnu comme déterminant du défaut de perception dans 67 % des cas. Autrement dit, ces résultats nous laissent supposer que dans les mêmes conditions attentionnelles, un véhicule plus imposant aurait pu être détecté. Le DRM va avoir du mal par son gabarit à attirer l'attention suffisante du conducteur auquel il est confronté pour être détecté. De la même manière, sans perturbations attentionnelles du conducteur, on peut supposer que le DRM dans les mêmes conditions aurait pu être détecté.

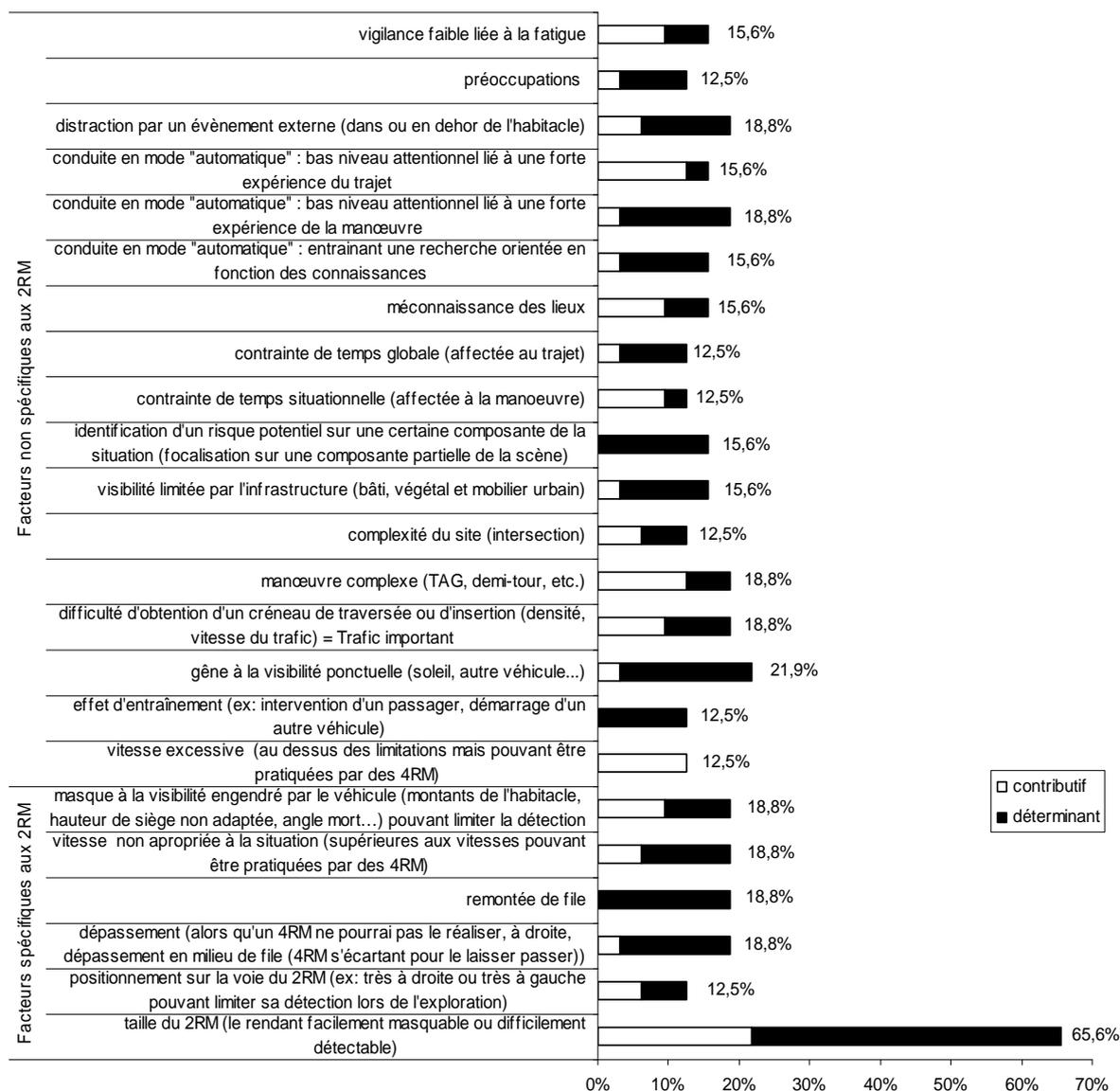
Les facteurs spécifiques au comportement des DRM viennent également dans un certain nombre de cas contribuer à l'explication du problème perceptif. Ces comportements que l'on peut qualifier d'atypiques par rapport à ceux que pratiquent les VLs sont :

- dépassement qu'un véhicule plus imposant ne pourrait pas le réaliser,
- remontée de file,
- positionnement sur la voie du DRM,
- vitesse (ou accélération) pratiquée par le DRM supérieure à celle pouvant être pratiquées par un VL sur le même type de réseau.

Ces comportements peuvent contribuer au problème perceptif de deux manières non exclusives l'une de l'autre :

- soit en perturbant les attentes des conducteurs vis-à-vis de la rencontre d'un usager interférant ;
- soit en se plaçant les DRM dans une situation dans laquelle ils sont masqués ou situés dans un angle mort (ex : dépassement, remontée de file).

Ainsi, des conducteurs présentant une perturbation attentionnelle vont plus facilement se faire surprendre par un comportement atypique d'un autre usager.



**Figure 11 : Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM de la part du conducteur confronté dans les cas de défaillance Detect 3. Le degré d'incidence de chacune des variables (déterminant, contributif) est également représenté sur l'histogramme.**

❖ Le type de DRM rencontré et le niveau d'implication de chaque conducteur

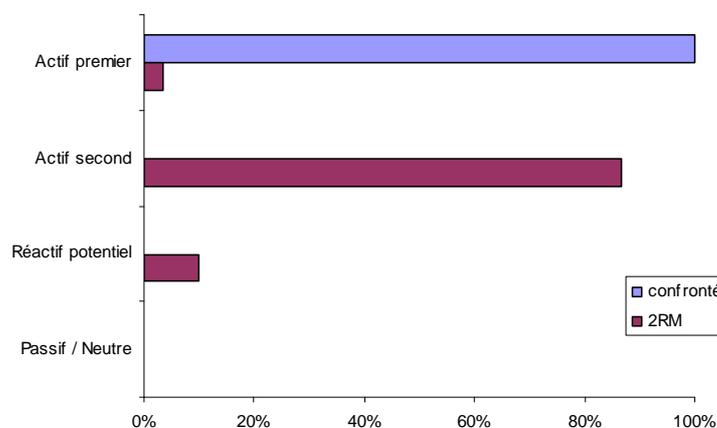
Le Tableau 12 donne le type de DRM rencontré par les conducteurs confrontés présentant une défaillance Detect 3. Ces conducteurs sont dans 50 % des cas confrontés à des motocyclettes de plus de 125 cm<sup>3</sup>.

**Tableau 12 : Type de DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 3**

Type de DRM	%
CYCLO	25,0%
MTL	25,0%
MTT	50,0%
<i>Nombre de conducteur de DRM</i>	32

Dans tous les cas impliquant une défaillance du type Detect 3 (Saisie d'information sommaire et/ou précipitée) du conducteur confronté, ce dernier est actif primaire (Figure 12). Il est directement à l'origine de la perturbation accidentelle. Comme nous le verrons dans les CAR qui caractérisent l'apparition de ces défaillances, les conducteurs confrontés sont généralement non prioritaires. N'ayant pas détecté le DRM, ils engagent leur traversée de l'intersection et coupent la trajectoire du DRM prioritaire.

Cependant, malgré leur statut de prioritaire les conducteurs de DRM sont dans plus de 85 % des cas considérés comme actifs secondaires dans la dégradation de la situation (Figure 12). Malgré tous les indices alarmants qu'ils peuvent avoir à leur disposition, ces DRM n'adoptent pas une conduite préventive pour autant. Dans certains cas, ces conducteurs de DRM ne traitent la situation que de manière très sommaire et adoptent un comportement qui les met en danger (ex : un conducteur de DRM décide de dépasser un véhicule alors que celui-ci s'apprête à tourner à gauche, en considérant qu'il traîne à le faire). Nous allons donc nous demander dans le paragraphe suivant quels sont les éléments qui conditionnent cette non prise en compte du danger par le DRM.

**Figure 12 : Niveau d'implication du conducteur de DRM et de son confronté lorsque ce dernier présente une défaillance Detect 3**

- ❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Detect 3 de l'AU

Principalement, 3 types de défaillance ressortent dans ce groupe de conducteurs de DRM confronté à un AU présentant une défaillance Detect 3 (Tableau 12) :

- Défaillance Pronost 2 - Attente active d'une régulation par autrui.
- Défaillance Diag 4 - Mauvaise compréhension de la manœuvre d'un autre usager.

- Défaillance Pronost 1 - Attente (par défaut) d'absence de manœuvre de la part d'autrui.

C'est au niveau des attentes des conducteurs de DRM sur l'évolution de la situation que le problème se pose. Dans 97 % des cas, nous avons pu déterminer qu'une régulation de la part du DRM aurait pu être tentée. En effet, le conducteur de DRM dans ce type d'accident perçoit la situation mais ne s'en méfie pas.

**Tableau 13 : Type de défaillance des DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 3**

Type de défaillance des DRM	%
Detect 1	10,7%
Detect 2	10,7%
Detect 5	7,1%
Diag 4	21,4%
Pronost 1	17,9%
Pronost 2	<b>28,6%</b>
Pronost 3	3,6%
<b>Nombre de conducteur de DRM</b>	<b>28*</b>

\* 4 conducteurs pour lesquels la défaillance est indéterminée

En fait, les facteurs explicatifs du comportement du DRM révèlent deux cas de figure :

- Des cas où le DRM ne régule pas car il n'envisage pas de ne pas avoir été vu. Fort de leur sentiment d'être prioritaires, ces DRM ne peuvent pas imaginer que l'autre véhicule va s'engager devant eux en leur coupant la route. Dans près de 1 cas sur 2, ce sentiment prioritaire chez le DRM ressort clairement comme ayant contribué à l'absence d'action préventive de la part du DRM.
- Des cas dans lesquels l'ambiguïté des signaux émis par l'autre est en cause dans la mauvaise compréhension de la situation par le DRM (par exemple, se déporter à gauche pour tourner à droite). Le conducteur de DRM ne traite l'interaction que de manière sommaire et reste focalisé sur son objectif de se soustraire à la gêne occasionnée par un véhicule plus lent devant.

**Tableau 14 : Facteurs explicatifs du comportement ou de l'absence de régulation des conducteurs de DRM confronté à un conducteur avec un problème de perception**

Facteurs explicatifs du comportement des DRM	%
Non perception de la situation à risque	22,6%
Sentiment d'avoir été vu	29,0%
Conduite en mode automatique liée à une forte connaissance du trajet	19,4%
Attachement rigide au statut de prioritaire	<b>48,4%</b>
Polysémie (ambiguïté) des indices émis par autrui	29,0%
Envie de se soustraire à une gêne (embouteillage, véhicule plus lente devant, ...)	25,8%
Focalisation sur une composante partielle de la situation	16,1%
<b>Nombre de conducteurs de DRM ayant pu réguler la situation</b>	<b>31</b>

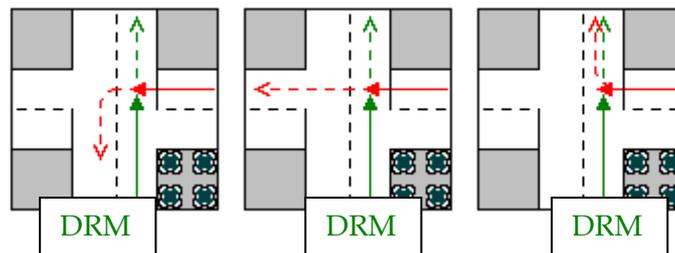
## ❖ La défaillance Detect 3 et les CAR

A titre d'illustration, la défaillance Detect 3 survient le plus souvent dans 4 CAR qui sont détaillées ci-dessous.

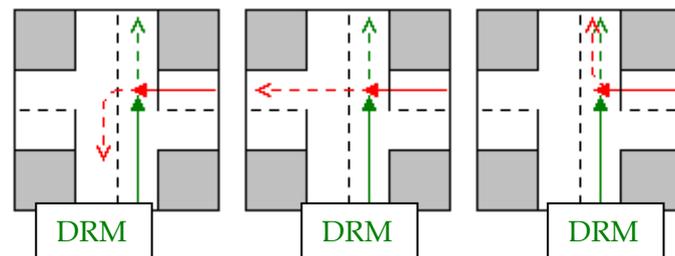
Dans les configurations A.1.1, A.1.2 et A.1.3, le DRM est prioritaire et se fait surprendre par un AU qui s'insère sur la chaussée devant lui.

Dans la configuration B.1.3, le DRM ayant certainement mal interprété le ralentissement du véhicule le précédent entreprend son dépassement, alors que ce dernier s'apprête à tourner à gauche.

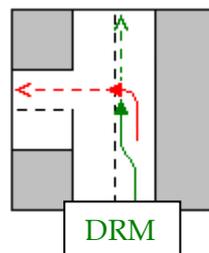
**A.1.2** Un AU non prioritaire souhaitant s'insérer dans l'intersection ne détecte pas le DRM masqué par un élément fixe (haies, véhicule stationné, bâtiments, etc.). L'AU entre dans le flux de trafic.



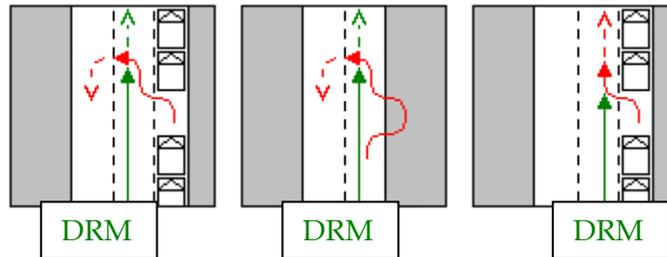
**A.1.1** Un AU non prioritaire souhaitant s'insérer dans l'intersection ne détecte pas le DRM malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU entre dans le flux de trafic.



**B.1.3** Le DRM circule derrière un AU qui ralentit (avec ou sans son clignotant gauche). Le DRM décide de dépasser l'AU. Au même moment l'AU effectue un TAG en intersection ou en accès privé.



**A.1.3** Le DRM circule à proximité des places de stationnement ou d'un véhicule à l'arrêt en bordure de chaussée. Un **AU stationné** ou roulant au ralenti sur le bas-côté, **ne détecte pas le DRM**, malgré une recherche d'information vers l'arrière, et s'engage sur la chaussée. L'AU coupe la route au DRM.



### 2.5.2 Défaillance Détekt 2 - Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation

23 confrontés présentent la défaillance Détekt 2. Ces usagers rencontrent une difficulté spécifique durant la réalisation de leur trajet, les conducteurs centrent leur regard et leur attention sur ce problème, ce qui les amène à ne pas détecter un véhicule adverse. Les causes de ce détournement attentionnel peuvent être multiples.

- ❖ Les facteurs explicatifs du problème de perception en amont d'une défaillance Détekt 2

Le défaut perceptif qui aboutit à une défaillance de type Détekt 2 s'explique essentiellement par des éléments non spécifiques au DRM. Principalement deux facteurs explicatifs spécifiques au DRM sont identifiés dans les cas de Détekt 2. Il s'agit des éléments :

- "Vitesse non appropriée à la situation et supérieure aux vitesses pouvant être pratiquées par un VL sur le même type de réseau." A chaque fois, cet élément est déterminant dans le problème de perception du DRM. Les conducteurs développent des attentes dans le temps en fonction des référentiels de vitesses qu'ils connaissent. Le plus souvent, ce référentiel est établi sur les vitesses pouvant être pratiquées par les types de véhicules les plus souvent rencontrés sur ce type de réseau, à savoir les voitures. Ainsi, pour chaque conducteur, une prise d'information a une durée de validité subjective basée sur ce référentiel. Un DRM approchant à une vitesse supérieure aux vitesses pouvant être pratiquées par une voiture va venir perturber les attentes des conducteurs auxquels ils sont confrontés et raccourcir d'autant la durée de validité effective de l'information prise.
- Gabarit du DRM le rendant plus facilement masquable et plus difficilement détectable. Dans 61 % des cas où ce facteur est identifié, il est déterminant du problème perceptif. Comme pour la défaillance Détekt 3, c'est en conjonction avec des éléments non spécifiques que ce problème de gabarit des DRM aboutit à une non perception du DRM.

Ce problème perceptif s'explique en grande partie par un détournement de l'attention vers une source d'information. Ce détournement peut être lié à :

- La méconnaissance des lieux,
- Un problème directionnel (recherche d'une direction),

- L'identification d'un risque sur une certaine composante de la situation,
- Une conduite en mode automatique entraînant une recherche orientée en fonction des connaissances,
- Une manœuvre complexe (TAG, demi-tour),
- Une difficulté d'obtention d'un créneau d'insertion.

Ces facteurs induisent une orientation de l'attention vers une partie de la scène visuelle en fonction des objectifs, de la charge cognitive liée à la tâche, et des connaissances du conducteur confronté.

En amont de la défaillance, dans 10 cas sur 23, le conducteur avant de se focaliser sur une partie de la scène a pris la peine de prendre son information du côté où le DRM arrive. Cette prise d'information est généralement sommaire et ne lui permet pas de percevoir le DRM qui approche. Ainsi, n'ayant rien détecté et se faisant une idée de la durée de validité de cette information, il se focalise sur une autre partie de la situation et ne détecteront le DRM qu'au moment du choc.

Dans d'autres cas de figure, les conducteurs sont tellement obnubilés par leurs objectifs (retrouver sa direction, chercher une entrée) qu'ils négligent totalement leurs prises d'information sur le trafic.

Une fois de plus, dans la plupart des cas de défaillance Detect 2, on observe une combinaison de facteurs spécifiques et non spécifiques au DRM qui aboutissent au problème de perception du DRM. Sur les 23 cas d'accidents exploités dans ce groupe, on note :

- 8 problèmes de perception pour lesquels seuls des facteurs non spécifiques sont déterminants.
- aucun cas dans lequel des facteurs spécifiques au DRM suffiraient à expliquer le problème perceptif.

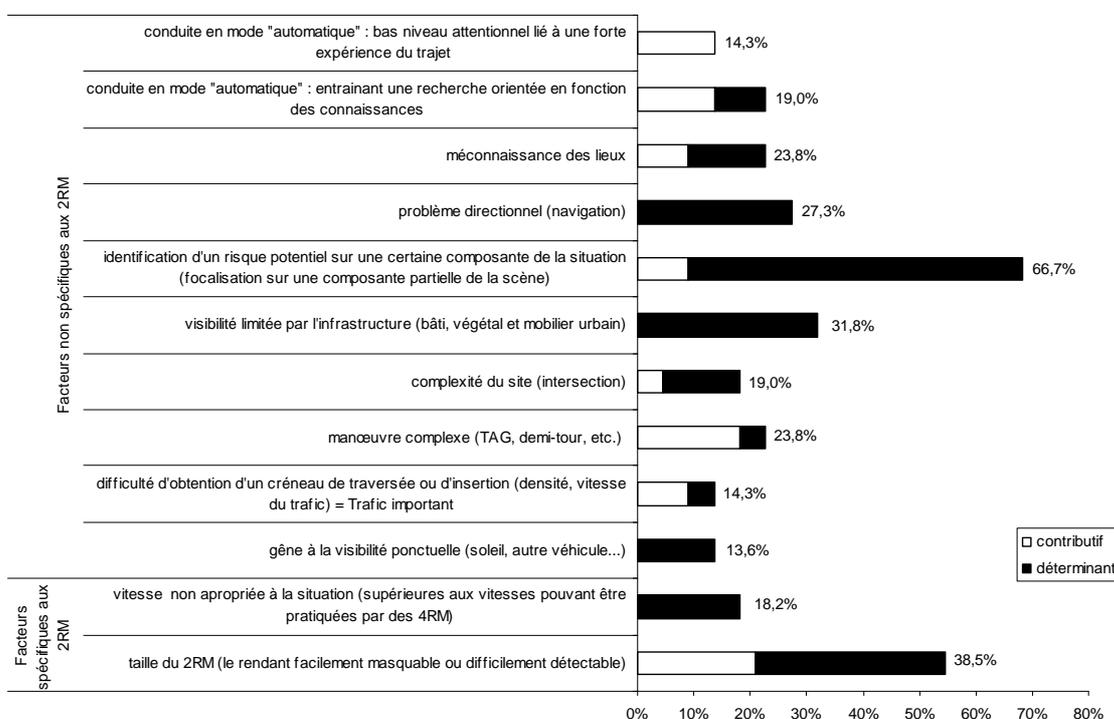


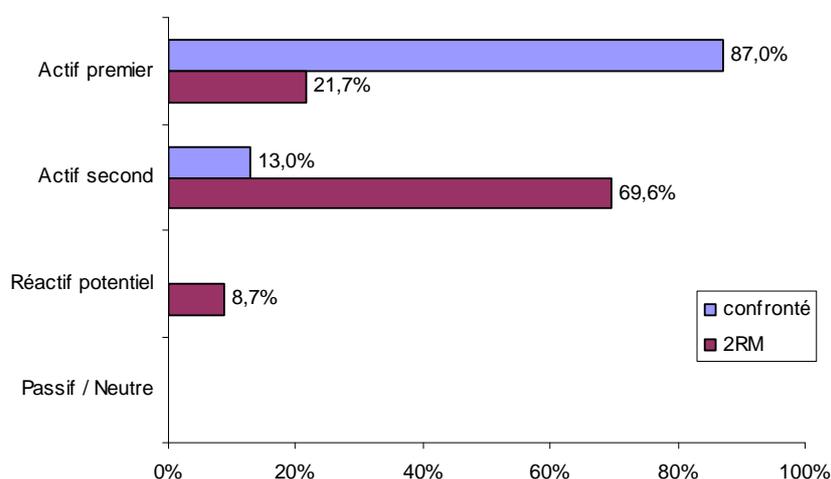
Figure 13 : Facteurs spécifiques et non spécifiques de la défaillance Detect 2

❖ Le type de DRM rencontrés et le niveau d'implication de chaque conducteur

Comme pour la défaillance précédente, les DRM rencontrés sont essentiellement des motocyclettes de cylindrée >125 cm<sup>3</sup> (Tableau 15) et les conducteurs confrontés sont dans plus de 87 % des cas actifs primaires dans l'accident alors que les DRM sont dans 69 % des cas actifs secondaires (Figure 14).

**Tableau 15 : Type de DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 2**

Type DRM	%
CYCLO	34,8%
MTL	13,0%
MTT	52,2%
<i>Nombre de conducteurs de DRM</i>	<i>23</i>



**Figure 14 : Niveau d'implication du conducteur de DRM et de son confronté lorsque ce dernier présente une défaillance Detect 2**

❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Detect 2 de l'AU

On retrouve un peu les mêmes cas de figure que dans la défaillance précédente. Les conducteurs confrontés qui n'ont pas détecté le DRM ne laissent pas la priorité au DRM. Ces derniers, n'envisageant à aucun moment que l'autre interfère dans sa trajectoire, n'adoptent pas de comportements routiers préventifs tels qu'informer l'autre de sa présence ou ralentir.

Les conducteurs de DRM présentent essentiellement des défaillances de diagnostic ou de pronostic sur le comportement d'autrui du type :

- Défaillance Pronost 1 - Attente (par défaut) d'absence de manœuvre de la part d'autrui
- Défaillance Pronost 2 - Attente active d'une régulation par autrui
- Défaillance Diag 4 - Mauvaise compréhension de la manœuvre d'un autre usager

**Tableau 16 : Type de défaillance des DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 2**

Type de défaillance des DRM	%
Detect 1	4,5%
Detect 3	4,5%
Detect 5	4,5%
Diag 3	4,5%
Diag 4	22,8%
Pronost 1	27,3%
Pronost 2	22,8%
Pronost 3	9,1%
<b>Nombre de conducteurs de DRM</b>	<b>22*</b>

\*1 conducteur pour lequel la défaillance est indéterminée

Dans tous ces cas, le conducteur de DRM avait la possibilité d'au moins tenter de réguler la situation. Mais, dans plus de la moitié des cas, ces conducteurs forts de leur sentiment prioritaire sont convaincus que l'AU l'a vu ou va le voir et agir en conséquence (Tableau 17).

Par ailleurs, le comportement parfois ambigu ou hésitant de l'AU qui ne l'a pas vu, va avoir tendance à induire en erreur le conducteur de DRM.

**Tableau 17 : Facteurs explicatifs du comportement ou de l'absence de régulation des conducteurs de DRM confronté à un conducteur avec un problème de perception**

Facteurs explicatifs du comportement des DRM	%
Sentiment d'avoir été vu	40,9%
Conduite en mode automatique liée à une forte connaissance du trajet	18,2%
Attachement rigide au statut de prioritaire	54,5%
Polysémie (ambiguïté) des indices émis par autrui	31,8%
Envie de se soustraire à une gêne (embouteillage, véhicule plus lente devant, ...)	13,6%
Conduite à risque	13,6%
<b>Nombre de conducteurs de DRM ayant pu réguler la situation</b>	<b>31</b>

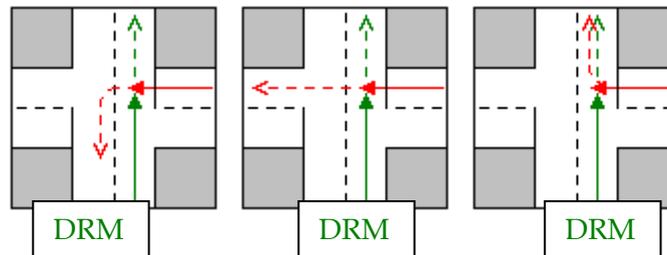
Que ce soit dans cette catégorie de défaillance ou dans la précédente, il semble que les conducteurs de DRM ont des difficultés à envisager qu'ils puissent ne pas être perçus. Ainsi, dans leur schéma mental de l'évolution de la situation, ils n'arrivent pas à prévoir une issue dans laquelle ils "n'existent pas" pour l'autre. Il y a, en effet, un décalage entre l'AU qui ne perçoit pas le DRM et prévoit son schéma d'action sans le prendre en compte et le schéma construit par le conducteur du DRM dans lequel il est forcément inclus. Ainsi, pour le DRM il n'y a pas de raison de réguler ou de se manifester, et ce genre de raisonnement le pousse même parfois à dépasser ou à remonter une file sans prendre plus de précautions.

- ❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Detect 2 de l'AU

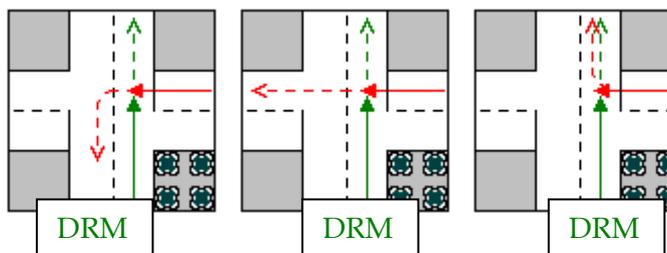
Les CAR les plus représentées dans ces cas de défaillances Detect 2 du conducteur confronté sont les CAR A.1.1 et A.1.2. Dans ces deux CAR, le conducteur confronté traverse ou entre

dans le flux de trafic en tourne à gauche ou à droite alors qu'il n'a pas détecté le DRM prioritaire qui s'approche.

**A.1.1 Un AU non prioritaire** souhaitant s'insérer dans l'intersection **ne détecte pas le DRM** malgré l'absence de gêne à la visibilité. L'AU entre dans le flux de trafic.



**A.1.2 Un AU non prioritaire** souhaitant s'insérer dans l'intersection **ne détecte pas le DRM** masqué par un élément fixe (haies, véhicule stationné, bâtiments, etc.). L'AU entre dans le flux de trafic.



Dans ces cas de défaillances Detect 2, deux cas de figure peuvent être distingués :

- Des cas dans lesquels le poids du détournement attentionnel est tel que le conducteur néglige totalement sa prise d'information sur l'ensemble de la situation. C'est par exemple le cas de conducteurs perdus qui cherchent désespérément leur direction et se focalisent complètement sur cet objectif. Au point, dans certains cas de ne pas percevoir l'intersection qu'ils sont sur le point de traverser.
- Des cas dans lesquels le problème de perception du DRM intervient bien en amont de la défaillance Detect 2. C'est-à-dire que l'on estime que ces conducteurs ont exploré leur environnement en amont de leur focalisation mais très certainement de manière sommaire ne leur permettant pas de détecter le DRM. Confiants dans les informations ainsi collectées et affectant une certaine durée de validité à cette information, ces conducteurs se focalisent sur une autre partie de la scène. Dans ces cas, on peut établir une chaîne de défaillances fonctionnelles et on identifie généralement une défaillance Detect 3 en amont de la défaillance Detect 2 définie comme défaillance pivot.

Cette distinction trouve un intérêt dans l'identification de solutions opérationnelles à ces problèmes de perception. Or, on constate que les leviers d'actions pourraient être différents dans les deux situations précédemment décrites.

### 2.5.3 Défaillance Défect 1 - Non détection en situation de visibilité contrainte

Dans notre échantillon, 13 conducteurs confrontés à un DRM présentent une défaillance de type Défect 1. Parmi les 13 conducteurs de DRM impliqués, nous avons estimé que 12 auraient pu réguler la situation ou éviter l'accident avec un autre comportement et pour un cas, nous n'avons pas pu déterminer si une régulation aurait pu être possible.

- ❖ Les facteurs explicatifs du problème de perception en amont d'une défaillance Défect 1

Dans un premier temps, on note que sur ces 13 accidents :

- 6 cas dans lesquels le problème de perception s'explique uniquement par des éléments non spécifiques au DRM et si un élément spécifique est identifié, il est uniquement contributif.
- 2 cas dans lesquels le problème de perception s'explique uniquement par des éléments spécifiques au DRM et si un élément non spécifique est identifié, il est uniquement contributif.

En effet, le problème de perception et la défaillance Défect 1 s'expliquent par une majorité de facteurs non spécifiques aux DRM. Un problème de visibilité est identifié dans tous ces cas d'accident et ce problème d'accès à l'information est le plus souvent non spécifique au DRM, il s'agit :

- Soit d'un problème de "visibilité limitée par l'infrastructure" dans plus de 75 % des cas, et lorsque ce facteur est identifié il est déterminant de la défaillance dans 70 % des cas (Figure 15).
- Soit d'un problème "gêne à la visibilité ponctuelle" également non spécifique dans 23,1 % et à chaque fois ce problème d'accès à l'information est déterminant (Figure 15).

Associé à ces problèmes de visibilité, on note que même si le masque à la visibilité n'est pas spécifiques des deux-roues, on retrouve dans certains cas l'influence de la taille des DRM les rendant plus facilement masquables ou plus difficilement détectables (23 % des cas, Figure 15).

Les autres facteurs qui vont conditionner de manière déterminante l'absence de détection du DRM sont d'origine comportementale. En effet, on retrouve souvent des comportements atypiques de la part du DRM qui vont venir perturber les attentes des conducteurs confrontés. Ces manœuvres sont le plus souvent non spécifiques aux DRM, c'est-à-dire qu'elles pourraient tout à fait être réalisées par une voiture. Ces comportements sont systématiquement déterminants du défaut perceptif. Il s'agit de :

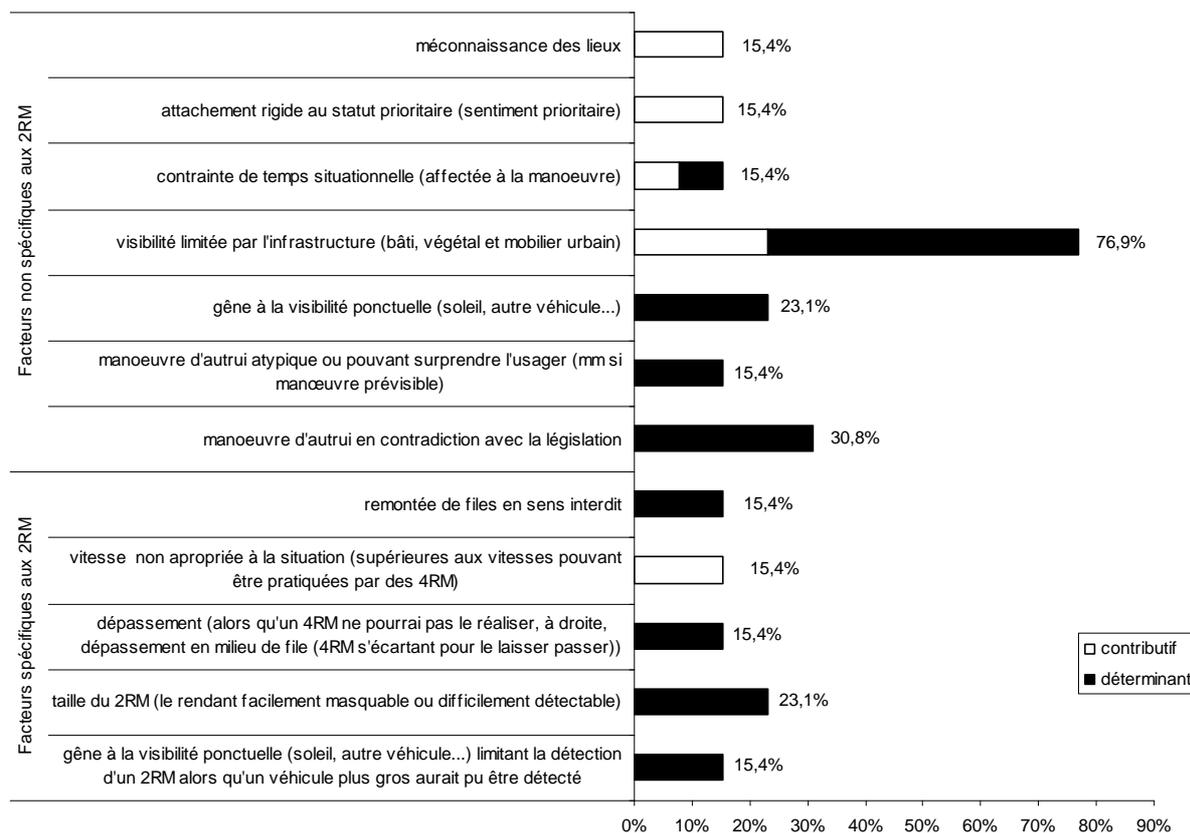
- manœuvres d'autrui atypique ou pouvant surprendre l'utilisateur confronté même si la manœuvre peut paraître envisageable,
- manœuvre d'autrui en contradiction avec la législation.

Toutefois, on retrouve certaines manœuvres spécifiques au DRM et ne pouvant être réalisées que par un DRM qui vient surprendre l'AU.

- Remontée en sens interdit,
- Les dépassements alors qu'une voiture ne pourrait pas le réaliser (par la droite, en milieu de file).

D'autres facteurs vont avoir un impact plus contributif. En effet, des facteurs tels que la méconnaissance des lieux, l'attachement rigide au statut de prioritaire ou une contrainte de

temps affectée à la manœuvre constituent des éléments qui peuvent limiter les ressources attentionnelles attribuées à la recherche visuelle d'information. Néanmoins, ils restent contributifs car dans la plupart de ces cas d'accidents, le problème de masque à la visibilité est tel que le conducteur aurait très certainement eu la même défaillance même avec plus d'attention investie.



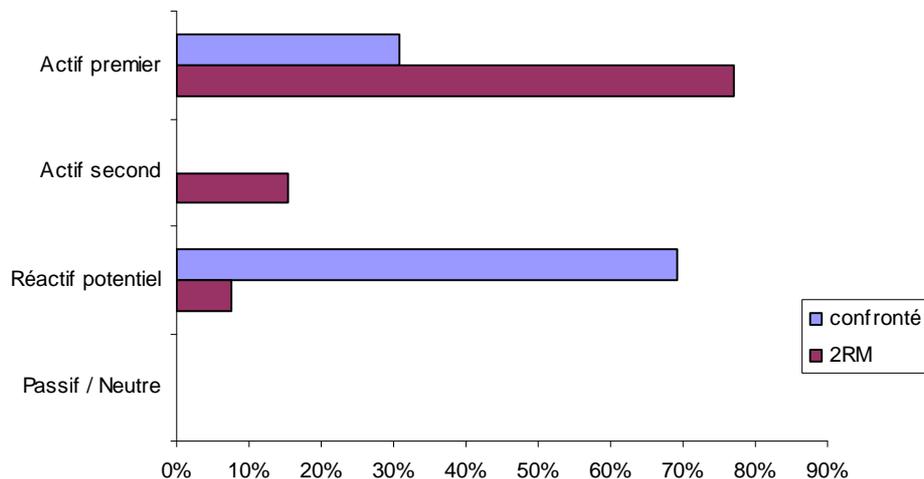
**Figure 15 : Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM de la part du conducteur confronté. Le degré d'incidence de chacune des variables (déterminant, contributif) est également représenté sur l'histogramme**

❖ Le type de DRM rencontrés et le niveau d'implication de chaque conducteur

Dans plus de la moitié des cas, lorsqu'un conducteur présente la défaillance Detect 1, il est confronté à un cyclomoteur (Tableau 17). Concernant les implications respectives de chacun des impliqués, on note que le DRM est dans près de 80 % des cas considéré comme actif primaire. Le DRM est donc directement à l'origine de la perturbation accidentelle et en retour le confronté est la plupart du temps réactif potentiel (Figure 16). Ces conducteurs sont confrontés à une manœuvre du DRM, atypique, difficilement prévisible, sans disposer d'indices annonciateurs, que cette manœuvre soit ou non en contradiction avec la législation. Toutefois, on considère que, pour ces conducteurs, l'évitement de l'accident eut été théoriquement possible si les informations nécessaires leur avaient été fournies à temps.

**Tableau 18 : Type de DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 1**

Type DRM	%
CYCLO	61,5%
MTL	7,7%
MTT	30,8%
<i>Nombre de conducteurs de DRM</i>	<b>13</b>



**Figure 16 : Niveau d'implication du conducteur de DRM et de son confronté lorsque ce dernier présente une défaillance Detect 1**

- ❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Detect 1 de l'AU

Les conducteurs de DRM présentent dans 46 % des erreurs de prise de décision du type "Violation délibérée d'une règle de sécurité" (Tableau 19). Cette défaillance fait référence aux processus dont on rend compte classiquement en termes de "prise de risque" dans l'engagement d'une manœuvre. Ces conducteurs adoptent volontairement un comportement infractionniste du type prendre un rond-point en sens inverse pour gagner une course, remonter une voie en sens interdit pour gagner du temps, etc. En cela, ces conducteurs sont actifs primaires et génèrent directement la situation accidentelle. C'est également ce comportement qui les met en situation de ne pas être détectés par l'AU, du fait du caractère improbable de la rencontre qu'ils promeuvent.

**Tableau 19 : Type de défaillance des DRM en interaction avec un conducteur confronté présentant une défaillance Detect 1**

Type de défaillance des DRM	%
Detect 1	15,4%
Detect 3	23,1%
Pronost 3	7,7%
Dec 2	46,2%
Dec 3	7,7%
<i>Nombre de conducteurs de DRM</i>	<b>13</b>

Ces conducteurs sont généralement des conducteurs de cyclomoteurs, plutôt jeunes (9 conducteurs de DRM sur 13 ont moins de 25 ans), qui adoptent une conduite à risque (58 %) (Tableau 19). Dans 1 cas sur 4, le manque d'expérience de la conduite intervient également comme facteurs explicatifs de ces comportements. Ces comportements à risque peuvent s'accompagner d'une non perception de la situation à risque de la part du conducteur de DRM (Tableau 19).

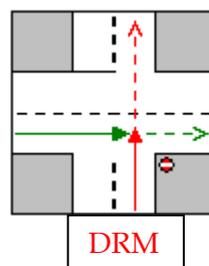
**Tableau 20 : Facteurs explicatifs du comportement ou de l'absence de régulation des conducteurs de DRM confronté à un conducteur avec un problème de perception**

Facteurs explicatifs du comportement des DRM	%
Non perception de la situation à risque	25,0%
Conduite en mode automatique liée à une forte connaissance du trajet	16,7%
Faible expérience de la conduite (conducteur débutant)	25,0%
Attachement rigide au statut de prioritaire	16,7%
Contrainte de temps globale affectée au trajet	16,7%
Adoption d'une conduite à risque	<b>58,3%</b>
Envie de se soustraire à une gêne (embouteillage, véhicule plus lente devant, ...)	16,7%
Effet d'entraînement	16,7%
<i>Nombre de conducteurs de DRM ayant pu réguler la situation</i>	<b>12</b>

❖ La défaillance Detect 1 et les CAR

La défaillance Detect 1 de l'usager survient dans une quantité de configurations accidentelles différentes. Une seule CAR revient dans plus de 2 cas de notre échantillon, il s'agit de la CAR nommée H5 (voir ci-dessous). Dans ces cas, le confronté circule sur un axe prioritaire et se fait surprendre par un DRM masqué à l'abord d'une intersection circulant en sens interdit.

