



## Etat de l’art sur les potentielles difficultés de cohabitation des 2RM et des véhicules automatisés

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Work Package</b>                   | 2  |
| <b>Responsable du WP, affiliation</b> | <i>Vincent LEDOUX (Cerema)</i>   |
| <b>Livrable n°</b>                    | <i>D2.3</i>  |
| <b>Version</b>                        | <i>V4</i>  |
| <b>Auteur responsable du livrable</b> | <i>Reakka Krishnakumar, CEESAR</i>   |
| <b>Auteurs, affiliations</b>          | <i>Reakka Krishnakumar, CEESAR</i><br><i>Jacques Saade, CEESAR</i><br><i>Philippe Chrétien, CEESAR</i><br><i>Véronique Hervé, CEESAR</i> |
| <b>Relecteurs, affiliations</b>       | <i>Dominique Mignot, TS2, UGE</i>  |
| <b>Statut du livrable</b>             | <i>Final</i>   |

## Veillez citer ce document de cette façon :

Krishnakumar, R., Saade, J, Chrétien, P, Hervé, V, (2020), Livrable L2.3 « Etat de l’art sur les potentielles difficultés de cohabitation des 2RM et des véhicules automatisés», Projet SURCA, financé par la FSR, 31p.

## Historique des versions

| Version   | Date       | Auteurs  | Type de changements                            |
|-----------|------------|--|--|
| Version 1 | 09/01/2020 | R. Krishnakumar, J. Saade, P. Chrétien, V. Hervé |  |
| Version 2 | 03/02/2020 | Dominique Mignot                                 | Version relue et corrigée par Dominique Mignot |
| Version 3 | 05/03/2020 | R. Krishnakumar, J. Saade, P. Chrétien, V. Hervé | Version corrigée suite à la relecture          |
| Version 4 | 23/03/2020 | Dominique Mignot                                 | Version validée                                |

## Remerciements

Le Projet SURCA est financé par la dévolution de la Fondation Sécurité Routière, la Délégation à la sécurité routière et pour moitié par les partenaires du projet.



## Résumé du projet Surca

Les questions posées par la cohabitation de véhicules de plus en plus automatisés avec des véhicules conventionnels et des usagers vulnérables, cyclistes, piétons, deux-roues motorisés, sont au cœur des préoccupations des décideurs publics, constructeurs, ou spécialistes de l’infrastructure routière et de la sécurité routière. Tous ont l’espoir que ces nouvelles technologies contribuent à améliorer la sécurité routière. L’objectif global du projet « Sécurité des Usagers de la Route et Conduite Automatisées, SURCA » est de contribuer à une meilleure intégration de la Conduite Automatisée dans la circulation actuelle.

Les partenaires du projet (UGE, DSR, Ceesar, Cerema, Vedecom, Lab), ont ainsi comme objectif d’identifier quelles interactions existent et quelles stratégies pertinentes sont mises en place par les conducteurs pour proposer des recommandations aux concepteurs de véhicules autonomes sur les besoins en termes d’interactions et en termes de comportement du véhicule autonome. Pour cela, il est prévu d’analyser des bases de données existantes sur la conduite des véhicules conventionnels et d’identifier les facteurs qui peuvent expliquer des comportements différents.

Les connaissances issues de ces bases seront utilisables pour simuler l’introduction de la conduite automatisée de niveaux 3, 4 et 5, avec des taux de pénétration faibles. La gestion des interactions avec les autres usagers doit être réalisée dès que le véhicule peut évoluer en autonomie sans supervision du conducteur, quelles que soient la durée et les sections sur lesquelles cette automatisation sera possible. En cas de taux de pénétration très important, d’autres types d’interactions risquent de se mettre en place et devront alors être étudiés.

Ce projet est articulé autour de deux sous-thématiques :

- L’identification des scénarios d’interaction entre véhicules autonomes et autres usagers de la route (véhicules conventionnels, deux roues motorisés, cyclistes, piétons), avec un focus particulier sur les personnes âgées :
  - Etude des situations de négociation où les conducteurs gèrent cette interaction humaine, à partir de bases de données de conduite conventionnelle, et en utilisant des éléments difficilement émis et perçus par les systèmes automatisés (regard, connaissance a priori d’intention, etc.),
  - Etude de la réaction des autres usagers face à un véhicule autonome alors que son conducteur est absorbé dans une tâche annexe,
  - Identification des besoins de communication du véhicule autonome en phase active avec les autres usagers,
  - Analyse des besoins des usagers âgés et acceptabilité sociétale du véhicule autonome.
- L’étude des impacts de la posture des occupants (conducteur et passagers) d’un véhicule en mode autonome sur le risque lésionnel :
  - Choix des scénarios de simulation : positions des occupants, conditions de choc (lors de la réalisation de tâches annexes) et systèmes de retenue,
  - Evaluation des lésions potentielles par simulations numériques en fonction des systèmes de retenue (par ex. déploiement d’air bag),
  - Recommandations en termes de postures acceptables selon les différents systèmes de retenue.

## Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION</b> .....                                     | <b>7</b>  |
| <b>2. REVUE DE LA LITTÉRATURE</b> .....                          | <b>8</b>  |
| 2.1 SÉLECTION DES ÉTUDES.....                                    | 8         |
| 2.2 RÉSULTATS.....   | 9         |
| 2.2.1 Interaction des 2RM avec d’autres usagers de la route..... | 9         |
| 2.2.2 Caractéristiques des accidents impliquant un 2RM.....      | 9         |
| 2.2.3 Conclusion.....  | 17        |
| <b>3. METHODOLOGIE</b> .....                                     | <b>18</b> |
| 3.1 QUESTIONNAIRE.....   | 18        |
| 3.2 COLLECTE DES DONNÉES.....                                    | 19        |
| <b>4. RÉSULTATS</b> .....  | <b>21</b> |
| 4.1 ANALYSE DES RÉPONSES.....                                    | 21        |
| 4.1.1 Cohabitation véhicule automatisé/2RM.....                  | 21        |
| 4.1.2 Potentiels conflits.....                                   | 22        |
| 4.1.3 Types d’accidents/d’incidents.....                         | 23        |
| 4.1.4 Interaction/communication.....                             | 24        |
| <b>5. CONCLUSION</b> .....                                       | <b>26</b> |
| <b>6. LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....                           | <b>27</b> |
| <b>7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....                      | <b>28</b> |

## Table des tableaux

|  |           |
|--|-----------|
| <b>TABLEAU N° 1 : MOTS-CLÉS ET RÉSULTATS DE CHAQUE REQUÊTE APRÈS LECTURE DES TITRES ET/OU RÉSUMÉ ET/OU TEXTE DES ARTICLES TROUVÉS.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>TABLEAU N° 2 : LES ÉTUDES RETENUES POUR LA CARACTÉRISATION DES ACCIDENTS 2RM .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>TABLEAU N° 3 : TABLEAU DONNANT LES DÉFINITIONS DES SCÉNARIOS ISSUS DE (MORRIS ET AL. 2018). .....</b>                                   | <b>12</b> |
| <b>TABLEAU N° 4 : RÉPARTITION DES ACCIDENTS SELON LE TYPE D'IMPACT. TABLEAU ISSU DE (SHEEJU AND PRASANAN 2016).....</b>                    | <b>13</b> |
| <b>TABLEAU N° 5 : TYPE DES VÉHICULES ADVERSES IMPLIQUÉS DANS LES ACCIDENTS DE 2RM. TABLEAU ISSU DE (SHEEJU AND PRASANAN 2016).....</b>     | <b>13</b> |

## Table des figures

|   |           |
|---|-----------|
| <b>FIGURE N° 1 : ILLUSTRATION DES SCÉNARIOS D'ACCIDENTS ENTRE UN 2RM ET UN VÉHICULE ADVERSE ISSUS DE (MORRIS ET AL. 2018) .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>FIGURE N° 2 : DISTRIBUTION DES TUÉS ET BLESSÉS GRAVES ET DES BLESSÉS LÉGERS SELON LES SCÉNARIOS D'ACCIDENTS IMPLIQUANT UN 2RM ET UN AUTRE VÉHICULE. RÉSULTATS ISSUS DE (MORRIS ET AL. 2018)...</b>   | <b>11</b> |
| <b>FIGURE N° 3 : ILLUSTRATION DES CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTES. FIGURE ISSUE DE (DUBOS ET AL. 2016). .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>FIGURE N° 4 : CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS MORTELS ISSUS DE (BILLICSICH ET AL. 2016) ET LA PROPORTION DES 2RM ET D'AUTRES TYPES DE VÉHICULES IMPLIQUÉS DANS CHAQUE CONFIGURATION. ....</b>   | <b>14</b> |
| <b>FIGURE N° 5 : CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS EN INTERSECTION ISSUS DE (BILLICSICH ET AL. 2016) ET LA PROPORTION DES USAGERS .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>FIGURE N° 6 : TROIS CONFIGURATIONS D'ACCIDENT LES PLUS FRÉQUENTES EN ZONE URBAINE SELON (VAN-ELSLANDE ET AL. 2015). .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>FIGURE N° 7 : TYPES D'ACCIDENTS 2RM ISSUS DE (DIAS AND BERNARDO 2013).....</b>   | <b>16</b> |
| <b>FIGURE N°8 : LES 10 CONFIGURATIONS D'ACCIDENTS LES PLUS FRÉQUENTES « SELON LIERS (2013) ». LA COULEUR BLEUE SIGNIFIE QUE LE 2RM EST REPRÉSENTÉ PAR LA LETTRE B DANS LE PICTOGRAMME ALORS QUE LA COULEUR ROUGE SIGNIFIE QUE LE 2RM EST REPRÉSENTÉ PAR LA LETTRE A. ....</b> | <b>17</b> |
| <b>FIGURE N° 9 : PROVENANCE DES EXPERTS AYANT RÉPONDU AU QUESTIONNAIRE .....</b>  | <b>20</b> |

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet Surca, l’objectif de ce livrable est de réaliser un état de l’art sur les potentielles difficultés de prise en compte du 2RM dans l’environnement du véhicule automatisé, aux niveaux national et international.

