

Projet CACIAUP

Amélioration des **C**onnaissances
sur les **AC**cidents **I**mpliquant un
AUtomobiliste et un **P**iéton



Rapport R4.1

Identification des configurations d'accidents et des causes associées.

Septembre 2012

*Ce projet est financé par la Fondation Sécurité Routière (FSR) et
le Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'études du comportement humain (LAB)*

Auteurs :

Sophie CUNY - CEESAR

sophie.cuny@ceesar.asso.fr - +33.1.76.87.35.71

Reakka KRISHNAKUMAR - CEESAR

Reakka.krishnakumar@ceesar.asso.fr - +33.1.76.87.54.93

CEESAR Nanterre

132, rue des Suisses

92000 NANTERRE

+33.1.76.87.20.39

Validation :

Thierry HERMITTE – LAB

132, rue des Suisses

92000 NANTERRE

+33.1.76.87.35.13

thierry.hermitte@lab-france.com

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont permis la réalisation de ce rapport. Nous remercions tout particulièrement les accidentologues de l'antenne de Bondoufle CEESAR qui ont réalisé les études détaillées d'accidents impliquant des piétons et nous remercions également la Fondation Sécurité Routière, co-financeur de ce projet avec le LAB.

Sommaire

| | | |
|--------|--|-----|
| 1. | Introduction..... | 11 |
| 2. | La revue de littérature..... | 13 |
| 2.1. | LES PICTOGRAMMES..... | 13 |
| 2.2. | LES CLASSIFICATIONS SIMPLES..... | 15 |
| 2.3. | LES CLASSIFICATIONS ASCENDANTES HIERARCHIQUES..... | 18 |
| 2.4. | LES SCÉNARIOS TYPES D'ACCIDENTS DE PIÉTON..... | 22 |
| 2.5. | CONCLUSION..... | 25 |
| 3. | Méthodologie..... | 27 |
| 3.1. | ATTRIBUTION DES SCÉNARIOS..... | 27 |
| 3.2. | ANALYSE DE LA DÉFAILLANCE..... | 28 |
| 3.3. | RECHERCHE DE DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES..... | 31 |
| 4. | Description de l'échantillon..... | 34 |
| 5. | Analyse des scénarios..... | 40 |
| 5.1. | DESCRIPTION DES SCENARIOS TYPES D'ACCIDENTS..... | 40 |
| 5.1.1. | Présentation générale..... | 40 |
| 5.1.2. | Piéton traversant initialement masqué, souvent par un véhicule en stationnement..... | 42 |
| 5.1.3. | Piéton traversant en courant initialement masqué, souvent par un véhicule en stationnement..... | 51 |
| 5.1.4. | Jeune piéton détecté s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur..... | 61 |
| 5.1.5. | Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant..... | 71 |
| 5.1.6. | Piéton traversant en confiance sur un passage piéton, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur..... | 81 |
| 5.2. | SYNTHESES DES DONNEES ISSUES DE LA PRE COLLISION..... | 92 |
| 5.2.1. | Comparaison des données entre les scénarios..... | 94 |
| 5.2.2. | Représentation graphique des données..... | 94 |
| 6. | Conclusion..... | 100 |
| 7. | Référence..... | 103 |

Table des illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Organisation du projet CACIAUP..... | 10 |
| Figure 2 : Organisation des scénarios types. D'après Brenac [12]..... | 28 |
| Figure 3 : Modèle de décomposition des étapes fonctionnelles engagées (d'après [29])..... | 29 |
| Figure 4 : Synopsis des défaillances fonctionnelles [29]. | 30 |
| Figure 5 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas général. | 31 |
| Figure 6 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas d'un tourne à gauche en intersection..... | 32 |
| Figure 7 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas d'une traversée avec masque..... | 33 |
| Figure 8: Distribution de l'âge des piétons et des conducteurs. | 34 |
| Figure 9: Les trajectoires post impact [14] | 41 |
| Figure 10 : Distance de projection du piéton en fonction de la vitesse de collision. Scénario 1. | 47 |
| Figure 11 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 1..... | 48 |
| Figure 12 : Plan de l'accident type, scénario 1..... | 49 |
| Figure 13 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type pour le scénario 1..... | 50 |
| Figure 14 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type du scénario 1..... | 50 |
| Figure 15 : Distance de projection du piéton en fonction de la vitesse de collision Scénario 2. | 57 |
| Figure 16 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 2..... | 58 |
| Figure 17 : Vue de l'arrivée sur les lieux de l'accident (après le passage piéton). Accident type du scénario 2 | 59 |
| Figure 18 : Vue PC CRASH au moment où le piéton traverse. Accident type du scénario 2. | 60 |
| Figure 19 : Vue du véhicule après choc, accident type du scénario 2. | 60 |
| Figure 20: Répartition des points d'impacts sur le véhicule. Scénario 7. | 67 |
| Figure 21 : Panneau implanté sur les lieux de l'accident type du scénario 7. | 68 |
| Figure 22 : Plan de l'accident type du scénario 7..... | 68 |
| Figure 23 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type, scénario 7..... | 69 |
| Figure 24 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type du scénario 7. | 70 |
| Figure 25 : Vue PC CRASH de l'accident type du scénario 7. | 70 |
| Figure 26 : Vitesse de collision en fonction de la distance de projection du piéton, scénario 8. | 76 |
| Figure 27 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 8..... | 78 |
| Figure 28 : Plan de l'accident type du scénario 8..... | 79 |
| Figure 29 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type du scénario 8..... | 79 |
| Figure 30 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type du scénario 8. | 80 |
| Figure 31 : Vue PC CRASH pour l'accident type du scénario 8. | 81 |
| Figure 32 : Vitesse de collision en fonction de la distance de projection du piéton. Scénario 9. | 88 |
| Figure 33 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule. Scénario 9. | 89 |
| Figure 34 : Plan de l'accident type du scénario 9..... | 90 |
| Figure 35 : Point d'impact sur le véhicule, accident type du scénario 9..... | 91 |
| Figure 36 : Vue PC CRASH de l'accident type du scénario 9. | 91 |
| Figure 37 : Distribution cumulée du temps restant avant impact, une fois que le piéton traverse. | 92 |
| Figure 38 : Distribution cumulée de la vitesse du véhicule, une fois que le piéton traverse...93 | 93 |
| Figure 39 : Distribution cumulée de l'angle formé entre l'axe du véhicule et le piéton au moment où il commence à traverser..... | 93 |
| Figure 40 : Positionnement du piéton par rapport au véhicule | 95 |
| Figure 41 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le scénario type d'accident (en mètres). | 95 |

| | |
|--|-----|
| Figure 42 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon que le véhicule tourne ou non (en mètres). | 96 |
| Figure 43 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon la vitesse du véhicule, pour les cas hors tourne à droite/gauche (en mètres). | 96 |
| Figure 44 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon la vitesse du véhicule, pour les cas en tourne à droite/gauche (en mètres). . | 97 |
| Figure 45 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le temps restant avant l'impact, pour les cas hors tourne à droite/gauche (en mètres). | 97 |
| Figure 46 : Position des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le temps restant avant l'impact, pour les cas en tourne à droite/gauche (en mètres). | 98 |
| Figure 47 : Position des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon que la vitesse dépasse 35 km/h. | 99 |
| Figure 48 : Campagne d'information en Australie sur les dangers du téléphone portable pour les piétons. | 102 |
| Figure 49 : Vue d'une rue de Londres..... | 102 |

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Classification des accidents de piétons avec les pictogrammes de GIDAS [6]. | 14 |
| Tableau 2 : Classification des accidents de piétons à partir de la base Suédoise STRADA [5]. | 15 |
| Tableau 3 : Classification des accidents de piétons issus de GIDAS [7]. | 16 |
| Tableau 4 : Classification des accidents de piétons selon la manœuvre du véhicule et la direction et l'allure du piéton, NHTSA [8]. | 17 |
| Tableau 5 : Typologie des accidents de piétons obtenus par classification ascendante hiérarchique [9]. | 19 |
| Tableau 6 : Caractérisation des classes d'accidents de piétons, étude de l'INRETS. | 19 |
| Tableau 7 : Classification des accidents de piétons dans STAT19. | 21 |
| Tableau 8 : Classification des accidents de piétons obtenue sur les données anglaises OTS. | 22 |
| Tableau 9 : Répartition des scénarios types d'accidents de piétons selon Brenac. | 23 |
| Tableau 10: Comparaison des 4 méthodes | 25 |
| Tableau 11 : Caractéristiques de l'âge des piétons et des conducteurs en fonction du sexe. | 35 |
| Tableau 12 : Répartition de la localisation de la collision piéton-véhicule. | 35 |
| Tableau 13 : Répartition de l'ensemble des lésions selon le territoire corporel. | 35 |
| Tableau 14 : Répartition des défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs. | 36 |
| Tableau 15 : Distribution des pictogrammes LAB sur la base CACIAUP | 37 |
| Tableau 16 : Distribution des scénarios types d'accidents sur l'échantillon CACIAUP. | 38 |
| Tableau 17 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 1. | 42 |
| Tableau 18 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 1. | 42 |
| Tableau 19 : Pictogrammes des accidents du scénario 1. | 43 |
| Tableau 20 : Défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs du scénario 1. | 44 |
| Tableau 21 : Combinaison des défaillances des piétons et des conducteurs, scénario 1. | 45 |
| Tableau 22 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 1. | 45 |
| Tableau 23 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 1. | 46 |
| Tableau 24 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 1. | 46 |
| Tableau 25 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 1. | 46 |
| Tableau 26 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 1. | 47 |
| Tableau 27 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 2. | 51 |
| Tableau 28 : Caractéristiques de la largeur de la chaussée, scénario 2. | 52 |
| Tableau 29 : Caractéristiques des vitesses de roulage, scénario 2. | 52 |
| Tableau 30 : Pictogrammes des accidents du scénario 2. | 52 |
| Tableau 31 : Défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs, scénario 2. | 53 |
| Tableau 32 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 2. | 55 |
| Tableau 33 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 2. | 56 |
| Tableau 34 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 2. | 56 |
| Tableau 35 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 2. | 57 |
| Tableau 36 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 2. | 58 |
| Tableau 37: Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 7. | 61 |
| Tableau 38 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 7. | 62 |
| Tableau 39 : Pictogrammes des accidents du scénario 7. | 62 |
| Tableau 40 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 7. | 63 |
| Tableau 41 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 7. | 65 |
| Tableau 42 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 7. | 65 |
| Tableau 43 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 7. | 66 |
| Tableau 44 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 7. | 66 |
| Tableau 45 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 7. | 67 |

| | |
|--|----|
| Tableau 46 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 8..... | 71 |
| Tableau 47 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 8..... | 72 |
| Tableau 48 : Pictogrammes des accidents du scénario 8. | 72 |
| Tableau 49 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 8. | 73 |
| Tableau 50 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 8. | 75 |
| Tableau 51 : Distribution des zones d'impact sur le véhicule, scénario 8..... | 75 |
| Tableau 52 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 8..... | 76 |
| Tableau 53 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 8. | 76 |
| Tableau 54 : Bilan lésionnel par territoires corporels, scénario 8. | 77 |
| Tableau 55: Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 9..... | 82 |
| Tableau 56 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 9..... | 82 |
| Tableau 57 : Pictogrammes des accidents du scénario 9. | 83 |
| Tableau 58 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 9. | 84 |
| Tableau 59 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 9. | 86 |
| Tableau 60 : Distribution des zones d'impact sur le véhicule, scénario 9..... | 87 |
| Tableau 61 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 9..... | 87 |
| Tableau 62 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 9. | 87 |
| Tableau 63 : Distribution des M.AIS des piétons du scénario 9 | 88 |
| Tableau 64 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 9..... | 89 |
| Tableau 65: Récapitulatif des valeurs moyennes issues de PC CRASH en fonction des scénarios..... | 94 |

Préambule: les objectifs du projet CACIAUP

Le projet **CACIAUP** - amélioration des **C**onnaissances sur les **AC**cidents **I**mpliquant un **AU**tomobiliste et un **PI**éton – est un projet français financé par la Fondation Sécurité Routière (FSR) et le Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'études du comportement humain (LAB). Il a débuté en juin 2009 et se terminera en juin 2012.

L'objectif principal du projet CACIAUP est d'améliorer les connaissances sur les causes d'accidents corporels impliquant au moins un piéton.

Afin d'atteindre l'objectif précédemment cité, il a été proposé de réaliser les tâches suivantes :

- La mise en place d'une étude détaillée d'accident spécifique pour les piétons en collaboration avec plusieurs services d'urgence. En particulier, l'idée est d'optimiser l'alerte, de disposer de bilans médicaux complets, de faire évoluer le recueil de données, et d'améliorer les techniques liées à la reconstruction. La cible est de disposer d'un échantillon de 90 cas sur 3 ans (Figure 1– Lot 1).
- La mise en place d'un suivi des personnes blessées au cours de l'accident. Ce suivi sera effectué jusqu'à consolidation des séquelles, dès lors qu'elle est médicalement constatée. (Figure 1 – Lot 3).
- L'actualisation des méthodologies et études permettant l'amélioration des connaissances, d'une part sur les aspects techniques liés à la reconstruction d'accident, et d'autre part sur l'adéquation des (futurs) systèmes de sécurité en fonction des besoins réels (Figure 1, Lot 2).
- Des études thématiques permettant un éclairage particulier sur les sujets suivants (Figure 1, Lot 4):
 - o Tâche 4.1 : Identification des principales configurations d'accident et des causes associées.
 - o Tâche 4.2 : Une analyse basée sur les besoins des usagers qui sont confrontés à un piéton.
 - o Tâche 4.3 : Une analyse globale des lésions observées avec un zoom spécifique sur les cas dont la vitesse au choc entre dans le cadre des tests réglementaires.

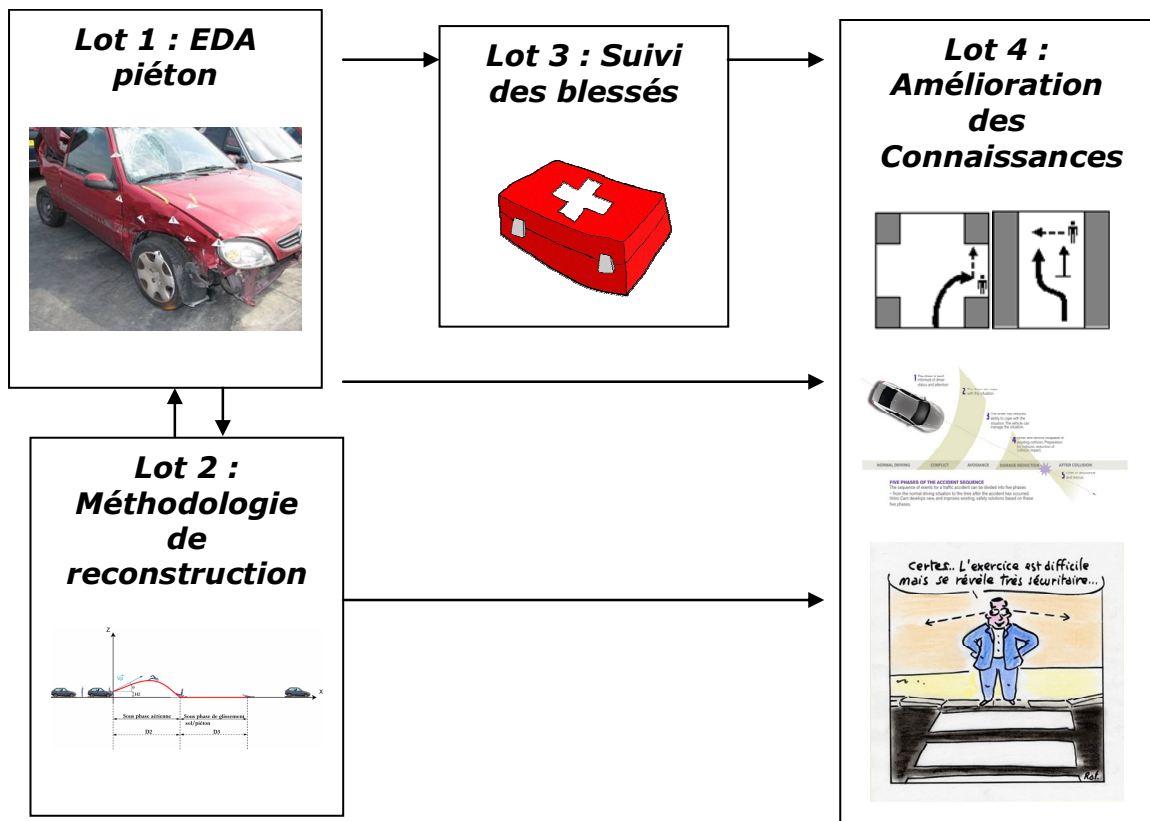


Figure 1 : Organisation du projet CACIAUP

L'objectif de ce rapport est d'identifier des principales configurations d'accidents piétons et leurs causes associées. Il s'inscrit dans le Lot 4, et correspond à la tâche 4.1.

1. Introduction

L'accidentalité des piétons constitue un enjeu important tant au niveau mondial qu'aux niveaux européen et français. Les différentes études sectorielles sur les accidents de piéton 2008 [24], 2009 [1] et 2010 [25] réalisées dans le cadre du projet CACIAUP, précisent ces enjeux :

- Dans le monde en 2007, on compte 270 000 piétons tués, soit 22% du total des tués annuellement sur les routes. L'enjeu est d'autant plus fort pour les pays en voie de développement ainsi, en République Démocratique du Congo 59% des victimes de la route sont des piétons.
- Dans l'Europe des 27, 7094 piétons ont été tués en 2009, soit 21% du total des tués dans un accident de la circulation. En 2010 le nombre de piétons tués est de 6051.
- En France en 2010, on compte 485 piétons tués, 4585 blessés hospitalisés, 7502 blessés légers. Les piétons représentent 12% des tués dans un accident de la route [2].