**H5 Le DRM circule en sens interdit à l'approche d'une intersection. Il s'engage dans cette intersection et surprend un AU prioritaire avec lequel il entre en collision.**



**2.5.4 Défaillance Dec 3 - Violation-erreur. Prise de risque non délibérée liée au déclenchement inopiné d'une manœuvre, par automatisme ou effet d'entraînement**

❖ Les facteurs explicatifs du problème de perception en amont d'une défaillance Dec 3

Dans notre échantillon, 10 conducteurs confrontés présentent la défaillance Dec 3. Cette défaillance rend compte des conducteurs qui engagent une manœuvre de manière inopinée et précipitée. On peut prendre l'exemple d'un conducteur qui cherche sa direction et qui réagit spontanément à l'injonction de son passager en omettant de vérifier la faisabilité de la manœuvre qui lui est indiquée.

En amont de cette défaillance, il y a bien évidemment un problème de perception du DRM qui s'explique essentiellement par une combinaison de facteurs spécifiques et non spécifiques au DRM. Dans seulement 1 cas, le problème de perception est déterminé par le gabarit du DRM. Ce DRM est totalement masqué alors qu'un VL aurait été facilement détecté dans la même situation. Le conducteur décide alors d'engager sa manœuvre et percute le DRM.

De même, dans un seul cas le problème de perception s'explique essentiellement par des éléments non spécifiques au DRM. Le conducteur est tellement obnubilé par la recherche d'une place de stationnement qu'il néglige totalement sa prise d'information.

Dans tous les autres cas, c'est l'interaction de facteurs spécifiques et non spécifiques qui explique le problème perceptif. Cette défaillance survient le plus souvent dans des situations de conduite complexes. Ces situations sont chargées cognitivement pour le conducteur à cause :

- d'une contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre),
- d'un site complexe,
- d'une difficulté d'obtention d'un créneau d'insertion,
- d'un problème directionnel,
- d'une manœuvre complexe à réaliser.

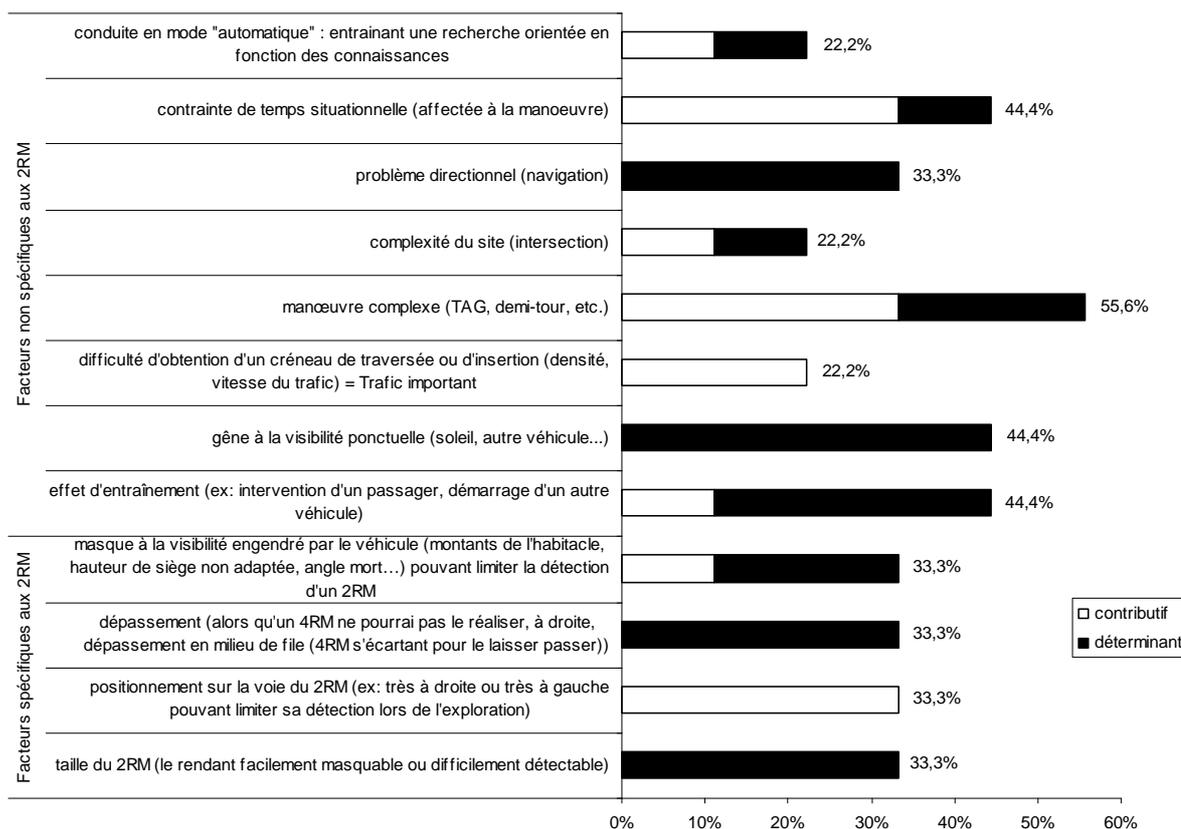
Evidemment, ces facteurs ne sont pas exclusifs l'un de l'autre et se cumulent dans certain cas. Parmi les facteurs cités ci-dessus, le problème directionnel est toujours déterminant du problème perceptif. Ce problème monopolise l'attention du conducteur et oriente sa recherche visuelle, l'amenant à négliger totalement le reste de l'environnement. Le reste des facteurs vont dans certain cas être plutôt contributifs du problème de perception en créant un terrain propice à une erreur de perception mais qui sera effective qu'en présence d'autres facteurs explicatifs.

Dans ces cas d'accident, on retrouve également dans plus de 40 % des cas :

- Le facteur "effet d'entraînement" qui est le plus souvent déterminant du problème perceptif. Les conducteurs surchargés, focalisés sur une autre partie de la scène délèguent la décision d'engager leur manœuvre à autrui (véhicule de devant, passager, véhicule le laissant passer).
- Les gênes à la visibilité qui sont systématiquement déterminantes dans l'accident.

Les facteurs spécifiques au DRM qui interviennent de manière déterminante dans leur non détection sont une fois de plus :

- Le gabarit du DRM qui les rend plus facilement masquable et plus difficilement détectable. Là où un véhicule plus gros aurait pu être repéré, le DRM n'est détecté qu'au moment du choc.
- Les comportements spécifiques du DRM du type dépassement alors qu'un VL ne pourrait pas le réaliser.
- Les masques à la visibilité spécifiques aux DRM (montant de l'habitacle, angle mort...).

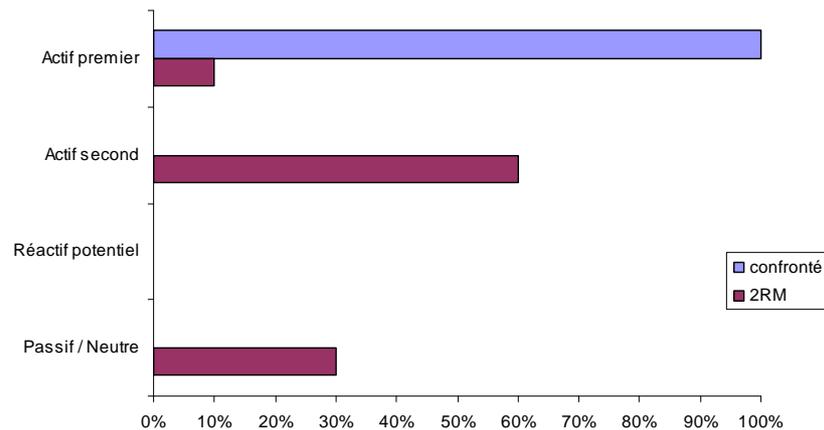


**Figure 17 : Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM de la part du conducteur confronté. Le degré d'incidence de chacune des variables (déterminant, contributif) est également représenté sur l'histogramme**

- ❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Dec 3 de l'AU et le niveau d'implication de chaque conducteur

Dans les 10 cas d'accidents concernés, le conducteur confronté est toujours actif primaire. Il est à l'origine de la perturbation en déclenchant une manoeuvre inopinée sans avoir pris en compte le DRM avec lequel il interfère. Le DRM est quant à lui dans 6 cas sur 10 actif secondaire, soit parce que même en percevant la situation, il ne tente rien pour annoncer sa présence ou réguler la situation, soit parce que malgré certains indices alarmants, le DRM poursuit sa manoeuvre sans plus se méfier. Par exemple, c'est le cas d'un DRM qui dépasse une voiture qu'il voit fortement ralentir, mais ne se méfie pas pour autant de ce ralentissement, continue son dépassement et se fait surprendre par une voiture lui coupant la route que la voiture dépassée avait choisi de laisser passer.

Dans 3 cas, le conducteur de DRM est passif. Autrement dit, il ne pouvait absolument rien faire pour éviter la situation et le seul moyen pour éviter cet accident été d'agir sur l'AU.



**Figure 18 : Niveau d'implication du conducteur de DRM et de son confronté lors que ce dernier présente une défaillance Dec 3.**

L'échantillon est ici trop petit pour donner un tableau de la répartition des défaillances des conducteurs de DRM. On peut tout de même entrevoir deux types de comportements chez ces conducteurs de DRM confrontés à un problème décisionnel de l'AU.

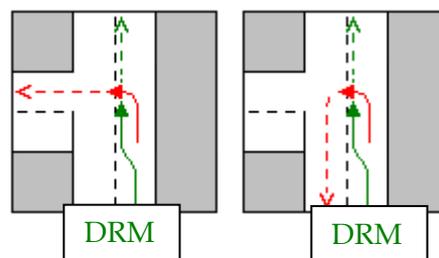
On distingue des cas où :

- Le comportement du confronté est ambigu et hésitant. Ce comportement induit le DRM en erreur, qui décide d'engager ou de poursuivre une manœuvre simplement pour se soustraire à la gêne que l'AU lui occasionne. L'interaction n'est, une fois de plus, traitée que sommairement et le DRM n'envisage à aucun moment qu'il pourrait ne pas être vu ; et au contraire, dans un cas, le comportement hésitant de l'AU est interprété par le DRM comme une preuve d'avoir été détecté par l'AU.
- Le DRM est persuadé d'avoir été vu par l'AU ou ne perçoit pas du tout la situation à risque. Dans ces cas, les DRM, confiants, continuent leur progression sans plus s'inquiéter.

#### ❖ La défaillance Dec 3 et les CAR

Au niveau des CAR, dans 4 cas sur 10, la configuration accidentelle identifiée correspond à la CAR B.1.3. Dans un cas, il s'agit bien d'une manœuvre de TAG, dans le reste il s'agit d'une manœuvre de demi-tour du conducteur confronté.

**B.1.3** Le DRM circule derrière un AU qui ralentit (avec ou sans son clignotant gauche). Le DRM décide de dépasser l'AU. Au même moment, l'AU effectue un TAG en intersection (ou en accès privé) ou un demi-tour.



### 2.5.5 Défaillance Diag 2 - Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion

Cette défaillance correspond à une mauvaise évaluation d'un intervalle distance-temps de cisaillement ou d'intégration dans le trafic. En situation d'insertion ou de traversée du flux de trafic, les conducteurs estiment avoir le temps de s'engager alors que ce n'est pas le cas. Dans cette défaillance, tous les conducteurs ont détecté le DRM mais c'est le traitement de cette information qui pose un problème. Les conducteurs ont des difficultés à évaluer la distance à laquelle se trouve le DRM et sa vitesse de rapprochement.

#### ❖ Les facteurs explicatifs du problème de perception en amont d'une défaillance Diag 2

Cette défaillance est retrouvée chez 8 conducteurs confrontés à un DRM. Cet échantillon est faible mais le problème de perception s'explique dans la plupart des cas par des facteurs spécifiques au DRM. Aucun cas ne met en cause que des facteurs non spécifiques. En revanche, dans 4 cas sur 8 le défaut s'explique quasi-exclusivement par des facteurs spécifiques au DRM et si un facteur non spécifique est identifié, il est seulement contributif.

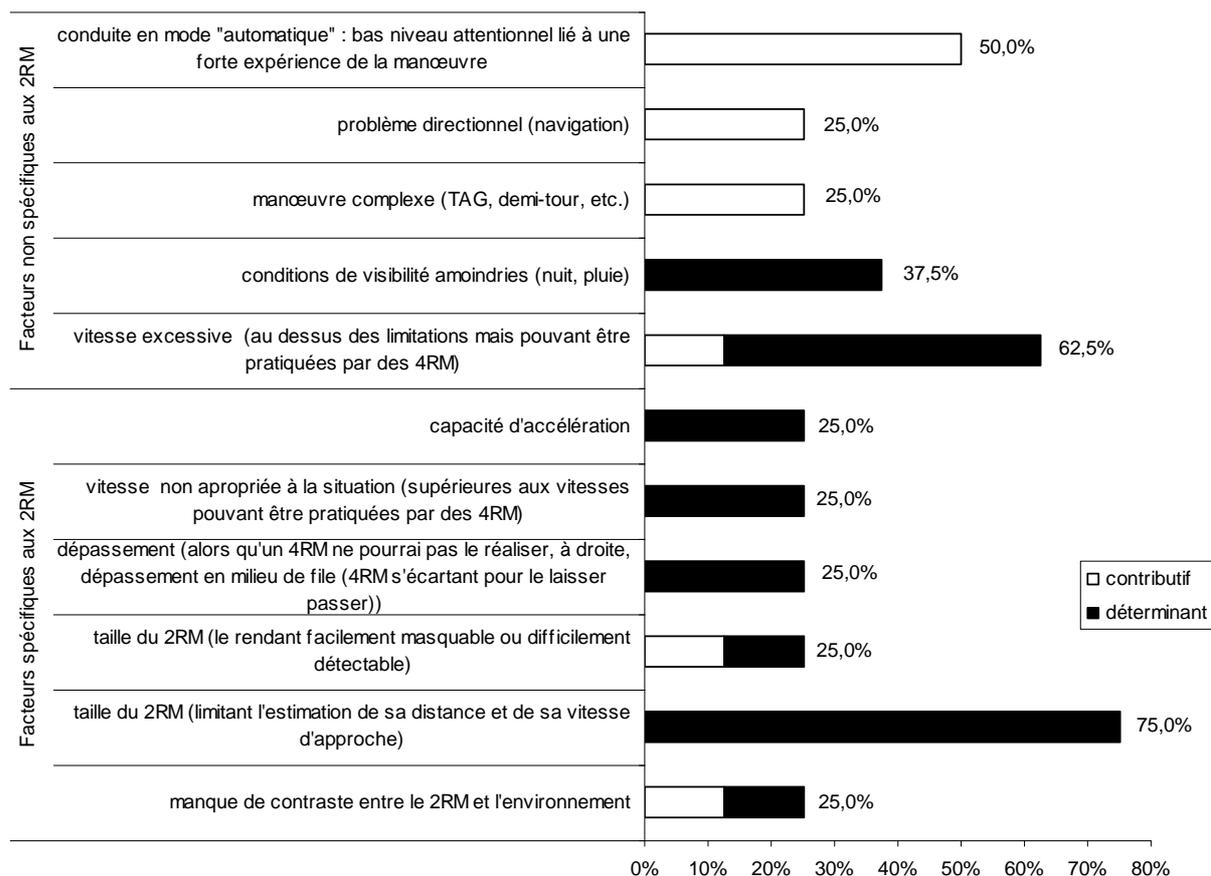
Parmi les facteurs spécifiques au DRM, on retrouve :

- d'une part, les facteurs comportements spécifiques des DRM du type capacité d'accélération ou vitesse du DRM supérieure aux vitesses pratiquées par des VL ;
- d'autre part, le gabarit du DRM limite l'estimation de sa distance et de sa vitesse d'approche.

Parmi les facteurs non spécifiques, seuls deux éléments contribuent de manière déterminante au problème de perception. Il s'agit :

- des conditions de visibilité amoindries. 3 accidents sur 8 se sont produits de nuit.
- de vitesses au-delà de la limitation en vigueur (mais pouvant être pratiquées par des VLs).

La question de la vitesse d'approche semble donc conditionner fortement l'évaluation du rapprochement d'un DRM en lien avec le gabarit du DRM. Ces résultats soulèvent également le fait qu'à des vitesses équivalentes aux vitesses pratiquées par des voitures, les DRM sont sujets à des problèmes d'évaluation perceptive de leur vitesse de rapprochement. Autrement dit, dans ces cas d'accidents, le problème de la vitesse des DRM n'implique pas nécessairement que leur vitesse d'approche soit réellement excessive, mais renvoie aux limites des capacités du système visuel humain qui éprouve des difficultés à estimer la vitesse d'approche d'un objet relativement étroit.



**Figure 19 : Facteurs explicatifs du problème de perception du DRM de la part du conducteur confronté. Le degré d'incidence de chacune des variables (déterminant, contributif) est également représenté sur l'histogramme**

- ❖ Les défaillances fonctionnelles des conducteurs de DRM confrontés à une défaillance Diag 2 de l'AU et le niveau d'implication de chaque conducteur

Les conducteurs présentant une défaillance Diag 2 sont confrontés dans 7 cas sur 8 à des motocyclettes >125cm<sup>3</sup> et à une motocyclette légère. Tous les confrontés sont considérés comme actifs primaires dans la dégradation de la situation et les DRM sont essentiellement actifs secondaires.

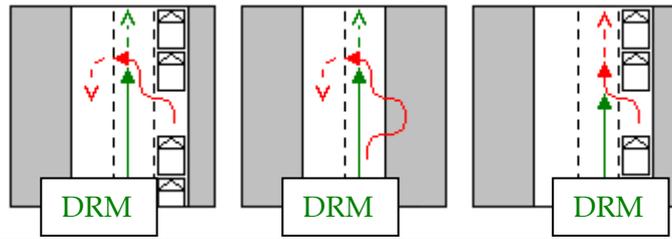
Dans 3 cas, le conducteur du DRM présente une défaillance Diag 4 "Mauvaise compréhension de la manœuvre d'un autre usager". Ces conducteurs interprètent mal les signaux émis par l'autre véhicule. C'est par exemple le cas d'un DRM qui interprète le clignotant à gauche d'une voiture stationnée sur le bas-côté comme l'indication d'une insertion sur la chaussée dans son sens de circulation alors que cette voiture s'apprête en fait à faire un demi-tour. Le DRM décide alors de dépasser ce véhicule sans envisager que l'autre puisse négliger sa présence.

Dans les autres cas d'accident, on retrouve les défaillances de pronostic. Les DRM, forts de leur statut de prioritaire, n'imaginent pas que l'AU va tenter de s'insérer avant son arrivée.

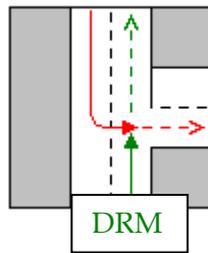
- ❖ La défaillance Diag 2 et les CAR

Alors que l'on n'identifie que 8 cas dans notre échantillon de confrontés présentant une défaillance Diag 2, on observe 5 CAR différentes :

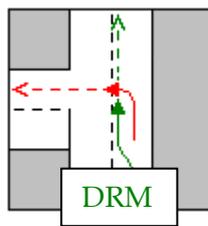
**A.1.3**



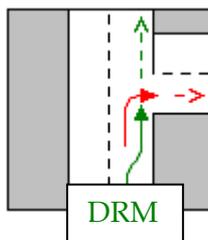
**B.1.1**



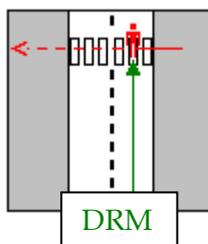
**B.1.3**



**B.1.5**



**I.1**



Même si on retrouve un large panel de CAR, ces configurations présentent un point commun. En effet, dans tous ces cas, le DRM s'approche parallèlement au confronté. C'est-à-dire que les DRM arrivent soit en face du confronté (B.1.1 ou I.1), soit par derrière dans le même sens de circulation (A.1.3, B.1.3, B.1.5). Evidemment, ce point nécessiterait d'être confirmé sur un échantillon plus important.

Néanmoins, il semble que les problèmes d'évaluation surviennent plus particulièrement lorsque le DRM est perçu de face, c'est-à-dire lorsque qu'il est vu sur sa face la plus étroite. Le champ d'expansion de l'objet sur la rétine est au plus faible limitant la capacité du système visuel humain à percevoir le mouvement d'approche. Cela irait dans le sens de notre hypothèse selon laquelle les difficultés d'évaluation de la distance et de la vitesse d'approche du DRM sont liées aux capacités du système visuel humain. Cependant, ce point ne nous permet pas d'exclure le fait que ces problèmes d'évaluation soient corrélés avec la vitesse d'approche du DRM.

D'un autre côté, même si l'on montrait que la vitesse du DRM n'a pas un impact direct sur la capacité à le percevoir correctement, la vitesse a un impact direct dans la survenue de l'accident. En effet, un DRM qui se rapproche plus vite, laisse moins de temps à l'AU pour réaliser sa manœuvre et a donc plus de chance d'entrer en collision avec ce dernier.



## Chapitre 3

### Approche expérimentale des problèmes de détectabilité

Les résultats issus de l'analyse accidentologique font émerger un certain nombre de questionnements qui vont parfois jusqu'à interroger les fondements même de la perception humaine. La présente section explore un certain nombre d'hypothèses sur les variables susceptibles d'intervenir dans les problèmes de détectabilité, hypothèses qui sont explorées par le recours à un matériel expérimental.

#### *3.1 De l'accidentologie à l'expérimentation*

L'analyse approfondie d'accidents réalisée dans la section précédente a permis de confirmer et d'actualiser les résultats issus des travaux antérieurs, à savoir que les problèmes de perception jouent un rôle très important dans les accidents qui confrontent un DRM et un autre usager de la route. Un problème de perception est ainsi mis en évidence dans 78% des cas d'accident mettant en cause une interaction entre un DRM et un autre usager, quelle que soit la défaillance qui découle de ce problème perceptif (défaillance de détection, d'évaluation, de décision, etc.). Néanmoins, en poussant plus loin l'analyse de l'origine de ces problèmes perceptifs, on relève que le manque de détectabilité des DRM ne ressort comme réellement déterminant, en tant que tel, que dans seulement 57.7% de ces cas. Autrement dit, dans plus de 40% des cas d'accident de notre base, le fait d'être confronté spécifiquement à un DRM n'a pas eu un impact majeur dans la survenue de la défaillance. Ainsi, d'un point de vue opérationnel, on peut considérer qu'agir seulement sur la saillance perceptuelle du DRM n'aurait rien changé dans bon nombre d'accidents (cf. chapitre 2). Cette différenciation basée sur des données approfondies recueillies sur les circonstances de survenue des accidents nous permet ainsi de donner une estimation plus précise de l'enjeu du problème bien spécifique de la détectabilité, plus pertinente que le seul repérage du problème de la détection : dans quelle mesure le fait d'être un DRM (plutôt qu'un autre type de véhicule) a une influence sur la genèse d'une défaillance perceptuelle de la personne qui y est confronté.

De plus, ces résultats font notamment ressortir l'importance des questions d'attribution des ressources attentionnelles dans la dynamique de la prise d'information. Dans de nombreux cas d'accidents, le détournement des ressources attentionnelles du conducteur est impliqué dans l'absence de détection ou dans la mauvaise perception du DRM.

Néanmoins, deux cas de figures doivent être distingués :

- Des cas d'accident dans lesquels l'attention est orientée sur une autre source d'information. Le conducteur n'a pas détecté le DRM mais n'aurait très certainement pas mieux perçu un véhicule de taille plus importante, son regard étant porté sur autre chose.
- Des cas d'accident dans lesquels les ressources attentionnelles et les capacités perceptuelles du conducteur étaient visiblement surchargées au moment de la prise d'information. Les ressources n'ont pas suffi pour permettre la détection d'un DRM mais on suppose que dans la même situation un véhicule plus important aurait pu être détecté. Dans ces cas-là, le gabarit de l'objet DRM et son manque de saillance dans l'environnement routier ont contribué de manière déterminante à sa non détection ou, de manière plus large, à sa mauvaise perception. En effet, l'analyse approfondie de l'influence des problèmes perceptifs

nous a amené à identifier leur rôle dans l'occurrence de deux catégories de défaillances fonctionnelles chez les conducteurs confrontés aux DRM, en distinguant :

- Des cas d'accidents mettant en cause des défaillances du type " absence de détection". C'est notamment dans ce groupe que l'on retrouve les accidents du type "regardé mais pas vu". Ces accidents surviennent le plus souvent au niveau d'une intersection en T ou en croix. Le conducteur prend son information mais ne détecte pas le DRM qui approche alors que celui-ci était visible. Le DRM n'est généralement détecté qu'au moment du choc.
- Des cas d'accidents mettant en cause des défaillances du type "diagnostic". Le conducteur a détecté le DRM mais a mal évalué son rapprochement. Ces défaillances surviennent principalement lorsque le DRM se rapproche parallèlement à l'observateur, de face ou de derrière vu dans le rétroviseur (néanmoins cette remarque est validée pour notre échantillon et le nombre de cas d'accidents de ce type reste faible).

Naturellement, nous allons particulièrement nous intéresser dans la phase expérimentale à ces cas d'accidents dans lesquels le DRM aurait pu être plus facilement détecté s'il avait été un véhicule de plus gros gabarit. Nous allons tenter de déterminer pourquoi, dans une même situation, une voiture peut attirer le regard du conducteur, être détectée et traitée correctement alors qu'un DRM non. Autrement dit, nous allons essayer de déterminer quelles sont les caractéristiques d'un objet sur la route qui attirent l'attention d'un conducteur.

L'expérimentation permettra de considérer le fonctionnement du système perceptif humain et les limites de l'interaction système visuel humain / objet DRM afin de comprendre comment une information peut être plus ou moins bien perçue et quels sont les facteurs qui contribuent à la mauvaise perception d'un DRM. Elle devrait notamment permettre de mieux préciser le lien qui s'établit entre la saillance visuelle de l'objet et l'orientation de l'attention de la personne qui perçoit.

### *3.2 De la saillance visuelle à l'orientation de l'attention visuelle*

Comme évoqué dans la première partie, l'attention est un système aux ressources limitées. Dans un environnement riche, tel que le système routier, une personne "normale" ne peut pas traiter efficacement la masse d'informations disponibles. Ainsi, pour être efficace dans sa tâche de conduite, le conducteur doit sélectionner des informations pertinentes et inhiber les informations distrayantes.

La question qui va particulièrement nous intéresser ici est de savoir comment l'information est sélectionnée? Quels sont les mécanismes mis en place pour sélectionner dans le temps et dans l'espace une information dans un environnement dynamique? Quelles caractéristiques de cette information (de cet objet) conditionnent-elles sa sélection rapide?

Nous allons pour cela devoir considérer plus avant le fonctionnement du système perceptif humain pour comprendre comment une information peut être plus ou moins bien perçue et les facteurs qui peuvent correspondre à la mauvaise perception d'un DRM.

Nous n'entrerons pas dans la description de l'ensemble des modèles disponibles du traitement de l'information visuelle. L'examen des travaux de la littérature nous a amené à nous orienter plus particulièrement sur le modèle de "la recherche guidée" (Guided Search Model), modèle hybride qui présente l'intérêt d'intégrer à la fois les aspects "bottom-up"

(orientation par les données) et "top-down" (orientation par les connaissances) de la perception, proposé par Wolfe et collaborateurs (1989).

Classiquement, le traitement visuel des scènes naturelles est étudié par le biais du paradigme de recherche visuelle ("visual search", voir par exemple : Pashler, 1998 ; Treisman, 1998a, 1998b ; Wolfe, 1998 ; Wolfe et Cave, 1999). Cette tâche est censée impliquer les mécanismes que nous mettons en jeu quotidiennement pour chercher des objets dans un environnement (un stylo sur la table, une tasse) soit de manière explicite, en bougeant les yeux, soit de manière implicite, en déplaçant la cible de notre attention (Cf. Posner, 1980). Dans cette tâche de recherche visuelle, les sujets ont pour consigne de chercher un objet cible prédéterminé parmi un ensemble d'objets non cibles (distracteurs). D'un essai à l'autre le nombre de distracteurs utilisés varie. La cible apparaît en général dans 50% des essais. Dans les autres essais seuls des distracteurs sont présentés. Les sujets répondent par exemple en pressant un bouton pour indiquer qu'ils ont trouvé la cible et sur un autre bouton pour indiquer que la cible est absente. Dans une telle tâche, la variable dépendante mesurée peut être le temps de réponse (TR), dans ce cas les stimuli restent affichés jusqu'à la réponse du sujet. Dans le cas de présentations brèves, parfois suivies d'un masque pour bloquer la persistance de l'image, on mesure la précision des sujets. Dans la plupart des études, seuls les TR sont mesurés. Ainsi, il a été montré que le temps nécessaire pour trouver une cible dépend du type de cibles utilisées et du nombre de distracteurs. Quand les sujets doivent trouver une cible qui diffère des distracteurs selon une seule dimension (e.g. chercher une barre horizontale parmi des barres verticales), leurs TR sont relativement courts et indépendants du nombre de distracteurs. Cette configuration de résultats a été interprétée comme étant la marque de mécanismes pré-attentifs opérant en parallèle sur l'ensemble des stimuli (Treisman et Gelade, 1980) (figure 20). Les stimuli traités en parallèle semblent surgir de la masse des distracteurs. Par contre, quand les sujets cherchent une cible définie par une conjonction d'éléments eux-mêmes partagés par les distracteurs (e.g. chercher un G rouge parmi des G bleus et des A rouges) (=recherche conjonctive), leurs TR sont plus longs et augmentent avec le nombre de distracteurs.

Différents modèles ont tenté d'expliquer, à partir des résultats de ce type d'expériences, les processus mis en jeu lors de la recherche visuelle (modèle de traitement sériel, modèle de traitement parallèle). Wolfe et collaborateurs (1989) ont proposé un modèle hybride qui semble plus proche de la réalité fonctionnelle: le modèle de recherche guidée (GSM, pour "guided search model", Wolfe et al., 1989 ; Wolfe et Gancarz, 1996).

Comme indiqué plus haut, le mode de fonctionnement du GSM intègre la notion de signal "Bottom-up" et "Top-down". Ce modèle accepte en effet, en complément de l'influence des traits perceptifs, la notion d'un amorçage "top-down" rendu possible par une connaissance en amont des caractéristiques de la cible recherchée.

S'agissant des aspects bottom-up de la perception visuelle, le GSM s'inspire de la célèbre théorie d'intégration des traits élaborée en 1980 par Treisman et Gelade (FIT "Feature Integration Theory"). Cette théorie repose sur le principe que l'information visuelle qui atteint notre cortex visuel est décomposée en attributs élémentaires distincts. L'ensemble du champ visuel va ainsi être traité en parallèle et le cerveau va pouvoir reconstruire des cartes d'attributs spécifiques (forme, couleur, mouvement, etc.) (figure 21). Ces différentes cartes d'attributs spécifiques vont ensuite être intégrées pour former une carte de saillance : une "master saliency map". Cette carte est constituée au stade pré-attentif. Elle permet de localiser les zones de l'espace qui contiennent ces attributs élémentaires saillants mais pas de déterminer quels sont ces attributs ni à quel objet ils appartiennent. Une fois constituée, cette "carte" va permettre de guider l'attention de l'observateur vers les zones les plus saillantes de

l'espace. Notons que la FIT ne tient compte que de l'aspect bottom-up de la prise d'information.

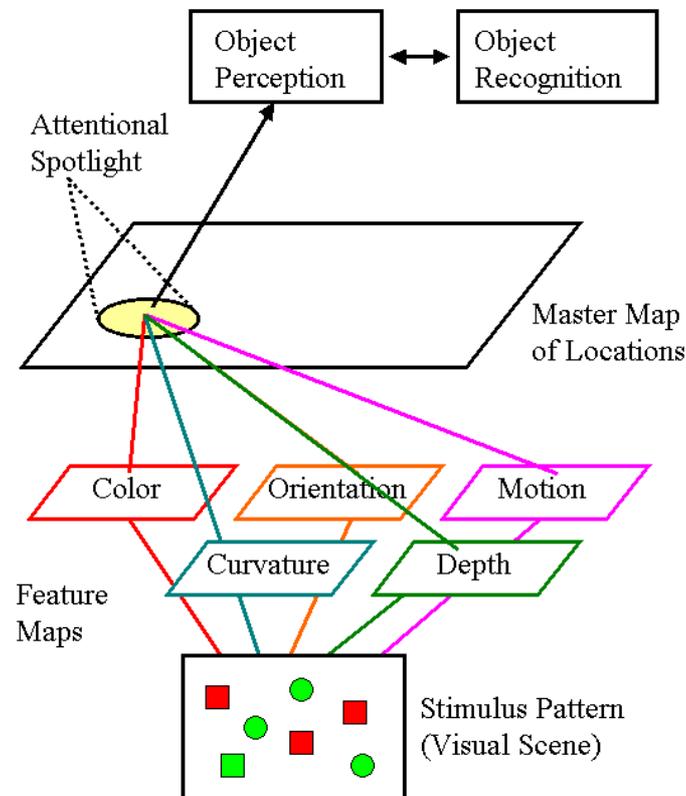


Figure 20: Le modèle attentionnel de l'intégration des traits ("Feature Integration Theory", Treisman et Gelade, 1980)

Le GSM, qui nous intéresse plus particulièrement ici, s'inspire directement de la FIT. Mais Wolfe et collaborateurs intègrent dans leur modèle que la recherche visuelle est largement influencée par les processus descendants ou top-down. Les auteurs (1989) démontrent en effet que la recherche conjonctive (mettant en jeu la recherche combinée de plusieurs caractéristiques élémentaires) peut être plus rapide que ce que peut le prédire la FIT. Pour Wolfe et coll. (1989), la recherche conjonctive peut être guidée par le système top-down qui va préalablement définir les éléments à rechercher dans une scène. Le monde va alors être divisé entre des cibles potentielles et des distracteurs. Ainsi, on peut considérer qu'il existe un gradient entre ce qui est physiquement très différent de ce que l'on recherche et ce qui en est physiquement proche. Les éléments physiquement proches ont donc proportionnellement plus de chance d'être une cible et devront donc être explorés en premier, alors que les autres physiquement différents seront rapidement évincés afin d'optimiser l'exploration visuelle.

Concrètement, le GSM est composé, comme la première version de la FIT ("Feature Integration Theory" de Treisman et Gelade, 1980), de cartes d'éléments simples et d'une carte d'activation similaire à la carte de contrôle de la FIT.

Cette théorie d'intégration des traits stipule que les mécanismes visuels de la perception des scènes naturelles sont divisés en 2 étapes.

Dans un premier temps, des mécanismes pré-attentifs agiraient (en parallèle les uns des autres) pour extraire dans la scène visuelle les éléments de base comme la couleur, la texture, les contours, la taille, le mouvement. Ainsi, selon ce modèle, la recherche d'un élément simple ou d'un objet qui se distingue de son environnement par une caractéristique simple pourrait rapidement aboutir en vérifiant la présence de cette caractéristique dans la carte codant cet élément. Zenon et collaborateurs (2008) démontrent expérimentalement que la pré-sélection attentionnelle est nécessairement préalable à la détection de la cible.

Dans un deuxième temps, l'attention est impliquée de manière sérielle dans l'assemblage des éléments simples constituant un objet complexe afin d'en former une représentation de haut niveau. C'est-à-dire, que le traitement attentionnel devient nécessaire pour l'identification consciente de l'objet.

S'agissant plus particulièrement de notre objet d'étude, une question se pose ici : le problème du traitement des DRM se trouve-t-il plutôt dans la phase pré-attentive ou dans la phase de traitement de l'information qui prendrait plus de temps pour les DRM ? On se placera, dans un premier temps, plutôt dans l'hypothèse selon laquelle le DRM présente des difficultés à attirer l'attention au cours de la phase pré-attentive. Autrement dit, nous supposons que les caractéristiques simples permettant de repérer rapidement un usager interférent sur la route sont moins efficaces dans le cas des DRM pour attirer l'attention d'un observateur.

Donc, durant la phase pré-attentive de la prise d'information, une "carte d'activation" serait constituée de manière inconsciente. Sur la base de cette première étape perceptive, l'attention se dirigerait préférentiellement vers l'objet qui a envoyé l'activité la plus forte à la carte d'activation. Pour chaque position dans la carte d'activation, c'est-à-dire pour chaque objet dans le champ visuel, la somme des activations des différentes cartes d'éléments de base est calculée. Dans ces cartes, le degré d'activation d'une région est proportionnel au degré de similarité entre l'élément encodé et les éléments de la cible. Par exemple, si j'ai pour consigne de rechercher un cercle rouge au milieu d'une quantité de formes pouvant être de multiples couleurs dont le rouge, deux caractéristiques élémentaires vont être spécifiées par la consigne : "cercle" et "rouge". Au stade pré attentif, on peut prévoir que le degré d'activation des cercles et des formes de couleur rouge sera amplifié au niveau de la carte d'activation. Ces objets seront alors explorés en priorité, ayant proportionnellement plus de chance d'être la cible. Les éléments de la cible sont donc spécifiés par un amorçage descendant ("top-down") en lien avec les connaissances ou les caractéristiques de la tâche à accomplir. La carte d'activation classe tous les items du champ visuel par ordre, de celui qui a le plus de chance d'être une cible à celui qui a le moins de chance d'être une cible. La recherche visuelle consisterait à parcourir cette liste, un item après l'autre jusqu'à ce que la cible soit trouvée.

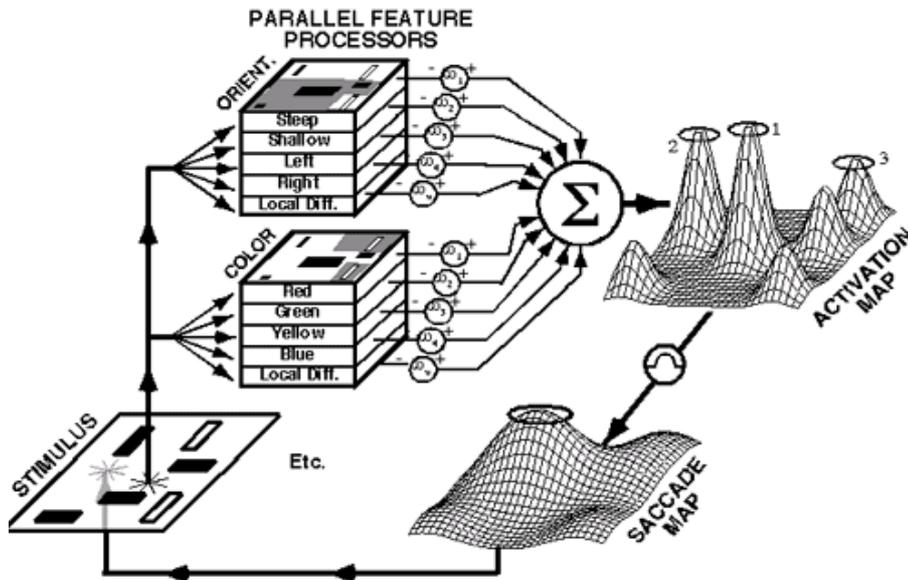


Figure 21: Modèle de la recherche guidée ("Guided Search Model", Wolfe et al., 1989)

Cette théorie est en accord avec le modèle de carte de saillance proposée par Itti et Koch (2000). Selon cette théorie, au cours de la première visualisation d'une scène, une carte de saillance est construite sur des critères tels que la couleur, l'intensité et l'orientation. Des pics de saillance peuvent alors être distingués du fond, et l'attention sera alors portée en premier lieu sur ces événements ou objets saillants.

Quels que soient ces modèles, tous s'accordent aujourd'hui sur le fait qu'il existe en amont de la création de cette carte de saillance un contrôle "top-down" qui va moduler la création de ces cartes de saillance. Dans un certain contexte, la saillance d'une scène est bien évidemment définie selon les connaissances et attentes que l'on développe. Selon Underwood et collaborateurs (2008), les règles simples de saillance visuelle (basées uniquement sur les effets bottom-up) ne s'appliquent que dans les cas où le sujet explore une scène de manière non spécifique. Si la tâche de recherche est orientée, la carte de saillance évolue conséquemment. Des objets physiquement moins saillants peuvent ainsi devenir saillants selon les critères de recherche et la tâche réalisée (par exemple, il a été maintes fois démontré que les motards ont plus tendance que les autres à voir les motos).