La recherche bibliographique a d’abord permis d’identifier les études existantes sur les risques d’un point de vue accidentologique et comportemental. Dans un second temps, un questionnaire a été transmis à une liste d’experts volontaires de la sécurité routière afin de compléter cette approche bibliographique par une approche sur avis d’experts.

Le rapport s’articule de la manière suivante :

1. Le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature portant sur les potentielles difficultés de prise en compte du 2RM dans l’environnement du véhicule automatisé aux niveaux national et international.
2. Le deuxième chapitre porte sur la méthodologie et les outils utilisés afin de collecter les avis d’experts.
3. Enfin le dernier chapitre résume les résultats de l’analyse des données collectées via le questionnaire.

## 2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

### 2.1 Sélection des études

Une recherche systématique de la bibliographie a été entreprise, concernant la sécurité des usagers de deux roues motorisés, et notamment leurs interactions avec les autres usagers de la route et avec les véhicules autonomes ou en mode automatisé.

Lors de cette recherche systématique, aucun article scientifique traitant du sujet de l’interaction des 2RM avec les véhicules automatisés n’a été trouvé, car il s’agit d’un sujet de préoccupation récent. Quelques articles traitent des systèmes automatiques pour les 2RM, mais ceux-ci n’ont pas été retenus.

Le moteur de recherche BASE (<https://www.base-search.net/>) a été utilisé afin de réaliser une recherche bibliographique systématique. Ce moteur, développé par l’université de Bielefeld, est l’un des plus importants actuellement dans le monde académique et permet la recherche dans plus de 140 millions de documents répertoriés en ligne. Il permet également l’export des résultats sélectionnés de la recherche en plusieurs formats compatibles avec différents outils de référencement bibliographique.

Dans l’outil BASE, l’option de « recherche avancée » a été utilisée afin de mieux orienter la recherche bibliographique et cibler du contenu relativement pertinent. En effet, cette option permet de restreindre la recherche à certaines parties d’un article comme le titre, les auteurs, etc. Après quelques requêtes pour tester la réponse de l’outil vis-à-vis des mots-clés pertinents, la décision a été prise de limiter la recherche aux titres des articles afin de limiter le nombre de résultats non pertinents. Par contre, tous types de textes ont été recherchés et plusieurs combinaisons de mots-clés ont été utilisées afin de couvrir la majorité des termes utilisés dans la littérature (voir Tableau 1).

Tableau 1 - Mots-clés et résultats de chaque requête après lecture des titres et/ou résumé et/ou texte des articles trouvés.

| Requête | Mots-clés utilisés                              | Nombre de résultats | Eligible | Eligible avec texte disponible | Texte disponible et potentiellement pertinent |
|---------|---|---------------------|----------|--------------------------------|---|
| #1      | Two wheel* AND auto*                            | 45                  | 1        | 1                              | 0   |
| #2      | Two wheel* AND interact*                        | 22                  | 4        | 1                              | 1   |
| #3      | Motorcycl* AND auto*                            | 123                 | 1        | 0                              | 0   |
| #4      | Motorcycl* AND interact*                        | 32                  | 2        | 2                              | 1   |
| #5      | Two wheel* AND accident*                        | 51                  | 19       | 14                             | 14  |
| #6      | Motorcycl* AND accident*<br>year:[2009 TO 2019] | 283                 | 16       | 16                             | 16  |

Les requêtes 1 et 3 visent à retrouver des articles traitant des 2RM et du véhicule autonome ou automatisé. Les requêtes 2 et 4 visent à retrouver des articles traitant de l’interaction entre 2RM et autres types d’usagers et les requêtes 5 et 6 ont été quant à elles entreprises afin de retrouver des articles traitant des caractéristiques des accidents impliquant des 2RM. Vu le nombre relativement élevé de résultats issus de la requête 6, celle-ci a été limitée aux articles récents datant de moins de 10 ans.

## 2.2 Résultats

### 2.2.1 Interaction des 2RM avec d’autres usagers de la route

Deux articles potentiellement pertinents évoquent les interactions dans le sens large du terme entre conducteurs de voitures de tourisme et usagers de 2RM :

**(Haworth et al. 2014)** parle du comportement des conducteurs vis-à-vis des 2RM d’une part en fonction de leur expérience de conduite et d’autre part en fonction de la perceptibilité des 2RM. Cette étude a été réalisée à partir de questionnaires et de scénarios réalisés sur un simulateur de conduite qui utilise la carrosserie et les contrôles d’une voiture type sedan. Les scénarios de simulation de conduite ont été élaborés en se basant sur les types d’accidents les plus fréquemment rapportés par la police du territoire de la capitale australienne. Les résultats montrent qu’un conducteur ayant une expérience en tant que motocycliste a lui-même moins de sentiments négatifs envers les motocyclistes et moins de problèmes à les repérer. Par ailleurs, l’interaction avec les usagers de deux-roues ne dépendait pas de l’expérience du conducteur mais plutôt du caractère du conducteur et de sa tendance à rechercher des sensations extrêmes ou à être agressif. Il y avait une tendance (sans que cela soit statistiquement significatif) à interagir de manière plus sûre quand la perceptibilité de la moto est améliorée (phare allumé). Par contre, l’allumage des phares de motos allumés n’améliorerait pas leur sécurité en rond-point. L’effet de la visibilité sur les interactions était difficilement quantifiable, mais les résultats confirment le fait que les phares allumés présentent un bénéfice plus net quand la moto vient d’en face que dans une situation oblique.

**(Lenne et al. 2013)** évoque les différences de perception entre un conducteur et un motocycliste, s’appuyant sur des expérimentations sur route et dans un simulateur de conduite. L’expérimentation consistait en une conduite sur 15 km de routes urbaines dans la ville de Melbourne. 20 conducteurs de voitures de type berline et 20 motocyclistes y ont participé. Les résultats démontrent que les conducteurs interprètent la situation du trafic différemment des motocyclistes. Les tâches accomplies par les conducteurs afin d’appréhender la situation, lors d’une intersection par exemple, sont moins nombreuses comparées à un motocycliste, qui a plus de tâches d’observation et de vérification à accomplir. L’étude sur le simulateur de conduite démontre que les conducteurs qui sont plus exposés à des motocyclistes ont été significativement plus rapides à détecter ces derniers en comparaison aux conducteurs qui sont faiblement exposés. Ceci démontre le fait que les conducteurs sont plus réactifs aux types de véhicules qu’ils s’attendent à trouver dans le trafic.

Globalement, ces deux études mettent l’accent sur le fait que les interactions entre différents types d’usagers sont conditionnées par l’expérience et par les attentes d’un usager envers un autre : théoriquement, un véhicule autonome devrait s’affranchir de cette subjectivité.

### 2.2.2 Caractéristiques des accidents impliquant un 2RM

Plusieurs études ont été retenues, contenant des informations sur les accidents des 2RM en termes de configuration d’accidents, de types d’impact ou bien des adversaires. D’autres études contenant uniquement de l’information sur les facteurs de risque et la répartition des blessures selon le territoire corporel n’ont pas été retenues. Le Tableau 2 résume les études retenues en listant les auteurs (en tant que référence), les pays d’où proviennent les accidents, les années des accidents et la sélection des échantillons d’accidents.

Tableau 2 - Les études retenues pour la caractérisation des accidents 2RM.

| Auteurs et année                           | Pays (régions)  | Échantillon utilisé  |
|--|---|--|
| (Morris et al., 2018)                      | France (Essone), Grèce (Thessaloniki), Pays-Bas (La Haye), Pologne (Mazowieke), Royaume-Uni (Midlands). | 328 accidents sélectionnés en 2016 et 2017 pour études détaillées, dont 69 tués, 103 blessés graves et 134 blessés légers.   |
| (Sheeju & Prasannan, 2016)                 | Inde (état de Kerala)   | 135 victimes d’accidents mortels (conducteurs et passagers de 2RM) envoyés en autopsie dans des hopitiaux universitaires gouvernementaux d’octobre 2010 à aout 2011. |
| (Dubos, Varin, and Bisson 2016)            | France  | 946 accidents mortels et 1095 accidents corporels non-mortels de l’année 2011, issus de la base VOIESUR (tous les accidents 2RM codés).                              |
| (Billicsich et al. 2016)                   | Autriche  | Tous les accidents 2RM répertoriés dans les statistiques nationales entre 2002 et 2011.  |
| (VAN-ELSLANDE, FOURNIER, and PARRAUD 2015) | France  | 1080 accidents issus d’analyse de procès verbaux. Pas d’information sur l’année de l’échantillon.  |
| (Dias and Bernardo 2013)                   | Portugal  | Accidents répertoriés dans les statistiques nationales de l’année 2010.  |
| (Liers 2013)                               | Allemagne   | GIDAS 1999-2010  |

Dans (Morris et al. 2018), les accidents sélectionnés dans 5 pays européens pour analyse détaillée ont été répartis sur des pictogrammes de scénarios d’accidents (illustré en Figure 1, définitions données dans le Tableau 3). Il s’agit de décrire l’échantillon que le projet a réussi à rassembler, mais les données ne sont pas représentatives de l’accidentologie 2RM de ces pays.