Nous rappelons ici les principales caractéristiques des accidents de piétons survenus en France en 2010, mises en évidence par l'étude sectorielle [25] :

- Prépondérance des accidents en zone urbaine : 94% des accidents, 71% des tués et 93% des blessés graves en ville.
- Accident majoritairement hors intersection (72,8% des accidents), que ce soit en ville ou hors agglomération.
- Trois quart des accidents de piétons se passent de jour, un quart la nuit. La nuit compte plus de la moitié des tués.
- Les conditions atmosphériques sont dégradées (pluie, neige, brouillard) dans 21% des accidents de piétons.
- Les trois classes d'âges les plus impliquées sont les plus de 71 ans (19.2%), les 11-20 ans (20%) et les 0-10 ans (12.7%), avec une surmortalité des plus de 71 ans qui forment 44% des tués.
- Les enfants et les personnes âgées sont plus impliqués le jour que la nuit.
- Les actions du piétons en accidents : 78% traversait, 7,9% jouait ou courait, 6,5% longeait la route.
- Un quart des enfants (moins de 10 ans) sont impliqués alors qu'ils jouaient ou couraient. La part des piétons initialement masqué est également plus importante chez les enfants (jusqu'à 5 ans).
- Les personnes âgées (plus de 61 ans) sont sur impliqués dans les situations où le véhicule est en marche arrière.
- Les manœuvres des piétons sont associées à la localisation de l'accident : par exemple les piétons longeant la route sont plus nombreux hors agglomération qu'en agglomération.

Avec les analyses univariées, nous avons une vision dispersée des accidents, d'où la nécessité d'avoir un outil synthétique permettant de savoir comment se passe un accident dans son ensemble, et en particulier de répondre à la question 'qui fait quoi, et dans quelles circonstances?'. Classifier les accidents en différentes configurations est une façon de répondre à ce besoin. Leur élaboration vise également à préciser les enjeux, en termes de nombre d'accidents, de blessés et tués. Enfin, un intérêt non négligeable des classifications est de pouvoir présenter des contremesures aux situations réelles d'accidents.

Le but de ce rapport est de présenter une classification des accidents de piétons collectés et analysés dans le cadre du projet CACIAUP et de décrire les classes les plus représentées. Les informations issues de la base de données, des fiches d'analyses d'accidents, des reconstructions avec le logiciel PC CRASH serviront à construire les classes et à décrire le déroulement de l'accident depuis la phase de conduite jusqu'aux conséquences du choc. Dans le but de proposer et de caractériser des systèmes d'alerte de la présence d'un piéton, les données relatives aux instants avant le choc seront collectées dans PC CRASH : ce sont par exemple, la vitesse du véhicule et la distance avec le piéton quand celui-ci commence être potentiellement visible par le conducteur.

Le présent rapport s'articule comme ceci :

Dans la première partie nous présenterons la revue de la littérature qui a permis de mettre en évidence les différentes méthodes utilisées pour la classification des accidents de piétons, et de choisir la méthodologie adaptée à l'objectif de notre étude. Puis nous décrirons la démarche utilisée pour attribuer les scénarios d'accidents et obtenir toutes les données nécessaires à l'étude. Ensuite nous présenterons quelques caractéristiques descriptives de la base de données.

La deuxième partie de ce rapport consacrée à l'analyse sera scindée en deux : la première sous partie concerne la description des configurations d'accidents. Le déroulement de l'accident est analysé en détail tant du point de vue du conducteur que du piéton. Nous décrirons également l'infrastructure, et les données cinématiques de la pré-collision. La seconde sous partie traitera de l'ensemble des données issues de PC CRASH.

2. La revue de littérature

L'objectif de ce chapitre est de réaliser un état de l'art sur les configurations d'accidents impliquant des piétons.

Il existe plusieurs façons de classer les accidents, que ce soit des accidents de piétons ou non.

La recherche bibliographique a permis de mettre en évidence 4 manières d'identifier des configurations d'accidents :

- Les accidents peuvent être classés à l'aide de pictogrammes.
- On peut les classer en les répartissant dans des catégories formées par le croisement de plusieurs variables.
- On peut également former des classes d'accidents semblables en utilisant des méthodes statistiques multivariées comme la classification ascendante hiérarchique.
- Enfin, des analyses expertes, au cas par cas, de rapports détaillés d'accidents, permettent de regrouper les accidents procédant du même mécanisme accidentel.

Nous présenterons les résultats issus de ces différentes classifications en partant de la méthode la plus simple à la plus complexe.

2.1. LES PICTOGRAMMES

Les accidents de piéton peuvent être classés au moyen de pictogrammes. Ces pictogrammes sont des représentations graphique imageant les situations (ou manœuvres) pré-confliktuelles (pré-accidentelles) de chaque impliqué. Il existe plusieurs groupes de pictogrammes dédiés aux accidents de piétons, comme ceux utilisés au LAB en France [3], par le DEKRA et dans GIDAS en Allemagne [4], ou par la SRA (Swedish Road Administration) en Suède [5] par exemple.. Ils indiquent le mouvement du piéton et du véhicule, la position du piéton dans l'intersection (avant ou après le carrefour) et le sens de traversée du piéton et la présence éventuelle de masque à la visibilité notamment lorsque ce masque est dû à la présence d'un véhicule. Ils diffèrent par leur degré de précision, en étant plus fins s'ils s'appliquent à des analyses d'études détaillées d'accidents et plus synthétiques s'ils sont attribués par les forces de l'ordre. Ainsi GIDAS compte une cinquantaine de pictogrammes propres aux piétons, le LAB en a 37 et la Suède 9.

Au sein du projet SAFETYNET [6], une classification des accidents de piétons a été réalisée avec les pictogrammes de GIDAS. L'analyse est faite à partir d'accidents mortels de piétons, issus de cas enregistrés en France, Finlande, Hollande, Suède, Italie, Allemagne et Grande-Bretagne sur 2003 et 2004. La base de données est construite de manière à se rapprocher de la part de chaque pays dans la base européenne CARE. Les 164 accidents analysés se répartissent de la façon suivante (Tableau 1), avec en rouge le pictogramme le plus fréquent, en orange le deuxième et en jaune le troisième.

Tableau 1 : Classification des accidents de piétons avec les pictogrammes de GIDAS [6].

| | n | % |
|--|----------------------|-----|
| Type 1 : accident de perte de contrôle | N = 1 (1%) | |
| Perte de contrôle en ligne droite, le véhicule va heurter le piéton | 1 | 1% |
| Type 2 : accident avec un véhicule en tourne à gauche ou droite en intersection (inclus entrée de parking, de maison) | N = 7 (4%) | |
| Conflit entre un véhicule en tourne à gauche en intersection et piéton traversant | 3 | 2% |
| Conflit entre un véhicule en tourne à droite en intersection et piéton traversant | 2 | 1% |
| Conflit entre un véhicule en tourne à droite ou gauche en intersection avec feux tricolore et piéton traversant (1 cas à droite et 1 à gauche) | 2 | 1% |
| Type 4 : accident avec un piéton traversant la chaussée, le véhicule allant tout droit | N = 138 (84%) | |
| Hors intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la gauche. Pas de masque à la visibilité | 52 | 32% |
| Hors intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la gauche. Avec masque à la visibilité | 3 | 2% |
| Hors intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la droite. Pas de masque à la visibilité | 44 | 27% |
| Avant l'intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la gauche. Pas de masque à la visibilité. | 6 | 4% |
| Avant l'intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la droite. Avec ou sans masque à la visibilité. | 10 | 6% |
| Après l'intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la gauche. Avec ou sans de masque à la visibilité. | 9 | 5% |
| Après l'intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en venant de la droite. Avec ou sans de masque à la visibilité. 0 avec | 2 | 1% |
| En intersection, sur une route tournante prioritaire. Conflit entre un véhicule tournant et un piéton traversant de gauche ou de droite. | 3 | 2% |
| En intersection. Conflit entre un véhicule allant tout droit et un piéton traversant en diagonale, ou piéton montant/descendant d'un tramway. | 9 | 5% |
| Type 5 : accident un véhicule en manœuvre de stationnement | N = 2 (1%) | |
| Conflit entre un véhicule évitant un usager qui se gare et un piéton. | 1 | 1% |
| Conflit entre un véhicule qui sort latéralement d'une place de parking et un piéton. | 1 | 1% |
| Type 6 : accident résultat d'un conflit longitudinal entre usagers | N = 16 (10%) | |
| Conflit entre un véhicule et un piéton marchant sur la route. 10 cas dans le même sens. | 16 | 10% |

La majorité des accidents se trouvent hors intersection, avec un piéton traversant, sans masque à la visibilité. Pour les cas en intersection, les pictogrammes précisent si l'accident a lieu avant le carrefour ou après : 10% ont lieu avant le carrefour et 6% après. Très peu de cas avec un masque à la visibilité sont répertoriés.

Une seconde étude réalisée à partir de pictogrammes présente une répartition des accidents de piétons en Suède [5]. Cette étude de l'Université de Chalmers est réalisée à partir de la base STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition), sur des accidents ayant eu lieu entre 1999 et 2005. Les pictogrammes ont été codés pour 2199 accidents de toutes gravités entre un piéton et un véhicule léger. Il y a 9 pictogrammes (F1 à F9) dédiés aux accidents de piétons (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification des accidents de piétons à partir de la base Suédoise STRADA [5].

| Scénario d'accident. | % |
|--|-------|
| F1 : Piéton traversant, véhicule venant du côté gauche du piéton. | 3,5% |
| F2 : Piéton traversant, véhicule venant du côté droit du piéton. | 3,3% |
| F3 : Piéton se déplaçant le long du côté gauche de la route. | 3,7% |
| F4 : Piéton de déplaçant le long du côté droit de la route. | 12,7% |
| F5 : Piéton traversant avant l'intersection, véhicule allant tout droit. | 15,7% |
| F6 : Piéton traversant après l'intersection, véhicule allant tout droit. | 31,1% |
| F7 : Piéton traversant après l'intersection, véhicule tournant à gauche. | 4,1% |
| F8 : Piéton traversant après l'intersection, véhicule tournant à droite. | 13,6% |
| F9 : Piéton se tenant sur la trajectoire du véhicule. | 12,3% |

Les trois scénarios les plus fréquents se trouvent en intersection. La différence avec l'étude de SAFETYNET où la plupart des accidents se trouvaient hors intersection, s'explique peut-être par le fait que SAFETYNET concernait uniquement des accidents mortels.

Les pictogrammes permettent d'avoir accès très rapidement aux scénarios d'accident. L'information peut être intéressante lorsque l'on travaille sur des données issues d'études détaillées d'accidents car les scénarios sont alors assez précis. Sur des bases nationales, les pictogrammes ne peuvent pas être aussi détaillés et on attend alors les limites de leur utilisation, même s'ils permettent d'avoir une vue macroscopique des accidents de piétons.

2.2. LES CLASSIFICATIONS SIMPLES

Des groupes d'accidents de piétons peuvent être constitués en croisant entre elles quelques variables généralement sélectionnées pour leur pertinence soit par expertise, soit par analyse statistique, soit les 2.

Les variables utilisées pour agréger les accidents concernent le plus souvent :

- Le mouvement du piéton : traverse ou marche le long de la route.
- La manœuvre du véhicule : va tout droit, tourne à gauche ou à droite.
- Une variable décrivant l'environnement : en intersection ou hors intersection, milieu rural ou urbain, la présence de feux tricolore.

Quelque fois, le sens de traversée du piéton est précisé (traverse de la droite, de la gauche, en diagonale), ou bien sa direction par rapport à la voiture (dans le même sens, en sens opposé). Des pictogrammes peuvent reprendre tout ou une partie des variables citées ci-dessus.

La notion de masque à la visibilité pour le conducteur du véhicule est abordée dans certaine classification.

Les scénarios sont construits directement par interrogation des bases de données, en croisant entre elles les variables. En fonction des données collectées, les scénarios possibles diffèrent sensiblement selon les bases de utilisées. C'est une classification relativement facile et rapide à mettre en œuvre, qui ne nécessite pas pour leur constitution l'accès aux dossiers d'accidents.

Chaque scénario peut être décrit ensuite à l'aide de variables complémentaires comme l'âge et le sexe du conducteur, la vitesse du véhicule, la présence d'infrastructure dédiée aux piétons, les conditions de luminosité, les conditions atmosphériques, l'allure du piéton, etc.

Avec cette façon d'opérer, le nombre de scénario est limité au nombre de croisement possible entre les variables d'entrée. Les scénarios sont en quelques sortes pré défini.

Nous présentons ici 2 études où les configurations d'accidents de piétons ont été construites par le croisement de quelques variables :

- Une étude réalisée sur la base de données GIDAS [7].
- Une étude de la NHTSA [8] à partir du fichier NASS/GES.

Une étude réalisée sur la base de données GIDAS [7] combine les mouvements des piétons et les manœuvres de véhicules avec des données relatives à l'environnement de l'accident. Les accidents datent de 1999 à 2005, et 1107 cas de piétons de toutes gravités sont étudiés. Le but de l'étude était de mettre en relation les données lésionnelles et les configurations d'accidents.

Le Tableau 3 reproduit les proportions des différents scénarios avec en couleur les configurations les plus fréquentes, selon que l'on considère le mouvement du véhicule, celui du piéton, et le croisement des deux.

Tableau 3 : Classification des accidents de piétons issus de GIDAS [7].

| | Mouvement du piéton | | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| | total | Sens contraire au vl | Même sens que le vl | De la G, sans masque | De la G, avec masque | De la D, sans masque | De la D, avec masque | Sur la chaussée | Autres, inconnu |
| Total | 100% | 9% | 3,2% | 16,8% | 13,9% | 24,4% | 22,6% | 3,7% | 6,4% |
| Mouvement du véhicule | | | | | | | | | |
| En inter, sans feux, va tt droit | 14,4% | < 1% | < 1% | 2,6% | 2% | 3,7% | 3,3% | < 1% | < 1% |
| En inter, sans feux, tourne à G | 2,5% | < 1% | < 1% | < 1% | - | < 1% | < 1% | - | < 1% |
| En inter, sans feux, tourne à D | 1,5% | < 1% | < 1% | < 1% | < 1% | < 1% | - | - | - |
| En inter, avec feux, va tt droit | 10,8% | 1% | < 1% | 2,8% | 1% | 4,2% | 1,3% | < 1% | < 1% |
| En inter, avec feux, tourne à G | 3,6% | < 1% | < 1% | 1,5% | < 1% | 1,1% | - | - | < 1% |
| En inter, avec feux, tourne à D | 1,5% | < 1% | - | < 1% | - | 1,1% | - | - | - |
| En virage | 3,6% | 1,2% | - | < 1% | < 1% | < 1% | < 1% | - | 3,5% |
| Ligne droite, sans passage piéton | 51,1% | 3,8% | 1,4% | 6,4% | 9% | 9,1% | 15,1% | 2,9% | |
| Ligne droite, avec passage piéton, sans feux | 2,8% | - | - | 1% | < 1% | 1,4% | < 1% | - | - |
| Ligne droite avec passage piéton et feux | 0,4% | - | - | < 1% | < 1% | < 1% | - | | - |
| Autres | 7,3% | < 1% | < 1% | < 1% | < 1% | 1,4% | 1,5% | < 1% | 1,5% |

On note :

- La prépondérance des cas hors intersection (54,3%)
- En intersection : la majorité des véhicules vont tout droit
- 36,5% de cas avec un masque à la visibilité
- Le piéton traverse de la droite dans 47,2% des cas
- Le piéton traverse de la gauche dans 30,7%

Les accidents en ligne droite, hors intersection, hors passage piéton et sans feux tricolores, avec un piéton venant de la droite, avec une obstruction, sont les plus fréquents et représentent 15,1% des cas.

Une étude de la NHTSA [8] à partir du fichier NASS/GES, représentatif de l'ensemble des accidents aux USA, met en évidence 10 scénarios d'accidents de piétons. Ces scénarios concernent des accidents de toutes gravités et couvrent 86% des cas d'accidents de piétons. Ils sont construits à partir des déplacements respectifs du véhicule et du piéton, et sur la présence ou non d'une intersection. L'allure du piéton est également discriminante pour construire ces scénarios (traverse à une allure normale ou bien court, se précipite). Le Tableau 4 décrit succinctement les scénarios et donne leur fréquence parmi l'ensemble des accidents de piétons.

Tableau 4 : Classification des accidents de piétons selon la manœuvre du véhicule et la direction et l'allure du piéton, NHTSA [8].

| N° | Description du scénario | % dans la population |
|----|--|----------------------|
| 1 | Véhicule va tout droit, le piéton traverse la voie, hors intersection | 25,9% |
| 2 | Véhicule va tout droit, le piéton traverse la voie, en intersection | 18,5% |
| 3 | Véhicule va tout droit, le piéton débouche, se précipite sur la route, hors intersection | 16% |
| 4 | Véhicule tourne à gauche, le piéton traverse la voie, en intersection | 8,6% |
| 5 | Véhicule tourne à droite, le piéton traverse la voie, en intersection | 6,2% |
| 6 | Véhicule va tout droit, le piéton marche le long de la voie, hors intersection | 3,7% |
| 7 | Véhicule va tout droit, le piéton débouche, se précipite au travers de la route, en intersection | 2,5% |
| 8 | Véhicule recule sur le piéton | 2,5% |
| 9 | Véhicule va tout droit, heurte le piéton sur le trottoir, hors intersection | 1,2% |
| 10 | Véhicule va tout droit, le piéton joue ou travaille sur la route, hors intersection | 1,2% |

Les accidents hors intersection sont prépondérants et représentent ici 47% des accidents. Les cas hors intersection sont caractérisés par l'absence de passage piéton, les cas en intersection par la présence de feux tricolores dans 45% des cas.

Les cas où les piétons débouchent précipitamment sur la chaussée forment 18% (scénario 2 et 7) de l'échantillon. Ces cas sont associés à des masques à la visibilité pour 41% et 34% des cas.

On trouve des similitudes entre les 4 études présentées dans les paragraphes 1.1 et 1.2, les scénarios les plus fréquents sont les suivants :

- 1 - Piéton traversant la chaussée, hors intersection.
- 2 - Piéton traversant la chaussée, en intersection, le véhicule allant tout droit.

Et ensuite avec une importance variable selon les études :

- 3 - Piéton traversant, en intersection et véhicule tournant à gauche ou à droite
- 4 - Piéton longeant la chaussée.

2.3. LES CLASSIFICATIONS ASCENDANTES HIERARCHIQUES

Une autre manière de décrire les scénarios d'accidents, en allant au-delà d'une analyse tri ou bi variée, consiste à utiliser des méthodes d'analyses des données. Le but est de constituer des classes d'accidents semblables en prenant en compte un nombre important de variables.

Deux études s'appuient sur ces procédés pour composer des scénarios d'accidents : une étude de l'INRETS [9] sur des accidents mortels et une étude anglaise [10, 11] sur les données nationales et détaillées. Les deux équipes classent les accidents en réalisant une classification ascendante hiérarchique. Cette méthode consiste à former des classes d'accidents semblables sur un certain nombre de variables prédéfinies, avec pour contraintes de maximiser la variance entre les classes et de réduire la variance entre les accidents au sein d'une même classe. Au début du processus, chaque cas représente une classe, les regroupements se font entre les cas similaires, en respectant les deux contraintes citées. La similitude entre les cas est estimée par une mesure de distance. Il existe différentes façons de définir cette distance et donc d'agréger les cas entre eux. La difficulté réside dans le choix du nombre de classe, en trouvant un équilibre entre une classification trop générale et une classification avec un grand nombre de classe ne comprenant que peu d'individus.