On comprend alors pourquoi la phase pré-attentive est importante dans des tâches de recherche visuelle sous contrainte temporelle. En effet, le "faisceau" attentionnel peut être d'autant plus fortement guidé par les mécanismes pré-attentionnels que ces contraintes sont fortes. Cette phase pré-attentive va déterminer la qualité de la répartition des ressources attentionnelles qui seront déployées préférentiellement sur tel ou tel aspect de la scène à l'étape ultérieure de la prise d'information. Elle va donc conditionner une exploration visuelle efficace. Une carte de saillance est constituée, et l'espace perceptif va alors être exploré selon la probabilité la plus importante de rencontrer une cible.

La façon dont l'environnement est exploré dès le premier "coup d'œil" est d'autant plus importante, lorsque l'on sait qu'une zone préalablement explorée dans laquelle aucun élément pertinent n'a été distingué sera moins facilement ré-explorée que le reste de

l'environnement. Ceci étant le résultat de la mise en place du phénomène d'inhibition de retour (IOR pour "Inhibition Of Return") largement démontré dans la littérature du domaine (Posner et Cohen, 1984). Ces auteurs démontrèrent notamment dans des tâches d'amorçage exogène<sup>8</sup>, que dans un premier temps l'apparition d'une amorce du même côté que la cible va faciliter le traitement de cette cible (si celle-ci apparaît dans les 300 premières millisecondes). Mais dans un deuxième temps, si la cible apparaît au-delà de 300ms après l'amorce, le traitement de cette cible est moins efficace que le traitement fait sur une cible apparaissant du côté opposé. Un tel phénomène s'explique d'un point de vue attentionnel. L'apparition d'une amorce (saillante) attire automatiquement l'attention de l'observateur. Mais si rien de pertinent n'apparaît rapidement dans cette région, l'attention est réorientée. Cette zone explorée est alors inhibée et le retour attentionnel est rendu plus difficile (mais évidemment pas impossible). Les tâches d'amorçage spatial permettent de mettre en évidence et de mesurer le décours temporel d'un tel phénomène. Mais l'IOR est d'une importance écologique majeure et a une portée applicative beaucoup plus large. Cette IOR va biaiser la répartition des ressources attentionnelles du côté des zones qui n'ont pas encore été explorées et faciliterait ainsi l'exploration de la scène visuelle. Lors de l'exploration d'une scène sous contrainte temporelle, si rien de pertinent n'est isolé au premier coup d'œil, il y a de grandes chances que l'observateur ne réitère pas son exploration sur cette zone. Un objet cible doit donc rapidement être catégorisé comme potentiellement cible afin d'avoir une chance d'être détecté puis identifié correctement.

Ainsi, les processus pré-attentifs nous permettent de favoriser a priori certains aspects de la scène visuelle à traiter, ce qui a pour conséquence utile de limiter la quantité d'information à traiter en priorité. Nous allons à présent nous demander plus particulièrement à propos de la tâche de conduite quels sont les critères simples qui vont permettre au conducteur de distinguer rapidement et d'orienter son attention sur les véhicules ou usagers potentiellement interférents.

### ***3.3 Une hypothèse***

Nous savons que la prise d'information des conducteurs est réalisée dans des délais très rapides. Langham (1999) a filmé des conducteurs arrivant à une intersection et démontre que la prise d'information dure en moyenne 300 à 400 ms (voir aussi Summala, Pasanen, Räsänen et Sievänen, 1996 ; Räsänen et Summala, 2000).

Ces délais laissent supposer que les traitements sont réalisés en mode pré-attentif, tel que l'ont décrit Treisman et Gelade (1980). Della Bruna (2007) avance que les tâches exécutées en 200-250ms sont considérées comme pré-attentives car le mouvement des yeux met au moins 200ms pour s'initialiser. Pendant cette phase pré-attentive, un certain nombre de propriétés visuelles sont détectées très rapidement par le système visuel. Ces détections très précoces sont possibles lorsqu'une seule propriété visuelle permet de distinguer un objet du reste de son environnement. Parmi ces critères simples, on retrouve la couleur, la taille, l'orientation, le mouvement, etc. Ces simples critères permettent d'isoler rapidement une cible dans un environnement, si le traitement requiert une analyse de conjonction de plusieurs critères, le temps de traitement et de recherche d'une cible va prendre beaucoup plus de temps.

---

<sup>8</sup> Une amorce est présentée au sujet préalablement à une cible. Cette amorce peut apparaître du même côté que la cible ou du côté opposé.

L'objet DRM se distingue visuellement peu de son environnement : il est peu contrasté, avec des contours géométriquement mal définis et sa taille, font qu'il ne ressort pas facilement de l'environnement. Le traitement de l'objet DRM est donc complexe, nécessitant la prise en compte de plusieurs caractéristiques en même temps pour l'isoler de l'environnement. En revanche, le mouvement de cet objet sur la route est une caractéristique simple qui pourrait permettre de le catégoriser comme objet interférent au cours de la phase pré-attentive, telle que la décrit Wolfe et collaborateurs, et d'attirer ainsi l'attention dessus permettant alors de l'identifier.

De manière plus générale, sur la route, la variabilité des objets pouvant potentiellement interagir avec moi est telle que les critères de forme, de couleur, de taille, de luminance ou de contraste ne peuvent pas être considérés comme opérationnels pour détecter un usager interférent. En revanche, on peut considérer que sur la route, le point commun entre tous les usagers pouvant interagir avec un automobiliste pourrait être constitué par le mouvement d'approche. En effet, un moyen rapide de déterminer si un usager interférent est présent sur la route ne serait-il pas pour l'automobiliste de déterminer si quelque chose est en train de se rapprocher de lui ?

### *3.4 Des arguments en faveur de l'hypothèse du mouvement*

Le mouvement fait partie des attributs qui permettent de distinguer facilement une cible parmi des distracteurs (Wolfe et al., 2004). Ces mêmes auteurs (1989) ont montré que dans un contexte de recherche visuelle, le mouvement est clairement un attracteur visuel. Plus précisément, c'est le contraste de mouvement qui joue le rôle d'attracteur visuel. Une cible en mouvement au milieu de distracteurs immobiles attire l'attention. Plus précisément, une cible en contraste de mouvement attire littéralement les yeux. De nombreux arguments de la littérature confortent et expliquent pourquoi le mouvement est un critère important de la sélection attentionnelle.

Actuellement, des modèles informatiques permettent de prédire les zones ou objets qui vont le plus attirer l'attention d'un observateur dans une scène visuelle. Ces modèles reproduisent en quelque sorte les cartes de saillances "virtuelles" constituées au cours de la phase pré-attentive. Ces cartes sont présentées sous forme d'images en niveau de gris sur lesquelles les zones claires représentent les zones qui vont le plus attirer le regard de l'observateur. Cami et Itti (2006) ont comparé dans une étude la qualité de prédictabilité de ces modèles lors de l'exploration de scènes naturelles. Ces comparaisons révèlent que les modèles dynamiques sont plus prédictifs que les modèles statiques (figure 22). Ce résultat confirme, ce que de nombreuses études ont déjà soulevé, à savoir que le mouvement est particulièrement efficace pour attirer l'attention (Fecteau, Bell, et Munoz, 2004; Gottlieb, Kusunoki, et Goldberg, 1998; Folk, Remington, et Johnston, 1992; Jonides et Yantis, 1988; Atkinson et Braddick, 2003; Findlay et Ivinskis, 1984).

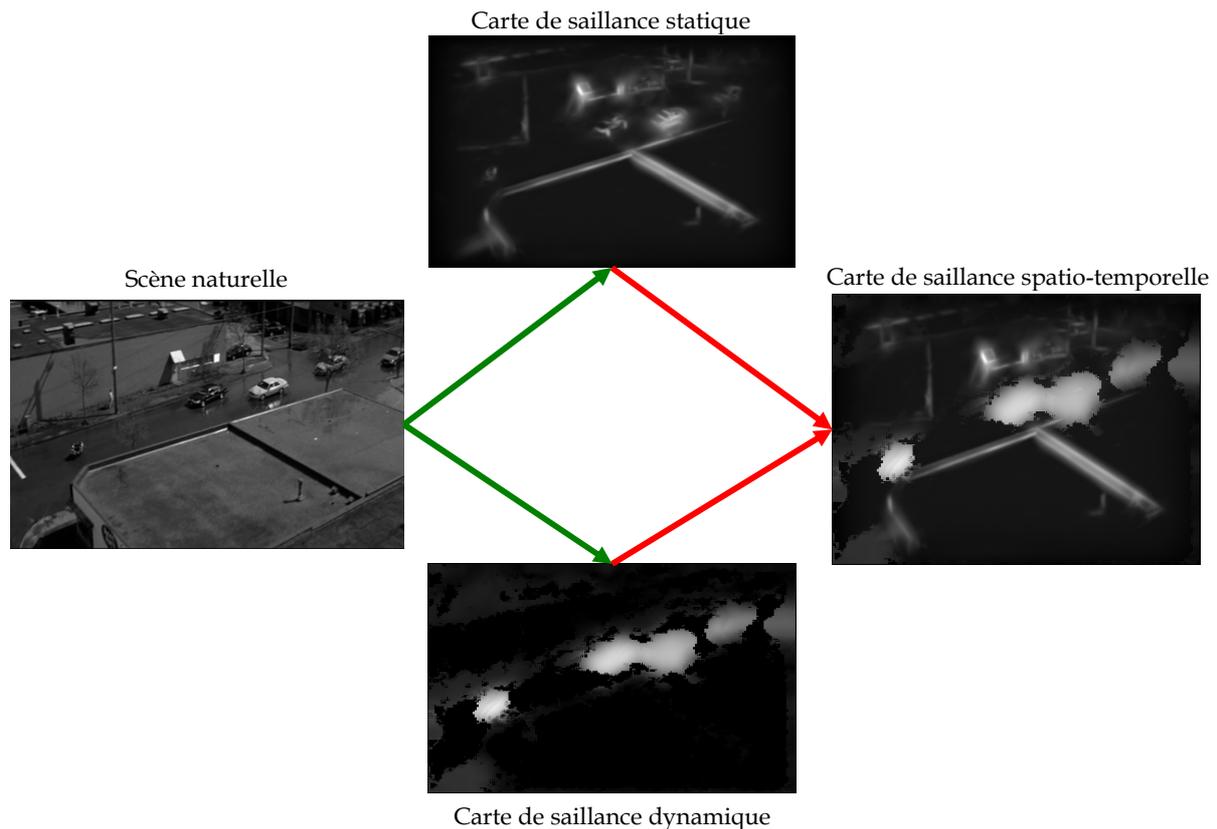


Figure 22: Cartes de saillance (issu de Marat et al., 2008)

Les auteurs rappellent que phylogénétiquement, la sensibilité au mouvement a dû être développée au cours de l'évolution pour répondre aux techniques de camouflage de certaines espèces. Sur les seuls critères visuels statiques, un animal "camouflé" pourra ne pas ressortir de l'environnement dans lequel il se trouve, mais il pourra être détecté s'il est en mouvement. Et de fait, dans la nature, la détection d'objets en mouvement tels que l'approche d'un prédateur, est nécessaire à la survie et la sensibilité au mouvement fait donc partie des caractères essentiels de la perception sélectionnés au cours de l'évolution.

Franconeri et Simons (2003) poussent ce raisonnement jusqu'à démontrer que, quelle que soit la consigne ou le but de la tâche à accomplir, des stimuli dynamiques vont attirer l'attention d'un observateur. Ces stimulations présentent toujours la caractéristique de potentiellement engendrer un comportement d'urgence. Ils démontrent en effet que les objets en mouvement d'approche attirent l'attention spontanément alors qu'un objet qui recule par rapport à l'observateur l'attire moins. De la même manière, un changement de luminance, ou une couleur différente ne sont pas des événements signalant de manière « automatique » une situation d'urgence. Cependant, dans certaines situations connues et familières, certains signaux vont pouvoir par apprentissage devenir alertant. C'est le cas de la conduite automobile qui avec l'expérience nous apprend à considérer les appels de phares ou l'allumage de feux stops comme des signaux d'alerte.

Chez l'homme en situation de conduite réelle, la détection du mouvement est également une question cruciale. Des études sur l'analyse du comportement des conducteurs lors du franchissement d'intersection mettent l'accent sur l'aspect "dynamique du contrôle de

l'interaction". A l'abord d'une intersection, un conducteur aura tendance à réguler sa vitesse si un véhicule est en mouvement sur un axe perpendiculaire alors qu'il ne le fait pas si un véhicule est arrêté à cette intersection (pour les conducteurs: "des voitures arrêtées... c'est des sculptures") (Saad et al., 1990). De tels résultats attestent du fait que sur la route le mouvement est un critère de sélection des usagers interférents. Les usagers arrêtés sont rapidement caractérisés comme non interférents et donc rapidement inhibés dans la recherche sélective des informations pertinentes pour la tâche.

D'un point de vue physiologique, nous allons expliciter dans le paragraphe suivant pourquoi l'hypothèse du mouvement comme premier critère d'orientation de l'attention est une hypothèse plausible avec l'organisation du système visuel humain.

### *3.5 Le système visuel humain et la perception du mouvement*

La perception visuelle débute au niveau de la rétine. La lumière traverse la cornée et atteint le fond de l'œil où elle est convertie en signaux électriques par des cellules spécialisées, nommées "photorécepteurs", qui tapissent la rétine.

Chez l'être humain, la rétine comporte deux types de photorécepteurs qui n'ont pas la même répartition spatiale au sein de la rétine et ne présentent pas les mêmes propriétés chromatiques : les cônes et les bâtonnets.

- Les cônes sont responsables de la vision diurne. Il s'agit de cellules chromatiques qui permettent la vision des couleurs. Ces cellules présentent une bonne acuité.
- Les bâtonnets sont achromatiques. Ils sont en charge de la vision nocturne ou en situation de lumière atténuée. Ces cellules photo-réceptives ont une faible acuité.

La rétine se compose de deux régions: la fovéa et la rétine périphérique. Ces deux régions se distinguent par le gradient de chaque type de cellules qu'elles contiennent. Alors que la fovéa est composée en grande majorité de cône, la rétine périphérique contient plus de bâtonnets (et de plus en plus à mesure que l'on s'éloigne de la fovéa).

La rétine est connectée au Corps Genouillé Latéral (CGL) du thalamus via des neurones ganglionnaires. Ces cellules ganglionnaires constituent le nerf optique. Entre les photorécepteurs et les cellules ganglionnaires s'interposent des inter-neurones qui permettent de combiner le signal de plusieurs photorécepteurs pour rendre compte précisément des propriétés spatiales et temporelles du signal lumineux qui frappe la rétine. Donc, dès la sortie de la rétine, un pré-traitement de l'information entrante est déjà réalisé.

Le traitement se poursuit via les différentes cellules ganglionnaires qui se caractérisent également par des caractéristiques différentes. Deux grandes classes de cellules peuvent être distinguées: les cellules Parvo et Magno.

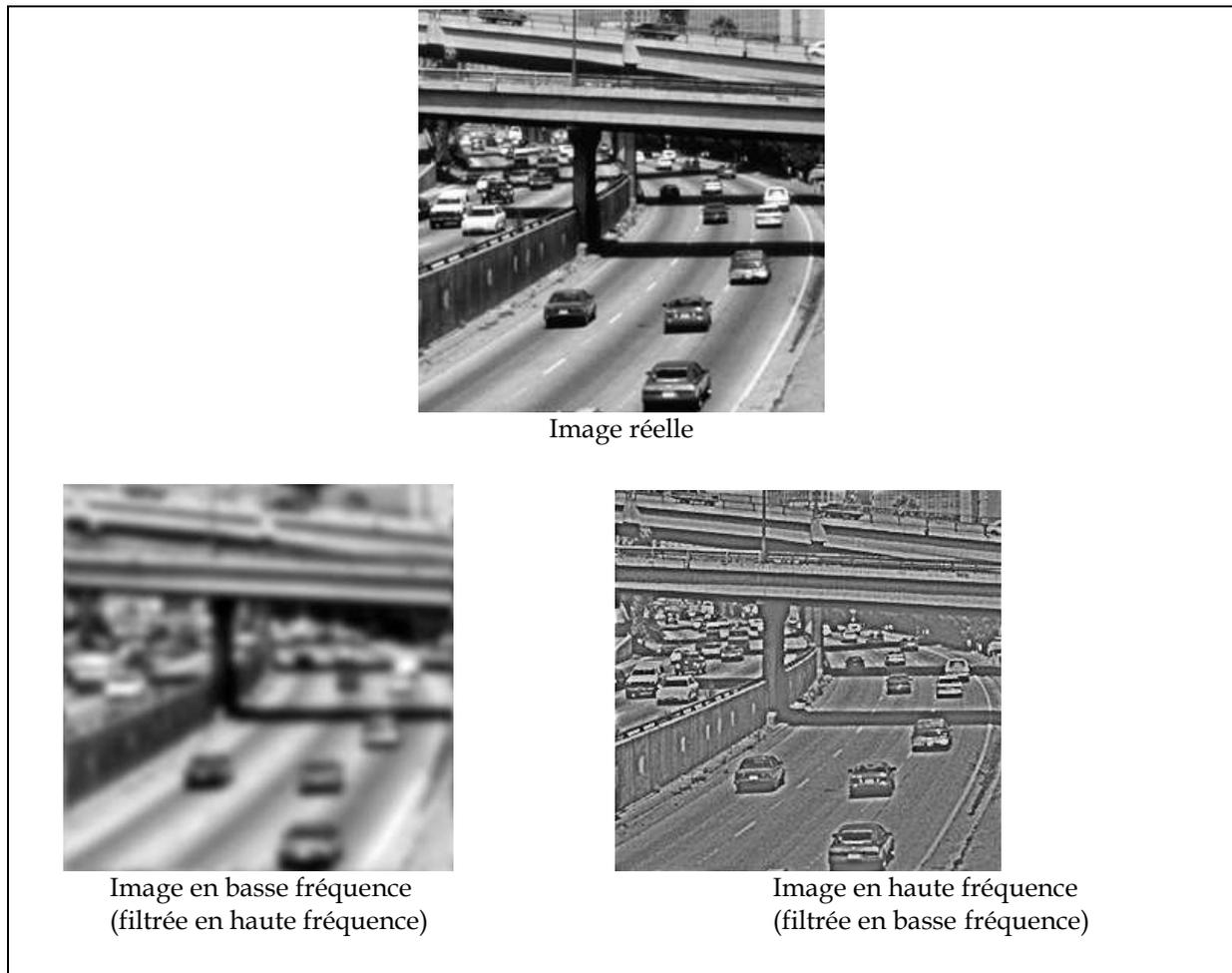
- Cellules ganglionnaires Magno (M) : Les cellules Magno sont principalement alimentées par les bâtonnets et forment la voie Magnocellulaire. Les champs récepteurs de ces cellules M sont de grandes dimensions. Cette voie a ainsi une faible résolution spatiale mais une haute résolution temporelle. Ces cellules permettent ainsi une propagation **rapide** des aspects spatiaux **globaux** de l'image, ainsi que de ses aspects **temporels** (le mouvement). L'information des neurones issus de la voie Magnocellulaire ont 10 à 20 ms d'avance sur les neurones de la voie Parvocellulaire (décrite ci-dessous) en

arrivant dans l'aire visuelle primaire V1 du cerveau. Le mouvement fait donc partie, dès les premiers stades de traitement de l'information visuelle, des informations les plus rapidement transmises de l'œil jusqu'au cerveau. Retenons que la voie Magnocellulaire est sensible aux basses fréquences spatiales (voir encadré) et aux hautes fréquences temporelles.

- Cellules ganglionnaires Parvo (P) : Les cellules Parvo sont principalement alimentées par les cônes et forment la voie Parvocellulaire. Les champs récepteurs de ces cellules sont de petites dimensions. De par leur taille, ces cellules ont une transmission de l'information relativement lente. Elles sont spécialisées dans le traitement des détails avec une résolution spatiale importante mais une mauvaise résolution temporelle. La voie Parvocellulaire est sensible aux hautes fréquences spatiales et aux basses fréquences temporelles.

On définit une **fréquence spatiale** comme étant l'inverse d'une distance angulaire. Dans ce contexte, une image est un signal bidimensionnel, que l'on peut décomposer selon ses fréquences spatiales. Une fréquence spatiale de zéro correspond à une image où tous les pixels ont la même valeur (aucun contraste). Une fréquence spatiale faible résulte d'une image peu contrastée où les tons de gris changent lentement. À l'opposé, une haute fréquence spatiale résulte d'une image très contrastée, où les tons de gris varient très rapidement. La plupart des images sont constituées à la fois de plages de hautes et de basses fréquences comme par exemple, un lac (basse fréquence) ou de la végétation et un réseau routier (haute fréquence). Typiquement, un DRM, pour être identifié comme tel au sein du système routier, va constituer un objet de haute fréquence spatiale de par sa forme et son manque de contours marqués, et de haute fréquence temporelle de par sa vitesse de déplacement.

Ainsi le problème du DRM réside dans le fait que pour être clairement identifié, il doit être traité en haute fréquence spatiale. Cependant, son manque de contours marqués et son manque de contraste avec son environnement vont avoir tendance à le fondre dans son environnement sur un traitement visuel rapide basé sur les basses fréquences spatiales. Autrement dit, le cerveau traite en premier lieu les basses fréquences spatiales ce qui a tendance à ne pas faire ressortir le DRM de son environnement. Tel est donc le problème des DRM qui, sur ces traitements rapides (pré-attentifs), n'auront pas tendance à ressortir et donc à attirer l'attention des conducteurs sur eux. Le traitement en hautes fréquences est plus lent et se fait donc dans un second temps, et surtout se fait sur des zones présélectionnées pendant la phase pré-attentive comme étant susceptibles de contenir une « cible » potentielle, en l'occurrence un usager interférent identifié lors du premier traitement en basses fréquences.



On Donc distingue essentiellement, au niveau du système visuel humain, deux voies distinctes : **une voie Parvo-cellulaire** (dite la voie du « Quoi ? ») et **une voie Magnocellulaire** (dite la voie du « Où ? »). La voie magno-cellulaire projette essentiellement sur l'aire corticale fortement impliquée dans l'analyse du mouvement, tandis que la voie parvo-cellulaire projette majoritairement sur les aires impliquées dans l'analyse des caractéristiques spatiales et la reconnaissance des objets. Ainsi chacune de ces deux voies va traiter des caractéristiques élémentaires différentes de l'objet. Pendant que la voie parvo va plutôt traiter forme et couleur, la voie magno transmettra rapidement les informations sur le mouvement dans la scène. En effet, l'information des neurones issus de la voie Magnocellulaire a 10 à 20 ms d'avance sur les neurones Parvocellulaires en arrivant dans l'aire visuelle primaire V1 du cerveau. (Bullier, 2001). On distingue ainsi **un circuit rapide** (neurones de types M) – et **un circuit lent** (neurones de type P).

Le mouvement fait donc partie, dès les premiers stades de traitement de l'information visuelle, des informations les plus rapidement transmises.

De plus, la perception du mouvement d'approche est un phénomène inné. Des expériences rapportent qu'une stimulation d'un mouvement d'approche rapide suivant une trajectoire de collision avec l'observateur provoque spontanément et de façon irrésistible une réaction d'évitement. Ce phénomène s'observe chez l'adulte mais également chez l'enfant âgé de 2 semaines et chez le singe. Cet effet d'approche ("looming effect") provoque une réaction d'alarme prédéterminée et qui ne requiert aucune expérience préalable (Rock et Mestre,

2000). Cette réaction d'alerte ne s'observe pas dans le cas de stimulations qui s'éloignent. En effet, un stimulus en approche est particulièrement saillant (Yantis et Egeth, 1999) et est plus puissant pour attirer l'attention que d'autres stimulations statiques ou en mouvement mais dans d'autres directions (Franconeri et al., 2005).

Pour en revenir à nos données accidentologiques, cette perception du mouvement pourrait avoir un impact dans les accidents dans lesquels le DRM n'est pas détecté mais également dans les cas d'accidents mettant en cause un problème d'évaluation du rapprochement du DRM. L'analyse de ces cas révèle que le facteur vitesse a souvent joué un rôle dans le problème de perception. Qu'il soit clair ici que "vitesse" ne signifie ni vitesse excessive, ni vitesse spécifique aux DRM. Cela signifie simplement que souvent, à la même vitesse, l'approche d'un véhicule plus imposant aurait été correctement perçue alors que cette vitesse pose un problème dans l'évaluation du rapprochement d'un DRM. La question de la vitesse d'approche semble donc conditionner fortement l'évaluation du rapprochement d'un DRM en lien avec le gabarit du DRM. Autrement dit, dans ces cas d'accidents, le problème de la vitesse des DRM ne vient pas de ce que leur vitesse d'approche soit intrinsèquement excessive mais renvoie aux limites des capacités du système visuel humain qui éprouve des difficultés à estimer la vitesse d'approche d'un objet relativement étroit.

Ces connaissances issues de la neurobiologie vont dans le sens de notre hypothèse. Le mouvement dans une scène visuelle empreinte le chemin le plus rapide de façon à préparer l'organisme à l'action. Ce premier traitement ne permet pas une identification consciente de l'objet en mouvement, il peut néanmoins suffire sur la route à repérer un usager interférent. Le mouvement rapidement traité, va alors permettre de placer le regard sur l'objet en mouvement pour faciliter son identification dans une seconde étape.

On en arrive donc à l'idée que le mouvement est un bon candidat pour être une des caractéristiques principales permettant d'orienter l'attention d'un conducteur sur la route. Cette perception du mouvement est dépendante du gabarit de l'objet qui bouge, ce qui expliquerait le fait que les DRM ont plus de difficultés à attirer l'attention des conducteurs auxquels ils sont confrontés que les véhicules plus gros. La littérature rapporte déjà pas mal d'évidences sur le fait que l'évaluation du mouvement d'approche des véhicules de petite taille est plus difficile. Les expérimentations réalisées sur l'évaluation du "time-to-collision" ou "time-to-contact" montrent que plus le véhicule qui s'approche est petit plus le temps est surestimé. Dit autrement, plus les sujets ont tendance à répondre tard concernant l'arrivée de ce véhicule (Caird et Hancock, 1994; Horswill et al., 2005).

C'est cette hypothèse qu'il va nous falloir tester. Si c'est bien le mouvement qui a la capacité d'attirer l'attention du conducteur, on comprendrait mieux pourquoi les mesures qui visent à augmenter le contraste des DRM ou leur luminosité ne peuvent pas être des solutions univoques aux problèmes de perceptibilité des DRM. D'un point de vue opérationnel, il serait donc nécessaire de se poser la question de moyens complémentaires pour améliorer la perception du mouvement des DRM.

Les sections suivantes présentent les protocoles expérimentaux mis en place de façon à vérifier les hypothèses décrites ci-dessus.

### ***3.6 Expérience 1 : Effet de la taille et du mouvement sur l'identification d'objets dans une tâche simple***

D'après les éléments de la littérature évoqués jusqu'ici, on peut faire l'hypothèse que le mouvement est un attracteur attentionnel efficace et basé sur un contrôle bottom-up. Autrement dit on peut penser qu'une cible devrait attirer plus facilement l'attention du sujet

à partir du moment où elle est en mouvement et que ce phénomène devrait être d'autant plus important que la taille de cette cible est de importante.

Une première série de pré-tests a eu lieu au préalable, avec pour objectif de calibrer le matériel expérimental de façon notamment à être sûr de la détectabilité de tous les objets proposés aux sujets. Il a ainsi fallu, par tâtonnements successifs faire jouer le contraste et l'orientation des sphères par le degré d'inclinaison de la texture pour arriver un à matériel expérimental pertinent. Cette étape s'est conclue par la réalisation d'une première expérience proprement dite.

L'objectif de cette première expérimentation était double :

- Il s'agissait d'une part de s'assurer que la calibration réalisée durant les phases de pré-manips permettait aux sujets de bien percevoir l'orientation des sphères, quelle que soit leur taille ;
- Elle devait nous permettre d'autre part de déterminer s'il existe des différences de temps de réaction selon les différentes tailles de sphères et si le mouvement a un effet dans une tâche aussi simple que l'identification d'un objet.

### 3.6.1 Méthode

#### ❖ Participants

20 participants volontaires ont réalisé l'expérience.

Moyenne d'âge : 42 ans

Sexe féminin : 14 ; Sexe masculin : 6

Critères d'inclusion: Participants sans problème majeur de vue (vue normale ou corrigée).

Critères d'exclusion: Troubles visuels mal ou non corrigés : myopie, presbytie, astigmatisme, et autres troubles visuels tels que le daltonisme.

#### ❖ Matériel :

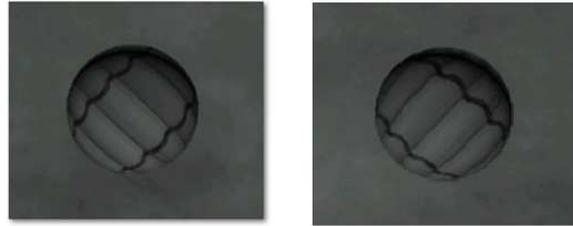
Nous avons utilisé des scènes artificielles comprenant des sphères respectant le rapport de surface d'un DRM (petites sphères) et d'un VL (grosses sphères) à des distances de 111.1 mètres (sphères éloignées) et 44.4m (sphères proches) d'un observateur. Comme on le verra plus en détail dans la présentation de la seconde expérimentation (§ 3.6.2) ces valeurs ont été établies sur la base des tailles qu'auraient VL et DRM :

- 111.1m correspond à une distance de time to contact 5s à une vitesse de 80km/h
- 44.4m correspond à une distance de time to contact 2s à une vitesse de 80km/h

Ces scènes artificielles sont présentées au sujet sur écran d'ordinateur. Chaque séquence de 2.5 secondes est composée d'items sphériques.

Ces items peut être : statiques (gros/petit), en mouvement d'approche (gros/petit), et peuvent avoir 2 types d'orientations : texturées vers la droite ou vers la gauche.

Suite à la passation de plusieurs tests successifs nous avons fait en sorte que l'orientation du marquage des items à différencier se distingue d'au moins 30° de façon à ce que l'item recherché soit identifiable facilement sur le seul critère de l'orientation (figure 23).



**Figure 23 : Orientations des sphères**

❖ Procédure :

Le jour de l'expérience, les participants sont reçus par l'expérimentateur qui leur explique les tâches qu'ils vont réaliser.

La feuille d'information ainsi que le formulaire de consentement libre et éclairé sont signés avant le début des passations. Les participants sont informés qu'ils disposeront d'une feuille d'information supplémentaire à la fin de la passation où les raisons de cette expérimentation leur seront communiquées plus précisément.

Ensuite le participant est placé face à un écran d'une distance de 60 cm dans une salle obscure. Et les consignes sont données.

Le sujet a pour consigne de détecter le plus rapidement possible l'orientation de la texture des sphères. C'est-à-dire si celles-ci sont plutôt rayées vers la droite ou vers la gauche en appuyant respectivement sur les touches S et L du clavier.

La session commence par une croix de fixation centrale : présentation variable entre 500ms et 1s.

Les vidéos sont présentées pendant 2.5 secondes et sont interrompues dès que le sujet donne une réponse. Si c'est la bonne réponse, la vidéo n'est pas réinjectée dans les séquences à visionner. Si le sujet fait une erreur, la séquence est présentée jusqu'à obtenir une bonne réponse.

Le sujet ne peut plus répondre au-delà de 2.5 secondes.

Si le sujet a donné une bonne réponse, une croix de fixation réapparaît pendant 1.5 s, c'est uniquement pendant cette phase que le sujet peut faire une pause en appuyant sur la touche "espace". Ainsi, des pauses de quelques minutes sont accordées aux participants pendant l'expérience lors d'une phase donnée. Celui-ci décide du moment de leur prise et de leur durée.

Le participant réalise une phase d'exercice avant l'expérience afin de se familiariser avec la tâche demandée.

Après l'expérimentation, le sujet est interrogé sur le déroulement de la passation.

❖ - Facteurs expérimentaux :

Chaque scène visuelle présente toujours une sphère.

Nous avons 4 facteurs :

- Taille : gros ou petit (T2)

- Distance : proche ou éloignée (D2). Comme indiqué plus haut, nos sphères ont des tailles qui représentent la taille en angle visuel d'un DRM et d'un VL se trouvant soit à 44.4m, soit à 111,1m d'un observateur.
- Mouvement : mouvement d'approche, statique (M2)
- Orientation : vers la droite, ou vers la gauche (O2).

❖ - Plan expérimental :

S : T2 \* M2 \* D2 \* O2

❖ - Variables dépendantes :

Temps de réaction en ms.

### 3.6.2 Résultats

Les analyses statistiques ont été réalisées au moyen d'une Anova afin d'étudier l'effet de la taille, de la distance, et du mouvement sur les temps de réaction.

On peut réaliser une Anova mesure répétée du type 2 mouvements (1: en approche; 2: statique) X 4 tailles (1: "DRM" loin, 2: "VL" loin, 3: "DRM" proche, 4: "VL" proche).

A l'issue de cette analyse, l'interaction Mouvement X Taille n'est pas significative ( $F = 0.148$  ;  $p=0.93$ ).

On note cependant un effet simple de la taille largement significatif ( $F = 30.015$  ;  $P<.001$ ).

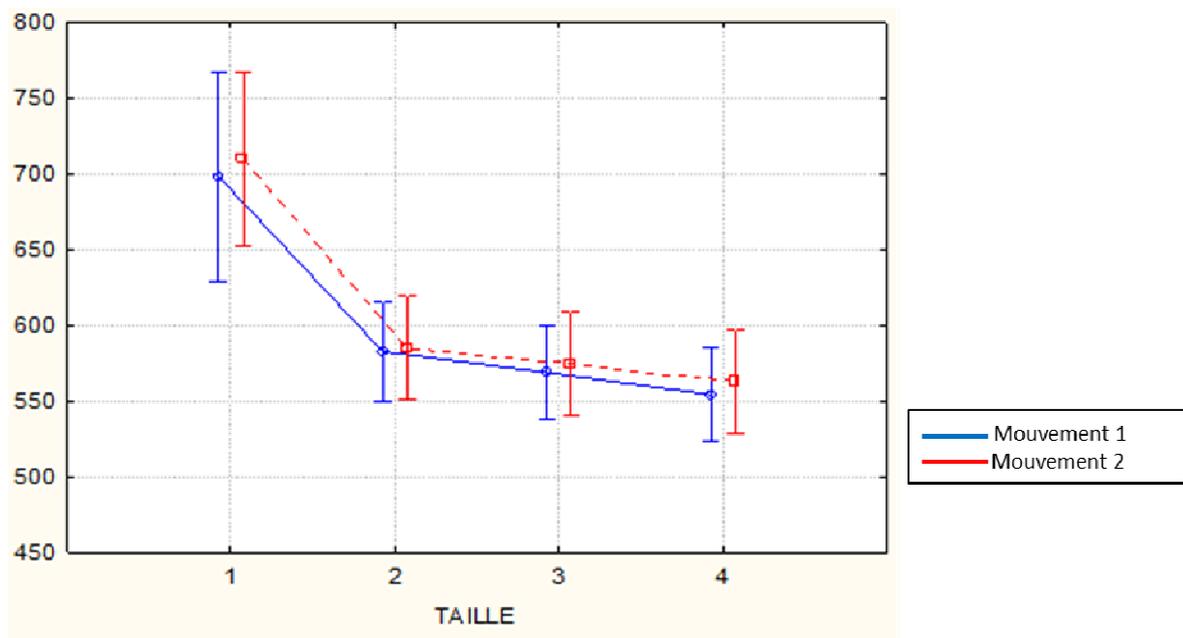


Figure 24 : Temps de réaction moyen pour les conditions taille, distance et mouvement pour les sphères "DRM" et "VL"

Taille 1 = DRM Loin, Taille 2 = VL Loin, Taille 3 = DRM Près, Taille 4 = VL Près

Mouvement 1 = Mouvement d'approche, Mouvement 2 = Statique

Le post hoc réalisé ici est un LSD de Fisher. Ce post hoc révèle que les temps de réaction nécessaires pour déterminer l'orientation des plus petites sphères (correspondant aux "DRM" loin) sont plus élevés que les TR enregistré pour les sphères de taille plus importante ( $P < .001$ ).

Cette première étape expérimentale nous permet ainsi de vérifier que le temps de détection de l'orientation de ces sphères est différent en fonction de leur taille. On constate que seules les sphères les plus petites (DRM loin) sont traitées plus difficilement. En effet, il faut en moyenne 120 ms de plus pour identifier l'orientation de ces petites sphères par rapport aux autres sphères plus grosses (figure 24).

Par contre, pour cette première expérimentation de simple détection de cible, tâche pour laquelle le mouvement ne correspond pas à un critère pertinent, nous n'observons pas d'effet du mouvement sur la détermination de l'orientation des sphères, mais seulement un effet de la taille de la cible sur le temps de sa détection (figure 24).

Ce dernier résultat semble aller dans le sens du point de vue qui ressort des travaux de Hillstrom and Yantis (1994) selon lesquels le mouvement, comme d'autres attributs simples de l'objet, n'attirerait pas forcément l'attention de manière bottom-up s'il ne fait pas sens pour la tâche à accomplir. L'expérience décrite dans la section suivante a eu pour objectif de vérifier cette hypothèse. Cet objectif a demandé une évolution du protocole décrit ci-dessus, de façon à affecter du sens au mouvement des objets pour la tâche à réaliser.

### ***3.7 Expérience 2 : Effet de la taille et du mouvement sur l'identification d'objets dans une tâche complexe***

Différents travaux de la littérature insistent sur l'importance de l'influence d'un contrôle "top-down" dans les mécanismes perceptifs humains. Ainsi, comme indiqué plus haut, Hillstrom and Yantis (1994) soutiennent l'hypothèse selon laquelle le mouvement, au même titre que d'autres attributs simples tels que la couleur ou la forme, même s'ils sont capables d'être détectés sans engagement attentionnel, n'attireraient pas forcément l'attention de manière bottom-up (ou "stimulus-driven") s'ils n'ont aucune signification, aucun sens pour la tâche à accomplir. En effet, ces auteurs démontrent que le mouvement facilite la détection d'une cible seulement quand celui-ci à un sens pour le sujet du point de vue de la tâche qu'il cherche à réaliser. Dans un autre ordre d'idée, Abrams and Christ (2003) et plus récemment Becker et Horstmann (2011) démontrent que ce n'est pas tant le mouvement en tant que tel mais la mise en mouvement ("motion onset") qui permet d'attirer l'attention d'un sujet. Le mouvement est donc bien un attracteur attentionnel s'il fait sens dans la tâche à effectuer. Ces auteurs suggèrent que l'effet le plus prégnant pour attirer l'attention est l'apparition dans la scène d'un nouvel objet ou d'un objet qui se met subitement en mouvement. Dans le même ordre d'idée, Cosman et Vecera ont récemment montré que l'effet d'attraction automatique de l'attention par l'apparition ou la mise en mouvement d'un objet était fortement atténué dans des conditions de forte charge perceptive. Le mouvement est donc un paramètre qui semble sous la double dépendance d'un processus orienté par les données physiques et d'un processus orienté par les ressources cognitives pour constituer un attracteur attentionnel efficace pour le sujet.

Ainsi, nous avons cherché à tester, dans l'expérimentation qui suit, dans quelle mesure le mouvement pouvait constituer un attracteur attentionnel sur la base d'un contrôle uniquement bottom-up, ou si un contrôle top-down était nécessaire pour attirer l'attention d'un sujet dans une situation complexe dans laquelle le mouvement n'a, intrinsèquement,

pas de sens particulier. Ainsi, nous avons choisi de comparer une situation dans laquelle le mouvement n'a pas de sens avec une situation dans laquelle le mouvement devient un critère de sélection de la cible en donnant du sens au mouvement dans notre expérimentation.

Pour cela, nous avons comparé une tâche dans laquelle la cible peut être en mouvement ou non et des situations dans laquelle la cible est uniquement en mouvement ou uniquement statique.

L'objectif de la présente expérimentation est donc de tester l'hypothèse d'une influence de la taille et du mouvement d'une cible sur la rapidité de détection de cette cible, relativement au fait que ce mouvement ait ou non un sens pour la tâche à réaliser.