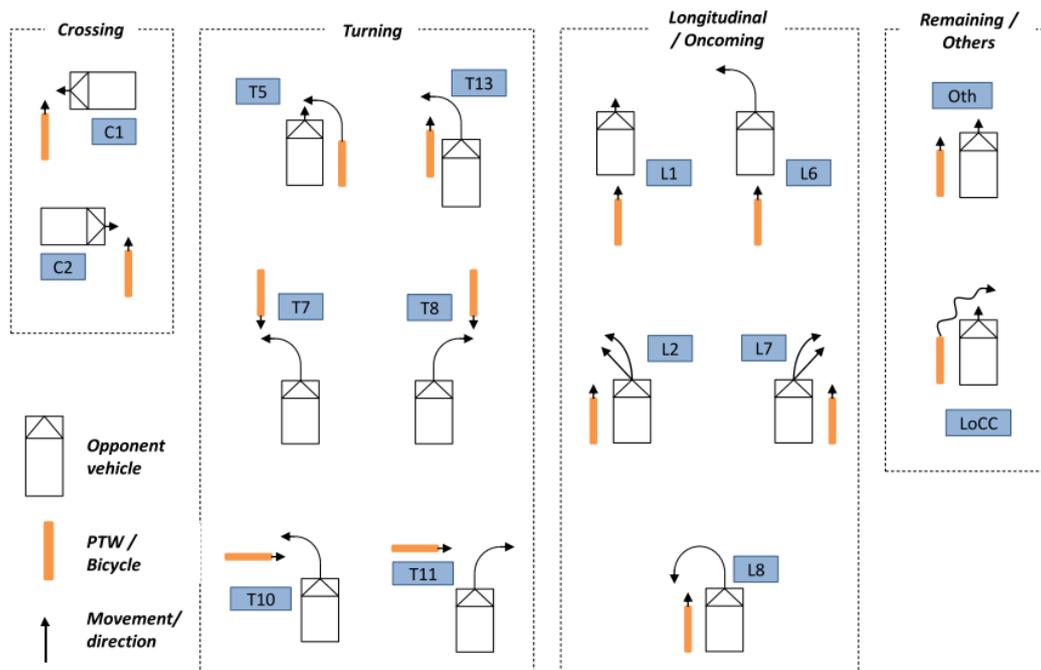


Figure 1 -Illustration des scénarios d'accidents entre un 2RM et un véhicule adverse issus de (Morris et al. 2018).

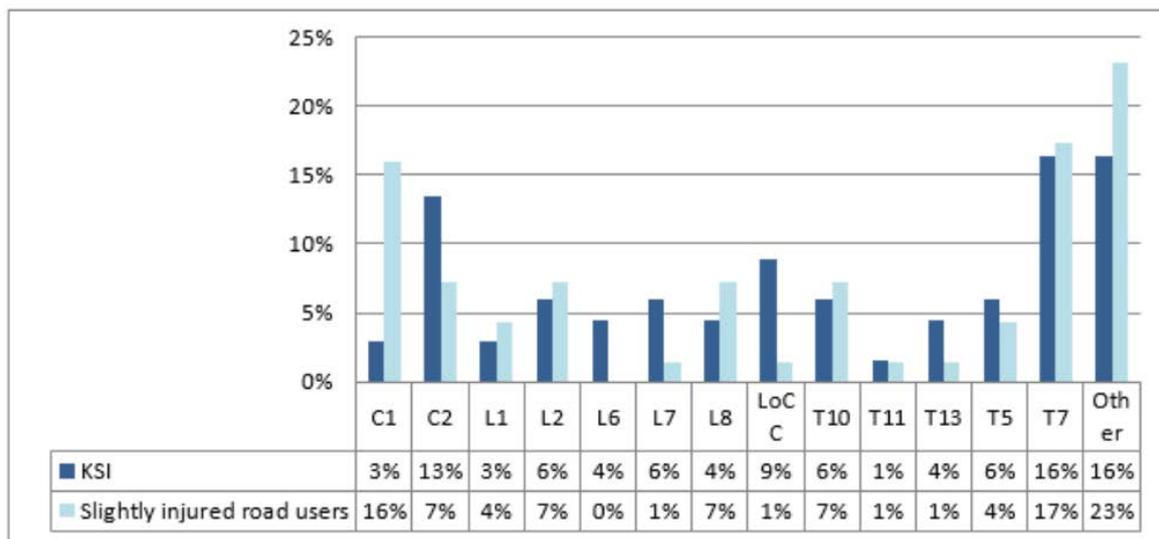


Figure 2 - Distribution des tués et blessés graves et des blessés légers selon les scénarios d'accidents impliquant un 2RM et un autre véhicule. Résultats issus de (Morris et al. 2018).

En excluant la catégorie « Other », la catégorie qui représente le plus de blessés (tués, graves et légers) est le scénario « T7 » : véhicule adverse tournant à gauche en coupant la trajectoire de la moto qui vient tout droit en sens inverse (voir Figure 2).

En deuxième position en proportion des tués et blessés graves se trouve le scénario « C2 » : 2RM allant tout droit en intersection avec le véhicule adverse traversant perpendiculairement de gauche à droite, et en deuxième position en proportion des blessés légers se trouve le scénario « C1 » : 2RM allant tout droit en intersection avec le véhicule adverse traversant perpendiculairement de droite à gauche.

Tableau 3 - Tableau donnant les définitions des scénarios issus de (Morris et al. 2018).

| Scenario | Description  |
|----------|--|
| C1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>PTW/bicycle driving straight</li> <li>Opponent vehicle crossing the PTW/bicycle path from the right side</li> </ul>   |
| C2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>PTW/bicycle driving straight</li> <li>Opponent vehicle crossing the PTW/bicycle path from the left side</li> </ul>  |
| T5       | <ul style="list-style-type: none"> <li>PTW/bicycle turning to the left, crossing the (straight) opponent vehicle path</li> <li>Opponent vehicle is riding straight in the same direction as the heading of the PTW/bicycle before turning</li> </ul> |
| T7       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle turning to the left, crossing the (straight) PTW/bicycle path</li> <li>PTW/bicycle coming from the opposite direction, riding straight</li> </ul>  |
| T8       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle turning to the right, crossing the (straight) PTW/bicycle path</li> <li>PTW/bicycle coming from the opposite direction, riding straight</li> </ul>   |
| T10      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle turning to the left, crossing the (straight) PTW/bicycle path</li> <li>PTW/bicycle is riding straight, coming from the left side of the opponent vehicle</li> </ul>                          |
| T11      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle turning to the right, crossing the (straight) PTW/bicycle path</li> <li>PTW/bicycle is riding straight, coming from the left side of the opponent vehicle</li> </ul>                         |
| T13      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle turning to the left, crossing the (straight) PTW/bicycle path</li> <li>PTW/bicycle is riding straight in the same direction as the heading of the opponent vehicle before turning</li> </ul> |
| L1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle and PTW/bicycle driving in the same direction</li> <li>PTW/bicycle is riding straight and hit by the opponent vehicle (going straight) from the rear</li> </ul>                              |
| L2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle and PTW/bicycle driving in the same direction</li> <li>Opponent vehicle is swerving to the left in front of the PTW/bicycle and hit by the PTW/bicycle</li> </ul>                            |
| L6       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle and PTW/bicycle driving in the same direction</li> <li>PTW/bicycle is riding straight and hit by the opponent vehicle (turning left) from the rear</li> </ul>                                |
| L7       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle and PTW/bicycle driving in the same direction</li> <li>Opponent vehicle is swerving to the right in front of the PTW/bicycle and hit by the PTW/bicycle</li> </ul>                           |
| L8       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Opponent vehicle and PTW/bicycle driving in the same direction</li> <li>Opponent vehicle is u-turning from the right to the left in front of the PTW/bicycle and hit by the PTW/bicycle</li> </ul>            |
| LoCC     | <ul style="list-style-type: none"> <li>The driver of the PTW/bicycle loses the control of his vehicle, in a curve, and crashes an opponent vehicle</li> </ul>  |
| Oth      | <ul style="list-style-type: none"> <li>All other scenarios that are not covered by any of the previously described scenarios.</li> </ul>   |

Dans (Sheeju and Prasannan 2016) les victimes d’accidents mortels de 2RM envoyées pour autopsie ont été étudiées. Les données sur les accidents ont été collectées grâce aux investigations de la police, des affirmations des officiers qui ont mené l’enquête et des affirmations de proches des victimes et/ou témoins des accidents.