Il faut noter qu'il n'existe pas une seule classification possible, puisque la classification obtenue dépend entièrement des variables que l'on aura choisies de sélectionner pour construire les classes. On peut donc pour chaque étude construire une classification répondant aux spécificités (objectifs) de l'étude. Il existe en plus une contrainte au niveau du nombre de variables servant à construire les classes : leur nombre ne doit pas dépasser 10% du nombre de cas contenus dans la base de données. Par ailleurs, il faut distinguer les variables explicatives, qui vont servir à construire les classes et les variables supplémentaires qui vont aider à caractériser les classes une fois qu'elles seront définies. Au final, chaque classe correspondra à un scénario d'accident.

L'étude de l'INRETS [9] analyse spécifiquement les accidents mortels de piétons. Il s'agit de l'ensemble des accidents mortels de piétons survenus entre mars 1990 et février 1991. Cette étude s'appuie sur l'examen des procès-verbaux d'accidents et le codage de l'information dans une base de données. Les auteurs réalisent ensuite une classification ascendante hiérarchique en utilisant les 17 variables suivantes :

- 8 variables relatives à l' « environnement » : La localisation de l'accident, le tracé en plan, le jour de la semaine, le mois de l'année, la luminosité, les conditions atmosphériques, le type de véhicule impactant, la survenue d'un sur- accident.
- 9 variables relatives au piéton : âge et sexe, motif du déplacement, type du déplacement (seul ou non), manœuvre, position, gêne au cheminement, changement de mode (de moyen de transport), alcoolémie.

Le tableau ci – dessous (Tableau 5) montre les quatre classes qui sont mises en évidence.

Tableau 5 : Typologie des accidents de piétons obtenus par classification ascendante hiérarchique [9].

| Classes | % |
|--|-----|
| 1 : Les piétons âgés. | 42% |
| 2 : Les accidents de nuit, hors agglomération, avec alcoolémie élevée. | 34% |
| 3 : Les enfants. | 13% |
| 4 : Les piétons accidentés sur le trottoir, les chocs contre obstacles fixes, les pertes de contrôle et les sur-accidents. | 11% |

Les titres sont génériques : ils signifient par exemple, que les personnes âgées sont sur représentés dans la classe 1 par rapport à l'ensemble de l'échantillon, mais pas qu'elles constituent l'ensemble de la classe, ni que la totalité des personnes âgées se trouve dans cette classe.

Le Tableau 6 reprend quelques-unes des caractéristiques de chacune des classes.

Tableau 6 : Caractérisation des classes d'accidents de piétons, étude de l'INRETS.

| Classe | Principales caractéristiques |
|---|---|
| Classe 1 : les piétons âgés. | <ul style="list-style-type: none"> • + 65 ans. • Femmes, et retraités. • Traversée sur le passage piéton ou à moins de 50m de celui-ci. • En agglomération et intersection souvent réglementée. • De jour, entre 7-12h et 14-18 h. • Seul, pour faire les courses. • Alcoolémie inconnue ou inférieure à 0,8g/l. |
| Classe 2 : les accidents de nuit, hors agglomération avec alcoolémie élevée. | <ul style="list-style-type: none"> • De nuit. • Hors agglomération. • Hors intersection. • Week end. • 42% d'alcoolémie >0,8g/l. • Homme. • 30-64 ans. • Ouvrier et chômeur. • Longeant la chaussée. • Sortie de discothèque. • VI, choc violent. |
| Classe 3 : les enfants. | <ul style="list-style-type: none"> • Enfant de moins de 15 ans. • Jouant ou courant. • Déplacement en groupe. • De jour, en agglomération. • Mois de Mars à juin. • Loisir, domicile école. • Changement de mode avec transport en commun. |
| Classe 4 : Les piétons accidentés sur le trottoir, choc contre obstacle fixe, les pertes de contrôle et les sur-accidents. | <ul style="list-style-type: none"> • Piéton se trouve sur le trottoir. • Véhicule en perte de contrôle. • Choc contre obstacle fixe avant ou après choc avec le piéton. • Collision secondaire et sur-accident. • Changement de mode avec voiture ou poids lourds • 30-64 ans. • Trajet domicile travail ou professionnel. • Autoroute. • En courbe. |

L'étude anglaise [10, 11] a été réalisée dans le cadre d'un travail sur l'AEB, il s'agissait de décrire des scénarios types d'accidents de piéton pour aider à la mise aux points de configurations réalistes pour les procédures de tests des systèmes de freinage automatique. La base de données nationale STAT19 et la base OTS (On The Spot, études détaillées d'accidents anglaise) ont été utilisées. Une classification a été obtenue sur chacune de ces bases. Les résultats sont décrits ci-dessous.

La base STAT19 utilisée contient les informations de tous les accidents corporels survenus en Grande Bretagne en 2008. Les accidents entre un piéton et un véhicule léger en choc frontal sont sélectionnés. Huit variables explicatives ont été choisies pour construire les classes :

- Gravité des lésions du piéton : légère, grave, mortelle.
- Vitesse limite sur le site de l'accident en mph : 10-30, 40-50, 60-70.
- Luminosité : jour, nuit.
- Conditions atmosphériques : normales, dégradées.
- Manœuvres du véhicule : allant tout droit, tournant, autres.
- Age et sexe du piéton : enfant jusqu'à 7 ans, enfant de 8 à 15 ans, homme adulte, femme adulte.
- Mouvement du piéton : traversant de la droite, traversant de la gauche, immobile ou marchant le long de la route.
- Piéton masqué par un véhicule : masqué, non masqué.

23 classes sont ressorties de la classification ascendante hiérarchique. Nous présentons les 6 classes les plus importantes qui couvrent 85% de la population (Tableau 7).

Tableau 7 : Classification des accidents de piétons dans STAT19.

| Classe | | Caractéristiques principales |
|-------------------|--|--|
| Classe 1 (39%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de jour • Véhicules allant tout droit • Piétons non masqués | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés légers • Vitesses limites 10-30mph et 40-50 mph • Conditions atmosphériques normales • Piétons traversant de la gauche • Enfants et jeunes jusqu'à 15 ans |
| Classe 2 (14%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de jour • Véhicules allant tout droit • Piétons masqués | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés légers • Vitesses limites 10-30 mph • Conditions atmosphériques normales • Piétons traversant de gauche ou de droite • Enfants et jeunes jusqu'à 15 ans |
| Classe 3 (12%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de nuit • Véhicules allant tout droit • Piétons traversant de la gauche • Piétons non masqués | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés graves et tués • Vitesses limites 40-50 mph • Conditions atmosphériques dégradées • Hommes adultes |
| Classe 4 (9%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de nuit • Véhicules allant tout droit • Piétons traversant de la droite • Piétons non masqués | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés graves et tués • Conditions atmosphériques dégradées • Hommes adultes |
| Classe 5 (6%) | <ul style="list-style-type: none"> • Véhicules tournant • Piétons non masqués | <ul style="list-style-type: none"> • Accident de jour • Piéton traversant de la gauche • Piétons blessés légers • Vitesses limites 10-30 mph • Conditions atmosphériques normales • Hommes et femmes adultes |
| Classe 6 (3%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de nuit • Piétons longeant la voie ou immobiles | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons non masqués • Véhicules allant tout droit • Piétons blessés graves et tués • Vitesses limites 40-50 et 60-70 mph • Homme adultes |

Les classes 1 et 2 diffèrent par le statut masqué ou non du piéton. Les classes 3 et 4 se distinguent par le sens de traversée du piéton. Les classes 3, 4 et 6 concentrent les accidents graves. La classe 5 concerne presque tous les véhicules tournant et la classe 2 est caractérisée par les cas de piétons masqués. La classe 6 est celle des piétons longeant la chaussée ou immobile.

Concernant la classification réalisée sur la base des cas OTS, Les variables choisies pour classer les accidents de piétons enregistrés dans la base OTS sont en grande partie semblables à celles utilisées pour travailler sur STAT19. Deux variables descriptives sont ajoutées pour caractériser les classes : La vitesse de roulage et la réduction de la vitesse avant l'impact. 14 classes sont définies (Tableau 8), 6 d'entre elles recouvrent 79 % des cas.

Tableau 8 : Classification des accidents de piétons obtenue sur les données anglaises OTS.

| Classe | Caractéristiques principales | Vitesse de roulage moyenne | |
|-------------------|---|--|---|
| Classe 1 (29%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de jour • Véhicules allant tout droit • Piétons marchant | <ul style="list-style-type: none"> • RAS, conforme aux caractéristiques de l'échantillon. | <ul style="list-style-type: none"> • 43 km/h |
| Classe 2 (15%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de jour • Véhicules allant tout droit • Piétons traversant de la gauche • Piétons courant | <ul style="list-style-type: none"> • Enfant et jeunes jusqu'à 15 ans • Piétons masqués 1 seconde avant l'impact | <ul style="list-style-type: none"> • 35 km/h |
| Classe 3 (14%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de nuit • Conditions atmosphériques normales • Piétons traversant de la gauche • Piétons visibles 1 seconde avant l'impact | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés graves et tués • Véhicules tournant • Hommes et femmes adultes • Piétons marchant | <ul style="list-style-type: none"> • 48 km/h |
| Classe 4 (14%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de nuit • Véhicules allant tout droit • Piétons marchant • Piétons visibles 1 seconde avant l'impact | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons blessés graves • Conditions climatiques dégradées • Hommes et femmes adultes • Piéton traversant de la droite | <ul style="list-style-type: none"> • 51 km/h |
| Classe 5 (6%) | <ul style="list-style-type: none"> • Accidents de jour • Traversant de la droite • Piétons courant | <ul style="list-style-type: none"> • Véhicules tournant • Enfant et jeunes jusqu'à 15 ans | <ul style="list-style-type: none"> • 37 km/h |
| Classe 6 (1%) | <ul style="list-style-type: none"> • Piétons tués | <ul style="list-style-type: none"> • RAS, conforme aux caractéristiques de l'échantillon. | <ul style="list-style-type: none"> • 87 km/h |

Certaines classes sont peu informatives, comme la classe 1 et la classe 6. Les classes 2 et 5 concernent les accidents avec des piétons en train de courir, les enfants y sont sur représentés. Les accidents de nuit sont représentés par les classes 3 et 4, ils concernent des adultes, sans masque à la visibilité 1 seconde avant l'accident.

On obtient à partir de bases de données, sans avoir recours aux procès-verbaux, à des scénarios assez détaillés. Les scénarios sont entièrement dépendant des variables que l'on aura choisies pour faire la classification. Il faut une base avec un nombre conséquent de cas pour pouvoir utiliser un nombre intéressant de variables explicatives.

2.4. LES SCÉNARIOS TYPES D'ACCIDENTS DE PIÉTON

Le concept de scénario type d'accident est défini par Fleury et Brenac [INRETS 12] comme «*un déroulement prototypique (prototype de déroulement) correspondant à un groupe d'accidents présentant des similitudes d'ensemble du point de vue de l'enchaînement des faits et des relations de causalité, dans les différentes phases conduisant à la collision* ». En 2003, l'INRETS a réalisé une étude des accidents de piétons en utilisant ce concept de scénarios types d'accidents [13].

Les scénarios sont construits à posteriori, sur le plus grand nombre possible de cas d'accidents. La présente étude porte sur 374 accidents tirés au sort parmi l'ensemble des accidents de piétons survenus en France en 1995. Les cas sont analysés un par un à partir du procès-verbal et selon le modèle séquentiel de l'accident (distinction des phases de conduite, d'accident, d'urgence et de choc) [28]. Les cas présentant des similitudes, dans leur ensemble, sont regroupés. Les similitudes concernent le déroulement de l'accident, mais aussi, par exemple la compréhension qu'a l'utilisateur de la situation, ainsi que les facteurs accidentogènes.

Dans cette démarche, aucune base de données n'est constituée. L'accident n'est pas décrit à l'aide des variables codifiées, mais avec un texte retraçant le processus. Aucune méthode d'analyse de données, de type classification hiérarchique, n'est utilisée. C'est le passage en revue de tous les cas qui permet de regrouper les accidents qui semblent similaires. Les caractéristiques communes sont ensuite décrites et explicitées pour définir les scénarios types d'accidents.

20 scénarios types ont été obtenus, ils sont présentés dans le Tableau 9 avec la fréquence à laquelle ils ont été observés sur l'échantillon de travail.

Tableau 9 : Répartition des scénarios types d'accidents de piétons selon Brenac.

Scénarios-Types concernant quasi-exclusivement des piétons traversant ou s'engageant sur la chaussée

Influence déterminante d'une obstruction à la visibilité ou de conditions de visibilité défavorables

| | | |
|---|---|--------|
| 1 | Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué par un véhicule stationné ou arrêté | 8,6 % |
| 2 | Piéton traversant en courant (souvent enfant, attention focalisé), initialement masqué, souvent par un véhicule stationné | 10,4 % |
| 3 | Piéton circulant dans circulation dense, masqué par une file de véhicules arrêtés ou ralentis, souvent en intersection ou à proximité | 4,6 % |
| 4 | Piéton traversant devant un véhicule arrêté pour le laisser passer, généralement sur un passage piéton | 2,8 % |
| 5 | Piéton traversant une voie importante, en général nuit ou pluie, piéton souvent alcoolisé, détecté trop tard | 5,5 % |

Autres conditions (généralement avec problème de prise d'information, de captation de l'attention, d'attentes, d'anticipation, etc.)

| | | |
|----|--|-------|
| 6 | Piéton détecté, engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur | 7,0 % |
| 7 | Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur | 7,0 % |
| 8 | Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant, souvent non détecté | 5,8 % |
| 9 | Piéton traversant en confiance sur un passage piéton une infrastructure large ou rapide, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur | 8,6 % |
| 10 | Conducteur franchissant un feu rouge/orange, heurte en sortie de carrefour un piéton détecté trop tard | 1,5 % |

Scénarios-Types concernant généralement des piétons présents sur la chaussée, statiques ou se déplaçant (longeant la chaussée, ou manœuvres diverses), ou des piétons sortant d'un véhicule

| | | |
|----|--|-------|
| 11 | Piéton présent sur la chaussée (statique, la longeant, y divaguant), de nuit, hors agglomération ou en petite agglomération, détecté trop tard | 4,3 % |
| 12 | Piéton présent près d'un véhicule en panne ou accidenté, de nuit, hors agglomération, non vu ou trop tard | 1,8 % |
| 13 | Piéton sur chaussée, souvent en discussion, souvent se recule, se retourne, surprenant le conducteur (ou n'est pas vu) | 1,8 % |
| 14 | Piéton sortant ou juste sorti d'un véhicule stationné, détecté tardivement ou surprenant le conducteur | 1,2 % |
| 15 | Véhicule en marche arrière, choc sur piéton non détecté par l'arrière du véhicule | 4,6 % |

Scénarios-Types avec absence d'interférence a priori entre le piéton et le véhicule

| | | |
|----|--|-------|
| 16 | Véhicule en perte de contrôle, heurte un piéton hors chaussée, ou projette sur lui un véhicule stationné | 4,6 % |
| 17 | Élément d'un véhicule (lourd), ou de son chargement, se détachant ou se déployant et heurtant un piéton | 0,6 % |
| 18 | Interaction entre deux véhicules, entraînant une manœuvre d'ajustement puis un choc sur piéton | 1,8 % |

Contexte particulier

| | | |
|----|---|-------|
| 19 | Deux-roues circulant sur un trottoir ou une voie interdite à la circulation, heurtant un piéton | 0,6% |
| 20 | Querelle ou rapport conflictuel entre piéton et automobiliste | 1,5 % |

Les accidents analysés étant représentatifs des accidents de piétons en France, on peut extrapoler les résultats obtenus sur l'échantillon à l'ensemble du territoire : ces scénarios d'accidents sont susceptibles de prendre en compte 85% des accidents de piétons en France. 10 scénarios représentent 66,7% des cas et 5 scénarios comptent pour 41,6% des accidents. Ces scénarios couvrent des accidents de toutes gravités, avec au moins un blessé dans l'accident.

Il est nécessaire d'avoir accès au dossier d'accident, et de relire les cas un par un. C'est la méthode qui donne les résultats les plus fins, mais c'est aussi la méthode la plus longue à mettre en place.

2.5. CONCLUSION

Dans le tableau suivant, sont détaillés les caractéristiques, avantages et inconvénients des 4 méthodologies. Les variables ou notions utilisées dans les différentes analyses sont listées.

Tableau 10: Comparaison des 4 méthodes

| | 1 pictogrammes | 2 Croisement de 2- 3-4 variables | 3 Classification ascendante hiérarchique | 4 Scénario type |
|---|--|---|---|--|
| Support | Base de données, nationale ou plus détaillée | Base de données, nationale ou plus détaillée | Base de données, nationale ou plus détaillée | Rapports d'analyses détaillées d'accidents, procès-verbaux d'accident |
| Variables utilisées | Variable décrivant le pictogramme associé à l'accident | <ul style="list-style-type: none"> Mouvement du piéton Allure du piéton Manœuvre du véhicule Intersection Feux tricolore Passage piéton Masque à la visibilité | <ul style="list-style-type: none"> Localisation Tracé en plan Jour et mois Luminosité Conditions atmos. Type de véhicule Sur-accident Age et sexe Motif du déplacement Piéton seul ou accompagné Manœuvre du véhicule Mouvement du piéton Sens de traversée du piéton Position sur chaussée Gêne au cheminement Changement de mode Alcoolémie Gravité des lésions Vitesse limite Masque à la visibilité | Analyse au cas par cas de rapport d'accident. les notions suivantes doivent être indiquées dans les rapports d'accidents : <ul style="list-style-type: none"> Mouvement du piéton Manœuvre du véhicule Masque Conditions atmos. Age Allure du piéton Type de masque Alcoolémie Détection du piéton Densité de circulation Réaction conducteur Feux tricolores Localisation accident Véhicule en panne ou arrêté Changement de mode Prise d'information par le piéton Anticipation |
| Rapidité | ++ | ++ | + | -- |
| Précision des configurations d'accidents | +/- selon précision des pictogrammes | - | + | ++ |
| Proposition de contre-mesures | +/- selon précision des pictogrammes | - | + | ++ |
| Inconvénients | Homogénéité du codage selon les codeurs ? | Nombre de configurations limité et prédéfinis | <ul style="list-style-type: none"> Grand nombre de cas nécessaires pour pouvoir construire les classes avec un nombre de variables suffisamment intéressant. Choix des variables prépondérant. | Reproductibilité et homogénéité du codage ? |
| Avantage | Facilité rapidité | Facilité rapidité | | Scénarios types très détaillés |

En comparant les avantages et les inconvénients des 4 méthodologies décrites dans ce chapitre (Tableau 10), les scénarios construits par Brenac nous ont apparus comme étant les plus complets et les plus intéressants à utiliser. Par ailleurs le niveau de détails nécessaires à la reconnaissance des scénarios est compatible avec les données dont nous disposons. C'est donc en utilisant cette approche que nous analyserons les cas étudiés dans le cadre de CACIAUP. Néanmoins les informations qui ont été utilisées pour décrire chaque scénario ne répondaient pas à tous les objectifs de l'étude. De ce fait il y a une recherche d'information supplémentaire.