Néanmoins la cible ne peut pas être caractérisée par la composante "objet en mouvement" ou "objet plus petit". On fait l'hypothèse selon laquelle une cible devrait attirer plus facilement l'attention du sujet à partir du moment où elle est en mouvement et que ce phénomène devrait être d'autant plus important que la cible est de taille importante.

Ce qui nous intéresse particulièrement ici est d'avoir une idée de l'impact d'un mouvement d'approche, autrement dit : quel est l'impact du grossissement d'une cible sur la vitesse de détection de cette cible.

Ainsi la cible doit être définie selon d'autres critères de forme et de couleur et elle ne doit pas être trop facilement identifiable au sein des distracteurs. Il faut trouver des caractéristiques qui font que le temps de détection de la cible augmente avec le nombre de distracteurs. Autrement dit, il faut que la cible partage plusieurs caractéristiques avec les distracteurs, y compris la caractéristique "Taille" afin que cette cible ne puisse pas être isolée sur ce simple critère. De même le mouvement ne devra pas être un attribut que l'on retrouve systématiquement associé à la cible. Les distracteurs devront ainsi pouvoir être également en mouvement.

### **3.7.1 Méthode**

L'expérimentation se déroulait dans les conditions suivantes :

- A la différence de l'expérience 1, la consigne est ici de trouver la cible (une sphère avec une certaine orientation de texture) au sein d'un ensemble d'items "distracteurs" (d'autres sphères avec une autre orientation de texture) et de répondre le plus rapidement possible si la cible, telle qu'elle est définie par l'orientation de sa texture, est présente dans la scène.

La variable dépendante est ici encore la mesure comportementale des temps de réaction (TR). On choisira la mesure d'un TR simple : le sujet doit répondre dans les cas où une cible est présente. L'intérêt pour nous étant de savoir si le mouvement et la taille facilitent la vitesse de détection d'une cible et la stratégie d'exploration de la scène

La taille de la cible ainsi que son mouvement ne doivent pas caractériser la cible, mais sont des facteurs dont on veut mesurer l'influence sur leurs capacités à faciliter la détection d'une cible.

- L'expérience commence par la consigne et quelques essais d'entraînement.
- Une croix de fixation centrale est présentée pour s'assurer que le regard du sujet est toujours positionné au même endroit en début d'essai.
- La durée de fixation est variable.

- Lorsque les Stimuli apparaissent, la croix de fixation disparaît, et le sujet recherche la cible.

Les sujets passaient 3 sessions expérimentales :

- Une session "mixte" dans lequel la consigne est de chercher la cible (peu importe son mouvement ou son absence de mouvement). Ce bloc expérimental ayant pour vocation de voir si, sans signification particulière, le mouvement est capable d'attirer efficacement l'attention de manière totalement exogène
- Une session "mouvement" dans laquelle le sujet doit répondre s'il identifie une cible (en termes d'orientation) et identifie le fait que celle-ci est en mouvement d'approche,
- Une session "statique" dans laquelle le sujet doit chercher la cible et ne répondre que si celle-ci est statique.

Le protocole est de la forme suivante :

- 2 tailles d'objets (petit et grand, correspondant proportionnellement à un "DRM" et un "VL") X 2 distances (loin, près) X 2 types de mouvement (mouvement d'approche, statique).
- Les distracteurs sont au nombre de 6 (toujours 3 en mouvements et 3 statiques, le reste variant aléatoirement. En comprenant la cible, 7 objets figurent donc dans la scène visuelle.
- Les essais blancs (20%) seront des essais dans lesquels une sphère aura également une orientation différente des autres mais sera différente de l'orientation de la sphère cible.

#### ❖ Les sessions expérimentales

Trois sessions sont donc proposées aux sujets : une session mixte, une session "mouvement" et une session "statique".

- Session "mixte"

Cette première session est une session mixte dans laquelle la consigne demande de chercher la cible (peu importe son mouvement ou son absence de mouvement). Cette session nous permettra de voir si, sans donner de signification particulière au mouvement, celui-ci a la capacité d'attirer efficacement l'attention de manière totalement exogène.

- o 10 essais par condition x 2 tailles x 2 mouvements x 2 distance = 80 essais cibles et 20 essais blancs = 100 essais

- Session "mouvement"

Cette deuxième session a comme objectif de tester si le mouvement a la capacité d'attirer l'attention de manière endogène, c'est-à-dire lorsqu'il a du sens pour le sujet. Pour cela le sujet devra répondre à la cible uniquement lorsque celle-ci est en mouvement d'approche. Les essais "blancs" sont alors soit de vrai essais blancs, tels que préalablement définis, soit des essais dans lesquels la cible est présentée mais de manière statique.

- o 40 essais avec cibles en mouvement et 20 essais blancs (10 essais blancs sans cible et 10 essais avec cibles statiques)

#### - Session "statique"

Cette troisième session constitue la référence statique de la session précédente. Le sujet dans cette session a pour consigne de répondre aux cibles statiques. De la même manière, les essais blancs pourront être soit des essais blancs classiques, soit des essais dans lesquels la cible est en mouvement d'approche.

- 40 essais avec cibles statiques et 20 essais blancs (10 essais blancs sans cible et 10 essais avec cibles en mouvement)

#### ❖ La cible

La cible est une sphère qui a un marquage qui a toujours la même orientation au milieu d'autres sphères qui ont une orientation différente. Dans le prolongement des enseignements issus de plusieurs pré-tests, nous avons fait en sorte que l'orientation du marquage de la cible et l'orientation du marquage des distracteurs se distingue d'au moins 30° pour que la cible soit identifiable facilement sur le seul critère de l'orientation.

Durant la passation de l'expérience, cette cible est préalablement présentée au sujet qui s'entraîne à l'identifier dans un environnement complexe dans lequel d'autres sphères sont présentées en étant marquées de la même manière mais avec des orientations différentes.

La cible est présentée dans un environnement qui varie de manière aléatoire et qui contient à chaque fois :

- Des distracteurs petits (2)
- Des distracteurs gros (2)
- Des distracteurs en mouvement d'approche (2)
- Des distracteurs statiques (2)

#### ❖ Le dispositif

Le dispositif a été construit de manière à contrôler la position d'apparition des sphères sur l'écran, notamment afin de limiter les effets de centralité : les sphères au centre de l'écran ont en effet tendance à être explorées en premier, quelle que soit la consigne, ce qui peut biaiser les résultats.

D'une part, les sujets commencent toujours par une saccade au centre de la scène avant de commencer l'exploration.

Ensuite, nous avons contrôlé l'ensemble des séquences vidéo afin de vérifier la position d'apparition des sphères cibles. Nous avons ainsi construit le dispositif de façon que pour chaque type de cible, deux d'entre elles apparaissent en position centrale, deux en haut à gauche, deux en haut à droite, deux en bas à gauche et deux en bas à droite.

Pour définir la taille des Items, nous nous sommes basés sur les tailles qu'auraient VL et DRM si on les percevait à 111.1m et à 44.4m

- 111.1m correspond à une distance de time to contact 5s à une vitesse de 80km/h

- 44.4m correspond à une distance de time to contact 2s à une vitesse de 80km/h

Ainsi la vitesse du display est déterminée selon le principe que les objets passent de leur taille à 111.1m à leur taille à 44.4 m en 3s.

De façon plus précise, le calcul de la taille des Items a été réalisé comme suit.

- Pour l'objet "voiture" (VL)

Dans la réalité, la taille moyenne d'une voiture a été considérée selon les valeurs suivantes:

- Hauteur de 1m35 à 1m60
- Largeur de 1m55 à 1m72
- Surface: 24108 cm<sup>2</sup>

La sphère de surface équivalente a un diamètre de 175 cm

- A 111.1m, l'angle visuel est de 0.9°
- A 44.4m l'angle visuel est de 2.26°

Sur l'écran (pour une distance à l'écran de 60 cm) → Taille = (angle visuel \* distance) / 57.3

- Le diamètre de la sphère équivalente à un VL à une distance de 111.1m =est de 0.94cm
- Le diamètre de la sphère équivalente à un VL à une distance de 44.4m est de 2.36cm

- Pour l'objet "moto" (DRM)

Dans la réalité, la taille moyenne d'une moto a été considérée selon les valeurs suivantes:

- Hauteur de 1m50 à 1m80
- Largeur de 0.3m à 0.5 m
- Surface 6600cm<sup>2</sup>

La sphère de surface équivalente a un diamètre de 92cm

- A 111.1m angle visuel = 0.47°
- A 44.4m angle visuel = 1.19°

Sur l'écran (pour une distance à l'écran de 60 cm) → Taille = (angle visuel \* distance) / 57.3

- Le diamètre de la sphère équivalente à un DRM à une distance de 111.1m est de 0.49cm
- Le diamètre de la sphère équivalente à un DRM à une distance de 44.4m =est de 1.24cm

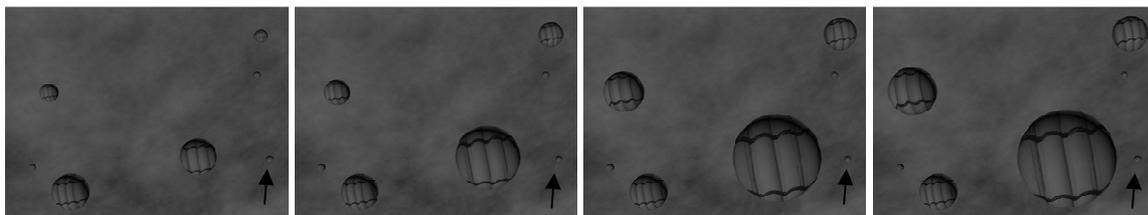


Figure 25 : Etapes d'une séquence avec cible immobile (cf. flèche)

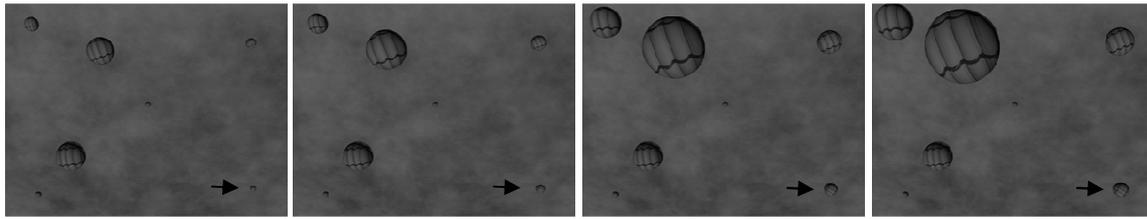


Figure 26 : Etapes d'une séquence avec cible en mouvement d'approche (cf. flèche)

❖ Sujets

12 sujets se sont portés volontaires pour passer cette expérimentation (5 femmes, 7 hommes).

Moyenne d'âge = 30.9 ans

Les sujets avaient tous une vue normale ou corrigée si besoin.

❖ Procédure

Les sujets sont placés à 60cm d'un écran.

Chaque sujet passe les trois sessions prévues (1 session "mixte", 1 session "statique" et 1 session "mouvement").

D'un sujet à l'autre l'ordre de passation des trois sessions est contrebalancé de manière aléatoire.

La manip commence par la consigne et quelques essais d'entraînement.

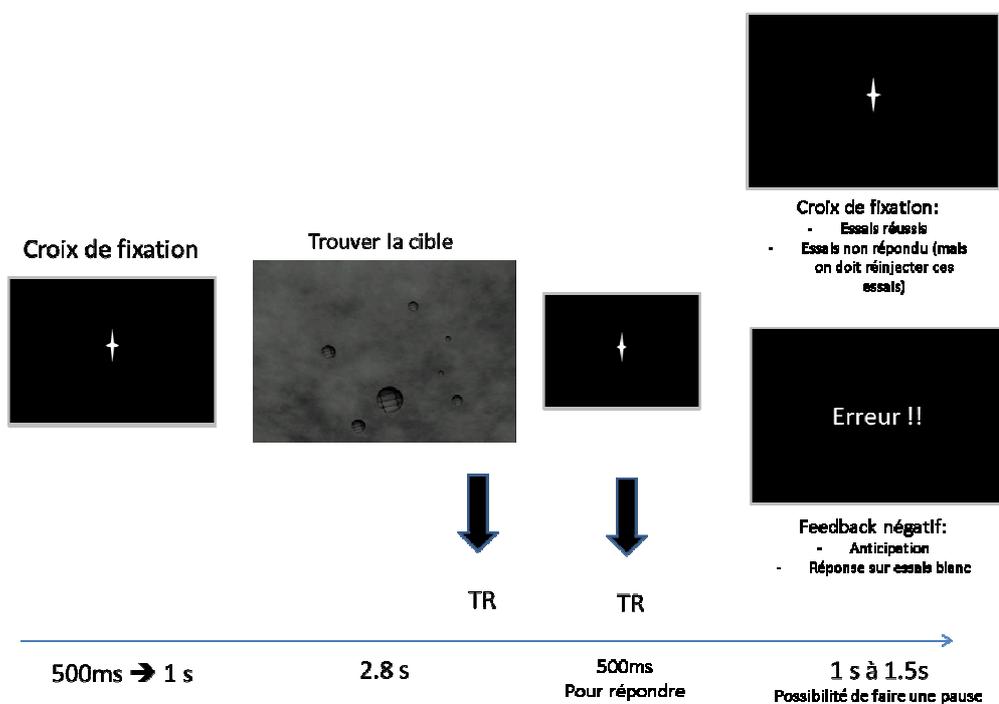


Figure 27 : Protocole de déroulement de l'expérience 2

La consigne est de trouver une cible au milieu de distracteurs.

Une croix de fixation centrale est présentée pour s'assurer que le regard du sujet est toujours positionné au même endroit en début d'essai.

La durée d'apparition de la croix de fixation est variable.

Lorsque les Stimuli apparaissent, la croix de fixation disparaît, et le sujet recherche la cible.

#### ❖ Prédications

Si le mouvement a un effet uniquement exogène (bottom-up), c'est-à-dire : quelle que soit la consigne, nous obtiendrons des effets du mouvement à la fois sur les sessions "mixtes" et sur les sessions en bloc indépendants.

Si en revanche, pour constituer un attracteur, le mouvement a besoin d'avoir une composante endogène (top-down) dans une situation complexe (où il y a plusieurs choses à observer), on aura un effet sur les sessions en bloc indépendants mais pas dans les sessions mixtes.

### 3.7.2 Résultats

#### ❖ Session en Mixte

Notre protocole revient en fait à comparer l'effet du mouvement sur 4 tailles de sphères différentes qui correspondent à un DRM ou un VL, chacun à 2 distances différentes ("Loin" = Time to contact 5s à 80km/h et "Près" = Time to contact 2 s à 80 km/h). En revanche, le sujet perçoit clairement 4 tailles de sphères différentes.

Dans la session en mixte, une Anova mesures répétées 4 tailles (DRM loin, DRM près, VL loin, VL près) X 2 mouvements (mouvement d'approche vs statique) a été réalisée. Le test LSD de Fisher a été utilisé pour réaliser l'analyse post-hoc.

Dans cette session, seul un effet principal du type de mouvement ressort statistiquement ( $F(1,11) = 13.244$  ;  $p < .01$ ). Dans cette condition mixte, dans laquelle le sujet doit répondre à la cible qu'elle soit en mouvement ou non, on constate que le fait que les cibles soient en mouvement tend à allonger le temps de détection par rapport aux cibles statiques. En effet, quelle que soit la taille de la sphère et son éloignement, les sphères en mouvement sont toujours détectées en moyenne plus tardivement que les mêmes sphères statiques (TR moyen sur sphères en mouvement : 1564.9ms, TR moyen sur sphères statiques : 1465.1ms). On a donc en moyenne un surcoût de 100 ms pour traiter les sphères en mouvement par rapport au temps de traitement requis pour les sphères statiques (figure 28).

Rappelons que dans cette session en mixte, le mouvement n'a pas de signification particulière pour le sujet dans la mesure où il ne constitue pas un critère du point de vue de la détection de la cible. En effet, les cibles ont autant de chance d'être en mouvement que d'être statiques. Ainsi, cette version mixte nous permet de tester si le mouvement a un effet exogène sur l'orientation de l'attention des sujets.

Nos résultats démontrent que lorsque le mouvement n'est pas une caractéristique de la cible, il n'attire pas de manière préférentielle le regard des sujets. On constate au contraire que les temps de réaction tendent à être plus lents pour les conditions de cibles en mouvement, ce qui laisse supposer que dans cette condition le mouvement a généré une forme de "bruit visuel" qui a perturbé la performance de détection des cibles.

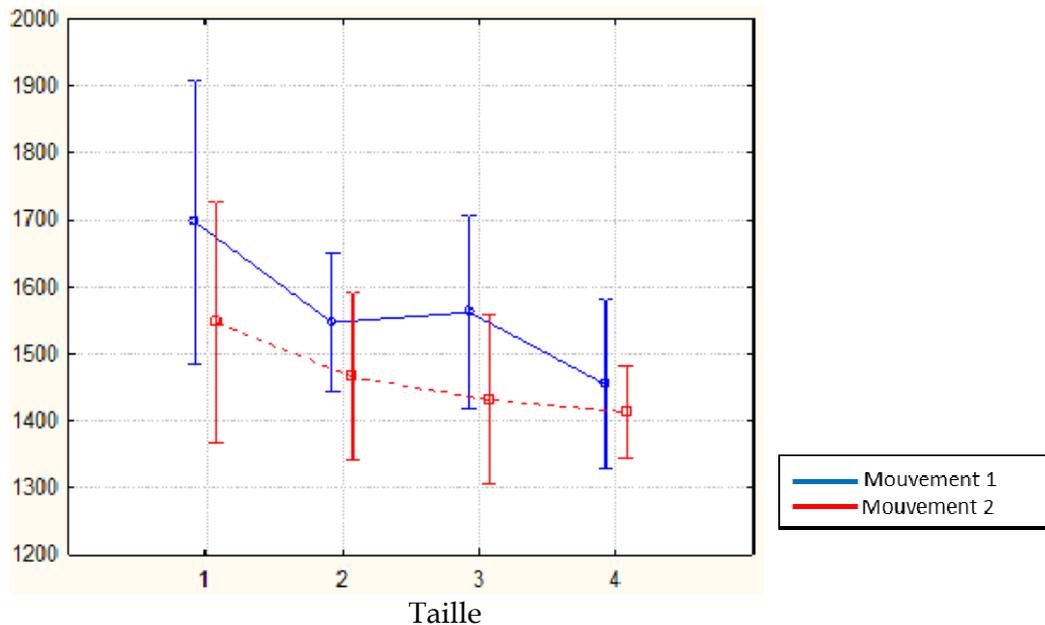


Figure 28 : Influence de la taille et du mouvement des sphères sur la détection pour les sessions "Mixtes"

Taille 1 = DRM Loin, Taille 2 = VL Loin, Taille 3 = DRM Près, Taille 4 = VL Près

Mouvement 1 = Mouvement d'approche, Mouvement 2 = Statique

Ainsi, sans composante endogène, liée à la signification que le mouvement peut avoir sur la détection d'une cible, on constate que le mouvement n'attire pas de manière exogène l'attention des sujets. Au contraire, le mouvement semble coûteux pour la réalisation de cette tâche. L'identification de l'orientation de la cible requiert en effet de fixer la cible en vision centrale. Or, le mouvement est mieux traité en vision périphérique qu'en vision centrale. Il y a donc ici un antagonisme entre la tâche et les capacités du système visuel humain. Il semblerait que le sujet soit sensible aux sphères en mouvement mais au cours de cette session n'oriente pas son regard sur ces sphères. Tout se passe comme si ces sphères étaient bien localisées, le sujet sait qu'elles sont là, mais il est plus facile pour lui de les inhiber dans un premier temps pour traiter le statique et revenir sur les sphères en mouvement dans un deuxième temps. Les sujets font la remarque que les très grosses sphères en mouvement d'approche sont « tellement évidentes qu'on ne les voit pas ! »

#### ❖ Sessions en bloc "mouvement" et "statique"

La session mixte nous a permis de tester la capacité du mouvement à attirer l'attention de manière purement exogène. Dans cette deuxième session, nous avons ajouté une composante endogène au mouvement en qualifiant la cible par le fait qu'elle soit en mouvement ou non.

Pour les sessions en bloc distincts "mouvement" et "statique", une Anova mesures répétées 2 mouvements (mouvement d'approche vs statique) X 4 tailles (DRM loin, VL loin, DRM près, VL près) a été réalisée. Le test LSD de Fisher a été utilisé pour réaliser l'analyse post-hoc.

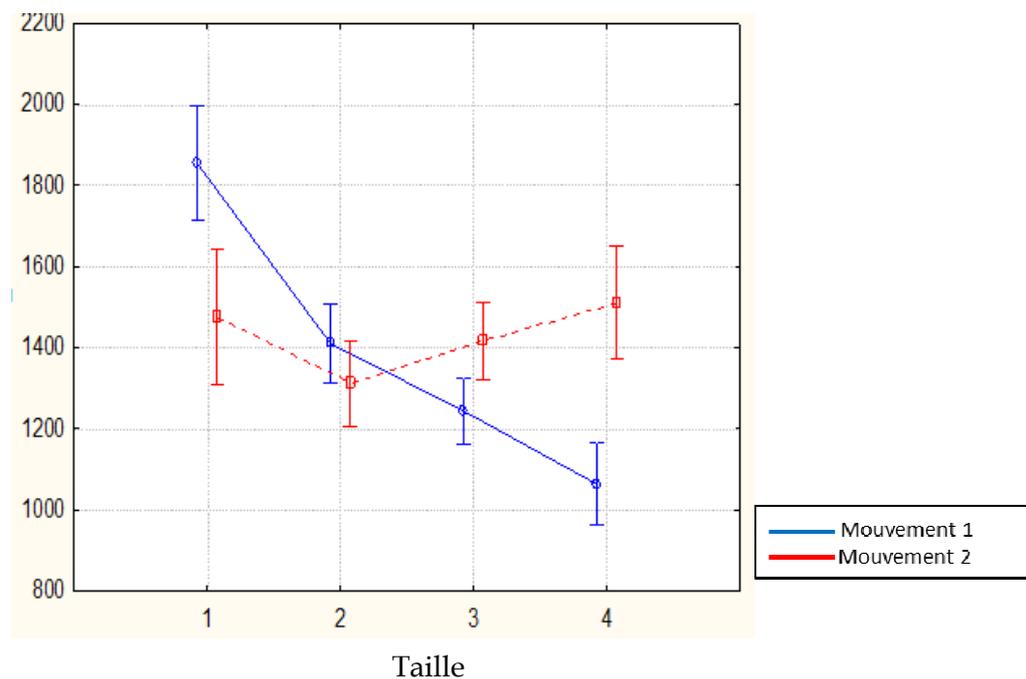
On observe ici une interaction significative Mouvement x Taille ( $F(3,33) = 48.956$  ;  $p < .001$ ) ;

L'analyse post-hoc nous révèle ainsi que :

- Pour les sphères les plus petites (DRM loin), les TR sont plus longs lorsqu'elles sont en mouvement
  - o Le TR moyen pour les cibles DRM loin en mouvement est de 1853.5 ms, alors que pour les cibles DRM loin statique, il est de 1474.7ms
- Pour les sphères les plus grosses (VL près et DRM près), les TR moyens sont plus courts lorsqu'elles sont en mouvement
  - o Pour les cibles VL près : lorsque qu'elles sont en mouvement d'approche le TR moyen est de 1063.9ms, alors que lorsqu'elles sont statiques le TR moyen est de 1511ms ( $P < .001$ )
  - o Pour les DRM près : lorsqu'elles sont en mouvement le TR moyen est de 1243.7ms, alors que lorsqu'elles sont statiques le TR moyen est de 1416ms ( $P < .01$ )
- Pour les sphères représentant les VL loin il n'y a pas d'effet significatif du mouvement (TR en approche = 1410ms vs en statique TR = 1312ms ( $P = 0.06$ )).

Ainsi, pour les sphères les plus grosses qui représentent la taille respective d'un DRM et d'un VL perçus à une distance de 44m, on constate que le mouvement a un effet globalement bénéfique sur la rapidité de détection de la cible.

A l'inverse pour les sphères les plus petites (DRM et VL à 111 m), le mouvement semble coûteux pour la détection de la cible. Ce résultat n'est pas significatif pour les sphères plus grosses (VL), mais l'est très nettement pour les sphères plus petites (DRM).



**Figure 29 : Illustration de l'effet seuil de la taille dans l'influence du mouvement sur la détection**

*Taille 1 = DRM Loin, Taille 2 = VL Loin, Taille 3 = DRM Près, Taille 4 = VL Près*

*Mouvement 1 = Mouvement d'approche, Mouvement 2 = Statique*

On peut donc en déduire que lorsque le mouvement est défini comme un des critères de détermination d'une cible, il devient un attracteur attentionnel efficace, sous réserve que ce mouvement soit perçu rapidement et donc que la taille de l'objet qui bouge soit suffisante pour attirer le regard en phase pré-attentive. Lorsque ce n'est pas le cas, c'est-à-dire lorsque l'objet à percevoir est trop petit, son mouvement peut tendre au contraire à constituer un bruit visuel qui gêne la détection.

La figure 29 fait bien apparaître cette notion d'effet seuil de la taille de la cible dans l'influence du mouvement sur la détection de cette cible. On voit ainsi clairement apparaître, à l'endroit où les deux courbes se croisent, qu'à une certaine taille l'effet du mouvement devient bénéfique alors qu'il ne l'était pas en deçà.

### ***3.8 Perspectives***

Les expérimentations décrites ci-dessus apportent des enseignements intéressants et novateurs du point de vue de l'influence du mouvement dans l'identification d'un objet, relativement à sa taille et à l'importance de ce critère "mouvement" pour la tâche que le sujet a à réaliser. Toutefois, et c'est le propre de la démarche expérimentale, les résultats obtenus auprès de quelques sujets, pour intéressants et novateurs qu'ils puissent être, sont toujours à conforter par des passations complémentaires qui permettront d'en vérifier la robustesse dans différentes conditions.

Il s'agirait notamment de creuser plus avant la question de l'effet "seuil" en deçà duquel la taille n'apporte plus de bénéfice au mouvement de l'objet pour la facilité de sa détection, voire pourrait au contraire lui porter préjudice. Une telle reproduction du paradigme expérimental faisant varier les conditions d'obtention des effets devrait permettre d'accéder à des données plus opérationnelles sur la taille critique des objets routiers du point de vue du fonctionnement du système perceptif humain, ainsi que sur les paramètres physiques (e.g. contraste des objets à percevoir) et/ou cognitifs (e.g. leur plus ou moins grande familiarité pour le sujet) qui sont susceptibles d'en compenser les limites.

Un paradigme expérimental qui serait également intéressant à développer, mais qui nécessiterait pour cela des ressources en matériel expérimental assez développées ainsi que des compétences très spécifiques en traitement d'image, consisterait à confronter les prises d'information réalisées par les sujets, telles qu'elles peuvent être objectivées par un enregistrement des mouvements oculaires, avec les cartes de saillance visuelle telles qu'en rendent compte des modèles informatiques. De manière à conférer un caractère plus "écologique" aux résultats, ce paradigme pourrait être développé sur des scènes filmées d'approche de véhicules de différentes tailles, à différentes distances, dans un environnement plus ou moins riche visuellement et avec une charge cognitive plus ou moins importante, permettant ainsi de se doter d'autant plus d'indicateurs potentiellement explicatifs des phénomènes complexes que recouvrent les problèmes de perception des deux-roues motorisés au sein du trafic routier.

### ***3.9 Discussion***

Plusieurs enseignements sont à retirer de ce travail expérimental, dont les résultats montrent la complexité de phénomènes perceptifs, notamment ceux qui sont en jeu dans les environnements dynamiques.

On constate ainsi que dans une expérimentation simple de détermination de l'orientation des sphères, le mouvement n'a pas d'effet sur les temps de réaction.

On relève par ailleurs que le mouvement devient bénéfique, par rapport à une recherche de cible statique, dans un environnement complexe (ici, avec plusieurs sphères) mais seulement lorsqu'il a une signification. Autrement dit, c'est de manière endogène et en environnement complexe que le mouvement attire le plus efficacement l'attention des sujets et entraîne ainsi un bénéfice comportemental.

Par ailleurs, on constate que lorsqu'on confronte des sujets à des cibles de petite taille, l'influence bénéfique de ce mouvement pour leur identification n'est pas retrouvée à l'instar de ce qu'on observe pour les cibles perceptives de plus grande taille.

Un parallèle peut être ainsi réalisé avec une tâche de recherche visuelle sur la route lors d'une manœuvre de bifurcation à gauche. Ainsi, sur la route, le mouvement constitue intrinsèquement une composante essentielle à l'identification d'un véhicule interférent. Un véhicule en mouvement d'approche est forcément une cible potentielle dont chaque usager un conducteur doit tenir compte. Il a donc une signification très forte du point de vue des conducteurs pour la tâche à réaliser. Notre expérimentation démontre que les DRM ont une taille limite qui fait qu'à des distances éloignées leur mouvement n'est perçu que tardivement. Leur capacité à attirer le regard des conducteurs sur eux est donc réduite. Alors qu'il faut 1854 ms en moyenne aux sujets pour détecter les plus petites cibles en mouvement (correspondant à un DRM à 111m), ils ne mettent que 1064ms pour identifier les cibles les plus grosses en mouvement. Cette différence de près de 800 ms de temps de réaction est évidemment largement significative ( $P < .001$ ).

Les résultats de ce travail expérimental constituent ainsi une source d'explication de la plus grande difficulté des conducteurs à identifier une interférence avec un véhicule présent dans leur champ visuel en tant que constituant une cible pertinente (i.e. un obstacle potentiel) lorsqu'il s'agit d'un DRM que lorsqu'il s'agit d'un VL. Du fait de la différence de taille qui caractérise ces deux types de véhicules, le mouvement pourra -au-delà d'une certaine distance- ne pas être un avantage pour la détection de l'un alors qu'il le sera pour la détection l'autre. Il s'agit donc là d'un phénomène qui caractérise le système perceptif humain dont il s'agit de tenir compte non seulement dans la compréhension des problèmes mais aussi pour la recherche des contre-mesures. Dans cette perspective opérationnelle, le chapitre suivant revient sur les circonstances dans lesquelles les problèmes perceptifs s'actualisent dans les accidents de la route, de façon à identifier les besoins d'aide des conducteurs concernés et, en miroir, les leviers sur lesquels il pertinent d'agir pour y répondre.



## Chapitre 4

### Besoins des conducteurs et moyens d'y répondre

L'analyse accidentologique nous a permis de décortiquer finement les facteurs explicatifs des accidents mettant en cause un problème de perception des DRM. Cette étude s'est attachée à décrire les dysfonctionnements aussi bien du point de vue du conducteur confronté que du point de vue du conducteur de DRM en prenant en compte la situation de conduite et l'environnement. Ces résultats nous permettent donc d'identifier les besoins des impliqués dans ces situations accidentelles. A ce stade nous allons donc essayer en fonction des facteurs identifiés dans les accidents de déterminer quels pourraient être les moyens de répondre aux faiblesses du système de circulation vis-à-vis du problème de détectabilité des DRM. Pour cela nous allons considérer une liste de contre-mesures au problème de perception.

Dans l'idée d'une approche systémique du problème de perception, les contre-mesures envisagées dans cette analyse concerneront aussi bien la formation des différents conducteurs, les aménagements, la conception des véhicules ainsi que les systèmes d'aides à la conduite et le contrôle/ sanction.

Autrement dit, pour chaque facteurs explicatifs recensés dans notre analyse nous avons cherché à identifier, parmi les moyens classiquement développés en faveur de la sécurité routière, quels pourraient être les leviers d'actions à mettre en place pour limiter l'expression de ce facteur dans les situations d'accidents où il est le plus souvent critique.

Nous concluons cette approche opérationnelle par la définition de séquences pédagogiques visant à aider les conducteurs à identifier les situations les plus critiques du point de vue de ces problèmes de détection des deux-roues motorisés. Précisons d'ores et déjà que ces données d'analyse seront par ailleurs concrètement implémentées dans un outil pédagogique interactif élaboré par l'association Prévention Routière en partenariat avec la FFSA et qui vise plus largement les différents aspects de la sécurité des motos, dont les problèmes de perception font bien sûr partie, mais n'en sont pas les seuls (cas notamment des accidents de types "perte de contrôle").

#### *4.1 Les contre-mesures à envisager*

Sont présentées ci-après les différentes contre-mesures qui nous ont paru susceptibles de constituer des pistes à suivre pour limiter les problèmes de perception en fonction de ce qui a pu être concrètement observé dans les études d'accidents. Loin d'être exclusives les unes des autres de telles contre-mesures sont à envisager dans leur complémentarité et leur cohérence réciproque.

##### **4.1.1 La formation**

La tâche de conduite est une activité complexe et la formation des conducteurs est une préoccupation majeure de tous les pays souhaitant améliorer leurs résultats en termes de sécurité routière. Le sujet est largement discuté en Europe et plusieurs grands projets ont tenté de fédérer les connaissances sur le sujet, de comparer les méthodes et leurs efficacités dans différents pays et de proposer des modèles théoriques et pratiques des contenus indispensables à cette formation à la conduite.

Parmi ces grands projets, nous citerons d'abord le projet Européen GADGET (1999) qui proposa une matrice structurante des objectifs de la formation des conducteurs.

Ensuite, le projet ADVANCED (2002), également soutenu par la Commission Européenne, dont les principaux objectifs étaient : 1) de décrire et analyser la situation relative aux formations post permis des conducteurs d'automobiles et de motocyclettes en Europe afin d'élaborer des recommandations concernant ces stages : 2) d'élaborer des orientations pratiques pour les pays qui souhaitent instaurer une formation de "seconde phase" obligatoire (post permis) pour les automobilistes et motocyclistes novices.

Plus récemment, le programme européen de formation initiale des motards a été élaboré par le biais du projet IRT (Initial Rider Training, 2011). Ce projet qui rassemble les éléments essentiels d'un programme initial de formation des deux-roues motorisés a le mérite d'être très opérationnel en tenant compte des savoirs théoriques sur la formation et l'apprentissage. Nous nous inspirerons très largement de la structure proposée dans ce projet afin d'identifier les besoins en formation des conducteurs de DRM et de leurs confrontés impliqués dans les accidents étudiés.

Nous avons choisi de reprendre le modèle opérationnel IRT. Ce modèle structure les compétences nécessaires à la conduite d'un DRM en différents modules : les connaissances théoriques, la maîtrise du véhicule, l'interface avec le trafic. Dans chacun de ces modules, les aspects essentiels ont été identifiés, constituant la base du programme de formation des motards.

Nous allons conserver cette classification modulaire et la généraliser à l'ensemble des conducteurs. En d'autres termes, hormis les spécificités liées à la conduite d'un DRM, une grande majorité des points définis peuvent être considérés comme essentiels à la formation de l'ensemble des usagers de la route.

Cette classification en module va nous permettre d'identifier les actions de formation qui répondent aux besoins des conducteurs tels qu'ils ressortent des accidents impliquant un problème de détection du DRM. Ainsi pour chaque facteur explicatif de ces accidents, nous avons associé, s'il y en avait, une ou plusieurs actions de formation qui contribueraient à éliminer ou à limiter l'impact de ce facteur dans la genèse de l'accident.

Les éléments essentiels de formation sont précisés ci-après pour les trois modules : 1) Théorie, 2) Maîtrise du véhicule, et 3) Interface avec le trafic.

### ***Module "Théorie" (T)***

#### **- T1 : Le code de la route**

L'utilisateur de la route doit connaître les règles de la circulation qui déterminent la manière dont il doit rouler. Ces règles s'appliquent aussi bien à tous les aspects du véhicule qui est utilisé, aux personnes autorisées à conduire, à la manière de le faire et au système routier emprunté.

Pour être utilisé avec efficacité les conducteurs doivent comprendre les raisons de ces règles et que le code de la route se justifie généralement par de réels motifs de sécurité.

#### **- T2 : La signalisation et le marquage**

L'utilisateur doit être au fait de la signalisation et marquages routiers qui l'informer du type de réseau sur lequel il se trouve et quelles sont les règles en vigueur sur ce site pour circuler en toute sécurité.

**- T3 : Mécanique et dynamique**

Les conducteurs doivent être informés sur le mode de fonctionnement de leurs véhicules et sur la nécessité de l'entretenir régulièrement. Ce point est d'autant plus crucial pour les motards. En effet, les motos et les scooters ne se comportent pas de la même manière. Les motards doivent donc être préalablement informés du modèle dynamique de leurs engins.

Globalement, l'ensemble des usagers doivent être attentifs à l'entretien de leurs véhicules et régulièrement contrôler l'état des freins, la pression des pneus, les niveaux d'huiles, etc.

**- T4 : Sensibilisation aux dangers situationnels**

Ce volet de formation présente aux conducteurs la notion de risque et l'importance d'y être sensibilisé pour apprendre à rouler en toute sécurité. Le conducteur doit être capable d'identifier des situations à risques et surtout apprendre à ne pas les négliger. Le conducteur doit développer une bonne compréhension d'un certain nombre de situations et surtout développer les compétences nécessaires afin de réduire ou d'éviter le risque. Dans ce module, le conducteur doit apprendre à contrôler sa vitesse, sa position sur la chaussée et les bonnes distances de sécurité en comprenant qu'une vitesse mal adaptée, une inter-distance réduite ou une mauvaise position peuvent générer des situations à risque. Ces points sont d'autant plus importants pour les DRM qui doivent être sensibilisés au fait que les capacités de leurs engins sont différentes des performances des autres usagers de la route et peuvent perturber leurs attentes. De la même manière, les motards doivent être sensibles au fait qu'ils sont moins visibles et que leurs comportements influent fortement sur leur visibilité sur la route.

De la même manière, les conducteurs doivent être informés des risques liés à l'état de la route, à la météo et à l'éclairage. Un point particulier doit également être apporté dans la formation aux autres usagers de la route et aux risques liés à la diversité des usages. En effet, il est important que les conducteurs soient sensibilisés aux exigences et aux comportements des autres usagers de la route. Il est par exemple important d'informer les conducteurs de VL aux comportements des DRM et de les sensibiliser aux problèmes de perception de ces usagers.

**- T5 : Système de sécurité**

Ce volet doit présenter l'importance de l'usage des systèmes de sécurité. En particuliers pour les DRM, une attention particulière doit être donnée au port du casque, à son choix et à son entretien. En effet, le casque doit être choisi avec précautions afin qu'il lui aille correctement et lui soit confortable et surtout soit de bonne qualité. Le casque doit être nettoyé régulièrement afin de garantir la visibilité à travers la visière. Le motard doit également porter des vêtements adéquats qui limiteront la gravité des blessures en cas de chutes et éventuellement le rendre plus saillant au sein du trafic par le port de vêtements fluorescents.

**- T6 : Responsabilités sociales**

Les conducteurs doivent dûment prêter attention aux autres usagers de la route et leur montrer des égards. Porter assistance et respecter les autres doivent faire partie des niveaux de connaissances de bases des permis de conduire.

**- T7 : Altération des réactions/ des facultés**

On parlera ainsi de la sensibilisation des conducteurs aux effets des substances psychotropes (alcool, drogue, médicament), des baisses de vigilance, de la maladie sur la pratique de la conduite. En complément du rapport IRT, nous ajouterons dans ce volet qu'il serait nécessaire de sensibiliser les conducteurs aux problèmes d'attention dans la conduite automobile (conduite en mode automatique, distraction, téléphone portable...). Les

conducteurs devraient être informé et sensibilisé aux risques liés au détournement de l'attention et aux conséquences que cela peut avoir.

#### **- T8 : Attitude et comportement**

Ce volet examine la nécessité pour le futur conducteur de comprendre qu'il est le premier responsable de sa sécurité. Pour posséder la maîtrise de son véhicule et être capable de rouler en toute sécurité dans le trafic, à travers toute une gamme de circonstances et de conditions difficiles, il faut réellement s'investir pour développer la dextérité, la sensibilité, la compétence et la confiance requises.

Toutefois, ces exigences ne sont qu'une partie de ce dont le conducteur a besoin. Il est très important que les conducteurs comprennent que la cohérence de leurs attitudes et de leurs comportements est absolument essentielle.

La prise en compte des besoins et des intentions des autres usagers de la route et la reconnaissance des situations potentiellement dangereuses sont des compétences très importantes. Mais pour les gérer, le conducteur doit comprendre qu'il est le seul à pouvoir contrôler directement ses actions et procéder à temps aux ajustements nécessaires à apporter à sa vitesse, à sa position et à ses distances. Le conducteur doit se méfier de « l'effet d'entraînement » et doit rester maître de ses décisions. En effet, souvent les conducteurs se laissent entraîner par un conducteur qui les laisse passer ou un passager qui leur dit de tourner en négligeant de reprendre de l'information pour s'assurer que la manœuvre va être réalisée en toute sécurité. Malgré cet effet d'entraînement, les conducteurs doivent rester seul maître à bord et re-contrôler la validité de leurs informations sur la possibilité de réaliser la manœuvre sans gêner d'autres usagers.