135 cas de victimes d’accidents de 2RM ont été étudiés dont 84 conducteurs et 51 passagers. La majorité des accidents (illustrés par le Tableau 4) consiste en des accidents fronto-frontaux (46,7 %), suivis par les accidents où les 2RM sont impactés par l’arrière (11,1 %) puis les accidents où les 2RM glissent et tombent seuls en cause (10,4 %).

Tableau 4 - Répartition des accidents selon le type d'impact. Tableau issu de (Sheeju and Prasannan 2016).

| Accident                                | %     |
|---|-------|
| Front on Collision                      | 46.70 |
| Rear end hit                            | 11.10 |
| Skid and fall                           | 10.40 |
| Hitting object/surface                  | 6.70  |
| Hit while overtaking of another vehicle | 5.90  |
| Side on collision                       | 5.90  |
| Two wheeler overtaking Another vehicle  | 4.40  |
| Tail gaiting                            | 2.20  |
| Giddiness and fall                      | 1.50  |
| Trying to open umbrella                 | 1.50  |
| Others                                  | 1.50  |
| Not known                               | 1.50  |

Cette étude a été réalisée par des médecins légistes et non par des spécialistes en accidentologie : les termes utilisés pour décrire les accidents diffèrent souvent des termes utilisés en accidentologie. Par exemple, le terme « front on collision » a été utilisé pour probablement dire « head-on collision » et le terme « tail gaiting » signifie probablement « rear-end ». La spécificité de cette étude venant d’Inde nous a poussé à l’intégrer dans la bibliographie puisqu’il s’agit d’une des rares études donnant une vue sur les collisions dans ce pays. Il faut noter l’accident dû à une personne qui ouvre son parapluie tout en étant conducteur ou passager d’un 2RM : ce type de comportement rare constituera un défi à la détection d’un 2RM par un système de conduite autonome.

La majorité des véhicules adverses impliqués dans un accident 2RM sont des véhicules lourds (voir Tableau 5). Ainsi les bus contribuent à 21,5 % des accidents, les camions à 17 % et les camions benne à 11,1 %. Ces résultats sont à confirmer à un niveau plus représentatif de l’Inde mais si la tendance s’avère exacte, il semble, dans le contexte particulier de l’Inde, plus utile d’équiper les poids lourds de systèmes automatisés pour réduire l’accidentologie 2RM dans cette région.

Tableau 5 - Type des véhicules adverses impliqués dans les accidents de 2RM. Tableau issu de (Sheeju and Prasannan 2016).

| Vehicle                        | Frequency | %    |
|--------------------------------|-----------|------|
| Bus                            | 29        | 21.5 |
| Lorry                          | 23        | 17   |
| Tipper                         | 15        | 11.1 |
| Bike                           | 14        | 10.4 |
| Car                            | 13        | 9.6  |
| Jeep                           | 3         | 2.2  |
| Omni van                       | 3         | 2.2  |
| Pick up van                    | 2         | 1.5  |
| Auto                           | 1         | 0.7  |
| Tempo                          | 1         | 0.7  |
| Hit a bike & run over by lorry | 1         | 0.7  |
| Bicycle                        | 1         | 0.7  |
| Not Known                      | 1         | 0.7  |

Il est aussi intéressant de noter que les accidents 2RM contre 2RM (bikes) sont plus fréquents dans cet échantillon que les accidents avec les voitures, ce qui est assez logique compte tenu du nombre élevé d'utilisateurs de 2RM en Inde.

Dans (Dubos et al. 2016), trois configurations d'accident ont été identifiées comme les plus importantes en termes de fréquence à partir de la base d'accidents VOIESUR. En premier lieu, il s'agit des accidents où le 2RM quitte seul la route (16,5 %) parmi lesquels la majorité arrive sur des routes rurales (69 %). En deuxième position (13 % des accidents) se trouvent les accidents où un des véhicules (2RM ou véhicule adverse) quitte sa voie, passe sur la voie adverse et percute l'autre véhicule venant d'en face. La troisième configuration d'accident la plus fréquente se passe en intersection avec le véhicule adverse qui tourne à gauche coupant la trajectoire du 2RM qui va tout droit en sens inverse.

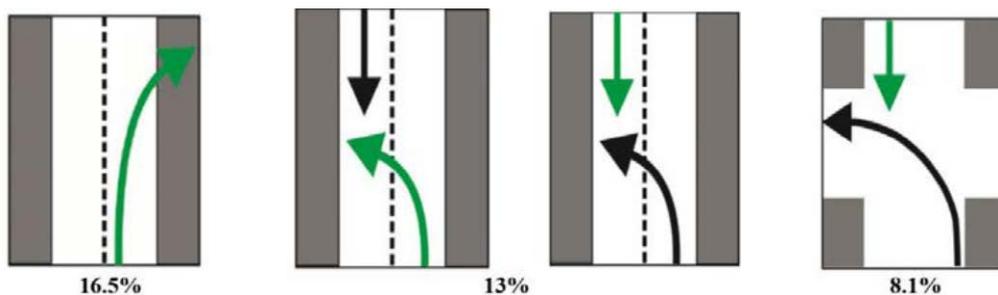


Figure 3 - Illustration des configurations d'accidents les plus fréquentes. Figure issue de (Dubos et al. 2016).

De même, dans (Billicsich et al. 2016), la configuration d'accidents mortels la plus fréquente est celle où le 2RM est seul en cause, suivie par les accidents frontaux et les accidents en intersection (voir Figure 4).

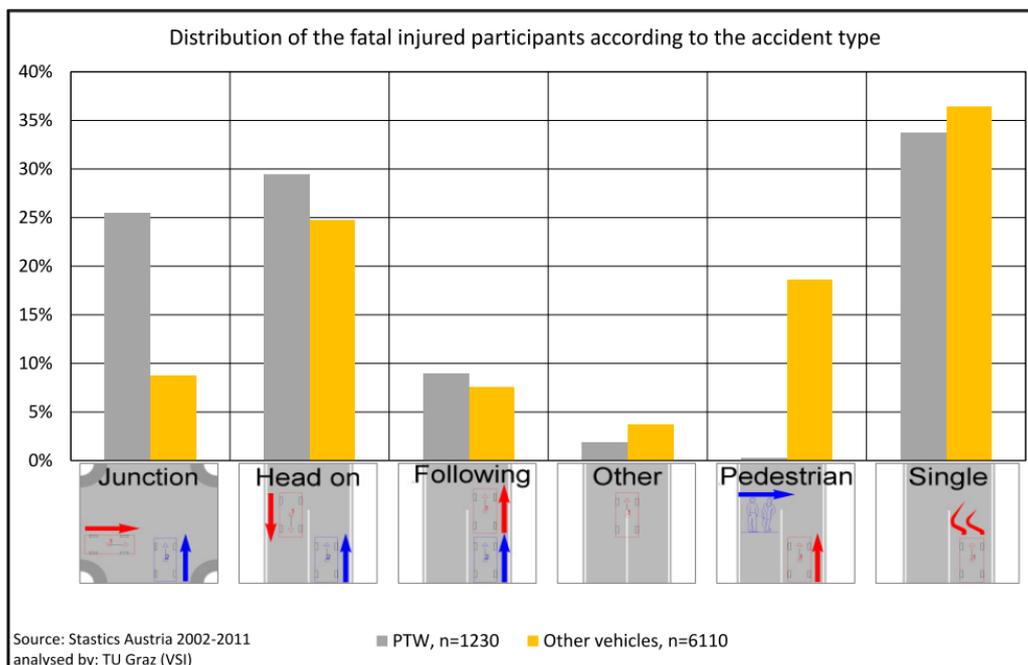


Figure 4 - Configurations d'accidents mortels issus de (Billicsich et al. 2016) et la proportion des 2RM et d'autres types de véhicules impliqués dans chaque configuration.

Les accidents en intersection ont été investigués plus en détail (voir Figure 5) et la configuration qui est majoritaire, surtout en proportion de tués, regroupe les accidents où le véhicule adverse tourne à gauche coupant la trajectoire du 2RM qui va tout droit en sens inverse. Deux autres configurations représentent une fréquence non négligeable en intersection comme la configuration où le 2RM va tout droit en intersection avec le véhicule adverse traversant perpendiculairement de droite à gauche ou de gauche à droite et la configuration où le 2RM va tout droit avec le véhicule adverse venant de droite d’une direction perpendiculaire et tournant à gauche.