3. Méthodologie

L'état de l'art a permis d'orienter notre étude vers les scénarios types de Brenac. Dans cette partie nous décrivons tout d'abord la façon d'attribuer les scénarios, puis nous introduisons la notion de l'analyse de la défaillance. Enfin nous expliciterons les informations spécifiques recherchées nécessaire à l'analyse complète de scénarios.

3.1. ATTRIBUTION DES SCÉNARIOS

Les scénarios types d'accident définis par Brenac ne font pas partie des données codées dans la base de données CACIAUP. Nous avons donc repris l'ensemble des dossiers pour leur attribuer un scénario. Ce codage a été fait en analysant les données disponibles pour chaque cas, en particulier la fiche d'analyse détaillée d'accident.

L'attribution d'un scénario type se fait en recherchant une ressemblance globale du cas étudié avec les différents scénarios proposés. Le scénario type est considéré comme un prototype du déroulement des accidents qui le composent. Son intitulé est très générique et il convient de se reporter à l'ouvrage de Brenac [12] pour avoir une vue précise des caractéristiques de l'accident. L'intitulé ne rend pas compte de l'accident à lui tout seul, il faut lui associer les spécificités décrites dans le déroulement de la situation accidentelle. Ainsi, toutes les variables ne seront pas identiques entre le scénario type et l'accident que l'on cherche à classer mais on retrouve des similitudes dans son déroulement.

Par ailleurs, il n'existe pas d'arbre de décision pour guider le choix du scénario. Mais les auteurs [12] ont proposé le découpage suivant (Figure 2) pour faciliter le choix, sans qu'on puisse l'interpréter comme une véritable grille d'analyse. C'est juste un découpage possible parmi d'autres.

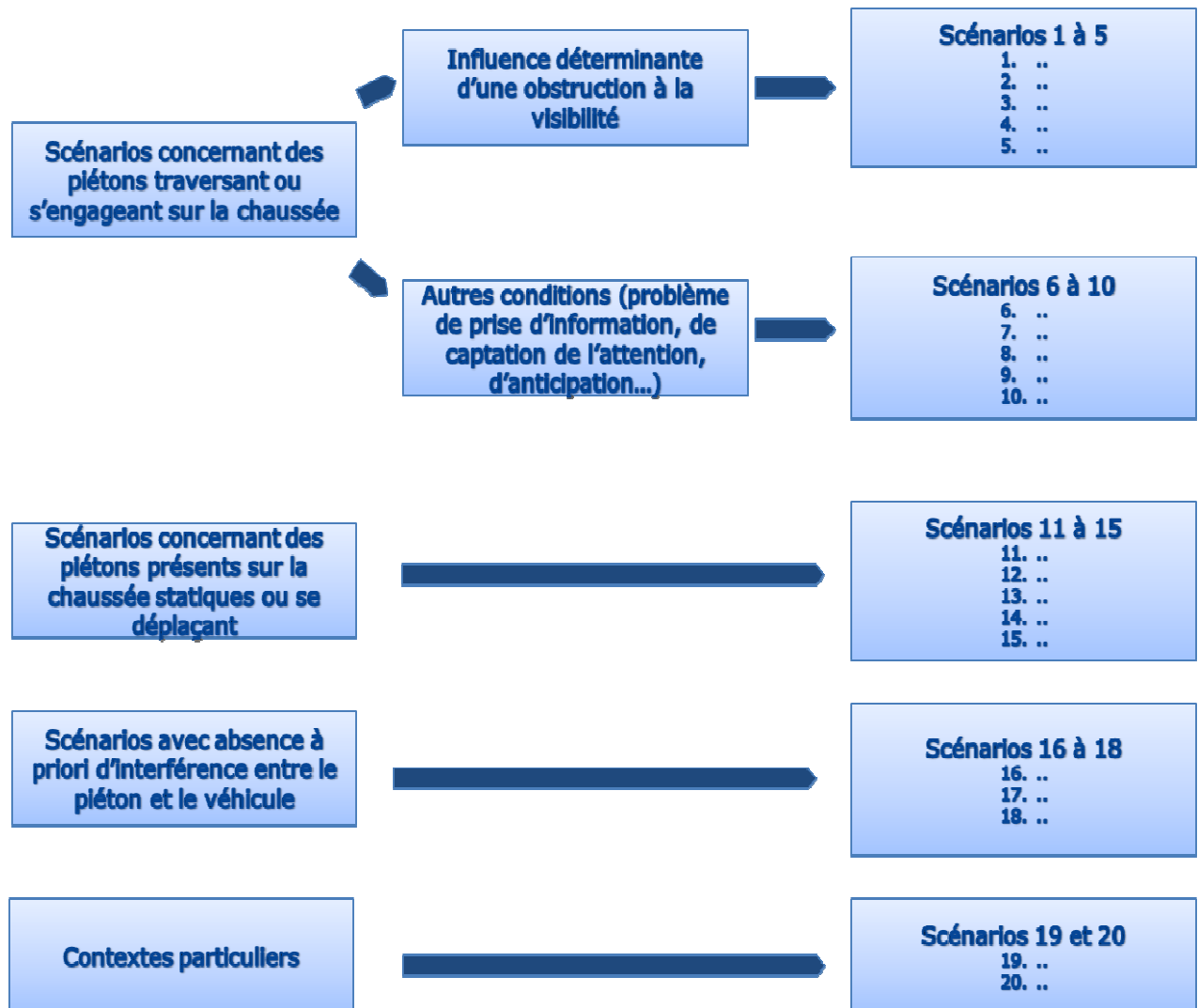


Figure 2 : Organisation des scénarios types. D'après Brenac [12].

3.2. ANALYSE DE LA DÉFAILLANCE

Initialement, les scénarios types définis par Brenac ne faisaient pas appel à l'analyse de la défaillance humaine pour analyser le processus accidentel. Lors de la tâche de conduite, le conducteur traite l'information disponible pour adapter son comportement aux circonstances qu'il rencontre de manière à poursuivre son trajet en sécurité. Le traitement de l'information qui va de la détection de cette information à la réalisation de la tâche adaptée, est présenté dans la figure qui suit.

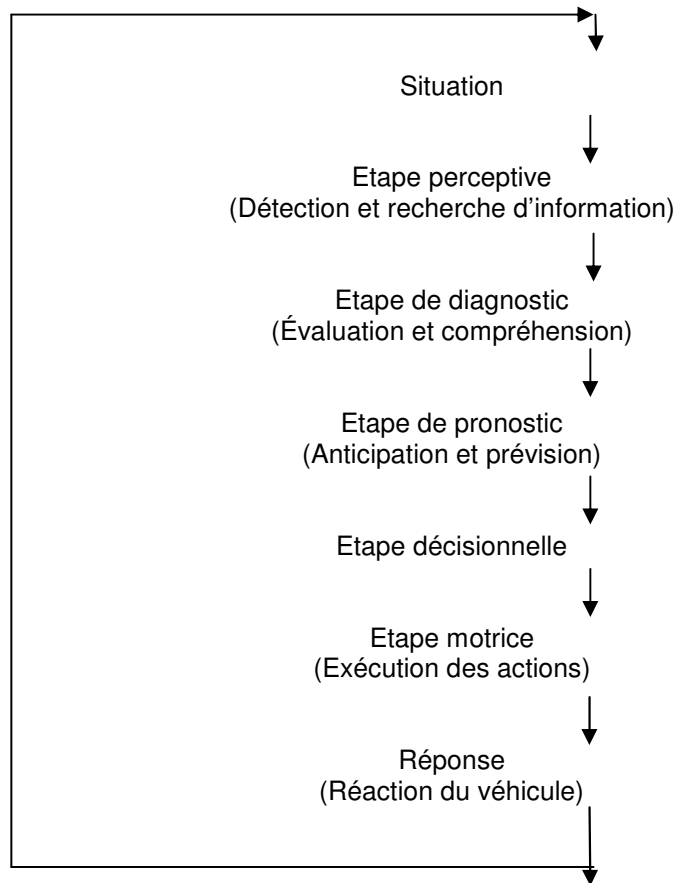


Figure 3 : Modèle de décomposition des étapes fonctionnelles engagées (d'après [29]).

On considère ici que le conducteur est au cœur du système qui le lie au véhicule et à l'infrastructure, il est décisif de centrer l'analyse de l'accident sur le conducteur. L'analyse de la défaillance humaine proposée par Van Elslande permet une telle démarche [29]. « La défaillance fonctionnelle correspond à une fonction dans le traitement de l'information dont la mauvaise réalisation ou l'absence de réalisation entraîne un basculement de la situation de conduite vers une situation d'accident. Il s'agit d'identifier l'étape de la séquence des traitements où une fonction n'a pas rempli son rôle adaptatif au moment charnière du basculement en situation d'accident » [29]. Le but de cette approche n'est pas de rechercher à qui incombe la responsabilité de l'accident, mais bien d'identifier la phase du traitement de l'information nécessaire au bon déroulement de la conduite, qui n'a pas été réalisée efficacement.

La défaillance peut concerner la phase de saisie de l'information, le diagnostic puis le pronostic porté sur la situation, la décision d'engager une manœuvre et enfin la réalisation de cette manœuvre. On peut également être en présence d'une défaillance globale de l'impliqué, c'est le cas des conducteurs faisant un malaise, ou bien des très jeunes enfants piétons qui n'ont pas les capacités d'appréhender la situation à laquelle ils sont confrontés.

La fonction défaillante est identifiée pour le piéton et pour le conducteur. Pour chaque niveau de défaillance, nous précisons le problème rencontré et le sous scénario qui s'y rattache. La décomposition des différentes étapes du traitement de l'information ainsi que l'arborescence des défaillances se présente comme dans la Figure 4 [29].

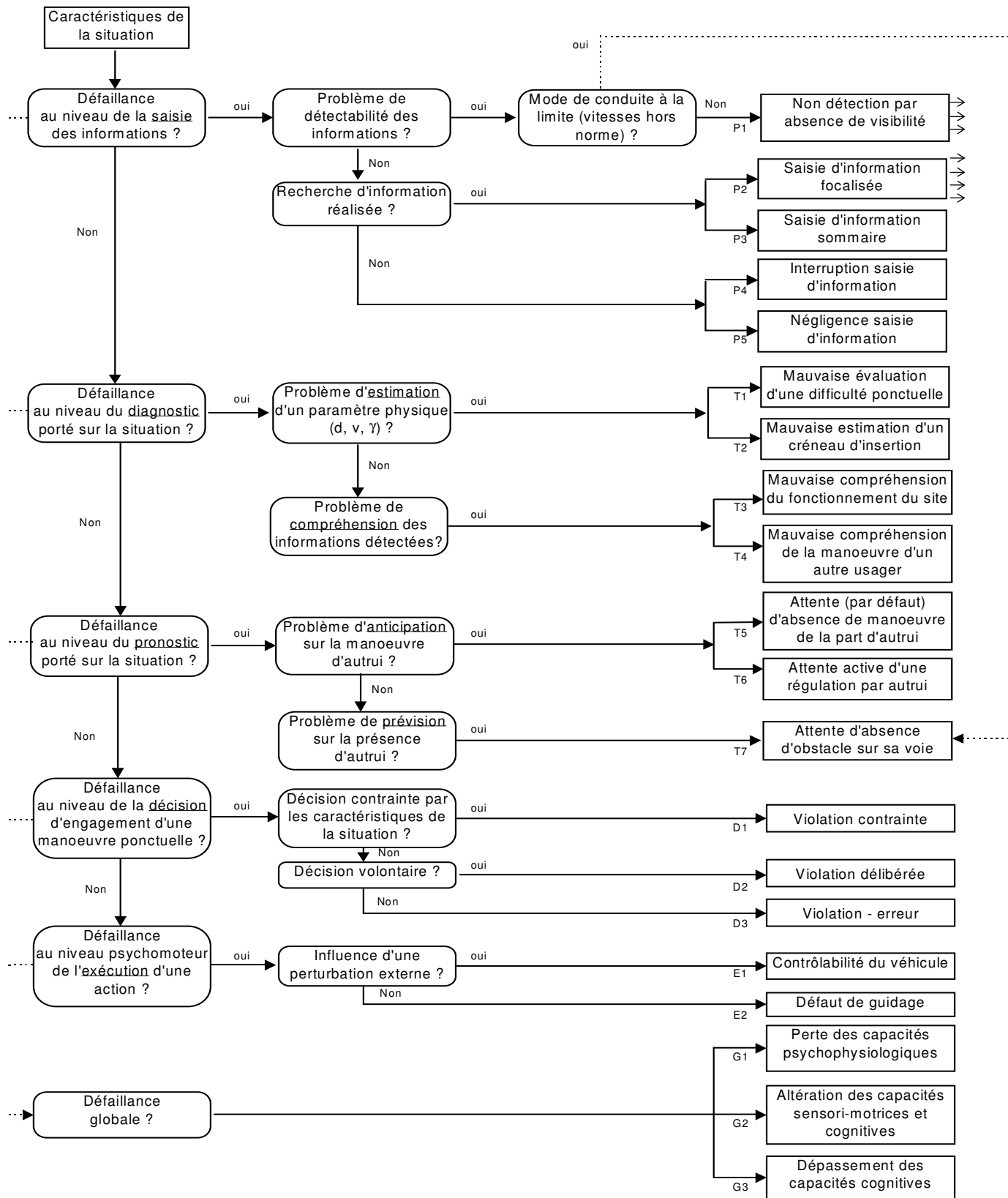


Figure 4 : Synopsis des défaillances fonctionnelles [29].

La recherche de la fonction défaillante s'accompagne de la mise en évidence des facteurs explicatifs. Ces facteurs explicatifs sont les éléments qui ont favorisé l'apparition de la défaillance. Les éléments explicatifs trouvent leur origine soit chez le conducteur lui-même (facteur explicatif endogène), soit dans l'environnement de la situation d'accident (facteur explicatif exogène). En pratique, on trouve régulièrement les deux types de facteurs conjointement lors d'un accident. En règle générale, un seul facteur ne suffit à rendre compte à lui seul de la défaillance, c'est l'association d'un ensemble de facteurs qui favorise la non réalisation d'une des phases du traitement de l'information.

3.3. RECHERCHE DE DONNÉES SUPPLÉMENTAIRES

Chaque accident étudié est décrit à l'aide de 900 variables. Néanmoins, certaines spécificité de l'étude ont nécessité de revenir aux dossiers et de renseigner des variables supplémentaires. En effet, dans l'optique d'équiper les véhicules d'un système capable de détecter les piétons, nous avons besoin de données relatives à l'instant où le piéton devient un obstacle potentiel. Pour cela nous avons utilisé les reconstructions d'accidents que nous avons pu réaliser grâce à l'étude méthodologique sur la reconstruction [26] et à l'utilisation du logiciel PC-CRASH. Le but est de remonter la pré-collision de façon à se trouver au moment où le piéton commence sa traversée, comme c'est illustré dans l'exemple ci-dessous (Figure 5).

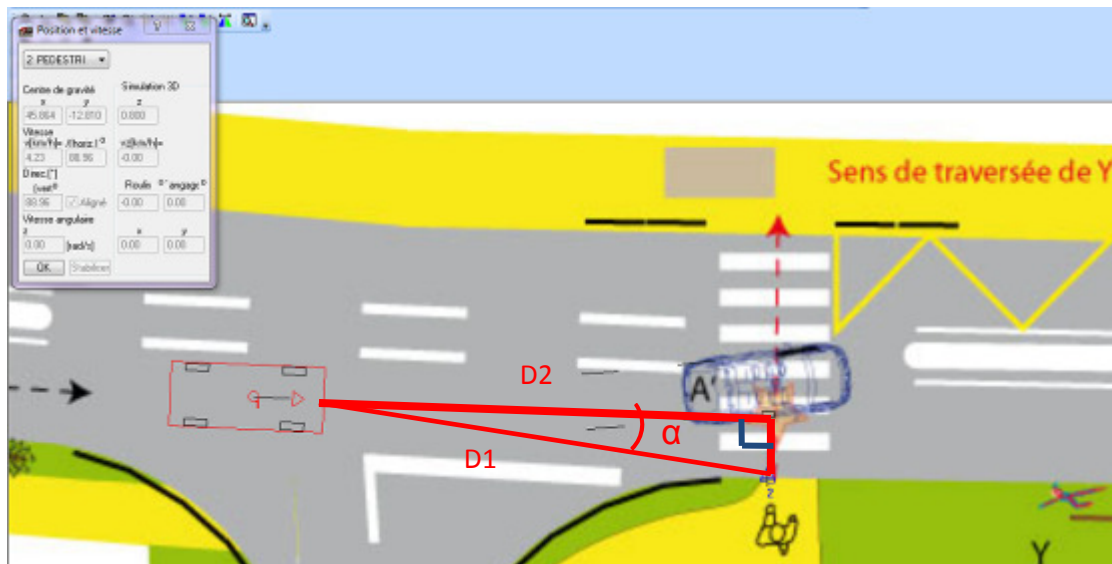


Figure 5 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas général.

Nous prenons comme référence l'instant où le piéton commence à traverser. Cette référence a été choisie afin d'éviter les fausses détections de piétons se trouvant sur la chaussée. La distance entre le milieu avant du véhicule et le piéton (distance D1) est mesurée. Elle permet de connaître la distance qui sépare le véhicule du piéton au moment où celui-ci commence sa traversée donc une information primordiale pour la portée pour une détection. Cependant, elle n'indique pas la distance qu'il reste à parcourir pour le véhicule jusqu'à l'impact (distance durant laquelle une manœuvre d'urgence peut être envisagée). C'est l'objectif de la distance D2. Cette dernière est prise entre le milieu avant du véhicule, en suivant l'axe du véhicule (sans prendre en compte une éventuelle manœuvre d'évitement donc la trajectoire réelle suivie par le véhicule), de manière à former un angle droit avec la trajectoire de traversée du piéton. L'angle alpha est ensuite calculé à partir des distances D1 et D2. Cette mesure permet d'apprécier la couverture angulaire nécessaire à la détection.