Ce volet de formation a donc pour rôle essentiel d'apprendre à faire face aux situations non optimales générées par les erreurs d'autrui ou les défauts d'infrastructure.

### *Module "Maîtrise du véhicule" (M)*

#### **- M1 : Familiarisation avec le véhicule**

Le conducteur doit prendre conscience de son véhicule. Ce point est d'autant plus important pour les motards qui doivent se rendre compte du poids de leur machine et de sa capacité de vitesse et d'accélération.

#### **- M2 : Mes premiers déplacements**

Ce volet a comme objectif de faire comprendre aux conducteurs que le comportement du véhicule est déterminé par les compétences de maniement mais aussi par l'attitude adoptée. Il est important de faire comprendre aux conducteurs l'importance de la position du regard pour anticiper au mieux les situations et les risques.

#### **- M3 : Vitesse, freins et direction**

#### **- M4 : Braquage et Contre-braquage**

#### **- M5 : Manœuvre à faible allure**

Ces trois volets font partie des compétences nécessaires que les conducteurs et surtout les motards doivent acquérir pour le contrôle en toute sécurité de leur véhicule

#### **- M6 : Gestion des situations à risques**

Ces compétences sont sans doute les plus difficiles à acquérir mais elles sont essentielles pour éviter les collisions avec d'autres usagers de la route. Comme nous l'avons montré dans

PERCEPT 78% des accidents en interaction avec un DRM mettent en cause un problème de perception du DRM. Les DRM doivent connaître ce risque et savoir l'anticiper. Ce point constitue une compétence à acquérir pour gérer correctement une situation délicate.

### ***Module "Interface avec le trafic" (I)***

Le conducteur doit comprendre qu'il est le premier acteur de sa sécurité. La maîtrise de son véhicule est essentielle mais ne représente qu'une partie de la gamme des compétences et connaissances requises pour rouler en toute sécurité. C'est l'attitude et le comportement qui conditionne la capacité à rouler en toute sécurité. La sensibilisation aux différents risques est une des compétences cruciales.

#### **- I1 : Positionnement dans le trafic**

Ce volet s'applique à tous les conducteurs mais à un rôle d'autant plus important chez les DRM. Le motard doit comprendre qu'une position correcte dans le trafic est déterminée par un certain nombre de facteurs en constante évolution.

Le motard doit adapter sa position de manière à avoir le champ de vision le plus large possible et de s'assurer que les autres le voient. Le motard doit surveiller en permanence ses alentours afin d'anticiper au mieux le risque. Les DRM doivent également comprendre que leur position sur la voie conditionne leur bonne ou mauvaise visibilité. En effet, une position atypique sur la voie peut conditionner le fait qu'il ne soit pas détecté. Les conducteurs confrontés ont tendance à chercher l'information là où ils ont l'habitude de voir des usagers.

#### **- I2 : Distance et vitesse**

Ce volet a pour objectif de former les conducteurs à la vitesse et au maintien des distance de sécurité dans un environnement suburbain ou rural dans lequel la présence d'autres véhicules est moins susceptible de déterminer l'allure à laquelle il circule.

Le conducteur doit comprendre que lorsqu'il roule sur une route à trafic léger il est le seul responsable de son allure. Il faut rappeler qu'il faut respecter les limites de vitesses et adapté sa vitesse à la situation. Le conducteur doit regarder le plus loin possible dans le but d'anticiper les situations à risque le plus tôt possible.

#### **- I3 : Virages et courbes**

Ce volet aborde la manière de négocier une courbe ou un virage. On insistera ici sur l'importance de tenir compte au jour le jour de l'état de son véhicule et de l'état de la chaussée. En effet, nombre d'accidents sont de type perte de contrôle dans une courbe ou un virage connu. Les conditions météo étant ce jour-là différentes (pluie,...) les conducteurs ont tendance à rouler comme à l'accoutumer sans prendre en compte les variations d'adhérence et à ainsi perdre le contrôle de leur véhicule.

#### **- I4 : Intersections (et voies privées) et manœuvres (demi-tour)**

Comment bien aborder et négocier une intersection dans laquelle le conducteur est prioritaire ou non ?

Plusieurs exigences majeures doivent être acquises lors de l'apprentissage de la conduite :

- Le conducteur doit savoir où il veut aller
- Le conducteur doit comprendre les règles qui régissent l'intersection
- Le conducteur doit voir et être vu, et donner aux autres usagers les indications sur ses intentions de manière claire et précoce. Les informations données doivent être cohérentes les unes avec les autres. Le conducteur doit s'assurer que sa position sur la

voie et /ou son comportement (position sur la chaussée, ralentissement) sont bien en accord avec les signaux (clignotants) donnés aux autres usagers.

- Le conducteur doit prendre les informations nécessaires à la réalisation de sa manœuvre en toute sécurité et sans perturber le déplacement des autres usagers. Pour cela le conducteur doit être vigilant à prendre l'information complète juste avant de réaliser sa manœuvre afin de s'assurer que sa prise d'information n'est pas périmée au moment de la réalisation de sa manœuvre. En effet, beaucoup de conducteur prennent une information précoce, ne réitère pas la prise d'information d'un côté et viennent se faire surprendre par un véhicule perturbant leur attente (souvent un DRM)
- Le conducteur prioritaire doit s'assurer d'avoir été clairement perçu par les usagers non prioritaire et ne doit pas hésiter à se manifester. Le prioritaire ne doit jamais considérer que son « statut de prioritaire » lui assure sa sécurité. « Ce n'est pas parce que je vois les autres que les autres me voient »
- Le conducteur doit adopter une vitesse adaptée au franchissement de l'intersection et en accord avec les signaux donnés aux autres.

### **- I5 : Dépassement**

Ce volet doit inculquer aux conducteurs les règles pour dépasser en toute sécurité. Le conducteur doit savoir ce qui est permis et ce qui peut être réalisé en toute sécurité sans dépasser les vitesses autorisées. Pour cela, le conducteur doit être attentif au fait de voir au-delà des véhicules à dépasser et d'être vu par le véhicule qu'il dépasse et par les autres véhicules éventuels. Lors du dépassement le conducteur doit se méfier des véhicules qui pourraient émerger de routes latérales. Le conducteurs doit également se méfier que le ou les véhicules qu'il est en train de dépasser ne vont pas déboiter ou changer de direction et ainsi venir perturber son dépassement.

Cas particulier de la remontée de files pour les DRM : la remontée de file c'est le fait pour un DRM de circuler à travers des files de véhicules à l'arrêt ou circulant à faible allure. La remontée de file n'est pas encore autorisée en France mais est largement pratiqué en ville. Le motard doit être informé de certaines règles pour l'effectuer de la manière la plus sécuritaire possible. En effet, lorsque les lignes de trafic se déplacent à 10Km/h ou plus, le motard doit rester dans sa file. En revanche, si le trafic avance de manière intermittente et ne dépasse pas 10 Km/h, le motard peut prudemment rouler entre les files. S'il y a plus de deux files le DRM doit rouler entre les deux files les plus à gauche. Le DRM doit circuler avec le phare allumé et son clignotant enclenché et ne doit jamais dépasser de plus de 5 km/h la vitesse de circulation des files qu'il dépasse. Le Motard doit être conscient du fait que ce comportement est spécifique des DRM. Les DRM sont peu fréquents dans le trafic rendant donc ces remontées de files atypiques pour les autres usagers. En effet, les autres conducteurs peuvent ne pas avoir l'habitude de ce type de comportement, et le motard doit toujours être conscient de la possibilité qu'un véhicule déboite en négligeant l'éventualité de la remontée de files et sans avoir vérifié derrière lui.

Les autres conducteurs doivent être également sensibilisés à ce type de comportements afin de les intégrer dans leur mode de déplacement. Rendre légal la remonté de file n'est pas à proprement parlé une mesure de sécurité mais le fait de généraliser ce principe rendra les automobilistes sensibles à ce comportement.

### **- I6 : Autoroutes**

Ce volet a pour vocation de permettre aux conducteurs d'entrer et de sortir de l'autoroute en toute sécurité. Le conducteur doit être capable de juger la vitesse d'insertion nécessaire, de la fréquence du trafic et savoir adapter son comportement.

### **- I7 : Anticipation**

Ce volet aborde un point crucial pour la sécurité des usagers de la route et en particuliers des DRM. Le conducteur doit être capable d'anticiper le comportement des autres usagers de la route (piétons, voiture, camions, DRM,...) et prévoir les situations dangereuses liées à la route et à la circulation routière. Ce volet est l'un des plus difficiles sur lequel évaluer la performance des conducteurs et leur évolution. L'anticipation est autant un état d'esprit, presque une philosophie, qu'une manière de gérer un véhicule. Le conducteur doit développer une assise solide aux aptitudes et connaissances d'anticipation basiques qui peuvent se développer avec l'expérience. Ce point est particulièrement critique pour les DRM qui doivent être conscients de leur vulnérabilité et de leur manque de visibilité au sein du trafic. On pourrait résumer l'objet de cet aspect de la formation par un slogan du type "Bien conduire c'est anticiper tout en se méfiant de ses anticipations".

Le conducteur et plus spécifiquement le DRM se méfiera :

- Des comportements atypique des piétons et surtout des enfants et personnes âgées
- D'un trafic dense et des comportements atypique et surprenant que certains usagers peuvent adopter
- Des intersections contrôlées et des comportements des usagers. Les conducteurs doivent malgré qu'ils soient prioritaires contrôler si les autres usagers respectent les règles de priorité de l'intersection.
- Des différents revêtements et des conditions météorologiques
- Des routes de campagne. Le conducteur doit se méfier des routes étroites et sinueuses, des véhicules agricoles, des intersections avec des champs ou voie privée souvent mal indiquées

La maquette d'outil pédagogique qui sera présentée au chapitre 4 s'adressera tout particulièrement aux aspects opérationnels du développement des anticipations appropriées aux situations les plus fréquemment concernées par l'interaction DRM / autre usager.

### **- I8 : Rouler à plusieurs**

Il s'agit d'un volet spécifique aux DRM, et a comme objectif de former les motards à circuler avec un passager et à rouler en groupe en toute sécurité.

### **- I9 : Planification de trajets**

Cette partie de la formation doit aborder la nécessité de planifier et évaluer les besoins des trajets envisagés. Le conducteur doit se rendre compte de la nécessité de bien planifier son trajet. En effet, le conducteur va rapidement connaître parfaitement sa ville et son environnement proche mais il doit être conscient qu'il va rapidement se trouver dans des environnements qu'il ne connaîtra pas. Dans ces situations le conducteurs devient alors tributaire de la signalisation parfois insuffisante et devra s'arrêter pour demander son chemin. Le conducteur doit être informé des risques liés à la méconnaissance d'un trajet. La recherche de signaux de direction ou d'un nom de rue sont très souvent des facteurs du détournement attentionnel et limiter l'attention que l'on porte à la tâche principal de guidage du véhicule et d'interaction avec le trafic. Ces problèmes peuvent être réduits avec une bonne planification du trajet.

Ces différents modules de formation sont à envisager, non seulement en apprentissage initial, mais également en formation continue, lors de stages de perfectionnement, à l'occasion d'une reprise en main après une longue période d'arrêt, lors du changement de modèle de moto, etc.

**Tableau 21 : Grille des actions de formation susceptibles de répondre aux besoins des conducteurs (adapté de IRT, 2009)**

<b>Modules de formation</b>	
Théorie	T1 Code de la route
	T2 Signalisation et Marquage
	T3 Mécanique et Dynamique
	T4 Sensibilisation aux Dangers
	T5 Casques et Vêtements adaptés
	T6 Responsabilité sociales
	T7 Altération des réactions
	T8 Attitude et comportement
Maîtrise du véhicule	M1 Familiarisation avec le véhicule
	M2 Mes premiers déplacements
	M3 Vitesse, freins et direction
	M4 Braquage et Contre-braquage
	M5 Manœuvre à faible allure
	M6 Gestion des situations à risques
Interface avec le trafic	I1 Positionnement dans le trafic
	I2 Distance et vitesse
	I3 Virages et courbes
	I4 Intersections
	I5 Dépassement
	I6 Autoroutes
	I7 Anticipation
	I8 Rouler à plusieurs
	I9 Planification de trajets

#### 4.1.2 L'aménagement

Cette partie a vocation à identifier les points clef de l'aménagement routier qui pourraient permettre de limiter les problèmes de perception des DRM. De la même façon que la partie précédente présentait les différents modules de formation potentiellement utiles pour contrecarrer les problèmes appréhendés, cette section va présenter succinctement une catégorisation d'aménagements susceptibles de répondre aux facteurs d'accident mettant en jeu un problème de perception du DRM.

Les modules d'aménagement proposés ci-après sont directement inspirés de l'ouvrage "Sécurité des routes et des rues" de Thierry Brenac (1999) et complétées par les données issues du guide du Certu : "Recommandations pour la prise en compte des deux-roues motorisés : Aménager et gérer les infrastructures Recommandations pour la prise en compte

des deux-roues motorisés dans l'aménagement » (2011). On insistera sur les modules les plus critiques du point de vue de la sécurité des DRM.

### **- Infra 1 : Visibilité et perception**

L'utilisateur qui se déplace sur le réseau a besoin de prélever une quantité d'information importante dans le trafic. Ces informations lui permettent de se déplacer dans le trafic et de gérer son déplacement. Les indices visuels sont d'une grande variété : ceux qui lui servent de guidage (marquages, accotements, bâti, ...) ceux qui lui transmettent des informations (signalisation, publicité...) ceux qui caractérisent l'environnement (autres mobiles circulant, voie de circulation, piétons, bordure de trottoirs, etc.). Tous ces indices doivent être visibles, clairs et élaborés de manière à être compris facilement par l'utilisateur de la route. Ces indices doivent aussi être visibles quelles que soient les conditions physiques de visibilité (jour, nuit, pluie, brouillard).

Un indice visuel, pour être assimilé, doit être accessible à la vue (ne pas être masqué), doit être visible par l'œil humain et doit générer des réactions adéquates de la part de l'utilisateur.

La visibilité d'un objet est conditionnée à la fois par les paramètres physique de l'objet (taille, forme, luminance, contraste,...) et par les performances visuelles de l'observateur. Ces performances peuvent être différentes en fonction de l'utilisateur considéré. Le conducteur de voiture a son œil à une hauteur d'environ 1.2m, un conducteur de PL quant à lui à son regard à plus de 2m. On comprend donc aisément que cela influence la visibilité de chacun et que les aménagements doivent tenir compte de la diversité des usagers.

D'un point de vue opérationnel, les messages routiers doivent être délivrés à une distance suffisante pour être :

- Visible et détectable : ne pas être masqué par un objet ou un indice visuel plus prégnant ;
- Identifié et classé rapidement dans une famille d'indices ;
- Décrypté et exploité afin de pouvoir définir facilement son contenu et son enjeu ;
- Compris : le message doit être clair et en accord avec le réseau pour que son contenu soit rapidement assimilé et que l'utilisateur soit capable d'utiliser ce signal si besoin ;
- Générer une action adéquate de la manière la plus intuitive possible.

Une bonne visibilité passe donc par une maîtrise des caractéristiques visuelles de l'objet à percevoir, une classification claire, une cohérence d'emploi et une mise en place homogène afin de guider au mieux l'utilisateur de manière spontanée. En effet, un point important dans les problèmes d'interaction usagers / DRM est que les DRM sont plus sensibles au manque d'attention des usagers auxquels ils sont confrontés. En situation de conduite normale les usagers ne sont pas de manière continue en attention soutenue, surtout sur les trajets qu'ils connaissent parfaitement. Ainsi tout indice qui est jugé indispensable par les gestionnaires du réseau doit attirer l'attention du conducteur. Il faut donc mettre en place des indices visuels pertinents visibles dans toutes les conditions de conduite, sans inonder le champ de vision d'informations potentiellement parasites et de manière à laisser le temps aux usagers de traiter l'interaction avec les autres mobiles. Le gestionnaire doit en effet prendre en compte les notions de crédibilité du message routier et le développement des habitudes chez les usagers. Pour cela le message doit être le plus simple, cohérent et homogène pour être pris en compte. Un conducteur qui pratique un réseau quotidiennement va avoir tendance à développer une conduite sur un mode automatique et à filtrer les informations en fonction de ses connaissances. L'indice visuel doit être crédible par rapport au milieu et toute modification importante de l'aménagement (transformation d'un carrefour, feux tricolores,

etc.) doit être amenée de manière progressive et inciter le conducteur à ralentir et à adapter sa conduite le plus naturellement possible sans qu'il n'ait besoin d'aller chercher un indice (ce que le conducteur habitué ne fera pas, n'en voyant pas la nécessité !)

D'autre part l'environnement visuel d'un réseau va conditionner la vitesse adoptée par les usagers. Offrir à l'usager un confort de guidage d'un niveau de voie à 110km/h sur des voies limitées à 50 km/h c'est favoriser le traitement anticipé des informations et la prise de vitesse. L'environnement visuel doit canaliser intuitivement le comportement des usagers pour leurs laisser le temps et les ressources nécessaires au traitement des interactions avec les autres usagers.

Tous les points ainsi décrits sont généraux à l'ensemble des situations routières et influent également sur la capacité de détection des DRM. Néanmoins une attention particulière doit être portée aux masques à la visibilité auxquels les DRM sont particulièrement vulnérables, même lorsque la détection d'un véhicule plus "classique" ne sera pas forcément susceptible d'être perturbée. En conséquence il faudra faire attention aux points suivants :

- La végétation doit être entretenue et s'assurer qu'elle ne masque pas la signalisation ou le trafic et surtout qu'elle ne la gêne pas lors de son développement.
- La signalisation, les balises, les glissières peuvent dans certains cas perturber spécifiquement la perception d'un DRM mais pas celle d'un véhicule plus imposant.
- Le mobilier urbain, la publicité ne doivent pas masquer la signalisation ou les autres usagers.
- Les stationnements doivent également être pensés afin de ne pas perturber la prise d'information (notamment par une trop grande charge attentionnelle).

#### **- Infra 2 : Gestion de la vitesse**

La modération des vitesses constitue un facteur d'amélioration de la capacité de détection et d'évaluation (pour les automobilistes notamment) ainsi que de la capacité de régulation (pour les usagers de DRM notamment).

- Si l'aménagement de voirie est cohérent avec les limitations de vitesse en vigueur, il est certain que les usagers auront une meilleure compréhension, une meilleure perception et un meilleur respect de la vitesse limite.

#### **- Hors agglomération**

Il semble a priori difficile d'envisager en rase campagne une stratégie de réduction systématique des vitesses pratiquées par le moyen d'aménagement géométrique des voies existantes. Les modérations des vitesses pourront se faire de façon moins systématique, en des lieux particuliers identifiés comme potentiellement problématiques, par exemple aux intersections (e.g. implantation d'un giratoire) ou en entrée d'agglomération.

Il convient d'éviter les aménagements introduisant des contraintes dynamiques brutales ou de les rendre clairement appréhensibles si ce n'est pas évitable. L'utilisation des équipements tels que les bandes rugueuses doivent être réservés aux cas de problèmes très temporaires ou aux cas de problèmes ponctuels très particuliers sur des routes existantes.

Il existe des solutions permettant une adaptation spontanée des vitesses de la part de la plupart des usagers par une modification de la structuration de l'espace pour inciter les usagers à adapter leur vitesse en fonction de l'environnement. Il faut en effet garder à l'esprit que l'augmentation du confort dynamique et/ou du confort visuel ainsi que l'élargissement des routes ont comme effet défavorable un risque d'augmentation des vitesses. Réduire la largeur des voies de circulation favorisera un ralentissement des véhicules motorisés. De la

même manière, un environnement de conduite monotone aura moins tendance à inciter aux ajustements utiles ; on favorisera donc une modération des vitesses par l'abandon des tracés en grandes courbes continues au profit d'une alternance de lignes droites et de courbes moyennes.

#### - En agglomération

La modération des vitesses par l'aménagement est plus facile en milieu urbain. Il est ainsi réalisable de réduire les emprises de la chaussée pour élargir les trottoirs, de remplacer une voie de circulation générale par une voie réservée, d'implanter des dispositifs réducteurs de vitesse. Comme l'indique Brenac (1999) il est essentiel avant toute décision d'implantation de se demander quel est le meilleur choix d'aménagement et quel est le meilleur endroit pour positionner le dispositif. Il s'agit par exemple de ne pas implanter un aménagement ponctuel de surélévation de chaussée en entrée d'agglomération pour ne pas surprendre les usagers. S'assurer que l'implantation d'un dispositif modérateur de vitesse ne nuit pas aux conditions de circulation des usagers (DRM notamment).

Deux grandes catégories de contraintes peuvent être implantées pour amener une régulation des vitesses : les contraintes horizontales (chicanes, écluses) et les contraintes verticales (ralentisseurs, plateaux, coussins).

#### - Les contraintes horizontales

La chicane constitue un décalage de l'axe de la chaussée avec une modification significative de la trajectoire et un déport latéral supérieur à 2 mètres. Une chicane peut s'implanter en entrée d'agglomération afin de créer une rupture qui incite l'utilisateur à adapter sa vitesse. Elle peut aussi s'implanter à l'intérieur de l'agglomération afin d'imposer une réduction de la vitesse ou son maintien.

L'écluse constitue un rétrécissement de chaussée qui impose une circulation alternée. Les règles de circulation sont généralement précisées par la signalisation d'un alternat. Une écluse est rarement implantée en entrée d'agglomération. Elle est plutôt aménagée dans une zone limitée à 30 km/h, dans un milieu urbain dense ou une zone résidentielle.

Les chicanes et les écluses doivent être parfaitement lisibles pour ne pas générer de comportements à risque, doivent être visibles de loin pour que l'utilisateur ait le temps d'adapter sa vitesse, sa trajectoire et éventuellement de s'arrêter.

Là encore les spécificités des DRM sont à ne pas négliger. Tout ce qui renvoie à des obstacles "agressifs" est à proscrire en ce qui les concerne. Les matériaux utilisés pour le marquage ne doivent pas générer de perte d'adhérence.

On gardera à l'esprit par exemple, qu'une chicane peut être moins contraignante, moins efficace sur les DRM que sur les VL, notamment en raison du faible gabarit du DRM et de leur faculté à tendre leur trajectoire. Pour être efficace sur la modération de vitesse des DRM, la chicane doit créer une rupture d'alignement totale de la trajectoire.

S'agissant des écluses, pour que cet aménagement ait un effet sur le comportement des DRM, le déport géométrique doit être au moins égal à la largeur d'une voie d'entrée, pour une écluse avec rétrécissement latéral, et à une demi-largeur de voie d'entrée, pour une écluse à rétrécissement axial.

#### - Les contraintes verticales

Pour éviter tout risque induit, ces dispositifs ne sont implantés que sur des sections limitées à 30 km/h ou des zones 30.

Les ralentisseurs ne doivent pas être isolés et doivent toujours être associés à un autre aménagement modérateur de vitesse à moins de 150 mètres de leur implantation. Pour la sécurité des DRM, l'adhérence doit être identique à l'adhérence de la chaussée et les eaux pluviales doivent s'évacuer correctement. Les finitions doivent être de bonne qualité pour ne pas amplifier la faible adhérence des DRM et réduire davantage leur marge de sécurité.

Les plateaux sont des surélévations de la chaussée qui s'étendent sur une certaine longueur et qui occupent toute la largeur de la chaussée. Ils imposent le respect de la vitesse réglementaire en provoquant un inconfort pour le conducteur qui circule à vitesse élevée. Lorsqu'il est implanté dans un carrefour, le plateau permet d'assurer le ralentissement des véhicules, de rendre l'intersection plus visible et d'améliorer l'aisance de la circulation piétonne.

Un coussin est une surélévation qui ne recouvre qu'une partie de la chaussée. S'ils permettent de faire ralentir la vitesse des voitures, ils ne garantissent pas la modération des vitesses des DRM qui peuvent aisément rouler de part et d'autre pour éviter la contrainte.

Comparativement aux coussins, les plateaux sont moins dangereux pour les conducteurs de DRM. De nouveau, l'adhérence du plateau doit être identique à l'adhérence de la chaussée. Il est préférable de ne pas implanter de plateau dans un virage afin d'éviter que le conducteur DRM ne perde l'équilibre en entrée et en sortie de virage. Cet aménagement doit être correctement perceptible, afin d'éviter les effets de surprise. Pour cela, une couleur différente peut être utilisée pour le plateau et la chaussée.

L'entretien des aménagements reste un point capital. Il s'agit notamment de faire attention à la dégradation progressive de type : déformation, orniérage, tassement, nid-de-poule, etc. qui constituent autant de problèmes supplémentaires pour les DRM.

### **- Infra 3 : Aménagement des carrefours et accès**

La prise en compte des DRM dans les carrefours est essentielle pour améliorer la capacité des automobilistes à les détecter et sécuriser les interactions entre les différentes catégories d'usagers. Il s'agit également de rendre les carrefours bien lisibles de manière à ne pas surprendre les conducteurs. Une bonne lisibilité limitera le recours à une signalisation abondante qui sollicitera plus d'attention de la part des conducteurs au détriment de la gestion des interactions avec les autres usagers.

Les éléments connus pour influencer sur les accidents de DRM en intersection sont les suivants : problèmes de détection du DRM par l'automobiliste (faible gabarit du DRM, difficulté d'appréhension de sa vitesse, défaut d'attentes), défaut de régulation du DRM (sentiment prioritaire, certitude d'avoir été vu), pratique de vitesses élevées de la part du DRM, problème de visibilité et de lisibilité du carrefour (surtout dans le cas des PDC seul).

Les ouvrages en référence décrivent un certain nombre de règles générales de conception des carrefours. Il s'agit notamment de :

- Modérer les vitesses de l'ensemble des usagers :

- Avant l'intersection pour améliorer les comportements d'anticipation des usagers ;
- Sur l'intersection pour limiter les risques d'accidents et/ou leur gravité.

- Permettre une visibilité réciproque entre les usagers :

- En amont du carrefour, « tout usager doit percevoir le carrefour à une distance minimale correspondant à la distance qui lui est nécessaire pour s'arrêter, en respectant la limitation de la vitesse de la voirie concernée » ;

- Sur le carrefour, il convient de limiter les masques à la visibilité tels que les véhicules en stationnement, le mobilier urbain, la signalisation verticale de direction, les panneaux publicitaires, les enseignes commerciales, les étals de commerçants, la végétation,... et de respecter le triangle de visibilité c'est-à-dire préserver une zone dans laquelle chaque usager à une visibilité réciproque et suffisante des autres usagers. Si le triangle ne peut pas être préservé, alors il convient de modérer la vitesse, modifier le régime de priorité ou modifier le type de carrefour.
- Permettre une bonne lisibilité de l'intersection c'est-à-dire comprendre le fonctionnement de l'intersection.

En approche, l'usager doit pouvoir détecter la présence d'une intersection et en comprendre rapidement le fonctionnement. Au niveau de l'intersection, le carrefour ne doit pas être trop complexe, la signalisation ne doit pas masquer la visibilité et doit être correctement perçue et comprise par l'usager. Ainsi, on évite les comportements d'hésitation, le manque de visibilité et la surcharge d'informations et on libère suffisamment de ressources attentionnelles pour permettre la détection du DRM.

- Rendre perceptibles et sûrs les mouvements de tourne à gauche (TAG) :
  - Réaliser un espace de dégagement sur la droite de la chaussée pour éviter la formation d'une file de véhicules ou le dépassement du véhicule au moment où il engage son TAG ;
  - Aménager une voie spéciale consacrée au TAG
  - Planter un îlot (sans qu'il ne représente un obstacle agressif pour le DRM) afin d'empêcher le dépassement ;
  - Planter un giratoire ou un mini-giratoire ;
  - Supprimer ou déplacer tous les masques à la visibilité pouvant être générés par les panneaux de signalisation ou la végétation.
- Réduire les aménagements susceptibles de constituer des obstacles au strict nécessaire, les éloigner du bord de la chaussée, les rendre moins agressifs et améliorer leur visibilité.
- Orthogonaliser les voies pour permettre une meilleure visibilité et pour réduire les surfaces de conflits.

S'agissant plus précisément des carrefours giratoires, il faut savoir que leur implantation présente l'intérêt de réduire les conflits, notamment les cisaillements et les chocs frontaux liés à une manœuvre de TAG. Cependant, il convient d'être sensible à certains aspects :

- Les problèmes de détection tardive du DRM dans l'anneau par les autres usagers (éviter les grands giratoires avec des chaussées annulaires trop larges et préférer les giratoires circulaires, compacts, simples et sans bretelles superflues car les giratoires les plus petits sont généralement les plus sûrs), notamment si la vitesse du DRM est trop élevée (dispositifs modérateurs de vitesse) et/ou si un masque à la visibilité est présent ;
- Les problèmes de détection tardive de l'aménagement par l'usager DRM (assurer une bonne visibilité et lisibilité du giratoire, en approche) ;
- La qualité de l'adhérence du revêtement (entretenir la chaussée) ;
- La présence d'obstacles fixes (éviter/réduire les obstacles agressifs dans l'axe des trajectoires).

S'agissant des carrefours à feux, équipements essentiellement urbains, il s'agit de veiller toujours à ce que les usagers puissent percevoir les feux à temps et freiner dans des

conditions normales, ce qui implique des vitesses peu élevées (dispositifs de modération des vitesses). Si on implante un système de détection des véhicules, s'assurer qu'il prend en compte les DRM.

Cet équipement impose le régime de priorité. Un feu tricolore non synchronisé permettrait de limiter les risques de collision du véhicule en TAG avec celui en mouvement direct dans le sens opposé. Dans le cas d'un feu tricolore non synchronisé, mieux vaut privilégier le "décalage à la fermeture"» (anticipation du passage du vert au rouge sur la branche opposée à la branche d'origine des VL TAG) et exclure le "décalage à l'ouverture" (passage du rouge au vert retardé sur la branche opposée).

#### **- Infra 4 : Abords de la voie**

Trois composantes de l'aménagement routier sont évoquées sous cette rubrique : les zones de sécurité, les dispositifs de retenue routiers et les obstacles en bord de route.

Les accotements peuvent être aménagés pour permettre aux véhicules de rattraper leur trajectoire et pour limiter la gravité des sorties de route. Ces deux composantes (zone de récupération et zone de gravité limitée) qualifieront les zones de sécurité.

La zone de récupération a plusieurs fonctions : la récupération du véhicule, l'évitement de collisions, l'arrêt d'urgence, etc. La largeur de la zone de récupération doit être suffisante, aucun obstacle ne doit s'y trouver, la zone de récupération doit être praticable/roulante, avoir une bonne adhérence et n'avoir aucune dénivellation brutale.

La zone de gravité limitée permet de réduire les conséquences d'une sortie de route. Elle doit être d'une largeur suffisante. Aucun obstacle agressif, non isolé ou non fragilisé ne doit se trouver dans la zone. Les pentes et la profondeur des fossés et talus doivent être réduites afin de limiter la dangerosité. Dans cette zone, l'utilisation de dispositifs de retenue routiers doit être réduite à son minimum.

Les dispositifs de retenue routiers permettent de maintenir les automobiles sur la chaussée lorsqu'elles sont en perdition, ils peuvent constituer des obstacles dangereux pour les DRM. On privilégiera la suppression, la fragilisation ou le déplacement des obstacles plutôt que l'emploi de ces dispositifs. S'ils sont mis en œuvre tout de même, les adapter pour qu'ils ne constituent pas des obstacles durs et agressifs pour les DRM (par exemple, mettre en place une lisse inférieure, utiliser des matériaux souples ou mous). Ces équipements sont à éviter en agglomération ainsi qu'autour des giratoires et aux abords des carrefours.

Les obstacles de toute nature doivent être supprimés ou éloignés de la chaussée. En effet, la notion de route qui pardonne implique qu'il ne doit pas y avoir d'obstacles dans la zone de récupération. Par ailleurs, s'il y a des obstacles dans la zone de sécurité, ceux-ci doivent être isolés ou fragilisés. En agglomération, la suppression ou le déplacement des obstacles est parfois plus difficile à mettre en œuvre, les objets routiers implantés sur la chaussée ayant en général une fonction utile. Lorsqu'on ne peut les supprimer, il s'agit de les limiter (regrouper la signalisation sur un seul poteau ou mat de candélabre) et d'essayer de les rendre moins agressifs.

#### **- Infra 5 : Virages, tracé, profil en long**

Les principaux facteurs accidentogènes en virages concernent pour l'infrastructure : les problèmes de lisibilité du virage (courbure imprévisible, rayons inégaux, etc.) et de visibilité. Les accidents en virage mettent également souvent en cause l'adoption d'une vitesse inadaptée du conducteur de DRM, la présence d'éléments ayant entraîné une sortie de chaussée du DRM (obstacle, rupture d'adhérence, etc.). On y relève aussi souvent l'absence

de possibilité d'effectuer une manœuvre de récupération du fait d'accotements non praticables, ainsi que la présence aggravante d'obstacles dans la zone de sécurité, ou de dispositifs de retenue non adaptés au DRM.

Les points-clés pour améliorer la sécurité des DRM en virage sont les suivants :

- Maintenir une bonne adhérence et un bon uni car les DRM sont sensibles au mauvais état de la chaussée. Une adhérence homogène est donc essentielle.
- Permettre une bonne lisibilité du virage ainsi qu'une bonne visibilité sur et dans le virage afin que l'utilisateur de DRM puisse adapter son allure et sa trajectoire.
- Respecter une bonne conception géométrique des virages (courbure, dévers, surface de la chaussée,...).
- Assurer une bonne signalisation des virages.

#### **- Infra 6 : Surface de chaussée**

Les défauts d'uni et d'adhérence favorisent les accidents, notamment si les sollicitations en freinage et en accélération sont élevées.

Lorsque la chaussée est en bon état, les usagers DRM peuvent assurer leur équilibre et optimiser ainsi leur freinage. Mais les DRM sont très sensibles à l'altération de la chaussée et aux variations de revêtements. Il convient de signaler correctement lorsque la chaussée est déformée, en attendant bien sûr de pouvoir résoudre le problème.

Les points critiques concernent notamment :

- Les tranchées.
- Les joints de chaussées et d'ouvrages d'art qui peuvent les déstabiliser les DRM, notamment dans les zones de contrainte (virage, freinage) ou dans l'axe de la chaussée.
- Rainurage/rabotage.
- Les gravillons. Les auteurs en référence conseillent de veiller à mettre en place un balisage en présignalisation et en position, d'utiliser la juste dose de gravillons et de balayer le surplus dès que possible.
- Les tampons de regards et plaque d'égout provoquent des risques de perte d'adhérence pour les DRM. Ils sont à ne pas implanter dans les zones de virage et de freinage. On leur préférera par ailleurs des dispositifs qui peuvent être revêtus.
- Les passages à niveau. Il s'agit de faire attention à l'angle d'attaque et à l'hétérogénéité des matériaux des matériaux utilisés. En agglomération, s'assurer que les rails ne dépassent pas le niveau de la chaussée ou du revêtement.

#### **- Infra 7 : Signalisation et balisage**

La signalisation participe activement à une meilleure lisibilité de la route. Les ouvrages en référence rappellent les règles générales de conception que sont

- L'uniformité. « L'uniformité implique l'interdiction d'utiliser, sur toutes les voiries, des signaux non réglementaires ». Il s'agit d'utiliser un langage unique, partagé par tous les usagers et bannir la signalisation « originale » pour faciliter la compréhension de la signalisation par les usagers. N'utiliser que des panneaux ou des marquages parfaitement codifiés.
- L'homogénéité. « L'homogénéité exige que, dans des conditions identiques, l'utilisateur rencontre des signaux de même valeur et de même portée, implantés suivant les mêmes règles ».

- La simplicité. Eviter la surabondance de signaux qui fatigue l'attention du conducteur, lequel tend alors à négliger les indications données.
- La continuité (pour les panneaux de direction). Assurer une continuité des directions signalées sur les routes importantes et toutes les autres routes pour limiter et éviter les comportements d'hésitation qui peuvent devenir une gêne pour les autres usagers (cas B.1.3.) ; et pour limiter et éviter la réalisation de tâches annexes comme lire une carte en conduisant ;

La signalisation ne doit pas être ambiguë, insuffisante ou trop abondante, ni apporter un « confort » qui n'est pas en rapport avec les caractéristiques géométriques de la route.

#### **- Infra 8 : Améliorer les conditions de circulation nocturne**

La diminution de la luminosité engendre des problèmes de visibilité mais modifie également les mécanismes de perception : réduction du champ de vision périphérique, réduction de la distance de fixation, augmentation du temps de fixation des objets, dégradation de la sensibilité à certains contrastes, de la résistance à l'éblouissement, de l'acuité visuelle, de l'estimation des distances. La réduction des vitesses permettrait de compenser ces problèmes.

Le balisage de points difficiles ou de certains endroits sur les voies non urbaines peut être conseillé pour en améliorer la perception nocturne. Mais il faut faire attention à ce que le confort que procure l'éclairage ne se fasse pas l'ennemi du bien, notamment en augmentant les vitesses. D'après la littérature, l'éclairage n'améliore pas systématiquement la sécurité. Il est notamment recommandé de ne pas éclairer les routes, autoroutes et carrefours situés en milieu rural. Par ailleurs, pour une meilleure lisibilité des entrées d'agglomération, il est préférable que l'éclairage reste une caractéristique clairement associée au milieu urbain.

En milieu urbain, l'éclairage doit rendre perceptible les DRM, éviter les zones d'ombres (même dans les abords de la voie).

**Tableau 22 : Grille des actions d'aménagement susceptibles de répondre aux besoins des conducteurs**

Infra 1	Visibilité et perception
Infra 2	Gestion de la vitesse
Infra 3	Aménagement des carrefours et accès
Infra 4	Abords de la voie
Infra 5	Virages, tracé, profil en long
Infra 6	Surface de chaussée
Infra 7	Signalisation et balisage
Infra 8	Améliorer les conditions de circulation nocturne

#### **4.1.3 Les aides à la conduite**

Certain dispositifs électroniques sont susceptibles d'aider les conducteurs de voiture comme de DRM dans les problèmes d'interaction qu'ils rencontrent dans les accidents mettant en

cause un problème de perception du DRM. Nous nous sommes appuyés sur les données issues des projets Européens TRACE (2008) et DaCoTa (2012) pour recenser les dispositifs susceptibles de répondre aux besoins des conducteurs concernés, tels qu'ils ressortent des difficultés qu'ils ont rencontrées dans les accidents étudiés.

#### **- BS (Blind Spot Detection) : Détection dans les angles morts**

Le système de surveillance par caméra détecte les autres véhicules circulant dans l'angle mort. Quand des véhicules entrent dans la zone surveillée un voyant d'avertissement s'allume près du rétroviseur extérieur. Les deux côtés du véhicule sont contrôlés de la même façon. Cet avertissement visuel donne au conducteur une indication claire qu'un autre véhicule approche.

#### **- CA (Collision Avoidance) : Evitement de collision**

Il s'agit d'un système de freinage autonome. Avec l'aide d'un radar, lidar et de caméras, cette technologie évalue activement l'environnement de conduite pour en identifier les dangers potentiels. Le système s'adresse particulièrement aux collisions par l'arrière, mais un véhicule venant en sens inverse activera également le dispositif. Le système commence par alerter le conducteur contre un risque de collision, puis va jusqu'à fournir un de soutien de freinage de différents niveaux: 1) l'amélioration de freinage du conducteur, 2) un freinage automatique partiel, 3) freinage automatique complet.

#### **- DRL (Daytime Running Light) : Feux de jour**

L'introduction de la règle d'éclairage des motos de jour a permis de faire régresser significativement le nombre d'accidents liés à leur détection. Mais il arrive que les conducteur deux-roues oublient de les mettre en marche, ce qui rend leur détection d'autant plus difficile. L'allumage automatique des feux de jours est donc considéré comme une aide parfois utile pour faciliter la détection des motos par les autres usagers de la route.

#### **- IC (Intersection Control) : Contrôle d'intersection**

Consiste en une fonction d'alerte du conducteur basée sur la communication avec les feux de circulation et de prévision de la trajectoire de tous les objets manoeuvrant sur l'intersection. L'aide permet la détection des usagers de la route sur une intersection ainsi que l'estimation d'une trajectoire de collision possible avec autrui. Un tel système prend tout son sens lorsque l'on considère que la tâche de prise d'information bilatérale en intersection est exigeante et jamais sans faille (on ne peut physiquement pas regarder des deux côtés en même temps...).