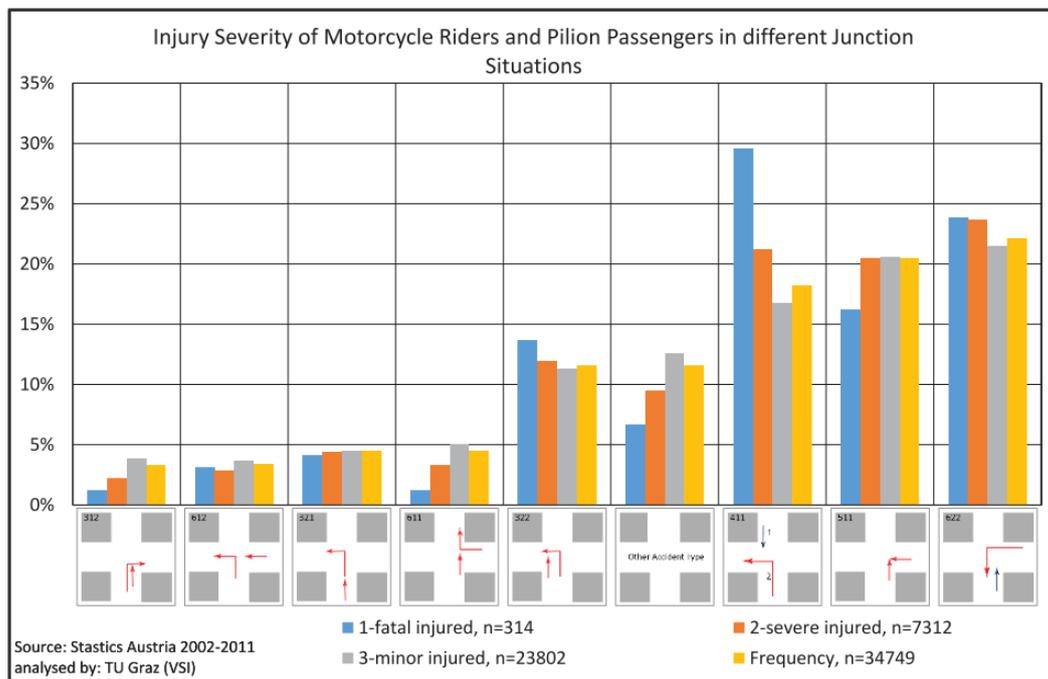


Figure 5 - Configurations d'accidents en intersection issues de (Billitsch et al. 2016) et la proportion des usagers de 2RM impliqués selon la gravité de blessure.

(VAN-ELSLANDE et al. 2015) ont de leur côté étudié les configurations d’accidents 2RM issus de l’analyse de 1080 procès-verbaux d’accidents 2RM en zone urbaine sélectionnés de façon à ce qu’ils soient représentatifs de l’accidentologie nationale française.

On retrouve toujours les accidents en intersection où le véhicule adverse tourne à gauche en coupant la trajectoire de la moto qui vient tout droit en sens inverse (voir Figure 6.a). Cette configuration est la plus fréquente et représente 8,7 % des accidents.

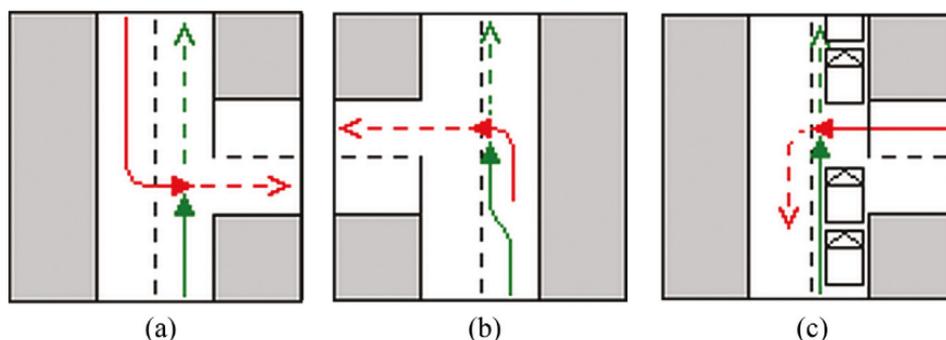


Figure 6 - Trois configurations d'accident les plus fréquentes en zone urbaine selon (VAN-ELSLANDE et al. 2015).

La deuxième configuration la plus fréquente (7,8 %) regroupe les accidents où un 2RM dépasse par la gauche un véhicule tournant à gauche (voir Figure 6-b).

La troisième configuration la plus fréquente regroupe les accidents où un 2RM dépasse par la gauche des véhicules qui le masquent avant une intersection et entre en collision avec un autre véhicule venant de droite et qui tourne à gauche (voir Figure 6-c). Cette dernière configuration représente 4,3 % des accidents 2RM.

**Dans (Dias and Bernardo 2013)** les accidents 2RM ont été classés selon le type d’accident pour l’année 2010 au Portugal. En combinant tous les accidents en sortie de voie (ROR de l’anglais « Run Off Road »), ils représentent la majorité des accidents. Ensuite, il y a les collisions latérales (qui représentent des collisions ayant eu lieu en intersection), puis les collisions frontales (voir Figure 7).

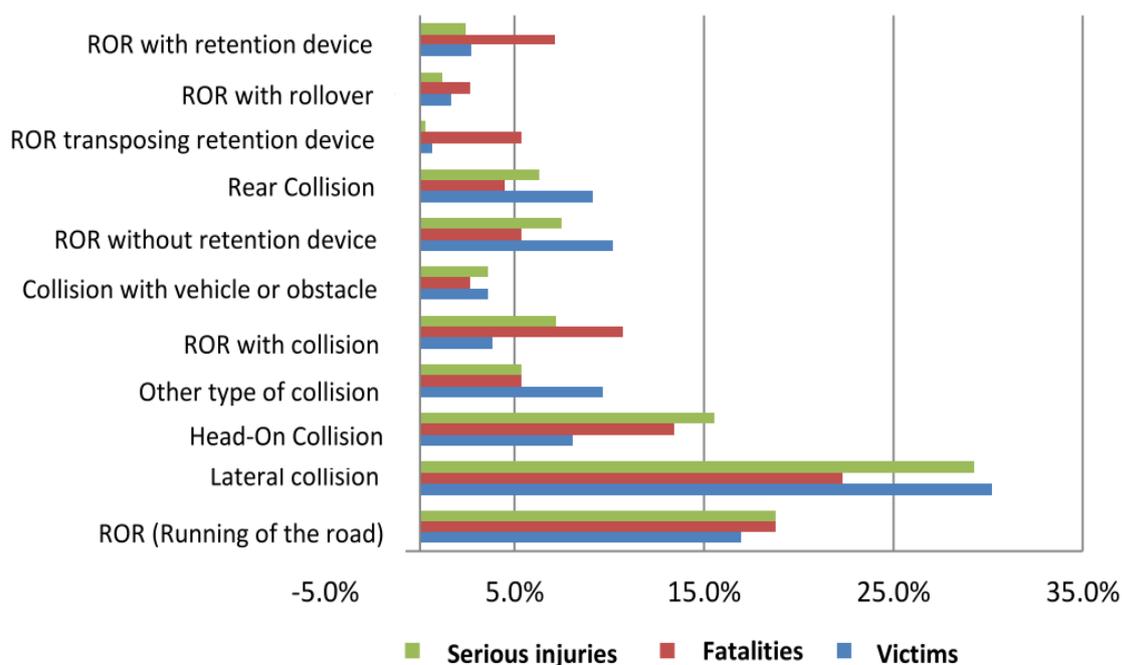


Figure 7 - Types d'accidents 2RM issus de (Dias and Bernardo 2013).

**Dans (Liers 2013)**, la base de donnée allemande GIDAS a été utilisée de l’année 1999 à 2010 afin de constituer un échantillon suffisant d’accidents 2RM : 1789 accidents impliquant un 2RM ont été étudiés et répartis sur plusieurs configurations d’accidents.

Des poids statistiques ont été appliqués afin que les accidents soient représentatifs des données allemandes de l’année 2010. La configuration d’accident la plus fréquente est encore une fois la configuration où le véhicule adverse tourne à gauche en coupant la trajectoire de la moto qui vient tout droit en sens inverse (148 accidents, voir Figure 8).

La deuxième configuration la plus fréquente représente les accidents où le 2RM va tout droit en intersection et entre en collision avec un autre véhicule venant de sa droite et qui tourne à gauche.