La vitesse du véhicule à l'instant de référence est indiquée directement par PC CRASH, de même que le temps restant avant l'impact (ce temps tient compte de la vitesse de déplacement du piéton).

Dans la plupart des cas ces informations sont aisément mesurables. Il existe cependant des cas particuliers qui nécessitent une formalisation des hypothèses : les cas en intersection avec un véhicule tournant (changement de trajectoire du véhicule), et les cas avec masque à la visibilité (modification de l'instant de référence). Nous illustrons ci-dessous la façon dont ont été prises les informations dans le cas d'une traversée en intersection avec un véhicule qui tourne à gauche (ou à droite –Figure 6) et dans le cas d'une traversée avec masque (Figure 7).

Dans le cas d'un véhicule tournant en intersection, nous gardons comme référence l'instant où le piéton entame sa traversée. Dans ce cas la principale difficulté concerne la distance D2 qui ne correspond plus exactement à l'espace restant permettant une manœuvre d'urgence mais une minoration de celle-ci.

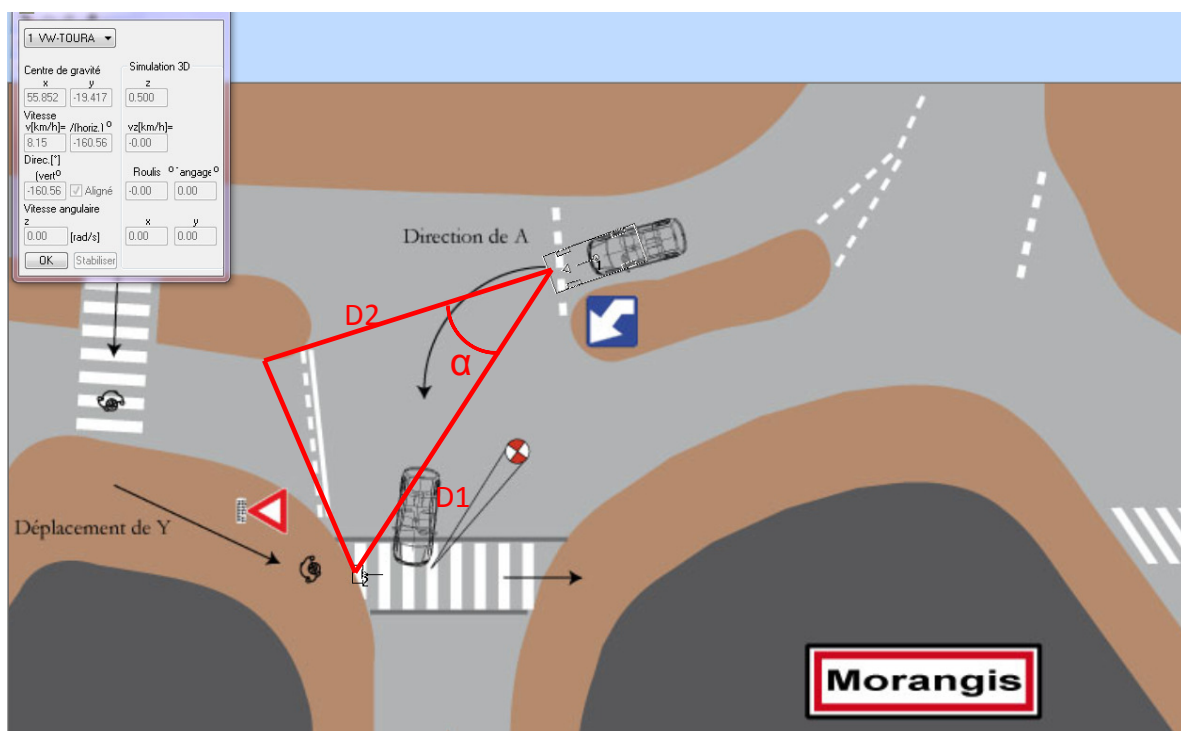


Figure 6 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas d'un tourne à gauche en intersection.

Pour les traversées avec présence d'un masque permanent (cas de véhicules en stationnement ou présence de végétation par exemple) ou temporaire (bus à l'arrêt ou véhicule situé en aval sur voie adjacente par exemple), seul l'instant de référence est modifié. Il correspond au moment où le piéton est visible dans sa traversée par le véhicule. Les distances D1, D2 et l'angle ne sont pas modifiés.

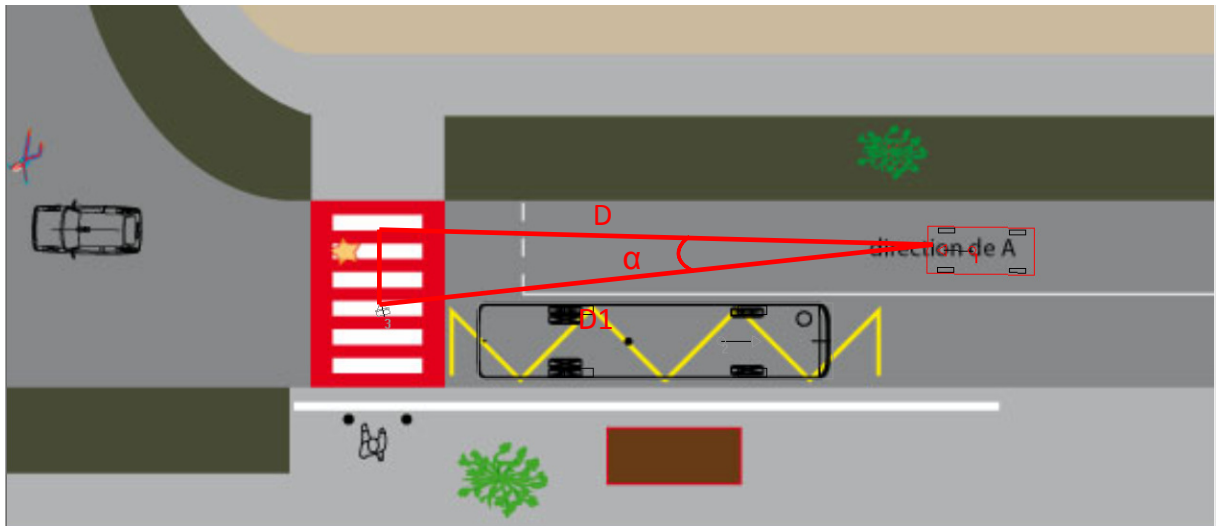


Figure 7 : Distances et angle calculés au moment où le piéton entame sa traversée, cas d'une traversée avec masque.

4. Description de l'échantillon

L'étude repose sur 100 cas d'accidents corporels piéton analysés entre 2009 et 2012 dans le cadre du projet. 110 piétons ont été impliqués dans ces accidents. La base de données ainsi constituée contient des accidents étudiés en temps réels et d'autres en différé [27]. Nous présentons ici quelques informations descriptives de la base de données. Cette description reste succincte car elle est développée plus précisément dans d'autres rapports du projet CACIAUP, en particulier dans l'analyse sectorielle [25].

La plupart des accidents ont eu lieu en agglomération (95%). Dans 56 cas, on note la présence d'une intersection, à l'endroit du choc ou à proximité immédiate. Mais celle-ci joue un rôle dans la genèse de l'accident uniquement pour 25 cas. On rencontre principalement des intersections en Y et en T (10 et 9 cas respectivement). Ces intersections sont régies par des feux (11 cas), un stop ou une priorité à droite (5 cas chacun). Le choc a lieu sur un passage piéton pour 50 piétons sur les 110.

Parmi les piétons, on trouve 55% de femmes et 45% d'hommes. Les conducteurs se répartissent entre 67% d'hommes et 33% de femmes. La Figure 8 présente les distributions de l'âge du piéton et du conducteur par classe de 5 années.

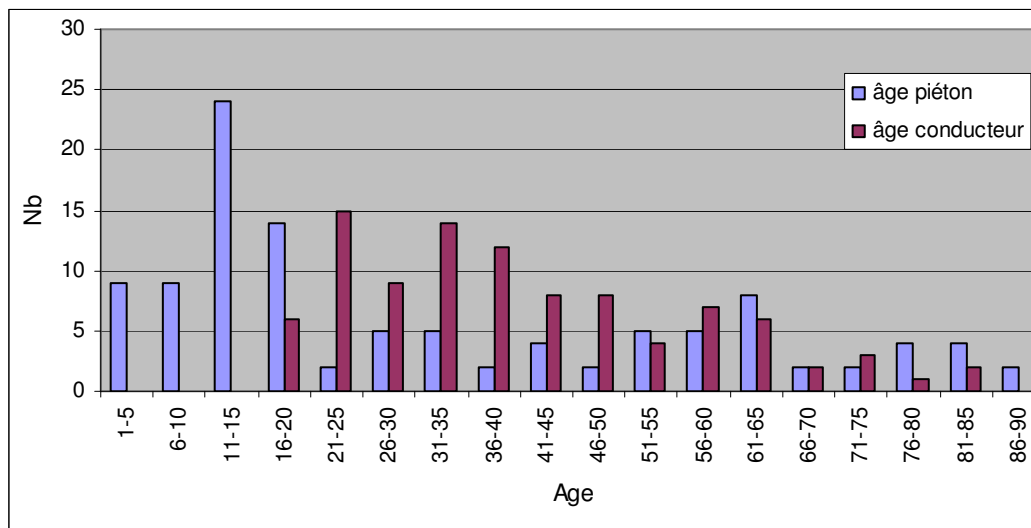


Figure 8: Distribution de l'âge des piétons et des conducteurs.

L'âge moyen des conducteurs est de 40 ans avec une médiane à 38 ans. Pour les piétons, l'âge moyen est de 32 ans mais la médiane se situe à 18 ans, ce qui indique une distribution décalée vers les âges les plus jeunes malgré une moyenne assez élevée.

Le tableau suivant (Tableau 11) présente l'âge moyen des piétons et conducteurs en fonction du sexe : les piétons sont caractérisés par une forte différence d'âge selon le sexe, avec une forte proportion de jeunes chez les hommes.

Tableau 11 : Caractéristiques de l'âge des piétons et des conducteurs en fonction du sexe.

| | Sexe | Age moyen | Valeur médiane |
|------------|-------------|------------------|-----------------------|
| Piéton | Masculin | 26 ans | 15 ans |
| | Féminin | 37 ans | 31 ans |
| Conducteur | Masculin | 39 ans | 35 ans |
| | Féminin | 44 ans | 43 ans |

Le choc frontal est le plus représenté (82%), puis le choc latéral (10%). On compte 5 chocs arrière et 3 cas d'inclassable.

Le Tableau 12 présente la position du choc entre le véhicule et le piéton.

Tableau 12 : Répartition de la localisation de la collision piéton-véhicule.

| Position du choc | n | % |
|---|----------|----------|
| Sur l'accotement ou le trottoir | 8 | 7,3% |
| Sur la chaussée en bordure de l'accotement ou du trottoir | 13 | 11,8% |
| En début de traversée | 33 | 30% |
| En milieu de traversé hors refuge | 22 | 20% |
| En milieu de traversée sur le refuge | 5 | 4,6% |
| En fin de traversée | 23 | 21% |
| Autres et inconnu | 6 | 5,3% |
| Total du nombre de piéton | 110 | 100% |

Les collisions en début de traversée sont prépondérantes, avec plus de 40% des piétons, si on considère que les piétons sur la chaussée ou en bordure du trottoir démarraient leur traversée.

La plupart des piétons marchaient au moment du choc (60 piétons), 31 courraient, 6 étaient immobiles. Il y a un cas où le piéton tombait, et 11 cas d'autres et inconnus.

Concernant les lésions, le rapport R4.3 [30] étant entièrement consacré à leur analyse, nous présentons ci-dessous (Tableau 13) uniquement la répartition globale des lésions par territoire corporels. Ces données sont extraites du rapport R4.3. Les 110 piétons de l'échantillon ont présenté 503 lésions réparties comme ceci en fonction des territoires corporels.

Tableau 13 : Répartition de l'ensemble des lésions selon le territoire corporel.

| Territoire corporel | % |
|----------------------------|----------|
| Crâne | 23% |
| Face | 12% |
| Cou | 1% |
| Colonne | 4% |
| Membres supérieurs | 18% |
| Thorax | 7% |
| Abdomen | 4% |
| Membres inférieurs | 30% |
| Inconnu | 1% |
| Total | 100% |

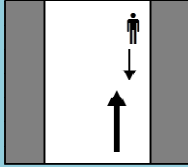
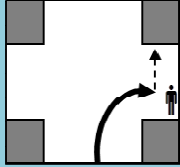
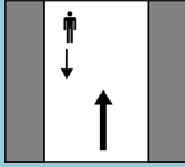
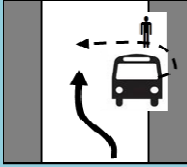
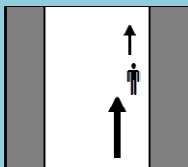
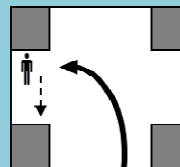
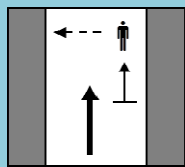
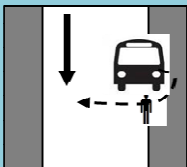
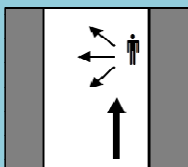
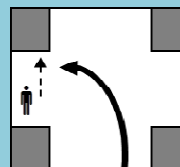
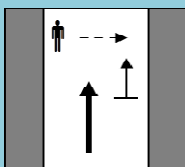
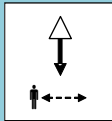
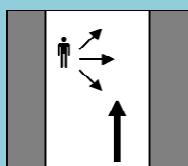
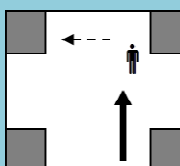
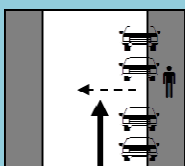
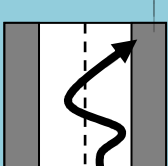
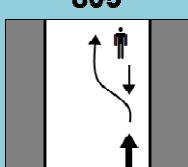
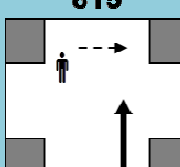
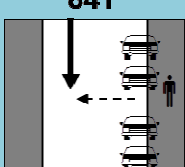
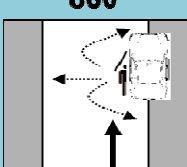
Le Tableau 14 regroupe l'ensemble des défaillances observées pour les piétons et les conducteurs.

Tableau 14 : Répartition des défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Pas de défaillance | 9 (8%) | 2 (2%) |
| Saisie des informations | 28 (25%) | 59 (59%) |
| Diagnostic | 10 (9%) | 6 (6%) |
| Pronostic | 18 (16%) | 20 (20%) |
| Décision | 6 (5%) | 1 (1%) |
| Exécution | 0 (0%) | 2 (2%) |
| Globale | 10 (9%) | 2 (2%) |
| Inconnue | 28 (25%) | 8 (8%) |
| Autres | 1 (1%) | 0 |
| Total | 110 | 100 |

Pour décrire les accidents, le LAB utilise des pictogrammes. A chaque accident est attribué un pictogramme. Le pictogramme décrit la situation pré accidentelle. Le Tableau 15 montre la distribution de ces pictogrammes pour les cas d'accidents de la base CACIAUP. Il y a 4 cas où le pictogramme n'est pas déterminé précisément, ils n'apparaissent pas dans le tableau.

Tableau 15 : Distribution des pictogrammes LAB sur la base CACIAUP

| | | | | | | | |
|---|----|---|----|--|---|---|---|
| <p>801</p>  | 1 | <p>811</p>  | 2 | <p>816</p>  | 1 | <p>842</p>  | 4 |
| <p>802</p>  | 2 | <p>812</p>  | 10 | <p>830</p>  | 3 | <p>843</p>  | 2 |
| <p>803</p>  | 16 | <p>813</p>  | 2 | <p>834</p>  | 1 | <p>853</p>  | 5 |
| <p>804</p>  | 15 | <p>814</p>  | 7 | <p>840</p>  | 6 | <p>854</p>  | 3 |
| <p>805</p>  | 1 | <p>815</p>  | 7 | <p>841</p>  | 6 | <p>860</p>  | 2 |

La distribution des scénarios types d'accidents tels que définis par Brenac, observée sur l'échantillon CACIAUP est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Distribution des scénarios types d'accidents sur l'échantillon CACIAUP.

| N° | SCENARIO | Nb d'accidents et % | |
|----|--|---------------------|------|
| | | | |
| 1 | Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué par un véhicule stationné ou arrêté | 8 | 8% |
| 2 | Piéton traversant en courant (souvent enfant, attention focalisé), initialement masqué, souvent par un véhicule stationné | 17 | 17% |
| 3 | Piéton circulant dans circulation dense, masqué par une file de véhicules arrêtés ou ralentis, souvent en intersection ou à proximité | 0 | 0 |
| 4 | Piéton traversant devant un véhicule arrêté pour le laisser passer, généralement sur un passage piéton | 2 | 2% |
| 5 | Piéton traversant une voie importante, en général nuit ou pluie, piéton souvent alcoolisé, détecté trop tard | 0 | 0 |
| 6 | Piéton détecté, engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur | 6 | 6% |
| 7 | Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur | 12 | 12% |
| 8 | Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant, souvent non détecté | 11 | 11% |
| 9 | Piéton traversant en confiance sur un passage piéton une infrastructure large ou rapide, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur | 23 | 23% |
| 10 | Conducteur franchissant un feu rouge/orange, heurte en sortie de carrefour un piéton détecté trop tard | 0 | 0 |
| 11 | Piéton présent sur la chaussée (statique, la longeant, y divaguant), de nuit, hors agglomération ou en petite agglomération, détecté trop tard | 2 | 2% |
| 12 | Piéton présent près d'un véhicule en panne ou accidenté, de nuit, hors agglomération, non vu ou trop tard | 2 | 2% |
| 13 | Piéton sur chaussée, souvent en discussion, souvent se recule, se retourne, surprenant le conducteur (ou n'est pas vu) | 0 | 0 |
| 14 | Piéton sortant ou juste sorti d'un véhicule stationné, détecté tardivement ou surprenant le conducteur | 0 | 0 |
| 15 | Véhicule en marche arrière, choc sur piéton non détecté par l'arrière du véhicule | 5 | 5% |
| 16 | Véhicule en perte de contrôle, heurte un piéton hors chaussée, ou projette sur lui un véhicule stationné | 5 | 5% |
| 17 | Élément d'un véhicule (lourd), ou de son chargement, se détachant ou se déployant et heurtant un piéton | 0 | 0 |
| 18 | Interaction entre deux véhicules, entraînant une manœuvre d'ajustement puis un choc sur piéton | 1 | 1% |
| 19 | Deux-roues circulant sur un trottoir ou une voie interdite à la circulation, heurtant un piéton | 0 | 0 |
| 20 | Querelle ou rapport conflictuel entre piéton et automobiliste | 0 | 0 |
| | Autres | 3 | 3% |
| | Inconnu | 3 | 3% |
| | Total | 100 | 100% |

Les cinq scénarios les plus fréquents dans notre échantillon sont les suivant :

- Scénario n°9 avec 23 cas = Piéton traversant en confiance sur un passage piéton une infrastructure large ou rapide, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur.
- Scénario n°2 avec 17 cas = Piéton traversant en courant (souvent enfant, attention focalisé), initialement masqué, souvent par un véhicule stationné.
- Scénario n°7 avec 12 cas = Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur.
- Scénario n°8 avec 11 cas = Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant, souvent non détecté.
- Scénario n°1 avec 8 cas = Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué par un véhicule stationné ou arrêté.