#### **- GPS (Global Positioning System) : Aide à la navigation**

Une aide à la navigation, si elle est correctement utilisée, peut éviter une trop forte focalisation du conducteur vers sa recherche directionnelle, ce qui se fait systématiquement au détriment de la détection des conflits de trafic possibles avec les autres usagers, et plus particulièrement encore envers les deux-roues du fait de leur plus faible détectabilité.

#### **- NV (Night vision) : Vision nocturne**

Le but du système est de permettre au conducteur de voir les animaux, les piétons et les deux-roues dans la nuit (parfois de mauvaises conditions météorologiques) mieux que ce qui est possible avec les phares conventionnels. Avec les feux de croisement, la visibilité du conducteur est réduite à environ 40 mètres la nuit. La plage de fonctionnement du système va dans une gamme de 150 mètres à 300 mètres.

**Tableau 23 : Grille des aides à la conduite susceptibles de répondre aux besoins des conducteurs**

- BS (Blind Spot Detection)	Détection dans les angles morts
- CA (Collision Avoidance)	Evitement de collision
- DRL (Daytime Running Light)	Feux de jour
- IC (Intersection Control)	Contrôle d'intersection
- GPS (Global Positioning System)	Aide à la navigation
- NV (Night vision)	Vision nocturne

#### ***4.2 Inscription du problème de perception des DRM dans les Configurations Accidentelles Récurrentes***

Les résultats de la tâche 3 du projet ANR-Prédit "2RM" (Van Elslande et al, 2008) ainsi que du volet 1 du projet COMPAR (Van Elslande et al, 2011) présentent l'ensemble des CAR identifiées dans les accidents mettant en cause un DRM. Dans les situations d'interaction, les CAR les plus fréquemment retrouvées (sur un échantillon de 2 000 Procès-Verbaux) sont :

- 2 situations dans lesquelles l'AU entre dans le flux de trafic
  - o A.1.2
  - o A.1.1
- 2 situations dans lesquelles l'AU sort du flux de trafic
  - o B.1.3
  - o B.1.1

Chacun des cas correspondant à ces configurations accidentelles a été analysé de manière approfondie sur la base des cas issus des EDA. Les données EDA nous permettent d'identifier avec précision les facteurs qui interviennent dans ces types d'accident mais aussi d'entrevoir les liens de causalité entre les facteurs qui conduisent au problème de perception du DRM et à la défaillance fonctionnelle des conducteurs. Cette représentation est construite selon une approche "système" du problème de perception des DRM qui prend en compte les interactions entre les différents composants du système. C'est dans cette optique que les solutions opérationnelles à ce problème doivent être envisagées. Le problème de perception du DRM n'est que très rarement expliqué par un seul facteur et, au contraire, met généralement en cause une combinaison de facteurs qui mène à l'accident. C'est un panel de solutions qui prend en compte le système et ses interactions qui permettra de répondre efficacement au problème de la détectabilité des DRM. Cette question fera plus opérationnellement l'objet du chapitre 4.

Pour chacune de ces CAR, nous avons tenté de replacer selon un certain décours temporel les facteurs intervenant dans le problème de perception, dans les défaillances des impliqués et dans leurs comportements.

Dans chaque représentation :

- La couleur bleue fait référence aux éléments de l'environnement ou de l'infrastructure intervenant dans le problème de perception du DRM.

- La couleur rouge renvoie à tous ce qui est en lien avec le conducteur confronté au DRM.
- La couleur verte représente tout ce qui est en lien avec le conducteur de DRM. On retrouvera d'une part les facteurs spécifiques au DRM pouvant intervenir dans le défaut perceptif, d'autre part, les facteurs explicatifs du comportement des DRM.

Pour chaque CAR, nous avons listé les éléments que l'on peut identifier dans ces configurations, mais bien évidemment tous ces facteurs ne sont pas systématiquement retrouvés dans tous les cas d'accident de la catégorie. Les facteurs ou défaillances représentés en gras sont les plus fréquemment identifiés. Il s'agit également des facteurs ayant généralement un impact déterminant sur le problème de perception.

### **Configuration Accidentelle A.1.2. (voir page 116)**

Cette configuration met en scène un AU non prioritaire souhaitant s'insérer dans une intersection. Cet AU ne détecte pas le DRM masqué par un élément fixe (haies, véhicule stationné, bâtiment, etc.). Naturellement, dans tous ces cas d'accident nous allons mettre en évidence une gêne à la visibilité liée à l'infrastructure ou à l'environnement, ou une gêne temporaire comme par exemple un véhicule stationné. Cependant, même si le masque est déterminant dans le problème de perception, il n'est jamais le seul élément en cause dans les accidents.

En effet, le conducteur confronté est souvent dans un état attentionnel qui n'est pas optimal. Alors que l'effort attentionnel devrait être renforcé dans une situation où l'accès à l'information est difficile, on observe que ce n'est pas le cas dans ces situations pour différentes raisons. Ces conducteurs confrontés sont tous dans des situations dans lesquelles leurs ressources attentionnelles sont détournées de la tâche de conduite (plongés dans leurs préoccupations, distraits par une partie de la situation, focalisés sur leur recherche directionnelle, etc.) ou se retrouvent surchargés cognitivement à cause par exemple d'une manœuvre complexe, d'un site compliqué, d'une information directionnelle obscure. Les conséquences de ces conflits attentionnels sont : soit une négligence des exigences de recherche d'information, soit une focalisation de la recherche sur une partie de la scène visuelle. Deux types de problèmes de perception peuvent ainsi être distingués :

- Des cas où les conducteurs sont centrés sur leurs objectifs du moment (recherche directionnelle, identification d'un risque, ...) et ne prennent leur information visuelle que sur une partie de la situation.
- Des cas où le conducteur prend son information de manière sommaire et, ne détectant pas le DRM, il se focalise sur une autre partie de la situation. En fonction des représentations que le conducteur développe vis-à-vis du réseau et de la vitesse des véhicules pouvant y circuler, il va attribuer une certaine durée (implicite) de validité à cette prise d'information. Ainsi, dans certains cas, le conducteur ne réitère pas sa prise d'information avant d'engager sa manœuvre en pensant que son information est toujours valide. Le problème se pose lorsque le DRM accélère fortement ou roule à des vitesses atypiques par rapport à un véhicule usuel et rend de ce fait l'information invalide dans le même temps.

A ces problèmes d'origine cognitive, vont s'ajouter des éléments caractéristiques au DRM. Ces facteurs vont soit conditionner un problème physique d'accès à l'information (DRM plus facilement masquable ou plus difficilement détectable), soit limiter la perception du DRM en perturbant les attentes du confronté.

Les conséquences de ce problème perceptif du point de vue du confronté sont une absence de détection du DRM. Le DRM n'est ainsi détecté (au mieux...) qu'au moment où le choc est imminent. On retrouve également des cas d'accident où les problèmes de visibilité contraignent les confrontés à engager des manœuvres "à l'aveugle" ou à s'avancer sur la voie du DRM pour prendre l'information.

Les conducteurs de DRM ne s'attendent pas à ce que l'autre entame une manœuvre qui pourrait interférer avec eux ou restent convaincus que l'autre va les voir et réguler la situation selon la règle et la logique. Ce que l'on constate dans les accidents, c'est que les conducteurs de DRM le plus souvent perçoivent la situation de conflit potentiel mais ne tentent aucune régulation et ne manifestent à aucun moment leur arrivée. Fortement attachés à leur statut de prioritaire, ils n'envisagent à aucun moment que l'autre puisse ne pas les voir. Dans certains cas, le comportement hésitant ou ambigu de l'AU est même interprété par le DRM comme la preuve que l'AU l'a vu et est en train de réguler la situation.

### **Configuration Accidentelle A.1.1 (voir page 117)**

Cette configuration se rapproche fortement de la précédente à la différence qu'elle ne met pas en cause de masque à la visibilité. Le problème d'attention du conducteur confronté prend d'autant plus de poids dans le problème de perception. La visibilité est dégagée et le DRM visible ; néanmoins le confronté ne le perçoit pas. On constate un nombre important d'accident du type "regardé mais pas vu" dans cette configuration. Comme précédemment, le conducteur soit néglige sa prise d'information, soit il n'explore qu'une partie de la scène.

Du côté du DRM, comme dans la CAR précédente, le DRM n'envisage à aucun moment l'interférence avec l'AU. Le DRM confiant dans le fait d'avoir été vu, fort de son sentiment de prioritaire et même parfois peu attentif à sa tâche de conduite ne se méfie pas du véhicule non prioritaire. On retrouve même un cas d'accident dans lequel le conducteur du DRM néglige totalement ce que se passe sur les axes non prioritaires et ne détecte l'AU qu'une fois que celui-ci est sur sa voie.

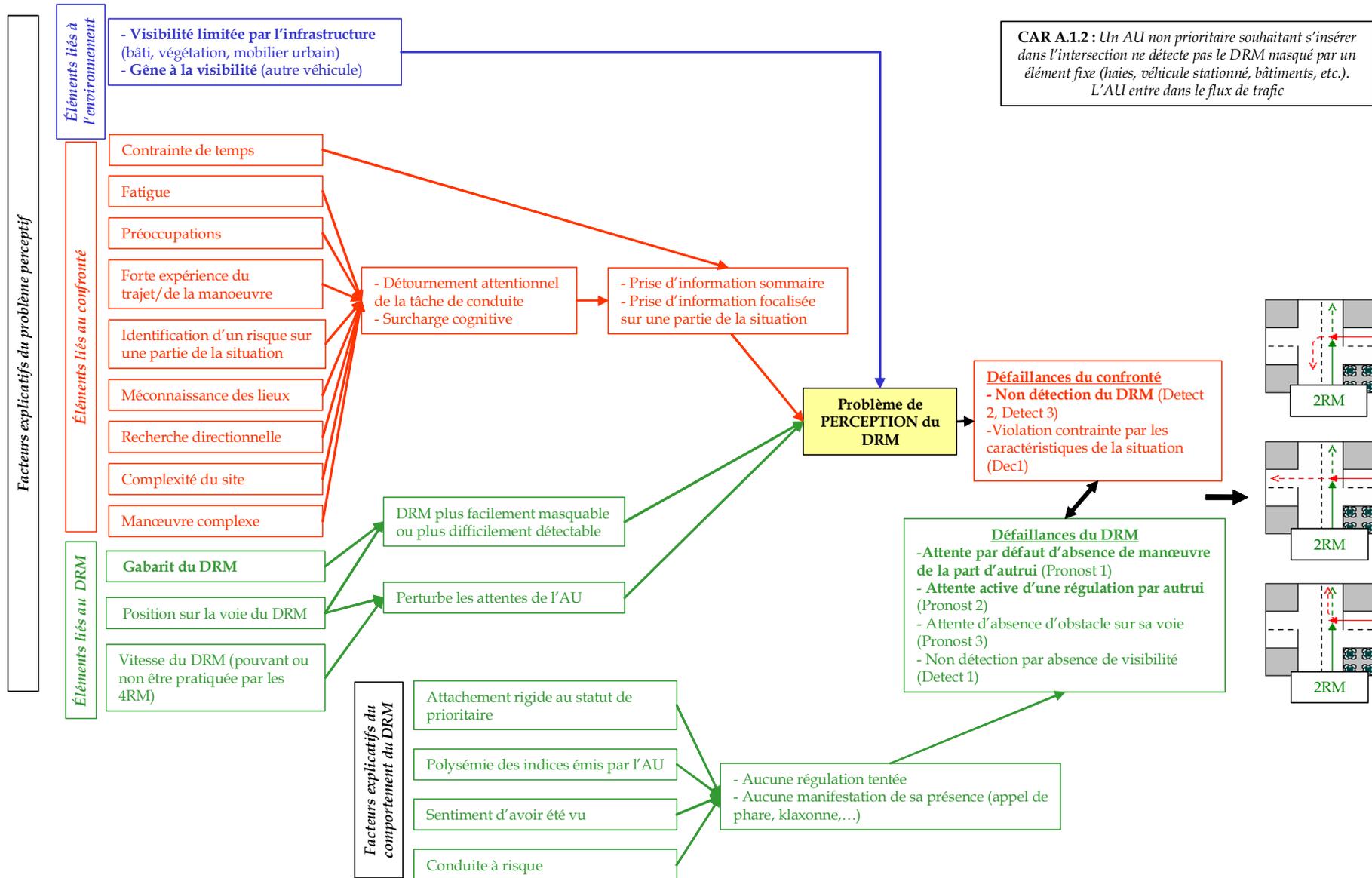
### **Configuration Accidentelle B.1.3 (voir page 118)**

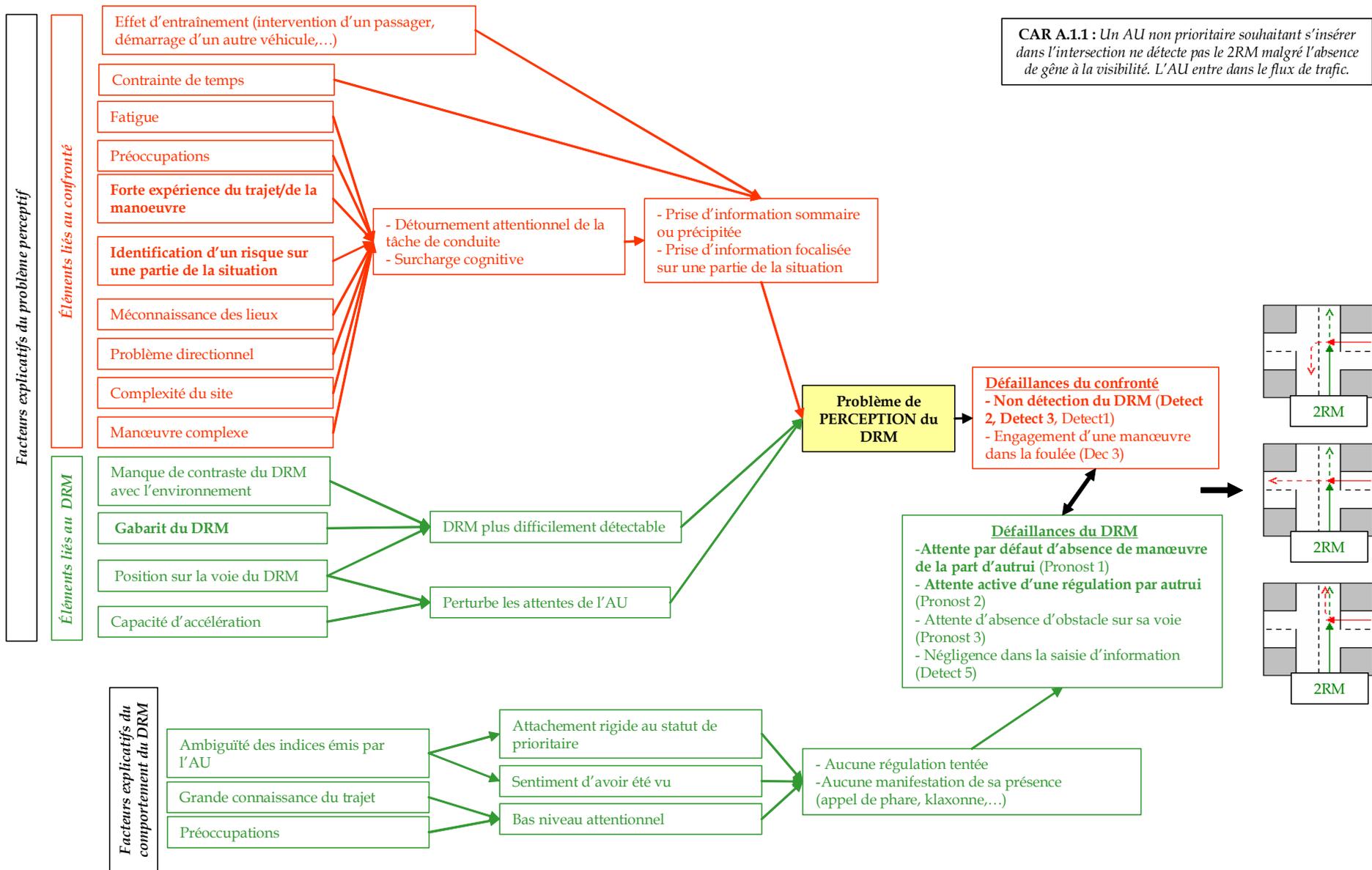
Dans B.1.3, une manœuvre de dépassement est engagée par le DRM, suite à l'incompréhension de la manœuvre que l'autre usager cherche à réaliser. Cette incompréhension est souvent provoquée par le caractère ambigu des indices émis par ce dernier, voire l'absence totale d'indices (par exemple, une bifurcation sans prévenir). Elle provient parfois d'une analyse sommaire de la situation par le DRM, par exemple en cherchant simplement à se soustraire d'une gêne provoquée par un véhicule plus lent au comportement hésitant. L'autre usager est le plus souvent en situation de recherche d'un lieu qu'il ne connaît pas, ce qui mobilise une grande part de ses ressources attentionnelles et oriente fortement sa recherche d'information. Ces éléments se combinant à la plus faible détectabilité des DRM, notamment par le jeu des "angles morts", le conducteur ne voit pas celui en amont de la manœuvre de tourne à gauche ou de demi-tour qu'il engage, parfois dans la foulée. Il percute ce faisant le DRM qui avait amorcé son dépassement.

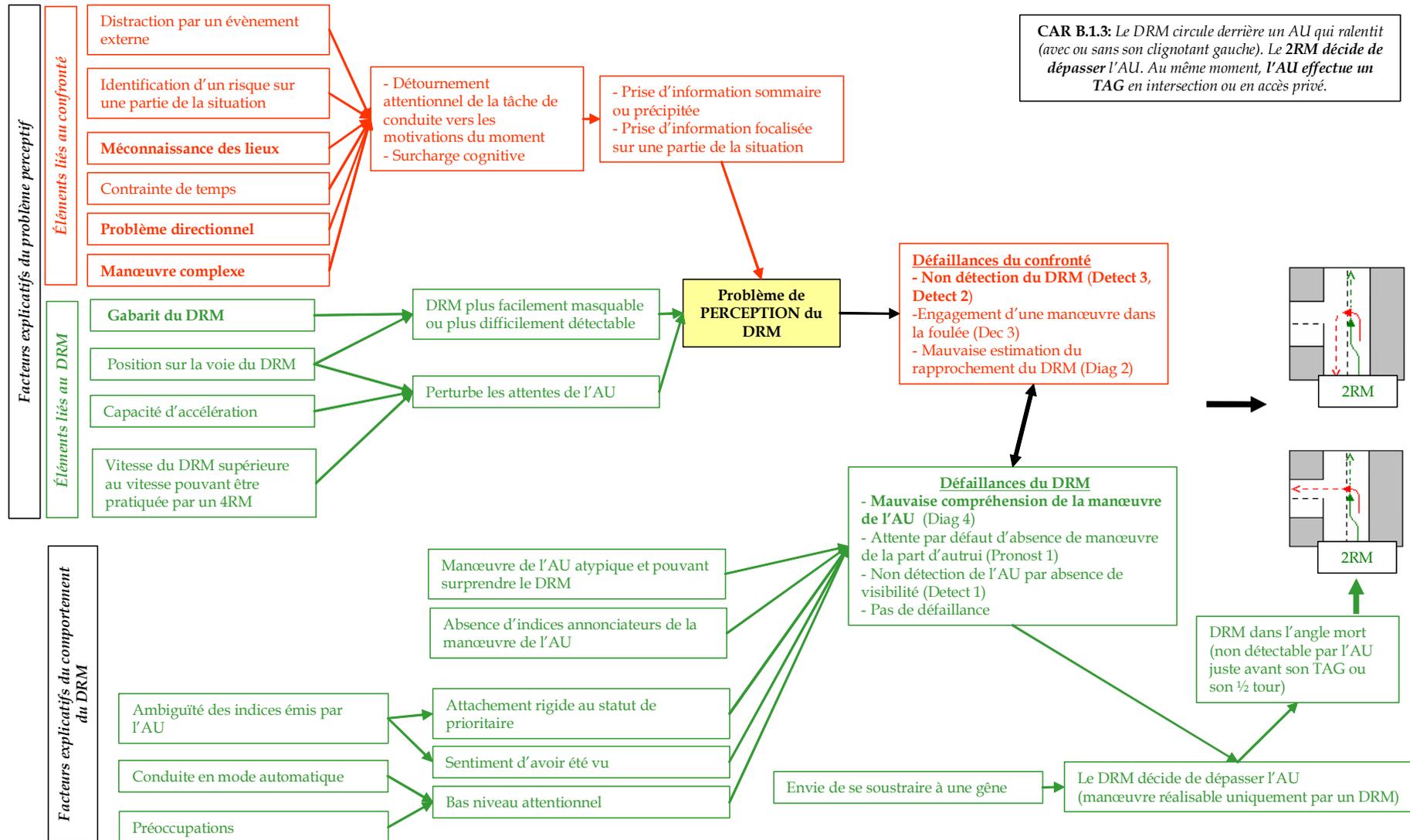
### **Configuration Accidentelle B.1.1 (voir page 119)**

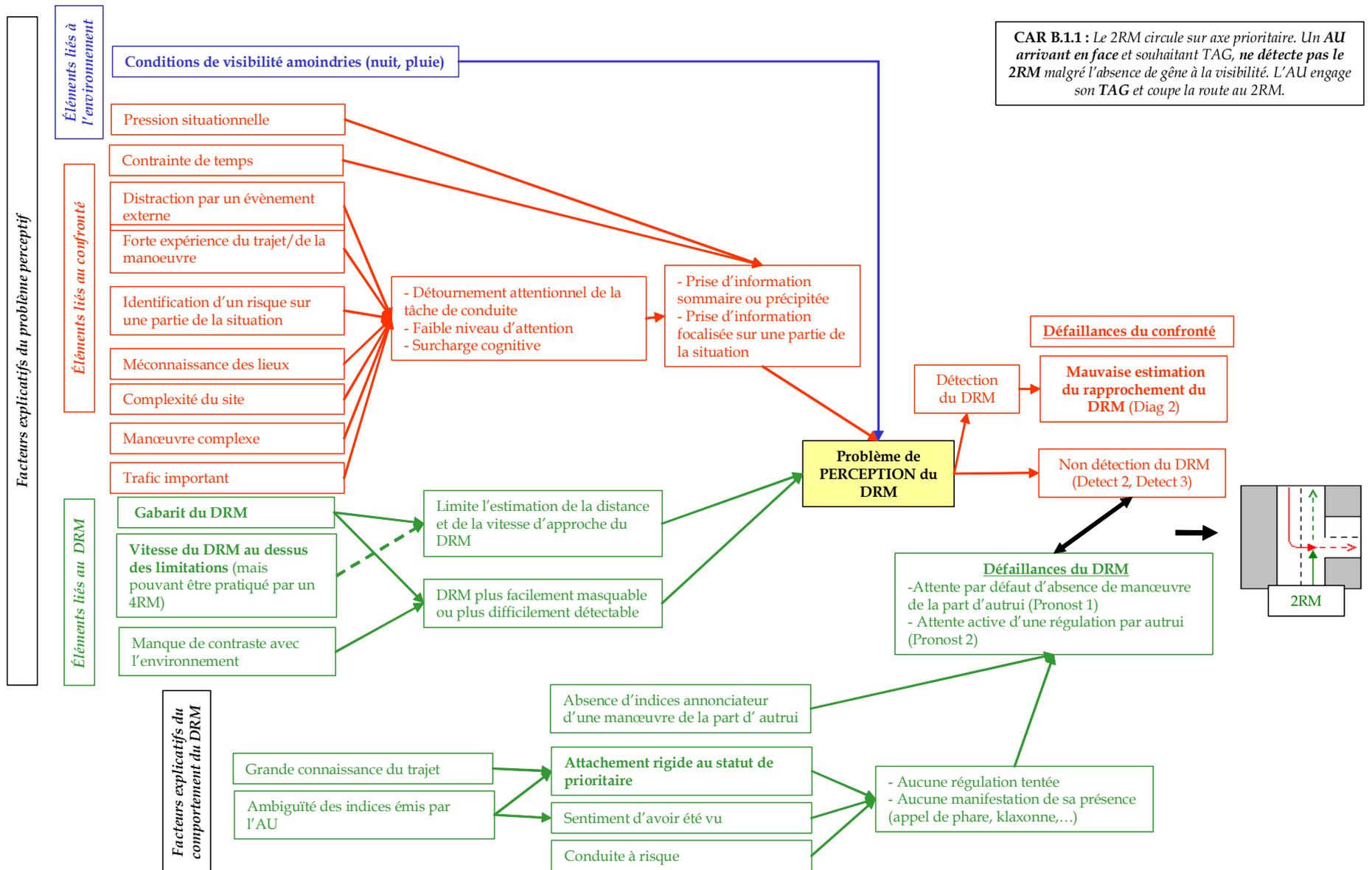
La dernière configuration typique des problèmes de perception de DRM fait état d'une situation *a priori* difficilement compréhensible dans laquelle un conducteur gère mal une interaction avec un DRM qui arrive en face de lui au moment où il s'apprête à tourner à gauche, ce qui l'amène à couper la trajectoire de ce dernier et provoquer ainsi un accident. Là

encore, on ne peut invoquer le rôle d'un masque à la visibilité. On identifie toutefois souvent des conditions environnementales de visibilité amoindrie, que ce soit en période nocturne ou par temps pluvieux. A ces conditions, s'associe toute une variété d'éléments qui vont favoriser le problème perceptif du conducteur. Elles correspondent aux caractéristiques de sa tâche (complexité du site, trafic dense, etc.), sa connaissance des lieux, ainsi qu'à des éléments caractérisant le DRM auxquels il est confronté. On relève notamment de façon récurrente une vitesse de ce dernier, supérieure à la vitesse en règle (sans toutefois atteindre des proportions hors norme comparativement aux autres véhicules). Ces différents éléments vont ainsi favoriser un problème de perception vis-à-vis du DRM, dont les conséquences vont se porter sur deux types de défaillances : tout d'abord la mauvaise évaluation du rapprochement du DRM (et donc de l'intervalle de temps disponible pour la manœuvre), mais également parfois la non détection du DRM avant l'engagement de la manœuvre. De son côté, le conducteur du DRM, étant persuadé d'avoir été vu et ne souhaitant pas céder son droit à la priorité, ne fait rien pour clarifier la situation ou pour prévenir sa dégradation possible.











### 4.3 Résultats : facteurs et contre-mesures pour les accidents impliquant un problème de perception des DRM par un autre usager

Les facteurs explicatifs du défaut de perception qualifient les principaux paramètres du contexte de conduite qui vont rendre compte du problème de perception du conducteur confronté au DRM. A l'image du caractère multicausal de l'accident, ces défauts de perception s'expliquent par un faisceau d'éléments qui peuvent être spécifiques aux caractéristiques des DRM ou non. Nous avons donc défini une liste de facteurs explicatifs pouvant entrer en jeu dans le problème de perception qui sont non spécifiques aux DRM. Ces facteurs peuvent être endogènes (en lien direct avec l'état du conducteur et ses conditions internes de réalisation de la tâche) ou exogènes (en lien avec l'infrastructure, le véhicule ou l'environnement).

Pour chaque configuration d'accident de type A.1.1, A.1.2, B.1.1, B.1.3 préalablement analysée pour déterminer les facteurs explicatifs à la fois du problème de perception du conducteur confronté et du problème de l'absence de régulation du conducteur DRM, nous avons tenté de déterminer les contre-mesures envisageables pour prévenir ce type d'accidents. Dans chacun des cas d'accidents qui composent les CAR sélectionnées nous avons associés en miroir de ces facteurs explicatifs les différentes contre-mesures, parmi celle qui ont été décrites au § 4.1 (formation, aménagement, aide à la conduite), qui permettraient de prévenir les accidents concernés. Encore une fois, ces contre-mesures s'adressent aussi bien aux conducteurs confrontés qu'aux conducteurs DRM.

Les tableaux 25 et 26 présentés ci-dessous donnent un récapitulatif des résultats de l'analyse accidentologique présentée au § 2.5 sur les facteurs explicatifs du problème de perception par les conducteurs confrontés à un DRM et sur les facteurs explicatifs de l'absence de régulation des conducteurs de DRM dans les accidents avec un confronté faisant l'objet d'un problème de perception. Ces éléments ayant déjà fait l'objet d'une présentation détaillée cours du deuxième chapitre, ils sont seulement présentés ici à titre de rappel. L'ensemble de ces éléments a été repris un à un de façon à définir les mesures susceptibles de les enrayer, tel que présenté à la suite.

**Tableau 24 : Facteurs explicatifs du problème de perception par les conducteurs confrontés à un DRM**

Facteurs explicatifs pour les conducteurs confrontés aux DRM	Configurations			
	A.1.1	A.1.2	B.1.1	B.1.3
Masque à la visibilité engendré par le véhicule (montants de l'habitacle, hauteur de siège non adaptée, angle mort...) pouvant limiter la détection d'un DRM	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%
Vigilance faible liée à la fatigue	18,2%	27,3%	0,0%	0,0%
Préoccupations	9,1%	18,2%	14,3%	0,0%
Accélération atypique du DRM	18,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Faible niveau d'attention (au sens psychologique de l'affectation des ressources attentionnelles à la tâche de conduite en général)	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%
Vitesse atypique du DRM (supérieure aux vitesses pouvant être pratiquées par des VL)	0,0%	27,3%	14,3%	16,7%
Distraction par un évènement externe (dans ou en dehors de l'habitacle)	0,0%	0,0%	28,6%	25,0%
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet	36,4%	9,1%	0,0%	0,0%

Dépassement atypique du DRM (là où VL ne pourrait pas le réaliser : à droite, en milieu de file, etc.)	9,1%	0,0%	0,0%	41,7%
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience de la manœuvre	18,2%	18,2%	28,6%	0,0%
Positionnement sur la voie du DRM (ex: très à droite ou très à gauche pouvant limiter sa détection lors de l'exploration)	18,2%	18,2%	0,0%	25,0%
Conduite en mode "automatique" : entraînant une recherche orientée en fonction des connaissances	9,1%	18,2%	14,3%	8,3%
Taille du DRM le rendant facilement masquable ou difficilement détectable	90,9%	72,7%	42,9%	33,3%
Taille du DRM limitant l'estimation de sa distance et de sa vitesse d'approche	9,1%	0,0%	42,9%	8,3%
Non allumage des feux ou feux insuffisant (DRM)	9,1%	18,2%	0,0%	0,0%
Méconnaissance des lieux	0,0%	36,4%	14,3%	16,7%
Manque de contraste entre le DRM et l'environnement	27,3%	0,0%	28,6%	0,0%
Gêne à la visibilité ponctuelle (soleil, autre véhicule...) limitant la détection d'un DRM alors qu'un véhicule plus gros aurait pu être détecté	9,1%	9,1%	14,3%	0,0%
Contrainte de temps globale (affectée au trajet)	0,0%	18,2%	14,3%	0,0%
Contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre)	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%
Problème directionnel (navigation)	0,0%	18,2%	0,0%	50,0%
Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (focalisation sur une composante partielle de la scène)	45,5%	27,3%	28,6%	16,7%
Visibilité limitée par l'infrastructure (bâti, végétal et mobilier urbain)	18,2%	63,6%	0,0%	0,0%
Complexité du site (intersection)	18,2%	27,3%	14,3%	8,3%
Manœuvre complexe (TAG, demi-tour, etc.)	18,2%	18,2%	28,6%	41,7%
Difficulté d'obtention d'un créneau de traversée ou d'insertion (densité, vitesse du trafic) = Trafic important	18,2%	0,0%	14,3%	0,0%
Pression situationnelle induisant une manœuvre précipitée	0,0%	9,1%	14,3%	0,0%
Gêne à la visibilité ponctuelle (soleil, autre véhicule...)	18,2%	27,3%	14,3%	8,3%
Longueur d'intervisibilité disponible faible	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%
Manœuvre d'autrui atypique ou pouvant surprendre l'utilisateur (même si manœuvre prévisible)	0,0%	0,0%	14,3%	8,3%
Conditions de visibilité amoindries (nuit, pluie)	9,1%	9,1%	42,9%	0,0%
Effet d'entraînement (ex: intervention d'un passager, démarrage d'un autre véhicule)	27,3%	9,1%	0,0%	8,3%
Vitesse excessive du DRM (au-dessus des limitations mais pouvant être pratiquées par des VL)	9,1%	27,3%	57,1%	8,3%
	11	11	7	12

**Tableau 25 : Facteurs explicatifs de l'absence de régulation des conducteurs de DRM dans les accidents avec un confronté faisant l'objet d'un problème de perception**

Facteurs explicatifs pour les conducteurs de DRM	Configurations			
	A.1.1	A.1.2	B.1.1	B.1.3
Non perception de la situation à risque	0,00%	10,00%	0,00%	8,33%
Sentiment d'avoir été vu ou qu'il va être vu	81,82%	30,00%	16,67%	16,67%
Préoccupations	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet	9,09%	20,00%	33,33%	16,67%
Conduite en mode "automatique" : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience de la manœuvre	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%
Faible expérience de la conduite (conducteur débutant)	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%
Conduite épisodique	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%
Attachement rigide au statut prioritaire (sentiment prioritaire)	90,91%	50,00%	83,33%	8,33%
Adoption d'une conduite à risque (ludique, test d'un véhicule, transgression,...)	0,00%	40,00%	16,67%	0,00%
Absence d'indices annonciateurs d'une manœuvre de la part d'autrui	0,00%	0,00%	16,67%	8,33%
Polysémie (ambiguïté) des indices émis par autrui	18,18%	30,00%	33,33%	50,00%
Manœuvre d'autrui atypique	0,00%	0,00%	0,00%	16,67%
Manœuvre d'autrui en contradiction avec la législation	0,00%	0,00%	0,00%	8,33%
Envie de se soustraire à une gêne	0,00%	10,00%	0,00%	41,67%
Défaut d'aménagement (intersection peu lisible, inadapté, mal éclairé, mal indiquée)	0,00%	10,00%	0,00%	0,00%
Effet d'entraînement	18,18%	10,00%	16,67%	8,33%
	11	10	6	12

En miroir des deux tableaux présentés ci-dessus qui rendent donc compte des facteurs à la fois pour le conducteur de DRM et pour son confronté, des facteurs qui contribuent à leurs accidents, les deux tableaux récapitulatifs présentés ci-dessous font état des différentes formes de mesures susceptibles de prévenir ces accidents qui constituent les configurations les plus fréquemment liées à un problème de détection des DRM par un autre usager de la route.

Les mesures proposées, qui concernent la formation des conducteurs, l'aménagement de l'infrastructure, et les aides à la conduite, s'adressent donc non seulement aux conducteurs confrontés aux DRM dans l'objectif de les préserver contre les difficultés perceptives dont ils sont sujets à l'égard des DRM. Mais elles s'adressent complémentaires aux conducteurs de DRM eux-mêmes dans la mesure où ils peuvent contribuer à prévenir les accidents de ce type même s'ils n'en sont pas les déclencheurs, notamment par une identification précoce des situations de trafic potentiellement conflictuelles et la mise en œuvre de comportements préventifs.

L'intérêt respectif des différentes mesures les plus appropriées est détaillé pour chacune des quatre configurations d'accidents les plus récurrentes. Ces configurations étant considérées indépendamment les unes des autres, il y aura nécessairement une certaine forme de redondance à la lecture, dans la mesure où certaines de ces contre-mesures concernent plusieurs configurations, voire l'ensemble d'entre elles.

Tableau 26 : Contre-mesures utiles pour les automobilistes confronté aux DRM

Contre-mesures automobilistes		Configurations			
		A.1.1	A.1.2	B.1.1	B.1.3
Code de la route	T	0.00%	0.00%	14.29%	8.33%
Sensibilisation aux dangers situationnels	T	45.45%	18.18%	42.86%	41.67%
Altération des réactions	T	54.55%	81.82%	57.14%	16.67%
Attitude et comportement	T	27.27%	0.00%	0.00%	25.00%
familiarisation avec le véhicule	M1	0.00%	0.00%	14.29%	0.00%
Intersection	I4	81.82%	90.91%	100.00%	83.33%
Anticipation	I7	0.00%	9.09%	0.00%	8.33%
Planification de trajet	I9	0.00%	18.18%	14.29%	33.33%
Visibilité et Perception	Infra1	45.45%	90.91%	14.29%	0.00%
Carrefour et Accès	Infra3	36.36%	63.64%	42.86%	33.33%
Signalisation et Balisage	Infra7	0.00%	18.18%	0.00%	50.00%
Circulation Nocturne	Infra8	9.09	9.09%	42.86%	0.00%
Blind spot detection	BP	0.00%	0.00%	0.00%	83.33%
Intersection control	IC	54.55%	90.91%	85.71%	0.00%
Night Vision	NV	0.00%	0.00%	28.57%	0.00%
GPS	GPS	0.00%	18.18%	0.00%	25.00%
Conception véhicule	CV	0.00%	0.00%	0.00%	8.33%

Tableau 27 : Contre-mesures utiles pour les conducteurs DRM

Contre-mesures DRM		Configurations			
		A.1.1	A.1.2	B.1.1	B.1.3
Code de la route	T1	0.0%	9.1%	0.0%	8.3%
Sensibilisation aux dangers	T4	81.8%	72.7%	85.7%	75.0%
Casque et vêtements adaptés	T5	9.1%	0.0%	14.3%	0.0%
Altération des capacités	T7	0.0%	0.0%	28.6%	8.3%
Attitude et comportement	T8	9.1%	45.5%	42.9%	16.7%
Vitesse, frein et direction	M3	18.2%	45.5%	71.4%	8.3%
Gestion des situations à risques	M6	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%
Positionnement dans le trafic	I1	18.2%	27.3%	0.0%	25.0%
Intersection	I4	72.7%	45.5%	57.1%	0.0%
Dépassement	I5	9.1%	9.1%	0.0%	83.3%
Anticipation	I7	36.4%	45.5%	57.1%	91.7%
Reprise en main du véhicule	RM	9.1%	0.0%	14.3%	0.0%
Visibilité perception	Infra1	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%
Vitesse	Infra2	27.3%	27.3%	28.6%	0.0%
Carrefour et Accès	Infra3	18.2%	27.3%	14.3%	0.0%
Signalisation et Balisage	Infra7	9.1%	0.0%	0.0%	8.3%
Collision Avoidance	CA	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%
Intersection control	IC	0.0%	9.1%	14.3%	0.0%
Daytime running light	DRL	9.1%	9.1%	0.0%	0.0%
Conception véhicule	CV	36.4%	45.5%	42.9%	8.3%
Contrôle des organes de sécurité	COS	9.1%	18.2%	0.0%	0.0%
Contrôle sanction	Sanct	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%

### 4.3.1 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle A.1.1.

Comme indiqué au chapitre 2, cette configuration d'accident met en scène un AU non prioritaire souhaitant s'insérer dans une intersection. Cet AU ne détecte pas le DRM, malgré l'absence de gêne à la visibilité, et s'insère dans le flux de trafic.

Dans cette situation, le problème de perception des DRM s'explique principalement par le manque d'attention que le conducteur confronté attribue à sa recherche d'informations. Le conducteur soit focalise son attention sur une partie de la scène visuelle (45.45%), soit néglige sa prise d'information par sur-expérience du trajet (36.36%), soit délègue plus ou moins explicitement à autrui la recherche d'information et donc la décision d'engager la manœuvre (effet d'entraînement, 27.27%).

Des facteurs spécifiques aux DRM viennent également expliquer le problème perceptif des confrontés, notamment le gabarit du DRM (90.91%) et le manque de contraste entre le DRM et l'environnement (27.27%).