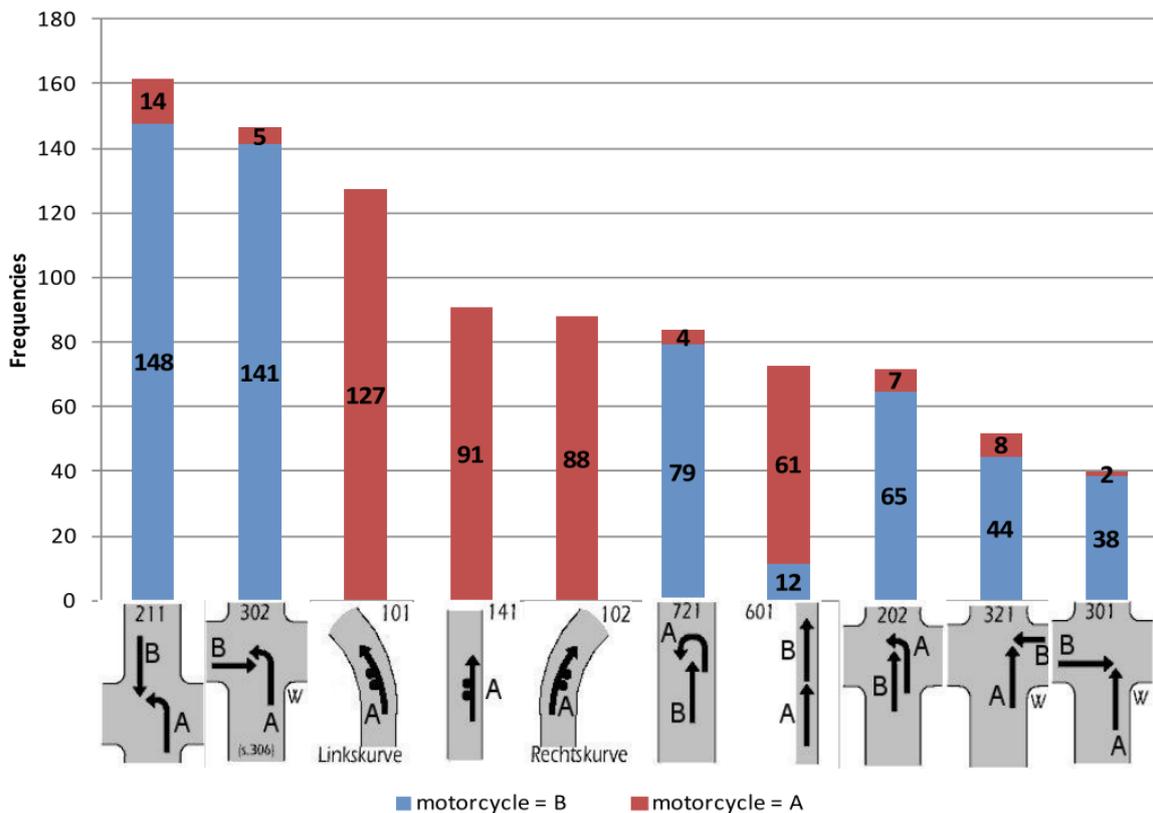


Figure 8 - Les 10 configurations d’accidents les plus fréquentes « selon Liers (2013) ». La couleur bleue signifie que le 2RM est représenté par la lettre B dans le pictogramme alors que la couleur rouge signifie que le 2RM est représenté par la lettre A.

Ensuite viennent les accidents où le 2RM est seul en cause, puis les accidents avec un des véhicules qui fait demi-tour et se fait heurter, puis les accidents fronto-arrière, puis les accidents où la moto tente de dépasser par la gauche un véhicule qui est en train de tourner à gauche, puis les accidents en intersection où la trajectoire des véhicules est perpendiculaire.

### 2.2.3 Conclusion

La revue bibliographique concernant les accidents de 2RM démontre que les accidents impliquent dans la plupart du temps un 2RM seul en cause. Il s’agit d’accidents arrivant souvent sur des routes rurales. Ensuite viennent les accidents en intersection qui sont souvent représentatifs des zones urbaines. Le scénario le plus prépondérant en intersection est celui où le véhicule adverse tourne à gauche alors que le 2RM tente de traverser tout droit. Ensuite viennent les accidents où le 2RM et le véhicule adverse traversent perpendiculairement l’intersection.

### 3. METHODOLOGIE

La revue de littérature systématique n’a pas permis de trouver des articles scientifiques traitant ce sujet. Afin de compléter ce vide, une étude sur avis d’experts a été réalisée en collaboration avec les experts nationaux et internationaux.

De façon générale l’enquête auprès d’un expert sert à collecter des connaissances et des points de vue sur un sujet spécifique, de la part de personnes qui sont fortement impliquées dans un thème. Cette implication peut être, par exemple, de l’ordre de la pratique professionnelle, ou en rapport à une vision privilégiée venant d’une activité de recherche sur un ou plusieurs aspects du thème en question (Engel et Krishnakumar 2008). Dans le cadre de notre étude, l’enquête sert à explorer les potentielles difficultés de prise en compte du 2RM dans l’environnement du véhicule automatisé. Et par la suite, les informations collectées via l’enquête aident à identifier les thèmes qui apparaissent comme les plus intéressants. L’enquête auprès des experts a été faite via un questionnaire.

#### 3.1 Questionnaire

Dans le cadre de cette étude, le questionnaire permet de cerner les potentielles difficultés de prise en compte du 2RM dans l’environnement du véhicule automatisé du point de vue d’experts. Il permet également de compléter les risques non identifiés dans la revue de la littérature.

Le développement du questionnaire est basé sur la revue de la littérature et les scénarios identifiés dans le WP5 (Serre et al. 2020) du projet SURCA. En effet, d’une part la revue de la littérature a permis d’identifier les scénarios d’accidents les plus fréquents impliquant un 2RM et d’autre part les WP2 (Ledoux et al. 2016) et WP5 ont permis d’identifier les scénarios d’interaction critiques entre un futur Véhicule Automatisé (VA) et un 2RM, en exploitant les bases de données accidentologiques (VOIESUR et FLAM).

Le questionnaire expert est composé de la manière suivante :

- Dans un premier temps les experts ont été amenés à répondre aux questions d’ordre général : type et nom d’organisation (académie, gouvernement,...), contact et pays.
- Dans un deuxième temps les thèmes suivants ont été abordés :
  - Cohabitation véhicule automatisé/2RM : Comment vous voyez la cohabitation entre un deux roues motorisés et un véhicule automatisé (véhicules partiellement, hautement et entièrement automatisés) ?
  - Potentiels difficultés/conflits : Quels sont les potentielles difficultés de prise en compte du 2RM dans un environnement du véhicule automatisé ? Quels sont les situations de conflits potentiels ?
  - Accidents/Incidents : Quels types d’accidents ou incidents peuvent être générés entre un 2RM et un véhicule automatisé (véhicules partiellement, hautement et entièrement automatisés) ? En intersection, au rond – point, quand le motocycliste remonte les files et quand le motocycliste dépasse dans la voie opposée.

- Interaction/communication : Actuellement certains accidents/incidents sont évités grâce à la communication/interaction entre le motocycliste et le conducteur de voiture (ex : le conducteur peut entendre le bruit du motocycliste). Si on considère maintenant que c’est le véhicule automatisé (véhicules hautement et entièrement automatisés), comment doit-il communiquer avec le motocycliste ?
- Les besoins de communication : Prenant en considération les spécificités du 2RM, quels sont les besoins de communication du véhicule autonome en phase active avec un 2RM ?

Pour répondre aux questions, les experts devaient prendre en compte la définition suivante des différents niveaux d’autonomie.

- Véhicule partiellement automatisé : Le conducteur surveille le système à tout moment. Le système gère la conduite longitudinale et latérale dans des conditions définies\*.
- Véhicule hautement automatisé : Le conducteur n’a pas besoin de superviser le système tout le temps. Le système gère la conduite longitudinale et latérale dans des conditions définies\*. Le système reconnaît ses limites et peut demander à tout moment la reprise en main de la conduite avec une marge de temps suffisante.
- Véhicule entièrement automatisé : Le conducteur n’est plus tenu de superviser la conduite dans des conditions définies\* ou durant le trajet complet. Le système gère la conduite longitudinale et latérale dans des conditions définies ou la conduite entière sur tous types de route, plages de vitesse et conditions environnementales.

\*Conditions définies : Types de route, plages de vitesse et conditions environnementales.

### 3.2 Collecte des données

Le questionnaire expert a été mis en ligne sur le site « dragnsurvey » entre juin et juillet 2019. Le lien pointant vers celui-ci a été envoyé aux experts en utilisant une liste de diffusion internationale, majoritairement européenne (IRTAD, UGE, CEREMA, FERSI,...).

Au total 19 experts européens dans le domaine de la sécurité routière ont répondu au questionnaire. Ils appartiennent aux différents organismes tels que l’académie, l’institut public, le constructeur automobile ou l’organisation gouvernementale (cf. l’annexe pour la liste des organismes auxquels appartiennent ces experts).



Figure 9 – Provenance des experts ayant répondu au questionnaire

## 4. RESULTATS

### 4.1 Analyse des réponses

Les réponses au questionnaire ont été regroupées en quatre catégories :

- Cohabitation entre véhicule automatisé et 2RM
- Potentiels conflits entre véhicule automatisé et 2RM
- Types d’accidents ou d’incidents entre ces deux modes de transport
- Interaction/communication et les besoins de communication

#### 4.1.1 Cohabitation véhicule automatisé/2RM

Les experts évoquent d’une part la dégradation de la cohabitation entre les véhicules automatisés et les 2RM et d’autre part une cohabitation envisageable si le véhicule automatisé est conçu de manière à prendre en compte les 2RM.