Ces 5 scénarios représentent 71% de l'échantillon. Il faut noter que dans l'étude sur les scénarios types de Brenac [13], le scénario n°6 faisait partie des 5 scénarios les plus fréquents. Notre étude retient à la place le n°8, sans qu'il soit possible de dire s'il s'agit d'une réelle évolution ou d'une différence due à la petite taille de l'échantillon CACIAUP.

Dans la suite du rapport, nous nous focaliserons sur les cinq scénarios les plus fréquents de CACIAUP, eux seuls seront analysés en détails dans le chapitre suivant.

5. Analyse des scénarios

5.1. DESCRIPTION DES SCENARIOS TYPES D'ACCIDENTS

5.1.1. Présentation générale

Nous présentons ici les 5 scénarios les plus fréquemment rencontrés parmi les 100 accidents analysés. Chaque scénario sera présenté de la même façon.

Chaque scénario est découpé en quatre phases (situation de conduite, situation de pré accident, situation d'urgence, situation de choc) au sein desquelles les éléments suivants seront détaillés.

Situation de conduite : nous décrivons ici l'environnement global du lieu de l'accident, ainsi que les conditions générales dans lesquelles il s'est produit. Un intérêt particulier est porté aux éléments suivants :

- Agglomération ou hors agglomération
- Jour/ nuit
- Condition atmosphérique
- Type de route
- Largeur de la chaussée : valeur moyenne, médiane
- Type d'environnement, présence d'autres piétons
- Condition de visibilité
- Profil en long
- Intersection, courbe, ligne droite
- Condition de trafic
- Description de l'environnement : poteau, barrière, etc.
- Description de l'action du piéton et du conducteur
- Age et sexe du piéton et conducteur : valeur moyenne, médiane
- Connaissance du site
- Pictogrammes
- Vitesse de roulage : valeur moyenne, médiane.

Situation de pré accident : Nous décrivons la phase de rupture, évènement qui fait basculer la phase de conduite vers une situation potentiellement accidentogène. L'environnement est également analysé. Les notions suivantes sont abordées :

- Action du piéton lors du basculement de la situation
- Présence de passage piéton
- Présence de feux tricolores
- Présence de masque à la visibilité
- Perception du véhicule par le piéton et du piéton par le conducteur
- Sens de traversée du piéton
- Allure du piéton
- Niveau de défaillance pour le piéton et le conducteur
- Les éléments explicatifs liés au conducteur ou au piéton (endogènes) et les éléments explicatifs liés à l'environnement (exogènes).
- Tableau avec les données de la reconstruction cinématique issues de PC CRASH

Situation d'urgence : ici nous observons la réaction du conducteur et les manœuvres d'urgence entreprises (ou pas) : freine-t-il ? Donne-t-il un coup de volant pour éviter le piéton ?

Situation de choc : le choc est détaillé avec les variables suivantes :

- Localisation du choc : sur/hors passage piéton
- Choc en milieu, début, fin de traversée
- Type de choc et localisation de l'impact sur le véhicule
- Vitesse de collision : valeur moyenne, médiane
- Trajectoire post impact du piéton (Figure 9)
- Distance de projection du piéton
- Bilan lésionnel des piétons

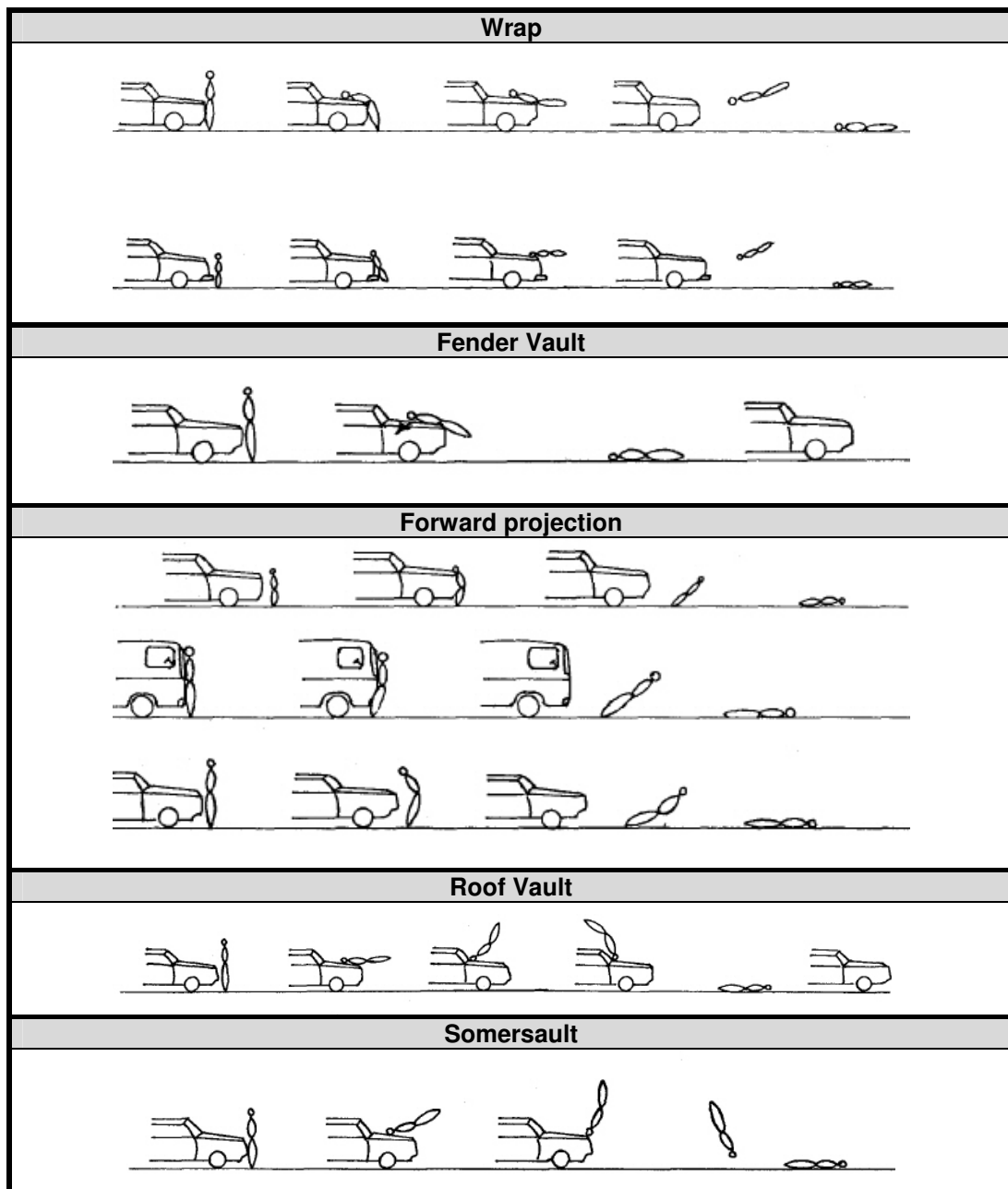


Figure 9: Les trajectoires post impact [14]

Un exemple type d'un accident représentatif du scénario est exposé en dernier lieu.

Nous présentons ci-dessous les 5 scénarios retenus, dans l'ordre initialement donné par Brenac, indépendamment de leur effectif.

5.1.2. Piéton traversant initialement masqué, souvent par un véhicule en stationnement

On dénombre 8 cas dans ce scénario (Scénario 1 de Brenac), impliquant 8 piétons.

Situation de conduite

Le véhicule circule de jour (un cas au crépuscule), en agglomération, généralement hors intersection (7 cas). Le trafic est modéré (5 cas). Il y a un cas avec un trafic soutenu, un cas sans aucun trafic, et un inconnu. Les conditions atmosphériques sont bonnes (1 seul cas avec pluie modérée) Le véhicule se trouve sur une chaussée à double sens avec 2 voies de circulation dans la moitié des cas. La route est plate, on observe un cas en montée et un cas en descente. On se trouve en centre-ville ou dans une zone d'habitation dense dans la moitié des cas, 3 cas ont lieu dans une zone d'activité industrielle. Par ailleurs, on observe les éléments suivants dans l'environnement proche du lieu de l'accident, sans qu'ils constituent de masque à la visibilité pour autant : barrière, poteau ou pylône, feux tricolores, abris de bus, arbres. 2 cas se produisent dans une zone pouvant générer un trafic de piéton (zone commerciale, supermarché). La visibilité de la route est considérée comme bonne pour l'ensemble des cas. Le véhicule contraste sur l'environnement extérieur dans 4 cas sur 8 (2 cas sans contraste et deux inconnues).

Le piéton est sur la chaussée, dans 3 cas il descendait d'un bus. Ces cas au niveau d'un arrêt de bus peuvent également générer un trafic de piéton. Le conducteur et le piéton connaissent le site de l'accident, et l'empruntent fréquemment.

Parmi les conducteurs, il y a 5 hommes et 3 femmes. Parmi les piétons, il y a 5 femmes et 3 hommes. Le tableau suivant donne les caractéristiques de l'âge des piétons et des conducteurs.

Tableau 17 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 1.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--------------------------|---|---------|-------------|-------------|
| Age du conducteur | 44 ans | 44 ans | 26 ans | 63 ans |
| | <i>Valeurs = 26 – 30 – 37 – 43 – 46 – 56 – 57 et 63 ans</i> | | | |
| Age du piéton | 49 ans | 52 ans | 16 ans | 82 ans |
| | <i>Valeurs = 16 – 17 – 19 – 30 – 74 – 76 – 78 et 82 ans</i> | | | |

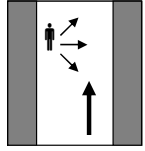
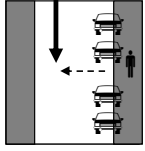
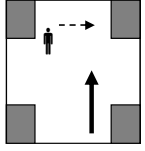
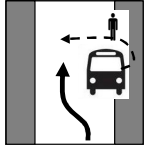
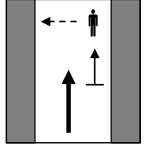
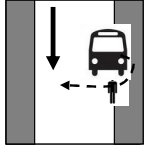
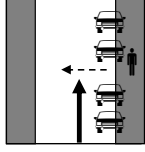
Les données relatives à la largeur de la chaussée (une inconnue) et à la vitesse de roulages (2 inconnues) sont indiquées dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 1.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|--|---------|-------------|-------------|
| Largeur de la chaussée (mètres) | 7,98 | 7,1 | 3,7 | 13,7 |
| | <i>Valeurs = 3,7 m – 6,2 m – 7 m – 7,1 m – 7,3 m – 10,9 m – 13,7 m.</i> | | | |
| Vitesse de roulage (km/h) | 34,5 | 39,5 | 16 | 48 |
| | <i>Valeurs = 16km/h - 16km/h - 39 km/h - 40 km/h - 40 km/h - 48 km/h</i> | | | |

Les pictogrammes associés aux accidents du scénario type n°1 sont présentés ci-dessous (Tableau 19).

Tableau 19 : Pictogrammes des accidents du scénario 1.

| Pictogramme | n | | |
|---|---|---|---|
| <p>804</p>  | 1 | <p>841</p>  | 1 |
| <p>815</p>  | 1 | <p>842</p>  | 2 |
| <p>830</p>  | 1 | <p>843</p>  | 1 |
| <p>840</p>  | 1 | | |

Dans le cas 804, il y a la présence d'un masque de type arbuste et dans le cas 815 un masque de type véhicule en circulation.

Situation de pré accident

Le piéton traverse la chaussée, généralement sur un passage piéton (5 cas). Le passage piéton est accompagné de feux tricolores dans seulement 2 cas. Le piéton est masqué au début de sa traversée par : un bus à l'arrêt (4 cas), un véhicule circulant (2 cas), un véhicule arrêté (1 cas), des arbustes (1 cas). La traversée s'effectue de gauche à droite et de droite à gauche dans des proportions égales (4 cas dans les 2 sens). Le piéton marche (7 cas) et traverse la chaussée perpendiculairement.

L'analyse des défaillances fonctionnelles met en évidence des défaillances à des niveaux différents pour le piéton et le conducteur (Tableau 20).

Tableau 20 : Défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs du scénario 1.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Saisie des informations | 1 | 6 |
| Diagnostic | 1 | 2 |
| Pronostic | 2 | 0 |
| Décision | 2 | 0 |
| Exécution | 0 | 0 |
| Globale | 0 | 0 |
| Inconnue | 2 | 0 |

Concernant le conducteur, la défaillance se situe au début du processus :

- 6 cas de défaillance au niveau de la saisie des informations, avec une non détection du piéton par absence de visibilité.
- 2 cas de défaillance au niveau du diagnostic de la situation, avec un problème de compréhension des informations détectées, la manœuvre du piéton n'est pas comprise.

Pour le conducteur, on a observé les éléments explicatifs (majoritairement exogènes) suivants :

- Bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet (conduite en mode automatique).
- Confiance excessive dans les signaux émis aux autres : sentiment prioritaire (2 cas).
- Vitesse trop élevée pour la situation.
- Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation : le conducteur s'est focalisé sur l'existence du feu tricolore et non sur la présence du piéton devant le véhicule à côté de lui.
- Gêne à la visibilité ponctuelle (soleil/ombre) et autres (2 cas).
- Gêne à la visibilité ponctuelle (masque mobile) (7 cas).
- Absence d'indices annonciateurs d'une manœuvre du piéton.
- Manœuvre du piéton atypique, en contradiction avec la législation (2 cas).

Si l'on considère l'accident du point de vue du piéton, les défaillances apparaissent à tous les niveaux de la chaîne :

- 1 cas de défaillance au niveau de la saisie des informations, avec une recherche sommaire des informations liée à la présence d'un masque à la visibilité.
- 1 cas de défaillance au niveau du diagnostic porté sur la situation, avec une mauvaise estimation d'un créneau d'insertion.
- 2 cas de défaillance au niveau du pronostic porté sur la situation, avec un problème d'anticipation de la manœuvre du véhicule (le piéton s'est senti prioritaire et a considéré que le véhicule allait s'arrêter) et un problème au niveau de la prévision sur la présence d'un véhicule (le piéton ne s'attend pas à rencontrer un véhicule, malgré une absence de visibilité).

- 2 cas de défaillance au niveau de la décision d'engagement d'une manœuvre, ce sont des cas de violation délibérée d'une règle de sécurité. Il y a un cas de traversée sur passage piéton alors que le feu est vert pour les véhicules. Dans l'autre cas, les piétons choisissent de traverser devant un bus, hors passage piéton, pour minimiser leur temps de trajet.
- 2 cas de défaillances inconnues.

Pour le piéton, les éléments explicatifs (majoritairement endogènes), mis en avant sont les suivants :

- Vigilance faible.
- Distraction, perdu dans ses pensées.
- Impatience.
- Manque d'expérience du piéton.
- Confiance excessive dans les signaux émis aux autres : sentiment prioritaire (2 cas).
- Contrainte de temps.
- Manœuvre du piéton atypique, en contradiction avec la législation (traverse alors que le feu est rouge pour les piétons).
- Difficulté d'obtention d'un créneau de traversée.
- Gêne à la visibilité par un masque mobile.

Le Tableau 21 présente les combinaisons observées des défaillances du conducteur et du piéton.

Tableau 21 : Combinaison des défaillances des piétons et des conducteurs, scénario 1.

| Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur | |
|-----------------------|---------------------------|------------|
| | Saisie | Diagnostic |
| Saisie | 1 | |
| Diagnostic | 1 | |
| Pronostic | 1 | 1 |
| Décision | 1 | 1 |
| Inconnue | 2 | |

Le Tableau 22 concerne les données relevées sur les données cinématiques obtenues par PC CRASH, avec le détail des cas, les valeurs moyennes et médianes (3 cas sans reconstruction PC CRASH).

Tableau 22 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 1.

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (sec) |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|----------------------------|
| | 7,76 | 7,48 | 15,43 | 15,85 | -1,753 |
| | 16,13 | 16,02 | 6,69 | 38,1 | -1,508 |
| | 20,44 | 20,35 | 5,37 | 50,86 | -1,455 |
| | 21,98 | 21,88 | 5,46 | 40 | -1,929 |
| | 11,65 * | 9,21 | 34,42 | 14,18 | -4,749 |
| Moyenne (sans le cas d'intersection) | 16,57 | 16,43 | 8,24 | 36,20 | -1,66 |
| Médiane | 18,28 | 18,18 | 6,08 | 39,05 | -1,63 |

* = cas en intersection

Situation d'urgence

Le conducteur freine avant le choc dans 6 cas, dont un cas en faisant également un écart. Il y a un cas de freinage seulement après choc et un inconnu.

Situation de choc

Le choc se produit au milieu de la traversée pour 4 cas, un cas en début et 3 cas en fin de traversée.

Le choc frontal est prépondérant avec 7 cas sur 8. On compte un choc sur le côté droit du véhicule. Pour le choc frontal, les parties impactées sont indiquées dans le Tableau 23 ci-dessous.

Tableau 23 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 1.

| Zone d'impact sur le véhicule – choc frontal | Nb véhicules |
|--|--------------|
| Centre | 3 |
| 1/4 de voie droite | 1 |
| 1/2 voie droite | 1 |
| 2/3 voie droite | 1 |
| 1/2 voie gauche | 1 |

Les données sur les vitesses de collisions sont les suivantes (2 inconnues -Tableau 24).