Pour pallier cette configuration accidentogène, on préconisera plus particulièrement les mesures de prévention suivantes, tout d'abord en ce qui concerne les conducteurs confrontés aux DRM :

#### – La formation

- Un module de formation sur la prise d'information en Intersections (I4) serait potentiellement utile dans plus de 80% des cas qui composent cette configuration. Une mauvaise stratégie de recherche d'informations est identifiée comme facteur explicatif du problème de perception des DRM par les conducteurs confrontés. Pour éliminer ou limiter l'impact de ce facteur, un volet « intersection » à la formation des automobilistes dans lequel ils apprendraient à bien aborder et négocier une intersection et adopterait ainsi les bonnes stratégies de prise d'informations (prendre les informations nécessaires et complètes avant la réalisation de la manœuvre, intégrer la dimension "DRM" dans leur recherche active d'information).
- Un Module T7 Altérations des réactions (54.55%). Compte tenu des défaillances attentionnelles souvent contributives du au problème de perception des DRM, il serait utile de sensibiliser les conducteurs, pendant leur apprentissage, aux risques liés au détournement de l'attention vers une tâche annexe, aux dangers d'une trop grande focalisation vers un aspect de la scène visuelle ou encore aux effets de la conduite peu attentive, notamment vis-à-vis des DRM.
- Sensibilisation aux dangers situationnels (45.45%). Dans ce volet de formation, l'apprentissage des situations à risque permettrait aux conducteurs de développer des connaissances de ces situations afin qu'ils soient capables de bien les identifier lorsqu'ils y sont confrontés, mais aussi de les prévoir et de les gérer en déployant des stratégies défensives adaptées. Plus particulièrement, les automobilistes devront être sensibilisés aux problèmes de perception des DRM et des circonstances dans lesquelles ils se produisent afin de pouvoir développer des attentes adaptées à ces situations à risque.
- Attitudes et comportement (27.27%). L'effet d'entraînement est mis en évidence comme facteur explicatif du problème de perception des DRM dans certains cas relevant de cette configuration. Cet effet d'entraînement peut être plus ou moins décisif : allant de la conduite en file qui amène à déléguer implicitement à autrui le contrôle de la situation jusqu'à l'engagement d'une manœuvre sous la pression (parfois bienveillante !) d'autrui, mais il a comme conséquence une défaillance dans la stratégie de recherche d'information qui

sera particulièrement préjudiciable en cas de rencontre d'un DRM. La reconnaissance des risques liés à cet effet d'entraînement dans la formation permettrait aux conducteurs de moins s'y laisser prendre et de rester ainsi maître de ses décisions et du réglage temporel de ses actions.

- **Les systèmes d'aide à la conduite.**
  - Le système Intersection Control (IC) est estimé adapté pour aider le conducteur à détecter le DRM dans 54.55% des cas. Cette aide permet en effet de détecter un véhicule circulant sur une trajectoire transversale et de prédire la trajectoire de celui-ci. Elle semble tout à fait adaptée pour pallier un problème de perception du DRM par le conducteur confronté. Des limites à l'efficacité du dispositif sont toutefois envisageables, qu'elles soient liées à la capacité de détection par le système ou à un trop fort sentiment prioritaire du conducteur de DRM, expliquent que l'aide ne soit pas estimée efficace dans tous les cas.
- **L'aménagement.**
  - Visibilité et perception (45.45%). De bonnes conditions de visibilité et une amélioration des conditions de perception faciliteraient la tâche de recherche d'information des conducteurs dans près de la moitié des cas, en conséquence de quoi le DRM serait plus apte à être détecté.
  - Carrefours et accès (36.36%). L'aménagement des intersections peut faciliter la recherche d'informations. Pour cela, il faut éviter des intersections complexes surchargées en informations. Ainsi, les ressources attentionnelles du conducteur seront libérées et pourront être correctement allouées à leur prise d'information.

Du côté du DRM, on relève que souvent le conducteur n'envisage pas de réguler l'interférence avec l'AU jusqu'à ce qu'il soit trop tard, alors qu'il en avait la possibilité. Le conducteur de DRM fort de son sentiment prioritaire (90.91%) et confiant d'avoir été vu (81.82%) ne se méfie pas du véhicule en approche sur une voie non prioritaire.

Différentes mesures de prévention sont envisageables pour améliorer la situation :

- **La formation.**
  - Sensibilisation aux dangers situationnels (81.8%). La formation des motards pourrait intégrer l'apprentissage des situations à risque. Ceci leur permettrait de reconnaître lorsqu'une situation est potentiellement menaçante, d'apprendre à anticiper les comportements possibles des autres usagers et d'adapter leur comportement en conséquence. Par ailleurs, les futurs conducteurs de DRM devraient mieux sensibilisés au fait qu'ils sont moins visibles pour les autres usagers. Ils pourraient ainsi développer des comportements adaptés à ces situations à risque.
  - Intersection (72.7%). Le sentiment prioritaire et la certitude d'avoir été vu sont clairement identifiés comme facteurs explicatifs de l'absence de régulation. Au cours de leur formation, les jeunes motards devraient apprendre qu'avant de franchir une intersection, même sur laquelle ils sont prioritaires, ils doivent s'assurer que les autres usagers non prioritaires l'ont correctement perçu. En effet, ils devraient être sensibles au fait que, d'une part, leur statut prioritaire ne garantit pas leur sécurité et que, d'autre part, ce n'est pas parce qu'ils ont vu l'autre usager que ce dernier les a détecté.
  - Anticipation (36.4%). L'information sur le risque potentiel que représente certaines situations et la formation à l'anticipation pourraient être envisagés,

particulièrement pour les conducteurs de DRM qui sont plus vulnérables et plus difficilement visibles dans le trafic. En effet, ils apprendraient à se méfier du comportement atypique de certains usagers, notamment aux intersections, et développer des attentes et des stratégies de prélèvement d'informations de manière à identifier rapidement une situation potentiellement dangereuse.

- **L'amélioration de la conception du véhicule** (36.4%). Il s'agit ici des actions sur la conception du véhicule permettant de réduire les problèmes de conspécuité des DRM.
- **L'aménagement.**
  - Une meilleure gestion de la Vitesse (27.3%). Un aménagement amenant une modération des vitesses du DRM aux abords des carrefours permettrait une meilleure capacité de régulation face aux possibles conflits de trafic et harmoniserait ainsi les interactions entre DRM et automobilistes.

#### 4.3.2 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle A.1.2.

Dans cette configuration, un AU non prioritaire souhaite s'insérer dans une intersection. Cet AU ne détecte pas le DRM masqué par un élément fixe (haies, véhicule stationné, bâtiment, etc.).

Par définition, tous les cas d'accident qui correspondent à cette configuration mettent en cause une gêne à la visibilité liée à l'infrastructure ou l'environnement (63.64%), ou une gêne à la visibilité temporaire comme, par exemple, un véhicule stationné (27.27%). Cependant, même si le masque à la visibilité est déterminant dans le problème de perception, il n'est jamais le seul élément en cause dans les accidents. En effet, le conducteur confronté au DRM est souvent dans un état émotionnel, vigile ou attentionnel qui n'est pas optimal. Alors que l'effort attentionnel devrait être renforcé dans une situation où l'accès à l'information est difficile, on observe que ce n'est pas le cas dans ces situations, pour différentes raisons. Dans 27.27% des cas, les ressources attentionnelles du conducteur sont centrées sur l'identification d'un risque et donc ne se focalisent que sur une partie de la situation, ou sont altérées à cause de la fatigue. Dans certains cas, les conducteurs confrontés se retrouvent en situation de surcharge cognitive à cause d'une méconnaissance des lieux (36.36%) et/ou d'un site compliqué (27.27%). Ils sont ainsi sujet à une compétition d'attention entre la recherche directionnelle et la gestion des interactions de trafic.

A ces problèmes d'origine cognitive s'ajoutent des éléments caractéristiques aux DRM. Ces facteurs conditionnent un problème physique d'accès à l'information, tel que le gabarit du DRM (72.73%), ou limitent la perception du DRM en perturbant les attentes du confronté, notamment lorsque la vitesse du DRM est excessive (27.27%) ou non appropriée à la situation d'interaction (27.27%), et de ce fait surprennent le conducteur qui s'attend à des approches plus normées.

Certaines mesures de prévention adaptées à cette situation, peuvent être proposées pour l'automobiliste d'abord, puis pour le conducteur de DRM :

- **La formation.**
  - Intersection (90.91%). Dans ce volet de formation, les jeunes conducteurs apprendraient à négocier une intersection en toute sécurité. Ils apprendraient qu'il est essentiel de voir, de comprendre les règles de l'intersection, d'être vigilant et de prendre les informations complètes et nécessaires pour réaliser une manœuvre d'insertion en toute sécurité. Il s'agit notamment d'apprendre à prendre en compte une gêne à la visibilité et à redoubler d'effort perceptif lorsqu'on y est confronté.

- Altérations des réactions (81.82%). La sensibilisation aux effets délétères de la fatigue et aux problèmes d'attention sur la conduite permettrait aux jeunes conducteurs d'adopter un comportement plus sécuritaire du point de vue attentionnel : être et rester attentif, ne pas se laisser distraire, faire des pauses régulières pour se reposer. Il s'agit notamment de bien prendre conscience que même si l'on a le sentiment de maîtriser sa conduite, la fatigue augmente le risque d'erreur de détection.
- **Les systèmes d'aide à la conduite.**
  - IC (90.91%). Cette aide permet de détecter un véhicule circulant sur une trajectoire transversale et de prédire la trajectoire de celui-ci. Elle semble tout à fait adaptée pour pallier un problème de perception du DRM par le conducteur confronté, permettant en théorie de compenser les masques à la visibilité et les éventuels défauts d'attention qui en amplifient les effets.
- **L'aménagement.**
  - Visibilité et perception (90.91%). Il est évident que la signalisation, le trafic et les autres usagers ne doivent pas être masqués par la végétation, le mobilier urbain, la publicité et les stationnements. La signalisation elle-même ainsi que les balises et autres éléments d'aménagement ne doivent pas non plus perturber la perception des usagers, et notamment des DRM qui y sont plus sensibles que les véhicules de plus grand gabarit. L'aménagement routier et sa maintenance régulière (végétation) permettraient d'éviter les problèmes de détection qui vont tout particulièrement se reporter sur les DRM.
  - Carrefour et accès (63.64%). Plusieurs aménagements sont possibles pour prévenir les accidents de ce type. Tout ce qui peut constituer un masque à la visibilité doit être limité au plus possible sur les carrefours (le stationnement, le mobilier urbain, la signalisation, la publicité, la végétation, etc.), le triangle de visibilité doit être respecté et les voies (principales et secondaires) peuvent être orthogonalisées pour améliorer la visibilité réciproque entre les usagers. Ensuite, l'intersection ne doit pas être trop complexe et la signalisation ne doit pas être trop abondante de sorte que les conducteurs comprennent rapidement son fonctionnement sans être surchargés cognitivement. Enfin, l'aménagement de dispositifs modérateurs de vitesse au niveau de l'intersection permettrait aux conducteurs d'améliorer leur appréhension de la vitesse des DRM.

Du point de vue du DRM, on relève dans ces situations les conducteurs, alors même qu'ils perçoivent la situation de conflit, ne tentent aucune régulation. Fortement attachés à leur statut prioritaire (50%), ils n'envisagent à aucun moment que l'autre puisse ne pas les voir. Leur conduite est parfois empreinte d'une composante "prise de risque" (adoption d'une vitesse, élevée, recherche de performance, test de véhicule, etc.) qui contribue au refus de réguler la situation de conflit générée par l'autre usager (40%). Dans certains cas, le comportement ambigu de l'AU contribue fortement à la non régulation (30%). D'ailleurs, dans 30% des cas, le DRM est confiant dans le fait d'avoir été vu ou qu'il va être vu et qu'ainsi l'autre usager va réguler la situation.

Dans cette situation spécifique, les mesures de prévention qui sont envisageables sont les suivantes :

- **La formation.**
  - Sensibilisation aux dangers situationnels (72.7%). La formation des motards pourrait intégrer l'apprentissage des situations à risque spécifiques des

carrefours avec masque à la visibilité. Ceci leur permettrait de reconnaître lorsqu'une situation est potentiellement menaçante, d'apprendre à anticiper le comportement probable des autres usagers et d'adapter leur comportement en conséquence (faire en sorte d'être bien visible en se démarquant du trafic, ralentir par prévention en cas de doute, etc.). Par ailleurs, les futurs conducteurs de DRM devront être sensibilisés au fait qu'ils sont moins visibles pour les autres usagers et de la sorte plus aisément masquables par la moindre gêne à la visibilité.

- Attitude et comportement (45.5%). Ce volet de formation doit faire prendre conscience aux jeunes motards qu'ils sont les seuls à même de garantir leur propre sécurité et qu'ils ont pour cela la capacité de contrôler leurs actions et à procéder aux ajustements nécessaires, notamment de leur vitesse, aux conditions de circulation et aux difficultés d'aménagement rencontrées.
- Vitesse, frein et direction (45.5%). Un contrôle efficace du véhicule demande une adaptation aux conditions de trafic et d'infrastructure. C'est au cours de l'apprentissage de la maîtrise du DRM les conducteurs devaient être spécifiquement formés à la prévention des conduites à risque et aux ajustements nécessaires en fonctions des situations rencontrées sur la route en étant bien conscient des limites humaines en situation d'urgence.
- Intersection (45.5%). Comme dans la configuration précédente, le sentiment prioritaire et la certitude d'avoir été vu sont des facteurs explicatifs de l'absence de régulation. La formation des jeunes motards pourraient inclure dans le volet « Intersection » une sensibilisation au fait que leur statut prioritaire ne garantit pas leur sécurité et que ce n'est pas parce qu'ils ont vu les autres usagers que ces derniers les ont détectés. Ils apprendraient ainsi qu'ils doivent s'assurer que les autres usagers non prioritaires les ont correctement perçus avant de franchir une intersection, même sur laquelle ils sont prioritaires.
- Anticipation (45.5%). La formation sur le risque potentiel que représentent certaines situations et la formation à l'anticipation des événements potentiellement problématiques qui peuvent s'y dérouler mériterait d'être renforcée, particulièrement pour les conducteurs de DRM qui sont plus vulnérables et plus difficilement visibles dans le trafic. Ils apprendraient ainsi à se méfier du comportement atypique de certains usagers, notamment aux intersections, et à développer des attentes et des stratégies de prélèvement d'informations de manière à identifier rapidement une situation risquée.
- **L'amélioration de la conception du véhicule** (45.5%). Pour cette configuration comme pour la précédente, il faudrait agir sur la conception du véhicule pour réduire les problèmes de conspécuité des DRM.

#### 4.3.3 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle B.1.1.

Cette configuration fait état d'une situation a priori difficilement compréhensible dans laquelle l'AU gère mal son interaction avec le DRM qui arrive en face de lui au moment où il s'apprête à tourner à gauche, ce qui l'amène à couper la trajectoire de ce dernier et provoquer ainsi un accident.

Bien que le rôle d'un masque à la visibilité ne soit pas invoqué ici, des conditions environnementales de visibilité amoindrie sont identifiées, que ce soit en période nocturne ou par temps pluvieux (42.86%). A ces conditions, s'associe toute une variété d'éléments qui vont favoriser le problème perceptif du conducteur confronté. A nouveau, les ressources attentionnelles du conducteur sont détournées de la tâche de conduite (distraction externe :

28.57% ; identification d'un risque : 28.57%) ou trop peu mobilisées sur la tâche de conduite (sur-expérience de la manœuvre : 28.57%). On relève également des éléments caractérisant la tâche : complexité de la manœuvre qui demande de contrôler perceptivement de nombreuses sources d'information concurrentes (28.57%) ou le comportement du DRM auquel est confronté le conducteur. On note par exemple une vitesse de ce dernier, supérieure à la vitesse en règle (sans toutefois atteindre des proportions hors norme 57.14%), l'influence du gabarit qui le rend plus facilement masquable ou difficilement détectable (42.86%) ou qui rend difficile l'estimation de sa distance et de sa vitesse d'approche (42.86%) ainsi qu'un manque de contraste entre le DRM et l'environnement (28.57%).

Un certain nombre de mesures préventives pourraient être proposées pour cette configuration particulière pour les automobilistes et pour les conducteurs de DRM :

– **La formation.**

- Intersection (100%). L'insistance sur ces problèmes typiques serait spécifiquement utile pour ces cas d'accident. Dans un tel volet de formation, les jeunes conducteurs apprendraient à négocier une manœuvre de bifurcation avec plus de précaution et d'habileté perceptive. Ils apprendraient qu'il est essentiel de voir, de comprendre les règles de l'intersection, d'être vigilant et de prendre les informations complètes et nécessaires pour réaliser une manœuvre d'insertion en toute sécurité. Par ailleurs, pour faciliter la compréhension de leurs intentions par les autres, les jeunes conducteurs devront apprendre à donner des indications précoces, claires et cohérentes les unes avec les autres.
- Altération des réactions (57.14%). La sensibilisation aux effets dangereux de la fatigue et aux problèmes d'attention sur la conduite permettrait peut être aux jeunes conducteurs d'adopter un comportement plus sécuritaire du point de vue attentionnel : être et rester attentif, ne pas se laisser distraire, répartir opérationnellement sa prise d'information sur l'ensemble des éléments nécessaires contribuerait à diminuer ce risque d'accidents.
- Sensibilisation aux dangers situationnels (42.86%). L'apprentissage des risques liés aux situations de bifurcation en cisaillement de flux (tourner à gauche) permettrait aux conducteurs de développer des connaissances plus opérationnelles de ces situations afin qu'ils soient capables de les identifier mais aussi de les prévoir et de les gérer en déployant des stratégies défensives adaptées. Plus particulièrement, ils devront être sensibilisés aux problèmes de perception des DRM (faible gabarit, difficulté d'appréhension de la vitesse et du temps d'approche, manque de contraste avec l'environnement,...) afin qu'ils développent des attentes adaptées à ces situations à risque.

– **Les systèmes d'aide à la conduite.**

- IC (85.71%). Cette aide a pour fonction de détecter et prévoir la trajectoire de tout véhicule utilisant l'intersection. Elle semble le plus souvent appropriée pour compenser un problème de perception ou d'appréhension du DRM.
- NV (28.57%). Cette aide serait utile dans cette configuration pour détecter les DRM lorsque les conditions de visibilité sont amoindries, notamment la nuit.

– **L'aménagement.**

- Carrefour et accès (42.86%). Dans cette situation particulière, il pourrait être intéressant d'aménager des dispositifs modérateurs de vitesse avant et sur l'intersection afin que les conducteurs améliorent leur appréhension de la vitesse des DRM.

- Circulation nocturne (42.86%). En agglomération, un bon éclairage de l'intersection permettrait de faciliter la détection et l'appréhension des DRM.

De son côté, le conducteur du DRM, ayant tendance à trop s'appuyer sur un sentiment affirmé de la priorité (83.33%), ne fait rien pour clarifier la situation ou pour prévenir sa dégradation possible. Dans certains cas, ce comportement a pu être renforcé par une erreur d'interprétation du comportement de l'AU, en raison de la polysémie des indices émis (33.33%), ou par un manque d'attention, lié notamment à la sur-expérience du trajet (33.33%).

Plusieurs mesures de prévention semblent envisageables pour aider les conducteurs de DRM à ne pas se laisser piéger par l'erreur perceptive de l'autre conducteur :

– **La formation.**

- Sensibilisation aux dangers situationnels (85.7%). La formation des motards pourrait intégrer l'apprentissage des situations à risque. Ceci leur permettrait de reconnaître lorsqu'une situation est potentiellement menaçante, d'apprendre à anticiper le comportement probable des autres usagers et d'adapter leur comportement en conséquence pour éviter ou réduire le risque. Par ailleurs, les futurs conducteurs de DRM devront être sensibilisés au fait qu'ils sont moins visibles pour les autres usagers de sorte qu'ils développent des comportements adaptés à ces situations à risque.
  - Vitesse, frein et direction (71.4%). Une meilleure maîtrise des paramètres dynamiques du véhicule dans les situations potentiellement conflictuelles devrait amener les conducteurs de DRM à adopter un comportement plus adapté aux situations d'interaction délicate lors de la rencontre d'un véhicule qui s'apprête à tourner à gauche.
  - Positionnement dans le trafic (57.1%). Ce volet de formation permettrait aux jeunes motards d'apprendre que leur position sur la voie conditionne leur capacité à anticiper et conditionne leur plus ou moins bonne détection par les autres usagers. Ainsi, ils devront apprendre à être toujours en position de voir et d'être vu par les autres usagers, que leur vitesse d'approche ne soit pas surprenante, de regarder toujours loin et large, de rechercher toujours une issue sûre et de ne pas piéger les autres en surgissant du trafic par un dépassement soudain.
  - Anticipation (57.1%). L'information sur le risque potentiel des situations spécifique de tourner à gauche et la formation à l'anticipation des évolutions possibles des situations et des comportements à adopter pour y faire face pourraient être envisagés pour les conducteurs de DRM qui sont spécifiquement vulnérables et difficilement visibles dans cette configuration situationnelle. En effet, ils apprendraient à se méfier du comportement atypique ("inattendu") possible de certains usagers, notamment aux intersections, de manière à identifier rapidement une situation potentiellement dangereuse.
  - Attitude et comportement (42.9%). Ce volet de formation doit faire prendre conscience de manière plus générale aux jeunes motards qu'ils sont les seuls à même d'assurer leur sécurité et qu'un contrôle adapté de leurs actions et de leurs ajustements nécessaires de vitesse est une garantie supplémentaire d'évitement de conflits à l'origine d'accidents.
- **Amélioration de la conception du véhicule** (42.9%). Comme pour les autres configurations d'accidents, il faudrait agir sur la conception du véhicule pour réduire les problèmes de conspécuité des DRM.

#### 4.3.4 Contre-mesures adaptées à la Configuration Accidentelle B.1.3.

Dans cette dernière configuration typique des problèmes de perception de DRM, une manœuvre de dépassement est engagée par le DRM, suite à une compréhension erronée du comportement de l'autre usager qui consiste en l'engagement imminent d'une manœuvre de bifurcation à gauche.

Les conducteurs confrontés sont le plus souvent en situation de surcharge cognitive en lien notamment avec la difficulté intrinsèque de leur tâche qui consiste à simultanément surveiller le trafic qui vient d'en face, de l'arrière, de la gauche, de calculer la trajectoire à suivre et tout cela sous pression temporelle. Et de fait pour les usagers concernés, une grande part de leurs ressources attentionnelles était mobilisée et orientée vers la recherche d'information directionnelle (50%) ou vers une autre source de distraction externe (25%), auxquelles sont venues s'ajouter la complexité de la manœuvre (41.67%) et/ou la contrainte de temps situationnelle affectée à la manœuvre (33.33%). Ces éléments se combinent à la plus faible détectabilité des DRM, notamment aggravée par le jeu des « angles morts » (50%), la taille du DRM (33.33%) et sa position sur la voie (trop à droite ou trop à gauche ; 25%), et font que le conducteur ne voit pas le DRM en amont de la manœuvre de tourne à gauche ou de demi-tour qu'il engage. Par ailleurs, dans 41.67% des cas, les attentes du conducteur confronté sont perturbées par un comportement spécifique du DRM du type dépassement qu'un véhicule à quatre roues ne pourrait pas le réaliser, ce qui contribue à limiter la perception du DRM.

Différentes mesures de prévention adaptées à cette situation peuvent être envisagées :

– **La formation.**

- Intersection (83.33%). Dans cette configuration, les conducteurs sont souvent en situation de recherche d'information directionnelle et leur comportement est en conséquence hésitant et ambigu. La formation des conducteurs pourrait intégrer un volet « intersection » dans lequel ils apprendraient qu'il est essentiel de savoir où ils veulent aller pour donner aux autres usagers des indications précoces, claires et cohérentes. La compréhension de leurs intentions serait ainsi facilitée et ce type d'accident pourrait être évité. Par ailleurs, ce volet de formation permettrait aux futurs conducteurs d'apprendre à gérer plus efficacement les différentes étapes et sous-tâche inhérentes à cette manœuvre très complexe et d'adopter les bonnes stratégies de prise d'information, notamment en prenant au préalable l'ensemble des informations nécessaires et complètes avant la réalisation de la manœuvre, sans risque de se faire surprendre par un élément qui n'avait pas été envisagé.
- Sensibilisation aux dangers situationnels (41.67%). Dans ce volet de formation, l'apprentissage des risques potentiels liés à ces situations permettrait aux conducteurs de développer des connaissances sur les précautions à prendre en termes d'identification des indices problématiques et de procédures à suivre pour de les gérer efficacement en déployant des stratégies défensives adaptées. Plus particulièrement, les automobilistes devront être sensibilisés aux difficultés à percevoir des DRM notamment lorsqu'ils arrivent de l'arrière et qui peuvent malgré tout surgir à tout moment lors de la manœuvre.
- Planification de trajet (33.33%). Le détournement attentionnel lié à la recherche d'information directionnelle, les comportements d'hésitation et les manœuvres soudaines et inattendues pour les autres usagers peuvent être réduits voire évités grâce à ce volet de formation. Les conducteurs doivent être clairement informés des risques que représente la méconnaissance d'un

trajet, notamment lorsqu'une manœuvre est à entreprendre. Ils apprendraient alors qu'il est important de planifier ses trajets pour ne pas se retrouver dépendant de la signalisation routière qui peut parfois être insuffisante.

- Attitude et comportement (25%). Ce module de formation permettra d'insister sur la nécessité de mettre en œuvre un comportement clair, non ambigu et prévisible pour autrui. Il rappellera qu'en aucun cas une manœuvre ne doit être engagée par précipitation, sans qu'aient été prises au préalable toutes les précautions qui s'imposent vis-à-vis du trafic environnant.
- **Les systèmes d'aide à la conduite.**
- BS (83.33%). Cette aide permet de détecter un usager situé hors du champ visuel frontal, notamment dans les angles morts. Grâce au signal donné par cette aide, le conducteur pourrait évaluer si un changement de direction (TAG ou demi-tour) est réalisable en toute sécurité.
  - GPS (25%). En cas de méconnaissance du trajet, cette aide à la navigation peut être considérée comme un bon moyen d'éviter le détournement attentionnel du conducteur dans le cadre d'une recherche d'information directionnelle et les comportements de type hésitation ou précipitation qui s'ensuivent. Sous réserve bien sûr que cette aide fasse l'objet d'un usage bien approprié et ne constitue pas une source supplémentaire de distraction.
- **L'aménagement.**
- Signalisation et balisage (50%). Pour éviter que les conducteurs n'aient à détourner leur attention de leur activité de conduite principale qu'est la sécurité de leur interaction avec l'environnement de conduite pour rechercher des informations directionnelles et/ou réaliser une tâche annexe comme lire une carte routière, il est nécessaire d'assurer une certaine continuité des directions signalées, de donner les informations aux endroits les plus appropriés et de ne pas noyer ces renseignements essentiels au milieu d'informations parasites.
  - Carrefour et accès (33.33%). Dans cette situation, il serait intéressant que l'aménagement routier, plus particulièrement l'aménagement des intersections, facilite la perception des mouvements de TAG. Plusieurs aménagements sont possibles : réaliser un espace de dégagement sur la droite de la chaussée, réaliser une voie spécifique pour le TAG, implanter un giratoire ou un mini-giratoire. Une autre solution consiste à empêcher les dépassements aux intersections, notamment par l'implantation d'ilots ou de balises.

Quant au DRM, l'incompréhension de la manœuvre que l'AU cherche à réaliser est souvent provoquée par la polysémie, et donc le caractère ambigu, des indices émis par ce dernier (50%). Parfois, elle peut provenir d'une analyse sommaire de la situation par le DRM qui cherche simplement à se soustraire d'une gêne provoquée par un véhicule plus lent au comportement hésitant (41.67%), sans plus réfléchir aux éventualités possibles.

Différentes mesures de prévention sont envisageables à leur égard :

- **La formation.**
- Anticipation (91.7%). Il s'agit encore une fois ici d'enseigner aux conducteurs de DRM à envisager les différentes évolutions possibles des situations rencontrées et à anticiper le fait qu'ils puissent ne pas avoir été vus, et être prêts à réagir de façon adaptée en cas de déroulement imprévu de ces situations.

- Dépassement (83.3%). En relation avec le module précédent mais plus précisément orientée ici sur les différentes composantes de l'activité de dépassement par un deux-roues d'une ou de plusieurs voitures formation, il s'agirait d'apprendre aux jeunes motards à évoluer en toute sécurité au sein du trafic. Ils seraient sensibilisés au fait qu'ils doivent s'assurer d'avoir été vu par le conducteur du véhicule qu'ils souhaitent dépasser avant d'engager le dépassement et qu'ils ne doivent pas négliger la possibilité que le véhicule qu'ils dépassent déboîte ou change de direction.
- Sensibilisation aux dangers situationnels (75%). Toujours en lien avec les autres modules de formation, la connaissance des différents scénarios critiques qui risquent d'être rencontrés selon les circonstances serait une garantie pour ne pas se laisser surprendre par l'inattendu. La formation des motards pourrait intégrer l'apprentissage des situations à risque correspondant au dépassement d'un véhicule et les informations nécessaires à recueillir avant d'engager cette manœuvre. Ils seraient ainsi utilement formés à ne pas dépasser aux carrefours, à se méfier des aires de stationnement, à ne pas prendre de décisions trop rapides, etc.

Rien concernant les aides à la conduite n'est identifiable dans cette configuration. S'agissant de l'aménagement de l'infrastructure, le module Carrefour et accès affecté à l'autre usager (voir plus haut) les concerne bien sûr également en partie : si la manœuvre de dépassement est rendue impossible aux intersections, les conducteurs de DRM ne seront de fait plus concernés par ce risque situationnel.

#### **4.3.1 Ebauche d'un outil pédagogique s'adressant aux problèmes de perception des DRM**

De façon à conclure le projet PERCEPT sur une note encore plus opérationnelle, nous proposons dans cette dernière section une ébauche de ce qui pourrait constituer un outil pédagogique tirant parti de l'analyse accidentologique approfondie pour enseigner aux conducteurs à identifier précocement les situations critiques correspondant aux configurations accidentelles qui mettent le plus souvent en jeu un problème de perception des DRM.

Le principe de cet outil consiste à sélectionner une série d'études détaillées d'accidents bien illustratives des différentes configurations situationnelles dans lesquelles les conducteurs sont confrontés à ce type de difficulté et de les restituer en image de synthèse de façon à rendre compte de la nature des problèmes, des circonstances dans lesquelles ils peuvent survenir et des facteurs qui y contribuent.

L'objectif pédagogique est donc ici bien orienté vers la compréhension des mécanismes accidentels et se démarque par conséquent d'un apprentissage à orientation "légaliste", tel qu'il peut être plus traditionnellement pratiqué en auto-école. Il ne s'agit pas d'apprendre à l'élève à définir qui a tort ou raison, qui est responsable ou non, mais d'identifier quels sont les indices précurseurs des situations potentiellement accidentogènes de manière à s'en prémunir le plus efficacement possible par des comportements et des modes de régulation adaptés.

Rappelons que les objectifs pédagogiques de ces reconstructions de scénarios d'accidents concernent aussi bien les conducteurs de DRM que les autres usagers qui y sont confrontés. En effet l'analyse accidentologique réalisée en première partie a clairement montré qu'indépendamment de la question de la responsabilité, les protagonistes d'un accident avaient souvent une certaine participation au fait que la situation se dégrade, ne serait-ce que

par absence de précaution particulière, en négligence parfois d'indices d'alerte. Il est donc essentiel que l'ensemble des protagonistes puissent disposer des connaissances qui leur permettront non seulement de commettre moins d'erreurs, mais également de parvenir à contrôler, maîtriser, les erreurs des autres.

Sur la base des configurations accidentelles identifiées dans l'analyse accidentologique, cinq scénarios d'accidents ont été retenus pour illustrer la diversité des situations dans lesquelles peuvent s'exercer les problèmes de détection des deux-roues motorisés. Il s'agit de :

- L'engagement d'une traversée d'intersection par un VL avec DRM sur la voie principale
- Le tourner à gauche d'un VL avec DRM en dépassement
- Le changement de file d'un VL avec DRM en dépassement
- Le tourner à gauche d'un VL avec un DRM en sens inverse
- Le franchissement d'un passage piéton avec DRM en approche

Sont présentés ci-après les EDA sélectionnées, ainsi qu'une ébauche de ce que pourraient être les informations données à l'issue des séquences reconstituées de ces EDA. Signalons que les figures présentées à l'issue de chaque étude de cas nous ont été fournies par l'Association Prévention Routière dans le cadre de l'outil pédagogique "Motoprev", en cours de conception, qui vise plus largement l'ensemble des problèmes liés à la conduite moto. Cet outil constituera, pour les séquences mettant en cause un problème perceptif, une valorisation très intéressante des résultats du projet Percept d'un point de vue opérationnel d'application des résultats de recherche à des fins d'amélioration de la sécurité routière.

### **Reconstruction du cas n°1 : l'engagement d'une traversée d'intersection**

Une lundi d'octobre, vers 13h et par beau temps, le conducteur d'une Kangoo, Monsieur X quitte son domicile par la D6 pour s'engager sur la N01 en direction de P. Le conducteur approche le carrefour de la N012 sur lequel il doit effectuer une manœuvre de bifurcation à gauche. Il s'agit d'un carrefour en croix réglementé par un Panneau Stop dans son sens.

La N012 comporte à cet endroit 3 voies dont 2 affectée au flux de trafic qui vient de la gauche du conducteur de la Kangoo et 1 pour le flux de trafic dans lequel il souhaite s'engager. Outre le fait qu'il s'agit d'une infrastructure large (plus de 12 mètres de traversée, l'aménagement du carrefour présente le défaut de n'offrir qu'une visibilité limitée à 160 mètres sur la droite du fait du profil en travers (légère côte) qui ne permet de découvrir que tardivement les véhicules qui proviennent de cette direction. par l'infrastructure. Par ailleurs, le trafic circulant sur cette artère est souvent rapide et intense, ce qui peut générer certaines difficultés d'obtention d'un créneau de traversée ou d'insertion.

Habitué des lieux, Monsieur connaît bien cette difficulté, il a plusieurs fois eut à subir des appels de phares de véhicules qui surgissaient au moment où il s'engageait. Il est donc très attentif à cette difficulté.

Deux motos qui se suivent, arrivent au loin de la gauche de Monsieur X sur l'axe prioritaire et se dirigent tout droit. Elles circulent sur la voie de droite affectée à leur sens (comme en atteste la position des traces de freinage). Les motards sont des amis qui profitent du beau temps pour faire une balade. Ils ne se déclarent pas spécialement pressés par le temps, mais roulaient "pour le fun", se dépassant régulièrement l'un l'autre. Ils approchent à une vitesse légèrement supérieure à la limitation.

Monsieur X a réalisé une première prise d'information sur la gauche sans voir les motos qui se trouvaient probablement en dehors ou en limite de son champ de vision à ce moment-là, malgré une visibilité de l'ordre de 300 mètres. Il semble qu'ensuite le conducteur de la Kangoo ait focalisé sa recherche d'information sur le point de l'infrastructure qu'il juge

dangereux, à droite donc, puis avoir engagé sa manœuvre tout en continuant à regarder dans cette direction jusqu'au dernier moment, sans avoir renouvelé sa prise d'information à gauche, n'imaginant pas que sa recherche initiale puisse être périmée

Mr X engage donc sa manœuvre sans avoir détecté la présence des motos. Le motard qui est en tête voit le conducteur de la Kangoo qui regarde dans l'autre direction et se méfie juste à temps, réalisant un brusque écart de trajectoire quand il voit la voiture se mettre en mouvement juste devant lui. Ce n'est qu'une fois engagé sur l'axe prioritaire que Monsieur XI détecte la première moto lorsque celle-ci passe devant le capot de sa voiture. Lorsqu'il tourne la tête sur la gauche, Mr X aperçoit alors le deuxième motard débouchant de la même direction. Celui-ci, surpris de voir la Kangoo s'insérer soudain sur leur voie de circulation, freine en urgence sur 9.5 mètres sans pouvoir éviter un choc frontal.

Le motard percute la Kangoo à hauteur de l'aile avant gauche et est éjecté à 10 mètres du point de choc.

Casqué, le jeune motard sera très grièvement blessé. Le conducteur de la Kangoo, ceinturé, sortira quant à lui indemne de l'accident.

La reconstruction du cas d'accident pourra se conclure sur les informations suivantes, utiles pour chacun des conducteurs :



Figure 30 : Explications relatives à la reconstruction du cas d'accident n° 1

**Reconstruction du cas n°2 : Le tourner à gauche d'un VL avec DRM en dépassement**

Mme X circule à faible vitesse, la circulation est chargée sur le boulevard. La vitesse est limitée à 50km/h, la chaussée permet de circuler sans problème à cette vitesse. Aux heures de grande circulation, le trafic crée des bouchons à cet endroit, les vitesses sont alors très réduites. Quand elle arrive à l'intersection de l'accident, Mme X observe l'arrière dans son rétroviseur central mais ne perçoit rien de particulier. A ce niveau, la ligne blanche continue s'interrompt momentanément pour autoriser les usagers à effectuer un tourne à gauche vers la rue "C..." . Mme X a l'intention d'effectuer une telle manœuvre, elle a mis son clignotant. Elle s'arrête et laisse passer un premier véhicule circulant dans le sens opposé au sien sur le boulevard "N..." et perçoit un peu plus loin derrière (200m de visibilité environ) un fourgon qui s'approche doucement "j'ai vu il a mis son clignotant... pour tourner au même endroit, lui sur sa droite". Mme X n'a pas l'intention de patienter, elle observe le comportement du fourgon "il a réduit son allure, j'ai dit c'est pas la peine d'attendre... " .

Mme X engage sa manœuvre de tourne à gauche "tout doucement j'étais en première". La Renault Laguna est en travers de la voie attribuée aux véhicules circulant dans le sens opposé, lorsqu'elle est percutée à l'avant gauche, en choc de type side swipe par une moto Kawasaki ("c'est incroyable, pourtant on avait les vitres fermées, la bombe qu'il a fait... " .

M Y, âgé de 19 ans, est passionné de deux roues, il le pratique depuis l'enfance (en motocross). Il est titulaire du permis de conduire A depuis 10 mois. Il a acheté la Kawasaki il y a 9 mois. C'est une motocyclette de type roadster basique de couleur vert, dotée d'un moteur de 649 cm<sup>3</sup> atmosphérique à injection.

M Y quitte son domicile et se trouve confronté à une file ininterrompue de véhicules qui circulent à très faible allure ("au pas"). M Y patiente quelques minutes derrière un véhicule, puis, avant une courbe à gauche, décide d'effectuer une remontée de file. M X se représente la voie de circulation comme étant suffisamment large pour y accueillir une voiture et une motocyclette de front. Il adopte une stratégie assez spécifique pour effectuer la remontée de file ("je remonte voiture par voiture... "). Après avoir dépassé chaque véhicule, M Y replace sa motocyclette au centre de la voie "je me rabats". Cette stratégie lui permet de reprendre de l'information en face entre chaque véhicule dépassé " ... j'attends je regarde, hop, c'est bon, je recommence... ". Il réitère ce comportement ("la voiture elle avance et moi je m'enfile derrière elle") jusqu'à avoir effectué le dépassement d'une dizaine de véhicules ("en tant que conducteur de moto je remonte la file, normal"). Durant cette remontée de file, M Y déclare être très attentif " ... ils me voient pas forcément, donc il faut faire super gaffe aux autres". M X atteint ensuite l'arrière de la Renault Laguna, il adopte sa stratégie classique d'observation de la conductrice "elle bougeait pas, elle discutait pas dans la voiture... elle avait l'air tout à fait normale". Après avoir perçu le fourgon municipal dans l'autre sens de circulation au loin, il prend sa décision " ... je vais dépasser et puis ça roulait pas... ". A ce moment-là, la file de véhicules est à l'arrêt. Il amorce le dépassement de la Renault Laguna " ... à la hauteur de sa roue avant... ". Il est alors surpris par le comportement de la conductrice qu'il n'avait pas anticipé " ... quand elle a tourné j'étais à son rétroviseur, j'ai dit : putain elle tourne... ". M Y n'a pas de temps pour réagir. La Kawasaki percute du côté droit, en choc de type side-swipe la Renault Laguna " ... elle m'a attrapé en plein milieu de la moto... ". La jambe droite du motocycliste est alors heurtée " ... du coup ça m'a projeté sur la gauche... ". M Y chute sur le sol, à droite de la chaussée.

Casqué, M Y sera légèrement blessé est transporté aux urgences.



Figure 31 : Explications relatives la reconstruction du cas d'accident n° 2

### Reconstruction du cas n°3 : Le changement de voie d'un VL avec DRM en dépassement

En mai, aux alentours de 16 h, M X circule dans le centre-ville de "B..." à bord d'une Xantia. Il est accompagné de sa femme. Tous deux se rendent chez des amis qui habitent la ville. Ils sont venus quelquefois mais ne connaissent pas très bien le trajet.

Le boulevard sur lequel ils circulent constitue une artère importante, très roulante, composée de 3 voies en sens unique. La chaussée est large de 8,5 m, elle est limitée de part et d'autre par des aires de stationnement en alternance avec des platanes puis par des trottoirs.