##### *Dégradation de la cohabitation par rapport à des véhicules conventionnels*

- **Difficultés liées aux caractéristiques d’un 2RM et au comportement des motocyclistes**

Les principales difficultés liées à la cohabitation de ces deux modes de transport sont dues à la détection/perceptibilité des 2RM par les véhicules automatisés. Elles peuvent être liées à :

- **La capacité d’accélération** des 2RM.
- **Le différentiel de vitesse** de déplacement entre le VA et le 2RM.
- **La taille réduite des 2RM** par rapport aux autres types de véhicules.
- **La trajectoire et le comportement** (remontée de file/dépassement/conduite agile/circulation inter-file) des motocyclistes.
- **Difficultés liées aux spécificités de fonctionnement d’un véhicule automatisé**
  - **Freinage tardif/brusque des véhicules automatisés.**
  - **Non anticipation / détection acoustique par l’automatisation.**
  - **Irritation des usagers des véhicules automatisés** : ralentissements liés à leur présence dans la zone proche du véhicule, alerte de présence trop fréquente...
  - **Identification des différents niveaux de VA par les motocyclistes** : dans un trafic mixte, les motocyclistes ne pourront pas identifier facilement les véhicules en mode partiellement, hautement automatisé et ne pourront pas anticiper leur comportement spécifique.
  - **En cas de perte de vigilance du conducteur**, la détection de situations critiques et la réaction à celles-ci (la reprise en main) peuvent être retardées et brutales, notamment en conduite partiellement automatisée.

### ***Une cohabitation cependant envisageable***

Certains experts voient une amélioration de la sécurité des 2RM si certaines mesures sont mises en place ou si le VA est conçu de manière à prendre en compte les 2RM :

- S’il y avait une **séparation physique**, voies spécifiques dédiées entre les deux modes de transport, automatisé et non automatisé (2RM, véhicules conventionnels, poids lourds,...)
- Avec **amélioration de la détection des 2RM** par les automates (ex : meilleure détection des 2RM dans l’angle mort).
- Si la **motocyclette est connectée**.
- S’il y a une mise en place d’une **formation** pour les conducteurs sur l’utilisation des VA.
- Si le conducteur est **attentif et surveille le système et l’environnement** en permanence, les systèmes d’assistance peuvent être considérés comme un avantage pour la sécurité routière (le véhicule est partiellement automatisé).
- Lorsque l’automatisation (le véhicule est hautement ou totalement automatisé) est active, si **le véhicule fonctionne conformément aux règles régies par le code de la route** (pas d’excès de vitesse, utilisation du clignotant, respect de la priorité), cela permettrait de réduire les causes d’accident.
- Si le **véhicule automatisé est programmé et conçu pour prendre en compte les 2RM** (les algorithmes devraient prendre en compte les modèles de trafic des 2RM), la cohabitation pourrait être améliorée.

#### **4.1.2 Potentiels conflits**

##### ***Potentiels conflits dus à la détectabilité et à l’imprévisibilité des 2RM***

En ce qui concerne les potentiels conflits, d’après les experts ils peuvent être engendrés suite à la difficulté liée à la détectabilité des 2RM et également à leur imprévisibilité. Les principales situations potentiellement conflictuelles entre un véhicule automatisé et un 2RM sont regroupées ci-dessous :

- **Manœuvres des motocyclistes** difficiles à prévoir pour un automate : la rapidité de changement de vitesse et de direction, les dépassements, les manœuvres évasives, la conduite en zig zag, la remontée de file (régime congestionné ou fluide), 2RM roulant sur la voie qui est en direction opposée.
- **Style de conduite agressif** de certains deux-roues, en particulier dans les zones rurales, tel que prendre les virages serrés (couper les virages, angle d’inclinaison pour prendre un virage).
- **Difficulté de détection des groupes de motards** par le VA
- **La diversité et la taille** des 2RM par rapport aux autres types de véhicules pourraient rendre difficile la détection des 2RM par les capteurs des VA.
- **Les freinages brusques de VA** détectant un risque.
- **Difficultés de détection d’un motocycliste ayant chuté** sur la chaussée (glissade).

### **Potentiels conflits engendrés par l’absence de communication implicite entre conducteurs**

Actuellement il existe de la communication implicite (son, regards, langage corporel) entre les motocyclistes et les conducteurs. L’absence de cette communication pourrait engendrer des conflits entre le motard et le véhicule autonome, notamment en cas de délégation de conduite poussée.

### **Potentiels conflits dus à la conception du véhicule automatisé**

Les conflits peuvent être engendrés si le fonctionnement du véhicule automatisé repose sur les comportements légaux d’autres usagers de la route et ignore systématiquement les comportements illégaux plus ou moins tolérés, par exemple la remontée de file.

## **4.1.3 Types d’accidents/d’incidents**

Les types d’accidents ou d’incidents qui pourraient se produire cités par les experts au niveau de l’intersection, le giratoire et lorsque le motocycliste circule en inter-file ou dépasse sur la voie opposée ont été regroupés ci-dessous.

### **Intersection**

- Non détection du 2RM par le VA lorsque le véhicule automatisé tourne à gauche quand un 2RM le dépasse par la gauche ou lorsque le véhicule automatisé tourne à droite quand un 2RM le dépasse par la droite.
- Les accidents/incidents liés aux remontées de files des 2RM.
- La motocyclette tourne soudainement en face d’un véhicule automatisé en lui coupant la route.
- 2RM ne réagit pas assez rapidement aux freinages brusques des véhicules automatisés.
- Les impacts dus au non-respect du code la route par les motocyclistes (priorité à droite, feu rouge,...).
- Les collisions dues à un mauvais pronostic de la trajectoire du 2RM par le véhicule automatisé.
- La mauvaise détection d’une moto due à sa vitesse élevée et à sa capacité d’accélération pourrait présenter un risque et aboutir à des chocs.
- Le motocycliste peut «abuser» du comportement de conduite du véhicule automatisé (par exemple, ignorer la priorité à droite).

### **Giratoire**

- Les véhicules automatisés auront la difficulté à prédire la trajectoire des motocyclistes.
- Dépassement du véhicule automatisé à droite ou à gauche lorsqu’il attend à l’entrée du giratoire : risque de paralyser le véhicule automatisé ou de l’engager dans une manœuvre d’évitement qui pourrait aboutir à un choc avec un autre usager.
- Augmentation des impacts latéraux.
- Le motard ne réagira pas assez rapidement à un freinage brusque de véhicule automatisé
- Des accidents dus à la mauvaise prédiction de la trajectoire et/ou vitesse des 2RM.
- Les accidents dus au dépassement en entrée de giratoire.

- Augmentation des conflits quand un motocycliste s'approche d'un véhicule automatisé (exemple d'un 2RM arrivant sur le côté des voies non au milieu, ou dans un angle particulier).

#### ***Circulation inter-file***

- Les accidents ou incidents dus à la détection tardive ou à la non détection des 2RM par les VA : non détection du 2RM par le VA lorsque le véhicule automatisé tourne à gauche, quand un 2RM le dépasse par la gauche, ou lorsque le véhicule automatisé tourne à droite quand un 2RM le dépasse par la droite.
- Freinages brusques des véhicules automatisés dus à la mauvaise interprétation de la situation du trafic. Les véhicules automatisés ne sachant pas interpréter sur quelle voie est le 2RM, pourrait le détecter comme un obstacle et entraîner des freinages inattendus.
- Le véhicule automatisé peut légèrement dévier afin de créer de l'espace pour un deux-roues motorisé, mais cela risque qu'un véhicule tiers entre en collision avec le véhicule automatisé.
- Générer des freinages brusques voire d'urgence et entraîner des collisions en chaîne avec les véhicules non automatisés.
- Risque que le 2RM soit confondu ou masqué par d'autres véhicules qui sont autour sur les deux voies.
- Choc latéral si l'inter-distance latérale est trop faible, avec changement de file tardif et brusque du 2RM (queue de poisson).
- Les véhicules automatisés ne seront pas en mesure de prédire le comportement du motocycliste et détecteront le deux-roues motorisé comme un obstacle ou une menace potentielle. Cela pourrait entraîner un accident, car le véhicule automatisé pourrait changer de direction afin d'éviter le 2RM.

#### ***Dépassement sur la voie opposée***

- Les dépassements effectués par les deux-roues motorisés risqueraient de provoquer un ralentissement, freinage brutal, manœuvre évasive et/ou changement de direction du VA entraînant un incident/accident avec d'autres véhicules.
- Les accidents dus à la détection tardive des deux-roues et à une mauvaise prévision de la trajectoire, de la vitesse et / ou d'accélération rapide du 2RM, pourraient survenir, entraînant des collisions frontales.
- Le VA pourrait ne pas détecter les 2RM car ils sont trop petits.
- Les chocs frontaux, side-swipes

#### **4.1.4 Interaction/communication**

A la question sur les besoins et méthodes de communication du véhicule autonome en phase active avec un 2RM, les experts ont fait des propositions suivantes :

- **L'intégration d'un microphone** dans le véhicule automatisé pour capter le son ambiant pourrait être une solution, mais avec un désavantage qu'il est très difficile pour un automate d'identifier un message sonore dans le trafic routier.