Tableau 24 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 1.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|---------|---------|-------------|-------------|
| Vitesse de collision (km/h) | 28,3 | 29 | 5 | 45 |
| <i>Valeurs = 5 km/h - 17 km/h - 19 km/h - 39 km/h - 45 km/h - 45 km/h.</i> | | | | |

Les trajectoires post impact peuvent être de différents types (Figure 9). Parmi les huit cas, on dénombre 3 cas de trajectoire type wrap, 3 cas de type forward projection, 1 cas de type fender vault et un cas avec une trajectoire particulière puisque le véhicule roule sur le pied du piéton.

Les distances de projection du piéton par rapport au point de choc sont connues pour 7 cas. Dans le cas où le véhicule roule sur le pied du piéton, la distance de projection est nulle. Elle ne rentre pas dans le calcul de la moyenne présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 25).

Tableau 25 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 1.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|---|---------|---------|-------------|-------------|
| Distance de projection (mètre) | 8,1 | 7,45 | 1 | 16,4 |
| <i>Valeurs = 1m - 3,5m - 3,9m - 11m - 12,8m - 16,4m</i> | | | | |

Le graphe ci-dessous montre qu’il existe une bonne corrélation entre la vitesse de collision et la distance de projection.

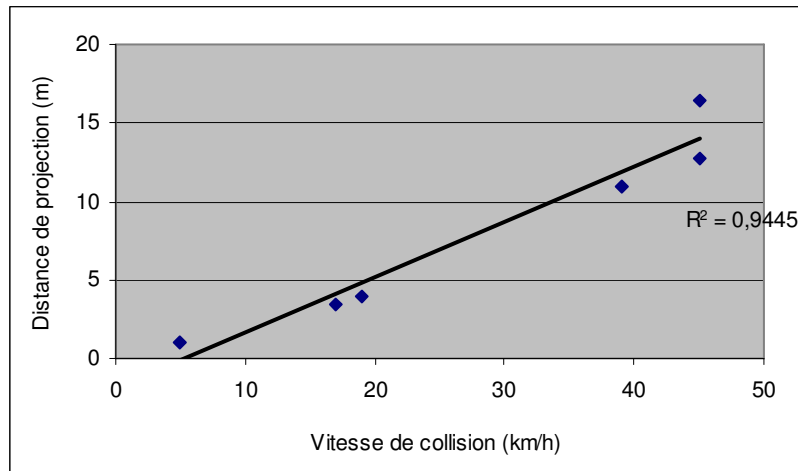


Figure 10 : Distance de projection du piéton en fonction de la vitesse de collision. Scénario 1.

C’est une configuration accidentelle critique puisqu’on dénombre 2 tués parmi les 8 piétons considérés. Ce sont 2 personnes âgées, qui ont subis un choc à 40 et 45 km/h. 4 piétons ont un M.AIS de 2 (blessure modérée), la lésion d’AIS 2 se situant soit au crâne, soit aux membres inférieurs ou aux membres supérieurs. Il y a 2 piétons avec un M.AIS de 1 (blessure légère), tous deux avec des lésions aux membres supérieurs et inférieurs. Dans le Tableau 26, le bilan lésionnel par territoire corporel est détaillé.

Tableau 26 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 1.

| Territoire corporel | AIS des lésions | | | | | | | Total |
|------------------------|-----------------|----|---|---|---|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | |
| Tête (Crâne et Face) | - | 1 | - | - | 2 | - | - | 3 |
| Cou | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Thorax | - | - | - | 2 | - | - | - | 2 |
| Membres supérieurs | 4 | 1 | - | - | - | - | - | 5 |
| Abdomen | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| Bassin | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 |
| Colonne Dorso-Lombaire | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 |
| Membres Inférieurs | 4 | 3 | - | - | - | - | - | 7 |
| Total | 8 | 10 | - | 2 | 2 | - | - | 22 |

La figure ci-dessous présente la répartition des points d'impact identifiés sur le véhicule.

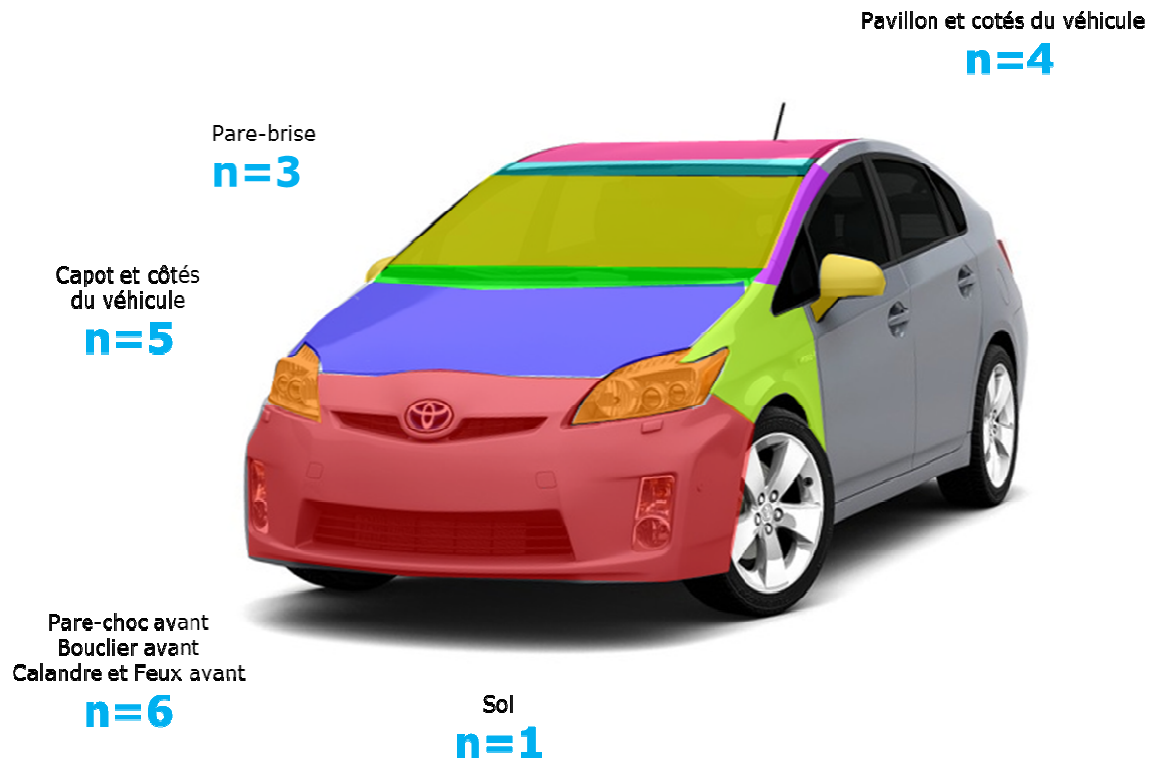


Figure 11 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 1.

Accident type.

L'accident a lieu en agglomération, dans une zone industrielle, le matin. Le temps est clair. Les conditions de circulation sont bonnes, il n'y a pas de trafic. Il s'agit d'une portion de route rectiligne, l'accident se déroule environ 20 mètres avant un rond-point.

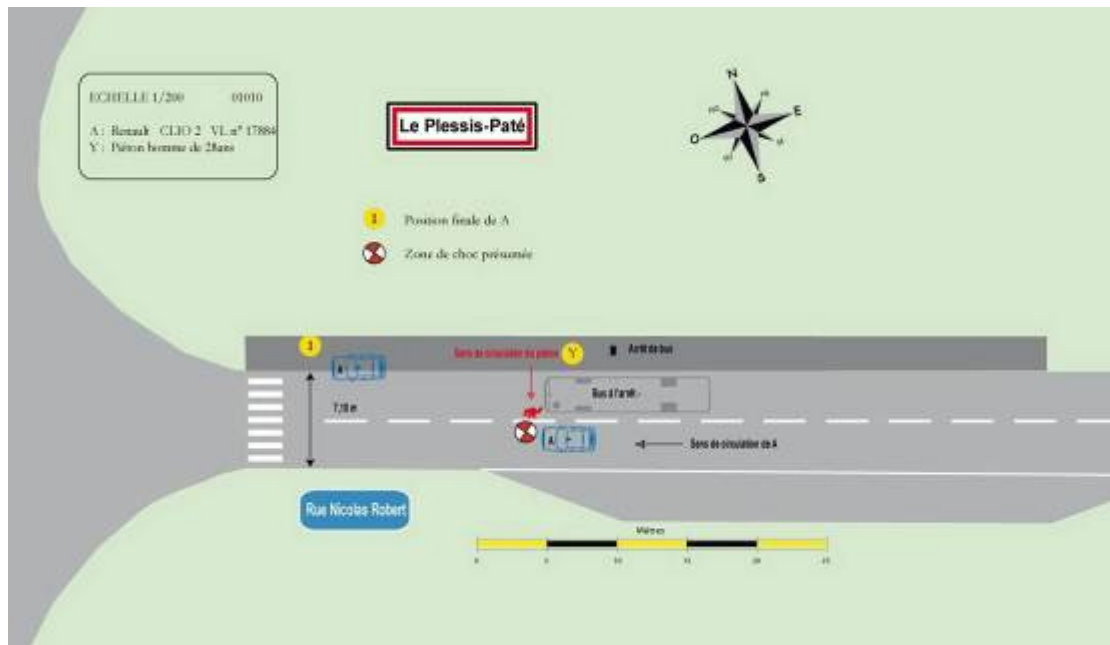
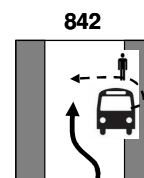


Figure 12 : Plan de l'accident type, scénario 1.

Le piéton âgé de 28 ans se rend à son travail, une partie du trajet s'effectuant en bus. Le bus s'immobilise sur la chaussée, il n'y a pas d'aménagement spécial au niveau de cet arrêt. Le piéton descend du bus avec un collègue, passe devant le bus encore à l'arrêt. Le piéton regarde vers sa droite, voit au loin un poids lourd au niveau du rond-point. Il pense avoir le temps de passer et surtout que personne ne doublera le bus. La prise d'information est sommaire. Il continue sa traversée et est heurté par un véhicule qui suivait le bus et qui a entrepris de le doubler (véhicule provenant de sa gauche). Le conducteur du véhicule léger impliqué a également perçu le poids lourd dans le rond-point et pensait avoir le temps de dépasser le bus à l'arrêt. Il n'a pas vu le piéton masqué par le bus et qui surgit de sa droite.

Le pictogramme associé à cet accident est le suivant :



La défaillance fonctionnelle se situe au niveau de la saisie des informations pour les deux protagonistes, avec une non détection du piéton par absence de visibilité pour le conducteur, et une saisie sommaire d'information pour le piéton (il n'a regardé qu'à droite).

Le piéton est heurté au milieu de la chaussée, hors passage piéton. L'impact avec le piéton se situe sur l'avant droit du véhicule (Figure 13).



Figure 13 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type pour le scénario 1.

Le piéton part en vrille et se relève immédiatement après le choc. La distance de projection n'est pas identifiable précisément, les vitesses de collision et de roulage non plus. Le piéton souffre d'une fracture du bras gauche (au niveau du cubitus, M.AIS2), le conducteur est indemne.

On peut noter qu'un passage piéton se trouve à 20 mètres du lieu du point de collision entre le véhicule et le piéton (Figure 14).



Figure 14 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type du scénario 1.

5.1.3. Piéton traversant en courant initialement masqué, souvent par un véhicule en stationnement

Ce scénario (Scénario 2 de Brenac) représente 17 cas dans la base (18 piétons impliqués).

Situation de conduite

Le véhicule circule en agglomération, dans un environnement de type centre-ville (5 cas) ou dans une zone d'habitation (13 cas), très généralement hors intersection (13 cas). Il fait jour dans 14 cas, et l'éclairage public est allumé pour les 3 cas se produisant de nuit. Le véhicule se trouve sur une voie à double sens avec 2 voies de circulation (12 cas). La chaussée fait moins de 6 mètres dans la moitié des cas et plus de 6 mètres dans l'autre moitié, avec une largeur maximale de 15,9 mètres. La route est plate généralement, mais on observe 3 cas en descente et 2 en montée. Dans 13 cas, on trouve, aux alentours des lieux de l'accident au moins un des éléments suivants : barrière, arbre, panneau publicitaire, petits poteaux, feux tricolores, abris de bus, plots, lampadaires. Le trafic est soutenu dans 2 cas, modéré dans 9 cas et nul dans les 6 autres cas. On note que 4 accidents ont eu lieu sur des sites pouvant générer du trafic piétonnier (école, supermarché, arrêt de bus). Le contraste entre le véhicule et l'environnement est présent dans 15 cas sur 17.

Le site de l'accident est connu du piéton et de l'automobiliste, ils l'utilisent tous les jours ou au moins une fois par semaine (12 cas pour le conducteur et 18 pour le piéton).

Le piéton se trouve initialement sur le trottoir. Dans 4 cas, le piéton jouait dehors, dans 2 cas il sortait d'un bus, dans un cas il sortait d'une voiture coincée dans les embouteillages.

Les données relatives à l'âge des piétons et des conducteurs sont détaillées dans le tableau suivant (Tableau 27).

Tableau 27 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 2

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--------------------------|--|---------|-------------|-------------|
| Age du conducteur | 39 ans | 36 ans | 21 ans | 74 ans |
| | <i>Valeurs = 21-21-22-26-35-35-36-37-45-46-49-51-56-57-74 ans</i> | | | |
| Age du piéton | 10 ans | 11 ans | 2 ans | 30 ans |
| | <i>Valeurs = 2-2-5-7-7-8-8-9-11-11-11-11-11-12-12-14-15-30 ans</i> | | | |

Le seul piéton adulte présent dans le scénario est impliqué en même temps que sa fille de 2 ans qui est à l'origine de l'accident. Sept piétons étaient seuls au moment de l'accident, les autres étaient accompagnés d'autres enfants ou d'adultes et parfois les deux.

Il y a 12 hommes et 5 femmes parmi les conducteurs et 13 hommes et 5 femmes chez les piétons.

La chaussée est large en moyenne d'un peu plus de 7 mètres, comme indiqué dans le Tableau 28 ci-dessous.

Tableau 28 : Caractéristiques de la largeur de la chaussée, scénario 2.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|---|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Largeur de la chaussée (mètres) | 7,39 | 6,7 | 3 | 15,9 |
| Valeurs = 3m-4,5m-5m-5,5m-6m-6m-6m-6,4m-7m-7m-7m-8,5m-9,5m-10m-11m-15,9m. | | | | |

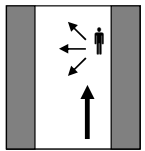
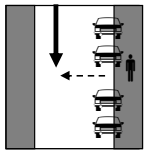
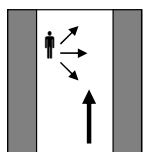
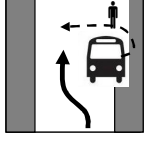
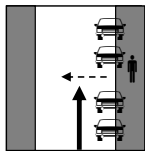
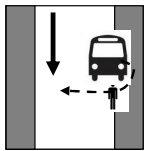
Les caractéristiques des vitesses de roulage sont décrites dans le tableau ci-dessous (Tableau 29).

Tableau 29 : Caractéristiques des vitesses de roulage, scénario 2.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Vitesse de roulage (km/h) | 30,5 | 30 | 8 | 50 |
| Valeurs = 8-17-19-24-24-28-29-30-30-30-30-36-39-40-40-45-50 km/h | | | | |

Les pictogrammes associés à ce scénario sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 30).

Tableau 30 : Pictogrammes des accidents du scénario 2.

| Pictogramme | n | | n |
|---|----------|---|----------|
| <p>803</p>  | 2 | <p>841</p>  | 4 |
| <p>804</p>  | 3 | <p>842</p>  | 2 |
| <p>840</p>  | 5 | <p>843</p>  | 1 |

En 803, on note la présence de masques de type barrière pour un cas, et de type mur et buisson pour l'autre cas. En 804, les masques sont des véhicules en circulation ou en stationnement.

Situation de pré accident

Le piéton s'engage sur la chaussée, généralement en dehors d'un passage piéton (13 cas). On observe la présence d'un passage piéton à proximité dans 9 de ces cas.

Le piéton est masqué au début de sa traversée par les éléments suivants : un véhicule léger en stationnement le long du trottoir (9 cas), un bus à l'arrêt (3 cas), un véhicule circulant en sens inverse (2 cas), une barrière (1 cas), un mur d'habitation avec des arbustes (1 cas), et un poids lourd arrêté au feu (1 cas). Les piétons ne sont pas perçus par l'automobiliste avant l'accident, sauf dans un cas où la conductrice distingue un groupe de piétons d'où s'échappera un petit garçon pour être ensuite percuté. L'enfant était de la même hauteur que la barrière et n'a pas été perçu individuellement.

Le piéton traverse de droite à gauche dans 9 cas et de gauche à droite dans 8 cas. Les traversées en diagonales représentent 6 cas. Ce scénario est caractérisé par le fait que la plupart des piétons traversaient en courant (16 cas sur les 18 piétons).

Le tableau suivant (Tableau 31) nous donne la répartition des défaillances fonctionnelles pour le piéton et le conducteur.

Tableau 31 : Défaillances fonctionnelles des piétons et des conducteurs, scénario 2.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Saisie des informations | 9 | 16 |
| Diagnostic | 2 | 0 |
| Pronostic | 1 | 0 |
| Décision | 0 | 0 |
| Exécution | 0 | 0 |
| Globale | 3 | 0 |
| Inconnue | 2 | 1 |

Un piéton est considéré sans défaillance ou du moins d'une défaillance d'un autre type que celles prévues ci-dessus : il s'agit d'un piéton qui tente de rattraper sa fille alors que celle-ci s'élance en courant pour traverser la chaussée.

L'ensemble des défaillances du conducteur se situent au niveau de la saisie de l'information (16 cas). On observe 15 cas de non détection, avec une absence de visibilité. Le conducteur est surpris par un piéton qui n'était pas visible en approche car il était masqué. Il y a un cas de saisie d'information focalisée, le conducteur regarde sur sa droite un groupe de piéton qu'il identifie comme une source de danger et heurte un autre piéton qui traversait en venant de la gauche (avec en plus un masque temporaire).