M X circule sur la voie de droite et cherche sa direction, assisté de son épouse. En approche d'une intersection, ils se rendent compte qu'ils ne sont pas du bon côté du boulevard. Le conducteur regarde dans son rétroviseur gauche et voit le flot de voitures s'arrêter aux feux régulant l'intersection avec l'avenue "P..." qu'il vient de traverser. Pour M X, cela signifie que le feu vient de passer au rouge et qu'il donc a le temps de déboîter avant qu'un autre flot de voitures ne se présente. Il met son clignotant à gauche et traverse les 2 voies.

Le jeune Y circule sur sa moto, une Yamaha Fazer. Il rejoint sa chambre d'étudiant après une course en ville. Il a suivi le boulevard "R..." depuis son début avec un même flot de voitures. Connaissant très bien les lieux et le rythme d'apparition des feux verts, il s'arrange pour rouler plus lentement que les véhicules de tête de façon à arriver au niveau des feux au moment où ils vont passer au vert. Ainsi, il n'a pas besoin de s'arrêter. Quand il arrive au niveau du feu régulant l'intersection avec l'avenue "P...", celui-ci est au rouge et des véhicules sont arrêtés. Il passe à gauche des voitures anticipant le passage imminent au vert). Il voit la Xantia de M X sur la voie de droite avec son clignotant vers la gauche puis

commencer à se déplacer sur la gauche. Mais le jeune Y ne s'inquiète pas. Pour lui, M X, gêné par une voiture stationnée devant lui, cherche à se mettre sur la voie du milieu.

Quand il prend conscience que M X traverse toutes les voies pour tourner à l'intersection qui suit, il freine (pas de traces relevées), puis conscient que la collision est inévitable, il cherche alors à l'éviter par la gauche ou à défaut la toucher le plus à l'avant possible. Le jeune Y percute la Xantia au niveau du pneu avant gauche. Sa moto s'immobilisera sur le côté droit, sur le bord gauche de la chaussée, à 4 mètres du point de choc. M X, qui n'a jamais vu la moto arriver, entend le choc et s'immobilise immédiatement.

Casqué, le jeune motard sera légèrement blessé dans l'accident. M X, ceinturé s'en sortira indemne.

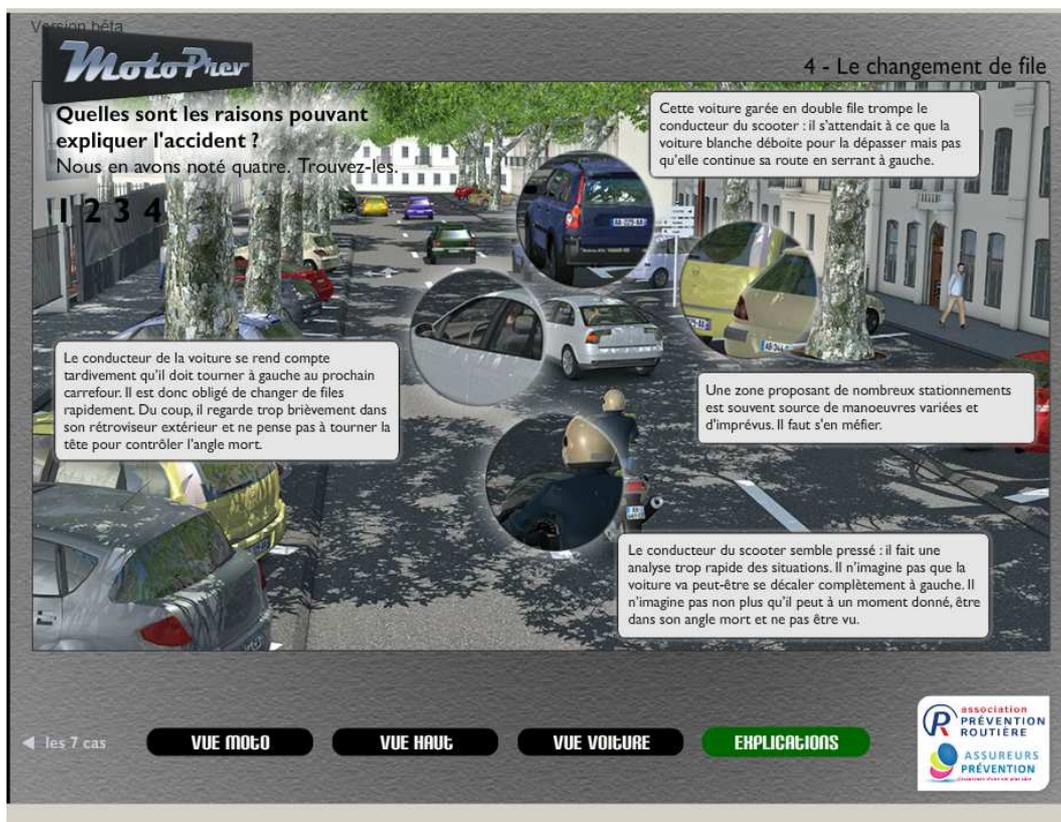


Figure 32 : Explications relatives à la reconstruction du cas d'accident n° 3

#### Reconstruction du cas n°4 : Le tourner à gauche d'un VL avec un DRM en sens inverse

Un jour de mai, vers 13 h et M X circule sur sa Suzuki 1200 Bandit dans l'agglomération. Il est rentré chez lui pour déjeuner et retourne sur son lieu de travail. Il circule sur l'avenue "R...", une artère urbaine assez fréquentée dans un environnement urbain d'activité commerciale. M X connaît les lieux "par cœur", il circule "un peu plus vite que la limitation, comme d'habitude" (la reconstruction du cas laisse estimer une vitesse de l'ordre de 85 km/h...) lorsqu'il aborde une large courbe à gauche (L=140 m, R=400m). La chaussée de 7m de large est à 2 voies, double sens de circulation. Ces voies sont séparées par une ligne continue. L'accotement à gauche est de type trottoir sur une largeur de 3m. L'accotement droit fait office de stationnement pour les nombreux automobilistes fréquentant les commerces avoisinants.

Mme Y est américaine. Elle séjourne en France depuis la veille et a loué pour l'occasion une Saxo à boîte de vitesse automatique. Arrivant de la périphérie de la ville, elle circule sur l'avenue "R..." en sens contraire de M X, en direction du centre. Elle a l'intention d'acheter des fruits et décide de tourner à gauche pour se garer juste à côté du magasin qu'elle a aperçu. Elle se décrit comme une automobiliste plutôt lente. Elle déclare s'arrêter en mettant son clignotant vers la gauche. Elle regarde devant elle et ne voit aucun véhicule arriver. Elle commence alors à traverser, "assez doucement" pour pouvoir se garer.

M X aperçoit la saxo au moment où elle franchit la ligne séparatrice des voies. En même temps, il a l'impression que la saxo a ralenti. Il en déduit qu'il a peut-être été vu et que la saxo va s'arrêter. Mais il se rend vite compte que la situation ne se résoudra pas ainsi, et il commence à freiner fort (il laissera des traces freinage avec sa roue arrière sur 20m). La moto percute néanmoins la saxo au niveau de la portière avant droite. Son arrière se soulève, pivote vers la gauche et vient percuter l'aile arrière de la saxo. Le motard se retrouve couché sur le bord droit de la chaussée. Il se relève immédiatement et va rejoindre sa moto couchée sur le côté droit au milieu de la chaussée, au niveau du point de choc. Mme Y ira se garer et sortira de son véhicule pour vilipender le motard.

Mme Y sortira indemne de l'accident, M X casqué, sera légèrement blessé.



Figure 33 : Explications relatives à la reconstruction du cas d'accident n° 4

### Reconstruction du cas n°5 : Le franchissement d'un passage piéton avec DRM en approche

En Août vers 9 h, du matin par temps clair et ensoleillé, Mme X, 70 ans, quitte sa résidence du Boulevard "R..." pour aller acheter son pain. Pour cela, elle emprunte le passage piéton juste devant chez elle. Juste devant ce passage, un camion de livraison est arrêté et masque une partie de la visibilité sur la chaussée à sa gauche. Mme X s'engage sur le passage piéton, Comme elle a pris son information à droite et à gauche avant de s'engager et n'a vu aucun véhicule arriver, elle ne se méfie pas spécialement de la gêne à la visibilité causée par le camion.

Au même moment, Mr Y circule sur sa moto. Chauffeur routier, Mr Y travaille pour une société. Après une nuit passée sur les routes, il y a déposé son camion et rentre chez lui à moto. Arrêté aux feux situés au carrefour dit du "Pignon", il démarre et se retrouve sur le Boulevard "R..." . L'environnement devient urbain, avec la présence d'immeubles et de commerces. La chaussée, élargie pour les besoins du carrefour se rétrécit. On passe à une chaussée de 7 m de large, séparées en 2 voies par un marquage au sol, bordée de part et d'autre par des trottoirs de 2,8 m de large. Aucune signalisation verticale ne prévient de la présence d'un passage piéton.

Mr Y arrive à 10-15 m du passage piéton emprunté par Mme X, quand il l'aperçoit sortant de derrière le camion. Il crie pour prévenir de sa présence et s'attend à ce que Mme X recule ou au moins s'arrête. Celle-ci ne se retourne pas et continue sa traversée. Mr Y freine en laissant des traces sur 11 m, fait un écart sur sa gauche et ne réussit pas à éviter le choc. Il percute Mme X qui est éjectée 3 mètres plus loin et atterrit assise près du trottoir. Mr Y continue sa courbe sur sa gauche et sa moto va monter sur le trottoir pour s'immobiliser, couchée sur le côté gauche.

Casqué, il sortira indemne de l'accident, Mme X sera légèrement blessée.



Figure 34 : Explications fournies pour la reconstruction du cas d'accident n° 5



## Conclusion

L'influence des problèmes perceptifs dans la genèse des accidents confrontant un automobiliste et un conducteur de deux-roues motorisé (DRM) constitue un problème vaste et excessivement complexe que l'on ne peut réduire au seul problème de la "visibilité" ou détectabilité sensorielle des DRM. Leur compréhension demande ainsi de démêler l'écheveau des facteurs impliqués dans ces accidents, en allant bien au-delà du seul constat de la défaillance de détection qui en résulte.

C'est à cette ambition que le projet PERCEPT a été consacré par le recours à une étude attentive de la littérature scientifique, par une analyse approfondie de mécanismes d'accident et par une approche expérimentale visant à explorer des hypothèses sur les processus sous-jacents à ces accidents. Dans un souci d'opérationnalité –que l'on peut considérer comme nécessaire au regard de l'enjeu social de ces problèmes en termes de santé publique- les résultats du projet s'adressent aux différentes contre-mesures susceptibles d'enrayer, de manière nécessairement complémentaire les unes par rapport aux autres, les différents ordres de facteurs contributifs de ces accidents. Ces mesures concernent la formation, l'aménagement de l'infrastructure, et les dispositifs d'aide à la conduite.

### Analyse accidentologique

L'investigation approfondie de cas d'accidents recueillis à des fins de recherche (EDA) par des équipes pluridisciplinaires permet d'aller très finement dans la compréhension des mécanismes de défaillances qui y participent et de rendre compte dans le détail des circonstances qui y conduisent. Nous avons pu explorer, sur la base des cas sélectionnés dans les EDA, les problèmes perceptifs impliqués dans les collisions impliquant un DRM. Cette analyse empirique permet d'une part de compléter les connaissances issues des travaux de la littérature dont la première partie de ce rapport dresse un état de l'art synthétique.

Nous avons pu ainsi établir qu'un problème perceptif était impliqué à un degré ou un autre dans la très grande majorité (78 %) des défaillances spécifiques auxquelles sont sujets les usagers de la route lorsqu'ils sont confrontés à un DRM. Ces problèmes perceptifs interviennent bien évidemment sur l'ensemble des défaillances de détection (respectivement : Detect 3 - Saisie d'information sommaire ou précipitée, Detect 2 - Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation et Detect 1 - Non détection en situation de visibilité contrainte). Mais contrairement à l'a priori que l'on pourrait en avoir, les problèmes perceptifs ne jouent pas seulement sur la détection. Ils peuvent également être préalables à des défaillances identifiables à d'autres étapes de traitement de l'information. En effet, on note dans ce groupe 8 % d'erreurs de diagnostic (défaillance Diag 2 : Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion) et 16 % d'erreur lors de l'étape de prise de décision (défaillance Dec 3 : Violation-erreur par automatisme ou effet d'entraînement). On note *a contrario* que lorsque l'utilisateur de la route confronté à un DRM n'est soumis à aucun problème perceptif, dans la plupart des cas son implication dans l'accident se borne à être présent au mauvais endroit au mauvais moment : c'est à ce moment-là au conducteur DRM que revient la dégradation de la situation. En bref, on établit que lorsqu'un usager de la route est sujet à une défaillance fonctionnelle lors d'une interaction avec un DRM, cette défaillance s'explique le plus souvent, au moins en partie, par un problème de perception. Ces résultats permettent d'avoir une vue d'ensemble de l'impact des problèmes de perception, qui complète les données obtenues jusqu'ici dans les travaux accidentologiques considérés comme classiques dans le domaine de la sécurité des DRM. Ils

font notamment ressortir l'importance des questions d'attribution des ressources attentionnelles dans la dynamique de la prise d'information. Cet ensemble de résultats donne ainsi non seulement la mesure de l'impact des problèmes perceptifs, mais ils permettent d'appréhender la variété des mesures susceptibles de les contrecarrer.

On note de façon corollaire la spécificité des défaillances des conducteurs de DRM eux-mêmes, selon qu'ils sont face à un protagoniste confronté à un problème perceptif ou non. Ce dont il est ici question, c'est du caractère interactif des défaillances qui sont produites par les différents acteurs d'un même accident, à tel point qu'il devient pertinent d'analyser les accidents sous l'angle d'une "interaction dans l'erreur" (Van Elslande, 2009). Ainsi, dans les cas d'accident où un problème de perception du DRM a été identifié chez l'autre usager (AU), le profil de défaillance du conducteur DRM montre une surreprésentation des défauts de pronostic (42,4 %) et de diagnostic (18,5 %). A contrario, dans les cas d'accident sans problème de perception du DRM par l'AU, les conducteurs de DRM présentent dans un cas sur deux un défaut de détection. Le plus souvent, ce défaut correspond à une défaillance Detect 2 - "Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation". Et donc, c'est le DRM dans ces cas qui ne perçoit pas l'autre usager. Ces défaillances illustrent le fait que le problème de perception de l'AU induit une défaillance chez ce conducteur et amène souvent un comportement qui vient perturber les attentes ou la compréhension de la situation par le conducteur de DRM. Le problème de perception de l'AU semble donc conditionner les erreurs des conducteurs de DRM. Le problème perceptif à l'égard du DRM influence donc à la fois directement le type d'erreur des conducteurs confrontés au DRM, et indirectement les erreurs des conducteurs de DRM.

L'analyse du niveau d'implication respective des conducteurs dans la genèse de l'accident vient également appuyer cette conception de l'interaction des défaillances. On constate en effet que lorsqu'un problème de perception est identifié chez un conducteur confronté à un DRM, ce conducteur est, dans près de 85% des cas, considéré comme actif primaire, c'est-à-dire : déclencheur de la perturbation accidentelle. Par opposition, lorsque l'on regarde le niveau d'implication des impliqués dans des accidents où aucun problème de perception du DRM n'est mis en cause, les conducteurs confrontés à un DRM sont dans la majorité des cas "passifs" du point de vue de la genèse de l'accident. Dans le premier cas, les conducteurs de DRM confrontés à ces conducteurs ne sont pas pour autant inactifs dans la genèse de l'accident : dans 23 % des cas, ils sont également classés comme actifs primaires et, dans 58 % des cas, les DRM ont un rôle d'actif secondaire. Ils participent ainsi à la dégradation de la situation en accident en négligeant les indices alarmants qu'ils avaient à leur disposition pour réguler la situation. Dans le deuxième cas, les DRM sont plus souvent actifs primaires. Ces résultats illustrent encore une fois le fait que le problème de perception du DRM, en amont de la défaillance fonctionnelle du conducteur confronté au DRM, est à l'origine de séquences accidentelles particulières. Les conducteurs confrontés génèrent (le plus souvent bien malgré eux !) une situation à risque qui perturbe les attentes des conducteurs DRM au point qu'ils ne tentent rien pour réguler la situation.

Une subtilité à apporter aux résultats bruts concernant le poids des problèmes perceptifs annoncé plus haut, concerne la distinction que nous avons tenté d'opérer à partir des données d'accident entre les éléments perceptifs caractéristiques de la rencontre d'un DRM, et les éléments perceptifs qui ne les particularisent pas spécifiquement. Cette différenciation permet de donner une estimation de l'enjeu du problème bien spécifique de la *déteçtabilité* des DRM, c'est-à-dire dans quelle mesure le fait d'être un DRM (par rapport à un autre type de véhicule) a une influence sur le fait de générer un problèmes perceptif. On constate ainsi que dans un quart environ des cas où le problème se pose, le fait d'être confronté à un DRM n'explique pas de manière déterminante le défaut perceptif. Ainsi, si l'on devait estimer

l'enjeu du problème de détectabilité des DRM, on ne conserverait que les cas pour lesquels les facteurs spécifiques aux DRM ont joué un rôle déterminant dans la défaillance. Sur l'ensemble des accidents d'interaction impliquant un DRM, on considère que le fait d'être un DRM a une influence spécifique sur les problèmes perceptifs rencontrés par le conducteur confronté dans une proportion de 57 % des cas, tous types de défaillances fonctionnelles confondues.

Au-delà de l'analyse au cas par cas de l'échantillon d'accidents sélectionnés, nous avons pu enfin caractériser les configurations accidentelles les plus récurrentes qui permettent de rendre compte de façon agrégée des conditions et des circonstances de l'inscription des problèmes perceptifs dans la genèse des défaillances réciproques des conducteurs de voitures et des conducteurs de deux-roues impliqués complémentirement.

### **Approche expérimentale**

Dans la session expérimentale du projet, nous nous sommes particulièrement intéressés à ces cas d'accidents dans lesquels le DRM aurait pu être plus facilement détecté s'il avait été un véhicule de plus gros gabarit. Nous avons ainsi cherché à déterminer pourquoi, dans une même situation, une voiture pouvait attirer le regard du conducteur, être détectée et traitée correctement alors qu'un DRM non. Autrement dit, nous avons essayé de définir quelles sont les caractéristiques d'un objet sur la route qui attirent l'attention d'un conducteur. Cette analyse a demandé d'approfondir le questionnement sur le fonctionnement du système perceptif humain, notamment dans les étapes pré-attentives de la perception, et les limites de l'interaction système visuel humain / objet DRM afin de comprendre comment une information peut être plus ou moins bien perçue et quels sont les facteurs qui contribuent à la mauvaise perception d'un DRM. L'objectif était de mieux préciser le lien qui s'établit entre la saillance visuelle de l'objet et l'orientation de l'attention de la personne qui perçoit.

De façon à standardiser l'investigation, nous avons construit un dispositif de détection (sur écran d'ordinateur) d'objets (sphères texturées) de différentes tailles au milieu d'un ensemble de distracteurs statiques ou en mouvement, afin de déterminer les conditions dans lesquelles le mouvement de la cible recherchée facilite ou non son identification. Nous avons ainsi pu constater que dans une expérimentation de simple détermination de l'orientation des objets, le mouvement n'a pas d'effet sur les temps de réaction. On relève par contre que le mouvement devient un paramètre bénéfique, par rapport à une recherche de cible statique, dans un environnement complexe, mais seulement lorsque ce mouvement fait sens pour le sujet et pour la tâche qu'il doit réaliser. Autrement dit c'est de manière endogène et en environnement complexe que le mouvement attire efficacement l'attention des sujets et entraîne ainsi un bénéfice comportemental.

Par ailleurs, on constate que lorsqu'on confronte les sujets à des cibles de petite taille, l'influence bénéfique de ce mouvement pour leur identification n'est pas retrouvée à l'instar de ce qu'on observe pour les cibles perceptives de plus grande taille. Ainsi, pour les sphères les plus grosses on constate que le mouvement a un effet globalement bénéfique sur la rapidité de détection de la cible. A l'inverse, pour les sphères les plus petites, le mouvement semble même devenir coûteux pour la détection de la cible, constituant une forme de "bruit visuel" préjudiciable à l'identification d'un objet-cible au milieu d'un ensemble de distracteurs.

On peut donc en déduire que lorsque le mouvement est défini comme un des critères de détermination d'une cible, il devient un attracteur attentionnel efficace, sous réserve que ce mouvement soit perçu rapidement et donc que la taille de l'objet qui bouge soit suffisante. Lorsque ce n'est pas le cas, c'est-à-dire lorsque l'objet à percevoir est trop petit, son mouvement peut tendre au contraire à constituer un bruit visuel qui gêne la détection.

Un parallèle peut être ainsi réalisé avec une tâche de recherche visuelle sur la route lors d'une manœuvre de bifurcation à gauche. Ainsi, sur la route, le mouvement constitue intrinsèquement une composante essentielle à l'identification d'un véhicule interférent. Un véhicule en mouvement d'approche est forcément une cible potentielle dont chaque usager un conducteur doit tenir compte. Il a donc une signification très forte du point de vue des conducteurs pour la tâche à réaliser. Notre expérimentation démontre que les DRM ont une taille limite qui fait qu'à des distances éloignées leur mouvement n'est perçu que tardivement. Leur capacité à attirer le regard des conducteurs sur eux est donc réduite. Alors qu'il faut 1854 ms en moyenne aux sujets pour détecter les plus petites cibles en mouvement (correspondant à un DRM à 111m), ils ne mettent que 1064ms pour identifier les cibles les plus grosses en mouvement. Cette différence de près de 800 ms de temps de réaction est évidemment largement significative ( $P < .001$ ).

Les résultats de cette expérimentation constituent ainsi une source d'explication de la plus grande difficulté des conducteurs à identifier une interférence avec un véhicule présent dans leur champ visuel en tant que constituant une cible pertinente (i.e. un obstacle potentiel) lorsqu'il s'agit d'un DRM que lorsqu'il s'agit d'un VL. Du fait de la différence de taille qui caractérise ces deux types de véhicules, le mouvement pourra -au-delà d'une certaine distance- ne pas être un avantage pour la détection de l'un alors qu'il le sera pour la détection l'autre. Il s'agit donc là d'un phénomène qui caractérise le système perceptif humain dont il s'agit de tenir compte non seulement dans la compréhension des problèmes mais aussi pour la recherche des contre-mesures.

### **Besoins des conducteurs et moyens d'y répondre**

S'agissant de ces contre-mesures, la dernière partie du projet PERCEPT a cherché à définir opérationnellement les différentes modalités d'action qui permettraient de limiter l'occurrence des accidents impliquant un problème de perception d'un DRM par un automobiliste. L'analyse des accidents a permis de bien identifier les facteurs explicatifs des accidents impliquant un défaut de perception d'un DRM par un automobiliste. Ces facteurs concernent non seulement le fait que l'automobiliste n'ait pas vu le DRM ou ait mal évalué son rapprochement ; ils concernent également les éléments qui expliquent pourquoi les conducteurs de DRM concernés n'ont pas régulé la situation de conflit alors même qu'ils disposaient d'indicateurs d'alerte. Ces facteurs peuvent être endogènes (en lien direct avec l'état du conducteur et ses conditions internes de réalisation de la tâche) ou exogènes (en lien avec l'infrastructure, le véhicule ou l'environnement).

Nous avons ainsi cherché à déterminer pour les configurations d'accident mettant le plus fréquemment en jeu un problème d'interaction de ce type, quels étaient les contre-mesures envisageables pour prévenir ce type d'accidents en agissant à la fois sur le problème perceptif du conducteur confronté et sur le problème de l'absence de régulation du conducteur DRM. Nous avons pour cela associé en miroir de chacun des éléments explicatifs les plus récurrents les différentes contre-mesures, selon qu'elles concernent la formation des conducteurs (de voiture et de DRM), l'aménagement de la route ou les aides à la conduite, qui permettraient de prévenir les accidents concernés.

De façon à conclure le projet PERCEPT sur une note encore plus opérationnelle, nous proposons pour finir une ébauche de ce qui pourrait constituer un outil pédagogique tirant parti de l'analyse accidentologique approfondie pour enseigner aux conducteurs à identifier précocement les situations critiques correspondant aux configurations accidentelles qui mettent le plus souvent en jeu un problème de perception des DRM. Le principe de cet outil consiste à sélectionner une série d'études détaillées d'accidents bien illustratives des différentes configurations situationnelles dans lesquelles les conducteurs sont confrontés à ce

type de difficulté et de les restituer en image de synthèse de façon à rendre compte de la nature des problèmes, des circonstances dans lesquelles ils peuvent survenir et des facteurs qui y contribuent.

Rappelons que les objectifs pédagogiques de ces reconstructions de scénarios d'accidents concernent aussi bien les conducteurs de DRM que les autres usagers qui y sont confrontés. En effet l'analyse accidentologique a clairement montré qu'indépendamment de la question de la responsabilité, les protagonistes d'un accident avaient souvent une certaine participation au fait que la situation se dégrade, ne serait-ce que par absence de précaution particulière, en négligence parfois d'indices d'alerte. Il est donc essentiel que l'ensemble des protagonistes puissent disposer des connaissances qui leur permettront non seulement de commettre moins d'erreurs, mais également de parvenir à contrôler, "maîtriser", les erreurs des autres.

Les configurations mises évidences dans le cadre de percept ont contribué à l'élaboration par l'Association Prévention Routière d'un l'outil pédagogique intitulé "Motoprev", en cours de conception, qui vise plus largement l'ensemble des problèmes liés à la conduite moto. Cet outil constituera, pour les séquences mettant en cause un problème perceptif, une valorisation très intéressante des résultats du projet PERCEPT d'un point de vue opérationnel d'application des résultats de recherche à des fins d'amélioration de la sécurité routière impliquant les deux-roues motorisés en interaction avec les automobilistes.

## Remerciements

Les auteurs du rapport remercient chaleureusement Emmanuel RENARD, Directeur de l'Education et de la Formation à l'Association Prévention Routière (APR), Jacques COMPAGNE, Secrétaire Général de l'Association des Constructeurs Européens de Motocycle (ACEM) et Nick ROGERS, ex Secrétaire Général de l'International Motorcycle Manufacturers Association (IMMA) pour leur soutien au projet et leur participation fructueuse aux débats d'idées qui ont grandement contribué à la réussite de PERCEPT.

Nous remercions également Marie-Antoinette DEKKERS, secrétariat administratif de la Fondation Sécurité Routière (FSR), pour son suivi à la fois compréhensif et efficace de la bonne marche du projet.

## Références bibliographiques

- Amalberti, R. (1996). *La Conduite de systèmes à risques*. Presses Universitaires de France.
- Becker, S.I., Horstmann, G. (2011). Novelty and saliency in attentional capture by unannounced motion singletons. *Acta Psychologica*, 136(3), 290-299.
- Binder, S., Perel, M., Pierowicz, J., Gawron, V., Wilson, G. (2006). Motorcycle conspicuity and the effects of motor vehicle fleet daytime running lights (DRLs), in *Proceedings of the International Motorcycle Safety Conference*, Long Beach, California, United-States, 10p.
- Brenac, T., Clabaux, N., Perrin, C., Van Elslande, P. (2006). Motorcyclist conspicuity-related accidents: a speed problem?, in *Advances in Transportation Studies* 8, pp.23-29.
- Brooks, P., Guppy, A. (1990). Driver awareness and motorcycle accidents, in *Proceedings of the international motorcycle safety conference 2(10)*, pp.27-56.
- Caird, J.K., Hancock, P.A. (1994). The perception of arrival time for different oncoming vehicles at an intersection, in *Ecological Psychology* 6(2), pp.83-109.
- Clabaux, N. (2003). Les accidents de deux-roues motorisés en ville : scénarios types et perspectives pour l'aménagement urbain. Rapport INRETS/RE-03-911-FR, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Arcueil, 162 p.
- Clabaux, N. (2006). Prototypical accident scenarios involving powered two-wheelers in urban areas in France and prospects for countermeasures, in *Advances in Transportation Studies* 9, pp.17-28.
- Clabaux, N., Brenac, T., Perrin, C., Magnin, J., Canu, B., Van Elslande, P. (2012). Motorcyclists' speed and "looked-but-failed-to-see" accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 49, 73-77
- Clarke, D.D., Ward, P.J., Bartle, C., Truman, W. (2004). In-depth study of motorcycle accidents. *Road safety research report n°54*, University of Nottingham, Department for Transport, London, 67p.
- Clarke, D.D., Ward, P.J., Bartle, C., Truman, W. (2007). The role of motorcyclist and other driver behaviour in two types of serious accident in the UK, in *Accident Analysis and Prevention* 39(5), pp.974-981.
- Cosman, J.D., Vecera, S.P. (2010). Attentional capture by motion onsets is modulated by perceptual load. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(8), 2096-2105.
- Cross, K.D., Fisher, G. (1977). A study of bicycle/motor vehicle accidents: identification of problem types and countermeasure approaches. *Report DOT HS-803-315, Vol.1*, Washington, D.C; NHTSA.
- Crundall, D., Humphrey, K., Clarke, D. (2008). Perception and appraisal of approaching motorcycles at junctions, in *Transportation Research Part F* 11(3), pp.159-167.
- Donne, G L (1990) Research into Motorcycle Conspicuity and Its Implementation. SAE Technical Paper No. 900749, International Congress and Exposition.
- Duncan, J., (1996). Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention. In *Humphreys, G.W., Duncan, J., Treisman, A., (Eds.), Attention, Space and Action: Studies in Cognitive Neuroscience*, Oxford, 112-129.
- ERSO (2010). Annual Statistical Report. Dacota Project. Deliverable D3.1.
- Ferrandez, F., Brenac, T., Girard, Y., Lechner, D., Jourdan, J.L., Michel, J.E., Nachtergaele, C., (1995). L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire, méthodologie de

- recueil et de pré-analyse. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 244p.
- Fleury D., Brenac, T. (2001). Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accident analysis and prevention* 33(2), 267-276.
- Fulton, E.J., Kirkby, C., Stroud, P.G. (1980). Daytime motorcycle conspicuity. Supplementary report 625, Transport and Road Research Laboratory, Institute for Consumers Ergonomics, Department of Transport Technology, University of Technology, Loughborough, Leicestershire, UK, 20p.
- Girard, Y. (2006). Modération de la vitesse et ergonomie routière. In *Dekkers, M.A., (Ed.), Séminaire vitesse : apports récents de la recherche en matière de vitesse*, Actes INRETS n° 105, Arcueil, pp. 123-131.
- Guyot, R. (Ed.) (2008). *Gisements de sécurité routière pour les deux-roues motorisés*. La Documentation Française, 279 p.
- Hakkert, S. (2011). Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists, and motorcyclists, in *Accident Analysis and Prevention, Special Issue*, 44, pp.1-2.
- Herslund, M.B., Jørgensen, N.O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic, in *Accident Analysis and Prevention* 35(6), pp.885-891.
- Hole, G.J., Tyrrell, L., Langham, M., (1996). Some factors affecting motorcyclists conspicuity, in *Ergonomics* 39(7), pp.946-965.
- Huebner, M.L. (1980). ROSTA'S motorcycle visibility campaign - its effect on use of headlights and high visibility clothing, on motorcycle involvement, and on public awareness, in *Proceedings of the International Motorcycle Safety Conference*, pp.715-739.
- Hughes, H.C., Nozawa, G., Ketterle, F. (1996). Global precedence, spatial frequency channels, and the statistics of natural images, in *Journal of Cognitive Neuroscience* 8, pp.197-230.
- Hunter, W.W., Pein, W.E., Stutts, J.C. (1995). Bicycle-motor vehicle crash types: the early 1990s, in *Transportation Research Record* 1502, pp.65-74.
- Hurt, H.H., Ouellet, J.V., Thom, D.R (1981). Motorcycle accident cause factors and identification of countermeasures. Report DOT-HS-5-01160, Vol.1 et Vol.2, Washington, D.C., NHTSA, 425p. (vol.1), 404p. (vol.2).
- Janoff, M.S., Cassel, A. (1971). Effect of distance and motorcycle headlight condition on motorcycle noticeability, in *Highway Research Record* 377, pp.64-68.
- Köhler W. (1964). *Psychologie de la forme*. Paris : Gallimard.
- Labbett, S., Langham, M. (2006). What do drivers do at junctions ?, in *Proceedings of the 71<sup>st</sup> RoSPA Road Safety Congress*, Blackpool, 13p.
- Landragin, F. (2004). Saillance physique et saillance cognitive. "Cognition, Représentation, Langage (CORELA) 2, 2 (revue électronique).
- Mack, A., Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Magazzù, D., Comelli, M., Marinoni, A. (2006). Are car drivers holding a motorcycle less responsible for motorcycle - car crash occurrence? A non-parametric approach, in *Accident Analysis and Prevention* 38(2), pp.365-370.
- Malaterre, G. (1987). Les activités sous contrainte de temps: le cas des manoeuvres d'urgence en conduite automobile. Thèse de doctorat de l'Université de Paris V.
- Muller, A., (1984). Daytime headlight operation and motorcyclist fatalities, in *Accident Analysis and Prevention* 16(1), pp.1-18.
- Nagayama, Y., Morita, T., Miura, T., Watanabe, J., Murakami, N. (1980). Speed judgement of oncoming motorcycles, in *Proceedings of the international Motorcycle Safety Conference*, pp.955-971.

- Olson, P.L. (1989). Motorcycle conspicuity revisited, *in Human Factors* 31, pp.141-146.
- Olson, P.L. Halstead-Nussloch, R., Sivak, M., (1981). The effect of improvements in motorcycle/motorcyclist conspicuity on driver behaviour, *in Human Factors* 23(2), pp.237-248.
- ONISR (2005). Les motocyclettes et la sécurité routière en France en 2003. Paris : La Documentation Française.
- ONISR (2012). La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2011. Paris : La Documentation Française.
- Pai, C.W. (2009). Motorcyclist injury severity in angle crashes at T-junctions: identifying significant factors and analysing what made motorists fail to yield to motorcycles, *in Safety Science* 47(8), pp. 1097-1106.
- Pai, C.W., Saleh, W. (2008). Exploring motorcyclist injury severity in approach-turn collisions at T-junctions: focusing on the effects of driver's failure to yield and junction control measures, *in Accident Analysis and Prevention* 40(2), pp.479-486.
- Peek-Asa, C., Kraus, J.F. (1996). Injuries sustained by motorcycle riders in the approaching turn crash configuration, *in Accident Analysis and Prevention* 28(5), pp.561-569.
- Preusser, D.F., Williams, A.F., Ulmer, R.G. (1995). Analysis of fatal motorcycle crashes: Crash Typing. *Accident Analysis & Prevention*. 27(6), 845-852.
- Radin Umar, R.S., Mackay, M.G., Hills, B.L. (1996). Modelling of conspicuity-related motorcycle accidents in Serembian and Shah Alam, Malaysia, *in Accident Analysis and Prevention* 28(3), pp.325-332.
- Reason, J. (1993). L'erreur humaine. PUF : Paris
- Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2008). Les neurones miroirs. Paris : Odile Jacob.
- Rosch, E. H. (1978). Principles of categorization. In: E. Rosch & B. Lloyd, eds., *Cognition and Categorization*. Hillsdale, N.J. : Erlbaum Associates. 27-48.
- Saad, 1988. F. Saad, Prise de risque ou non perception du danger?. *Recherche Transports Sécurité* 18-19 (1988), pp. 55-62.
- Simons, D.J., & Chabris, C.F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentive blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074
- Simons D. J. (2000). Current approaches to change blindness, *in Visual Cognition*, 7, pp.1- 15.
- Summala, H., Pasanen, E., Räsänen, M., Sievänen, J. (1996). Bicycle accidents and drivers'visual search at left and right turns, *in Accident Analysis and Prevention* 28(2), pp.147-153.
- Thomson, G.A. (1980). The role frontal motorcycle conspicuity has in road accidents, *in Accident Analysis and Prevention* 12(3), pp.165-178.
- Van Elslande, P. (2002). Specificity of error-generating scenarios involving two-wheel riders. In K. Wang, G. Xiao, L. Nie, H. Yang (Ed.), *Traffic and Transportation Studies ICCTS'2002*. Reston: ASCE. Vol.2, pp.1132-1139.
- Van Elslande, P. (2003). Scénarios d'accidents impliquant des deux-roues à moteur : une question d'interaction, In J.M.C Bastien (Ed.), *Actes des Deuxièmes Journées d'Etude en Psychologie Ergonomique - EPIQUE'2003*, Boulogne Billancourt, pp. 71-83.
- Van Elslande, P. (Coord. par) (2008). Défaillances d'interaction dans les accidents impliquant un deux-roues motorisé, rapport scientifique R1 du Projet ANR/Predit Accidentologie Usage et Représentations des Deux-Roues Motorisés, tâche 1, 81 p.
- Van Elslande, P. (Ed.) (2009). *Les Deux-roues motorisés : Nouvelles connaissances et besoins de recherche*. Actes de la conférence des 5-6 mars 2009, Marseille. Bron : Les Collections de l'Inrets, 292p.

- Van Elslande, P. (2012). Developing guidelines for an integrated safety strategy: the ITF/OECD working group on powered two-wheelers safety, in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 982-991.
- Van Elslande, P., Alberton, L. (1997). Scénarios-types de production de "l'erreur humaine" dans l'accident de la route. Collections de l'Inrets, Arcueil : INRETS.
- Van Elslande, P., Elvik, R. (2012). Powered two-wheelers within the traffic system: Introduction, in *Accident analysis and Prevention, Special issue*, 49, pp.1-4.
- Van Elslande, P., Fournier, J-Y., Vincensini, V., Roynard, M., Nussbaum, F., Clabaux, N. (2008). Analyse comparative de procédures d'accidents mortels et non mortels. Rapport R3 du Projet ANR Predit 2RM.
- Van Elslande, P., Fournier, J-Y., Jaffard, M. (2011). Facteurs d'accidents, défaillances fonctionnelles et configurations accidentelles. In I. Ragot-Court et P. Van Elslande, (Eds.), *Les comportements et leurs déterminants dans l'accidentalité des deux-roues motorisés (COMPAR)*, Volet 1 du Rapport sur convention IFSTTAR/DSCR N0007202.
- Van Elslande, P., Girard, Y., Delage, B., Parraud, C. (2004). L'entretien semi-directif dans les Etudes Détaillées d'Accidents. Note méthodologique. Note MA-04.12.001.
- Van Elslande, P., Page, Y., Lermine, P. (2008). La détectabilité du deux-roues motorisé. In R. Guyot (Ed.) *Gisements de sécurité routière pour les deux-roues motorisés*. La Documentation Française, 279 p.
- Van Elslande, P., Jaffard, M., Fouquet, K., Fournier, J.Y. (2009). De la vigilance à l'attention: Déclinaison des problèmes liés à l'état psychophysiologique et cognitif du conducteur dans les mécanismes d'accidents. Bron : Les Collections de l'Inrets.
- Waller, P.F., Griffin, L.I. (1977). The impact of a motorcycle lights-on law, in D.F. Huelke (Ed.), *Proceedings of the 21st conference of the American Association for Automotive Medicine*, pp.14-25.
- Watts, G.R. (1980). The evaluation of conspicuity aids for cyclists and motor- cyclists, in D.J. Osborne, A. Levis (Eds.), *Human Factors in transport Research*, pp.203-211.
- Wells, S., Mullin, B., Norton, R., Langley, J., Connor, J., Lay-Yee, R., Jackson, R. (2004). Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study, in *British Medical Journal* 328(7444), pp.857-860.
- Wertheimer M. (1923) Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II, *Psychologische Forschung*, 4.
- Williams, M. (1976). The importance of motorcycle visibility in accident causation, in *proceedings of the motorcycles and safety symposium*, Australian Road Research Centre.
- Williams, M.J., Hoffmann, E.R. (1977). The influence of motorcycle visibility on traffic accidents. Melbourne, Australia: University of Melbourne, Department of Mechanical Engineering.
- Williams, M.J., Hoffmann, E.R. (1979). Motorcycle conspicuity and traffic accidents, in *Accident Analysis and Prevention* 11(3), pp.209-224.
- Wulf, G., Hancock, P.A., Rahimi, M. (1989). Motorcycle conspicuity: an evaluation and synthesis of influential factors, in *Journal of Safety Research* 20, pp.153-176.
- Yuan, W. (2000). The effectiveness of the 'ride-bright' legislation for motorcycles in Singapore, in *Accident Analysis and Prevention* 32(4), pp.559-563.
- Zador, P.L. (1985). Motorcycle headlight-use laws and fatal motorcycle crashes in the US, 1975-83, in *American Journal of Public Health* 75(5), pp.543-546.