- **L’utilisation de signaux sonores internationaux** comme dans la culture maritime, car il est difficile d’adapter à chaque culture des signaux spécifiques. Le langage corporel des motocyclistes (communication implicite) peut différer d’un pays à l’autre et peut s’avérer difficile à interpréter pour le véhicule autonome.
- **L’équipement des motocyclettes en systèmes connectés.** Les véhicules automatisés auront besoin d’informations sur la position des deux-roues motorisés, ce qui suppose qu’ils soient connectés. Ils ne seront peut-être pas automatisés, mais l’accent doit être mis sur leur connectivité. Cela atténuerait les problèmes de détectabilité dus à leur taille réduite.
- **La transmission des positions des usagers** de la route peut aider à garantir que tous les usagers de la route - qu’ils soient automatisés ou non - soient reconnus par d’autres. Le premier pourrait être organisé en transmettant un signal particulier identifiant la présence, la trajectoire et les caractéristiques du 2RM au véhicule autonome. En outre, les 2RM peuvent également être connectés à des éléments d’infrastructure numériques et intelligents.
- **La confirmation de la bonne détection** du 2RM par le VA :
  - **Un écran visible** sur le véhicule autonome à toute heure (jour et nuit), qui signale au motocycliste simplement et sans équivoque que le véhicule automatisé a reconnu la motocyclette.
  - Des **signes de sourire**, etc., sur la voiture : pour que cela fonctionne, il serait souhaitable qu’il existe une norme permettant aux gens d’apprendre rapidement.
- **La prise en compte des spécificités 2RM** dans la conception des véhicules automatisés :
  - Les véhicules automatisés devraient être capables de fonctionner de manière autonome sans connectivité et de se comporter vis-à-vis des 2RM de manière similaire à ceux des véhicules classiques.
  - Pour gérer la coexistence de véhicules automatisés et de 2RM, il convient de prendre en compte lors de la conception des nouveaux systèmes automatisés les comportements des motocyclistes.
  - Le système doit être capable de **détecter les communications implicites**, par exemple le motocycliste lève le haut du corps et regarde en arrière pour préparer une manœuvre de dépassement.

Un expert évoque que l’absence de communication pourrait aussi inciter les 2RM à être plus respectueux des règles et des autres usagers. Un trop fort sentiment de sécurité des motocyclistes vis-à-vis du véhicule autonome peut mettre en danger leur sécurité.

## 5. CONCLUSION

La détection d’un motocycliste dépend de sa visibilité et de l’habitude du conducteur de rencontrer des motocyclettes, ce qui n’en garantit pas l’acceptation lorsque qu’un 2RM s’impose et se faufile. Cette détection rapide favorise toutefois un comportement positif, d’autant plus si l’automobiliste a une expérience de motard, lorsqu’il est conscient des pratiques et des tâches de pilotage.

La complexité du pilotage moto fait que les pratiques abusives des motocyclistes se traduisent déjà par une proportion importante d’accidents où ils sont seuls en cause, notamment en France pour les pilotes peu expérimentés de machines puissantes. Cette caractéristique se traduit aussi par des collisions où le motard est sorti de son couloir, soit pour couper le virage, soit en sortie de virage, soit du fait d’un dépassement.

Aux carrefours, la légèreté et la mobilité des deux roues lui donne un comportement peu prédictible : on note que les accidents y sont souvent déclenchés par une trajectoire moto coupée par l’automobiliste, par détection tardive de la manœuvre ou surestimation du temps disponible.

Deux conditions semblent nécessaires à une interaction constructive entre automobiliste et motocycliste :

- La détection d’une moto qui peut surprendre en arrivant vite avec une silhouette réduite, cachée à la corde d’un virage ou derrière un autre véhicule ;
- La compréhension du comportement d’une moto qui suppose une tolérance ou une expérience de son pilotage.

Un automate de conduite automobile peut avoir des atouts en détection s’il n’y a pas de masques physiques, mais il n’aura pas l’expérience du pilotage moto et ne bénéficiera pas de la détection auditive de l’humain. Il s’agit d’une cible particulièrement mobile sur la chaussée et la confrontation aux pratiques motocyclistes est un vrai challenge pour la conception de véhicules autonomes.

Les experts préconisent des solutions spécifiques comme l’envoi automatique d’une information d’approche par des motos qui seraient connectées à l’infrastructure et/ou aux autres véhicules, mais cette démarche consistant à adopter un comportement particulièrement prudent lorsqu’une moto arrive (à l’image du gyrophare bleu d’un véhicule prioritaire) peut conduire à un sentiment de supériorité et à des comportements abusifs des motards vis-à-vis de véhicules dont la conduite est automatisée.

Il conviendra de réaliser des analyses détaillées et expérimentations dans les pays particulièrement contraignants, comme la France (vitesse moto, circulation inter file, ronds-points...) ou l’Inde (circulation dense en 2RM, pratiques anarchiques...). Des essais en conduite naturelle pourraient également être réalisés sur plateforme, telle que Transpolis.

---

## 6. LISTE DES ABRÉVIATIONS

**2RM** : Deux Roues- Motorisé

**CEESAR** : Centre Européen d’Etudes de Sécurité et Analyse des Risques

**CEREMA** : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

**DSR** : La Délégation à la Sécurité Routière

**FLAM** : Facteurs Liés aux Accidents Mortels

**LAB** : Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'études du comportement humain

**UGE** : Université Gustave Eiffel

**VA** : Véhicule Automatisé

**VEDECOM** : Véhicule DÉcarboné COmmuniquant et sa Mobilité

**VOIESUR** : Véhicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route

## 7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Billitsich, S., Tomasch, E., Eichberger, A., Markovic, G., and Magosi, Z. (2016). “Evaluation of the Impact of C2X Systems to the Accident Severity in Motorcycle Accidents.”
- João M. P., D., Bernardo, D. (2013). “Injury Analysis and Reconstruction of Powered Two Wheelers Accidents.” BAST, Sonstige. Sonstige.
- Dubos, N., Berengère, V., Bisson, O. (2016). “A Better Knowledge of Powered Two Wheelers Accidents.”
- Engle, R., Krishnakumar, R. (2008). Accidentologie, Usages et Comportements des deux-roues motorisés, Rapport Tâche 6 : contribution Sociologique : «Les représentations croisées entre 2RM et automobilistes»
- Narelle, H., Rakotonirainy, A., Wilson, A., Schramm, A., Darvell, M., Haines, A. (2014). *Understanding Interactions between Two Wheelers (TW) and Car Drivers in a Driving Simulator*. NRMA-ACT Road Safety Trust.
- Lenne, M., Salmon, P., Beanland, V., Walker, G., Underwood, G., Filtner, A. (2013). “Interactions between Cars and Motorcycles: Testing Underlying Concepts through Integration of on-Road and Simulator Studies.” ©University of Iowa.
- Liers, H. (2013). “Analysis of the Accident Scenario of Powered Two-Wheelers on the Basis of Real-World Accidents.” BAST, Sonstige. Sonstige.
- Ledoux, D., Krishnakumar, R., Hervé, V., (2019), Livrable L2.8 Situations d’interactions accidentogènes : enjeux, Projet Surca, financé par la FSR et la DSR
- Morris, Andrew, Laurie Brown, Pete Thomas, R. J. Davidse, V. Phan, Dimitris Margaritis, D. Shingo Usami, M. Robibaro, A. Krupinska, K. Sicinska, A. Ziakopoulos, Athanasios Theofilatos, and George Yannis. 2018. “SaferWheels Study on Powered Two-Wheeler and Bicycle Accidents in the EU - Final Report.”
- Serre, T., Rago-Court, I., Parraud C., Van Elslande P., Canu B., Naude, C., Perrin C., Fournier, J.Y., Krishnakumar, R., (2020), Livrable 5.1 Choix des scénarios d’interactions VL / 2RM, Projet Surca, financé par la FSR et la DSR
- Sheeju, P. A. and Prasanna, K. (2016). “A descriptive study of pattern of fatal head injury in helmeted and nonhelmeted victims of two wheeler accidents.”
- Van-Elslande, P., Fournier, J.V., Parraud, C. (2015). “Powered Two-Wheelers In Urban Environment: A Detailed Accident Analysis.”

# ANNEXE

## Table des annexes

|                      |  |           |
|----------------------|--|-----------|
| <b>ANNEXE N° 1 :</b> | <b>LISTE DES ORGANISMES QUI ONT RÉPONDU AU QUESTIONNAIRE .....</b> | <b>31</b> |
|----------------------|--|-----------|

## Annexe n° 1 : Liste des organismes qui ont répondu au questionnaire

| Organisation   | Pays               |
|--|--------------------|
| KFV (Austrian Road Safety Board)   | Autriche           |
| Centre for Research and Technology Hellas (CERTH/HIT)  | Grèce              |
| Budapest Univeristy of Technology and Economics  | Hongrie            |
| KTI Institute for Transport Sciences Non-profit Ltd.   | Hongrie            |
| Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)  | Allemagne          |
| Vias Institute   | Belgique           |
| Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving<br>Veiligheidsmanagement en Verkeersveiligheid    | Pays-Bas           |
| BMW AG   | Allemagne          |
| Robert Bosch Corporation   | Allemagne          |
| SWOV, Institute for Road Safety Research   | Pays-Bas           |
| Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU Swiss Council for<br>Accident Prevention                 | Suisse             |
| CDV - Transport Research Centre  | République Tchèque |
| VTI Swedish National Road and Transport Research<br>Institute                                    | Suède              |
| AIT Austrian Institute of Technology GmbH  | Autriche           |
| CEREMA   | France             |
| VTT Technical research centre of Finland Ltd   | Finlande           |
| Road Safety Department   | France             |
| CEESAR, independant research laboratory dedicated to<br>road safety improvement, based in France | France             |