Les éléments explicatifs se rattachant au conducteur sont majoritairement exogènes :

- Gêne à la visibilité par l'infrastructure (3 cas)
- Gêne à la visibilité ponctuelle (13 cas)
- Ambiguïté des indices émis par le piéton (le piéton semble attendre tranquillement sur le trottoir quand elle se met à traverser brusquement hors du passage piéton pour retrouver une amie située de l'autre côté de la chaussée)(1 cas)
- Manœuvre du piéton atypique en contradiction avec la législation (4 cas) : le piéton traverse en dehors d'un passage piéton, en courant et sans regarder.
- Perturbation environnementale (1 cas) : la chaussée mouillée rend le freinage moins efficace.

Les quelques éléments explicatif endogènes mis en avant sont les suivants (1 cas à chaque fois) :

- Faible niveau d'attention
- Distraction
- Conduite en mode automatique liée à une forte expérience du trajet
- Attachement rigide au statut prioritaire
- Banalisation de la situation, habitué à réaliser la manœuvre
- Adoption d'une vitesse trop élevée pour la situation

Les défaillances des piétons se trouvent répartis sur plusieurs niveaux.

- La majorité des défaillances fonctionnelles du piéton concerne la saisie des informations (9 cas). Dans 6 cas, on note une absence de prise d'information, l'enfant traverse en négligeant de s'assurer qu'il peut le faire en sécurité. La prise d'information est sommaire dans 2 cas et dans un cas le piéton n'a pas détecté le véhicule à cause d'un masque à la visibilité.
- On a ensuite 2 cas liés au diagnostic porté par le piéton sur la situation. Un des piétons estime mal la situation et pense avoir le temps de traverser. Dans un autre cas, le piéton montre une mauvaise compréhension du fonctionnement du site de l'accident.
- Il y a un cas où la défaillance du piéton concerne le pronostic porté sur la situation. Le piéton traverse sur le passage piéton, sans réaliser qu'il peut rencontrer un obstacle. Il n'a pas prévu l'arrivée éventuelle d'un véhicule sur la route.
- 3 cas de défaillance globale sont identifiés. Ce sont les accidents impliquant les plus jeunes enfants de l'échantillon : 2 fillettes de 2 ans, un petit garçon de 5 ans. Dans tous les cas, les enfants échappent à la surveillance des personnes qui les accompagnaient et traversent la chaussée, sans se rendre compte du danger. Ces très jeunes enfants n'avaient pas les capacités de juger de la dangerosité de la situation à laquelle ils s'exposaient.

Contrairement aux conducteurs, les éléments explicatifs liés aux piétons sont majoritairement de nature endogène :

- Age du piéton (6 cas).
- Distraction, discussion (3 cas).
- Impatience (3 cas).
- Contrainte de temps, affectée au trajet ou la manœuvre (3 cas).
- Adoption d'une vitesse trop élevée (court) (1 cas).
- Adoption d'une conduite à risque (1 cas).

Les facteurs explicatifs exogènes sont les suivants :

- Gêne à la visibilité ponctuelle (8 cas).
- Condition de visibilité dégradée (nuit) (1 cas).
- Pression situationnelle induisant une manœuvre précipitée (1 cas) : le piéton est en retard.

Le Tableau 32 présente les caractéristiques du moment où le piéton commence à traverser (et devient visible s'il était masqué).

Tableau 32 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 2.

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (s) |
|---------|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | 3,59 | 3,01 | 33,02 | 10,92 | -0,794 |
| | 7,56 | 7,39 | 12,17 | 22,27 | -1,143 |
| | 8,03 | 7,95 | 8,09 | 28,83 | -0,996 |
| | 10,47 | 9,79 | 20,76 | 24,33 | -1,602 |
| | 10,97 | 10,89 | 6,92 | 30,1 | -1,176 |
| | 11,61 | 11,56 | 5,31 | 40 | -1,015 |
| | 11,67 | 11,02 | 19,21 | 29,33 | -1,418 |
| | 13,79 | 13,41 | 13,48 | 40 | -1,3 |
| | 14,28 | 14,16 | 7,43 | 53,67 | -0,955 |
| | 16,75 | 16,66 | 5,94 | 48 | -1,261 |
| | 18,48 | 18,11 | 11,48 | 36,51 | -1,879 |
| | 20,53 | 20,17 | 10,74 | 30 | -2,749 |
| Moyenne | 12,31 m | 12,01 m | 12,88 ° | 32,83 km/h | -1,357 s |
| Médiane | 11,64 m | 11,29 m | 11,11 ° | 30,05 km/h | -1,218 s |

Situation d'urgence

En situation d'urgence, le conducteur freine dans 14 cas (3 cas de freinage après choc). Deux conducteurs font également un écart pour éviter le piéton. Pour 3 cas, aucune réaction n'a été enregistrée.

Situation de choc

La moitié des piétons est heurtée en début de traversée, l'autre moitié en fin de traversée (8 cas dans chaque configuration). Le choc a rarement lieu en milieu de traversée, on observe uniquement 2 cas.

Le choc frontal est prépondérant (16 cas sur 18). Les points d'impact sont distribués comme ceci (Tableau 33) pour le choc frontal (1 inconnu).

Tableau 33 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 2.

| Zone d'impact sur le véhicule – choc frontal | Nb véhicules |
|--|--------------|
| Centre | 3 |
| Réparti face avant | 1 |
| 1/4 voie droite | 4 |
| 1/3 voie droite | 1 |
| 1/2 voie droite | 2 |
| 1/2 voie gauche | 2 |
| 1/4 voie gauche | 2 |

Pour les deux cas où le piéton percute le coté latéral du véhicule, la zone d'impact est située sur le bloc avant droit.

Les données sur les vitesses de collisions, pour les chocs frontaux, sont les suivantes (Tableau 34).

Tableau 34 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 2.

| Vitesse de collision (km/h) | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|---------|---------|-------------|-------------|
| | 28 | 29 | 12 | 43 |
| <i>Valeurs = 12-12-19-20-21-23-28-29-30-32-35-38-39-40-43 km/h</i> | | | | |

Lorsqu'elles sont connues, les trajectoires post impacts (Figure 9) sont de types forward projection (6 cas), fender vault (5 cas), et wrap (4 cas). Les distances de projection du piéton varient entre 80 cm et 18 mètres, comme indiqué dans le Tableau 35.

Tableau 35 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 2.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|-----------------------------------|---|----------------|--------------------|--------------------|
| Distance de projection (m) | 5,56 | 4,9 | 0,8 | 18,6 |
| | <i>Valeurs=0, 8 - 1 - 2,3 - 2,5 - 2,6 - 2,6 - 3 - 4,8 - 5 - 5 - 5 - 6,5 - 9,5 - 9,9 - 10 - 10 - 18,6 mètres</i> | | | |

La Figure 15 montre la distribution des vitesses de collision en fonction de la distance de projection du piéton.

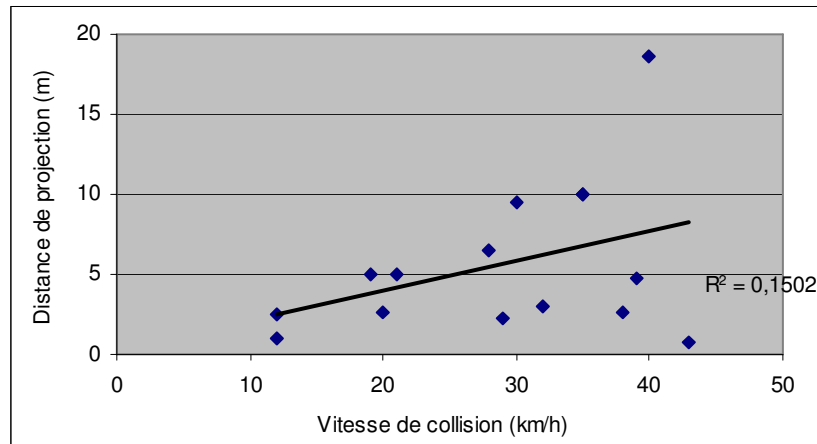


Figure 15 : Distance de projection du piéton en fonction de la vitesse de collision Scénario 2.

Pour les faibles distances de projection (inférieure à 5 mètres) on observe une grande variabilité des vitesses de collision. La corrélation entre les deux variables est faible, contrairement à ce qui était observé dans le scénario 1.

Le bilan lésionnel pour les piétons est le suivant :

- Un indemne.
- 9 piétons légèrement blessés, M.AIS 1. Différents territoires sont touchés, mais on peut noter que tous les piétons sauf 1 présentent une lésion aux membres inférieurs.
- 3 piétons blessés modérément, M.AIS2, avec des lésions AIS2 à la tête, aux membres inférieurs et supérieurs.
- 3 piétons blessés sérieusement, M.AIS3. Tous ont au moins une lésion AIS 3 aux membres inférieurs. Un cas présente également des lésions AIS 3 à la tête et au thorax.
- 2 piétons blessés sévèrement, M.AIS 4. Dans les deux cas, les lésions AIS 4 se situent à la tête.

On ne compte aucun tué dans cette configuration.

Le bilan lésionnel par territoire corporel ainsi que la distribution des points d'impacts font l'objet du Tableau 36 et de la Figure 16 ci-dessous.

Tableau 36 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 2.

| Territoire corporel | AIS des lésions | | | | | | | Total |
|------------------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | |
| Tête (Crâne et Face) | 4 | 2 | 1 | 2 | - | - | 1 | 10 |
| Cou | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Thorax | 2 | - | 1 | - | - | - | - | 3 |
| Membres supérieurs | 6 | 2 | - | - | - | - | - | 8 |
| Abdomen | 1 | 1 | - | - | - | - | - | 2 |
| Bassin | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Colonne Dorso-Lombaire | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Membres Inférieurs | 9 | 1 | 3 | - | - | - | - | 13 |
| Total | 23 | 6 | 5 | 2 | - | - | 1 | 37 |

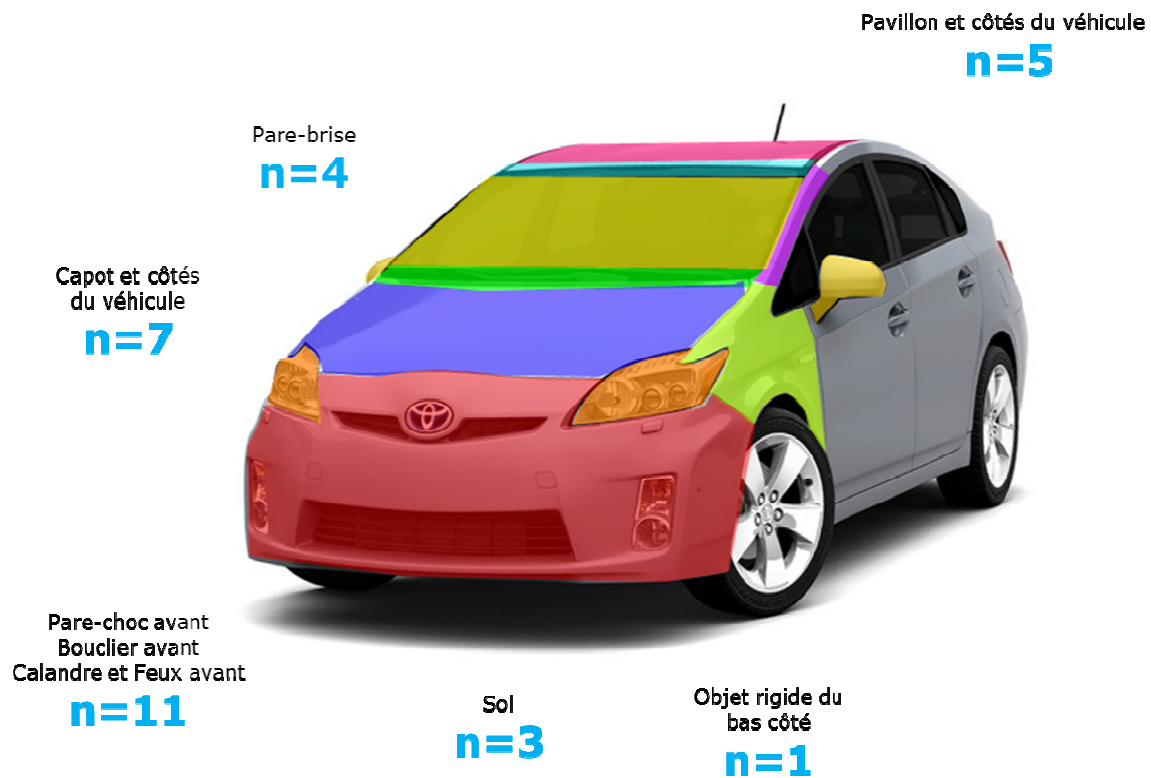


Figure 16 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 2.

Accident type

L'accident a lieu en agglomération, dans une zone résidentielle, vers 18h, au mois de juillet. La chaussée est rectiligne, sèche, composée de deux voies de circulation séparées par une bande rouge de 1 mètre de large. La route est en descente. Le trafic est faible. Des véhicules sont garés sur l'accotement droit. Sur le site de l'accident, on note la présence d'un parc délimité par des barrières en bois. On observe également des panneaux publicitaires, derrière lesquels débouche un chemin piétonnier (Figure 17). Il y a un passage piéton avant les véhicules stationnés. La visibilité est bonne.



Figure 17 : Vue de l'arrivée sur les lieux de l'accident (après le passage piéton). Accident type du scénario 2

Une petite fille de 2 ans et demi joue avec sa sœur dans le parc au pied de son immeuble. Le parc est celui situé en bordure de la route sur la photo du dessus. La maman appelle ses filles pour les faire rentrer. La petite fille s'enfuit alors en courant vers la route. Sur cette route circule un Monospace, la conductrice roule à 40km/h, elle n'est pas pressée et discute avec sa passagère. La petite fille passe derrière les panneaux publicitaires et derrière un véhicule stationné sur la droite. Elle commence alors à traverser la route en diagonale, de droite à gauche, toujours en courant. La conductrice aperçoit la petite fille au dernier moment, elle donne un coup de volant à gauche et percute l'enfant à 40 km/h. L'image ci-dessous (Figure 18) présente une vue issue de la reconstruction PC CRASH au moment où le piéton commence à traverser. Le véhicule est à 13 mètres du point de choc, et à 1,3 seconde de l'impact. L'angle entre le piéton au début de sa traversée et l'axe du véhicule est de 13°.

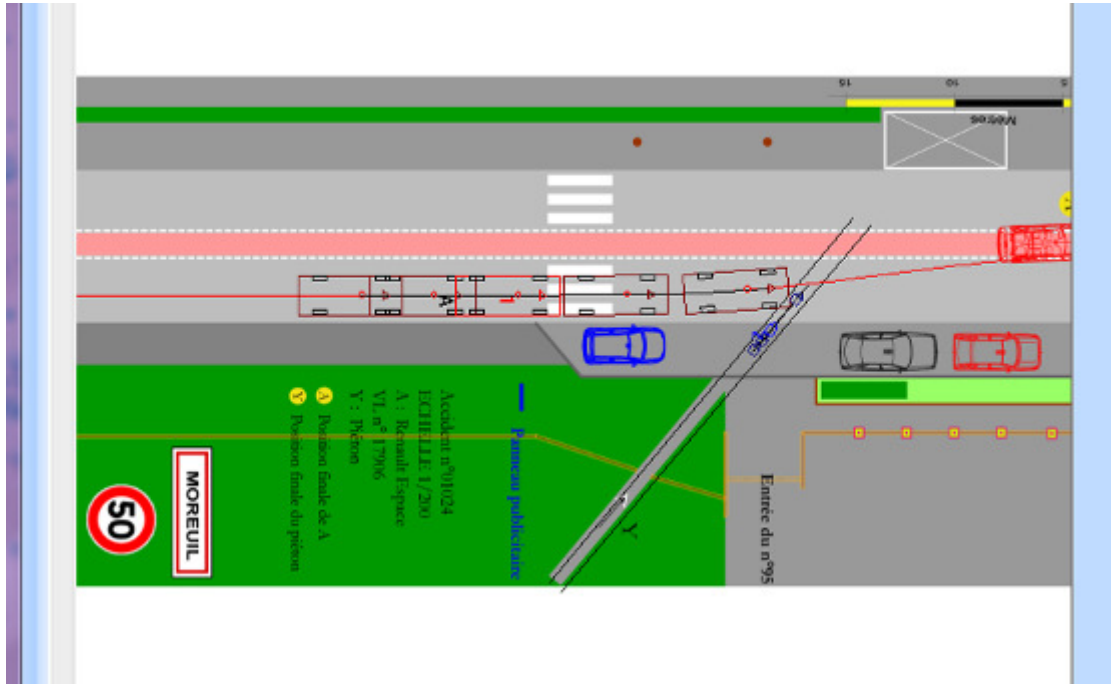


Figure 18 : Vue PC CRASH au moment où le piéton traverse. Accident type du scénario 2.

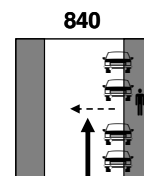
La conductrice ne freine qu'après le choc. Le choc est frontal (Figure 19), le point d'impact se situant à l'avant droit du véhicule.



Figure 19 : Vue du véhicule après choc, accident type du scénario 2.

Le piéton est projeté à 18 m du point de choc. Le choc s'est produit hors passage piéton.

Le pictogramme associé à cet accident est le suivant :



La conductrice présente une défaillance au niveau de la saisie des informations, avec une non détection du piéton par absence de visibilité. La conductrice est surprise par un piéton non visible en approche. Concernant la petite fille, on a une défaillance globale avec un dépassement des capacités cognitives du piéton : l'enfant est très jeune et est confrontée à une situation dangereuse qu'elle n'a pas les capacités d'évaluer comme telle.

Le piéton est blessé gravement (M.AIS 3), avec des lésions à la tête, au thorax, à l'abdomen et aux membres inférieurs.

5.1.4. Jeune piéton détecté s'engage en courant ou soudainement, surprenant le conducteur

12 cas d'accidents ont été étudiés dans ce scénario (Scénario 7 de Brenac).

Situation de conduite

Le véhicule circule en agglomération (12 cas), et généralement hors intersection (7 cas). L'intersection n'a généralement pas de rôle dans l'accident (4 cas). On se trouve le plus souvent dans un environnement type zone périurbaine (7 cas) et 3 cas ont lieu dans une zone d'activités industrielles ou commerciales.

Il fait jour dans 11 cas et l'éclairage public est allumé pour le seul cas qui s'est produit la nuit. Généralement les conditions atmosphériques sont bonnes (9 cas).

Le trafic est modéré (8 cas). Il y a 3 cas avec un trafic soutenu, un cas sans aucun trafic.

Par ailleurs, on observe les éléments suivants dans l'environnement proche du lieu de l'accident, sans qu'ils constituent de masque à la visibilité pour autant : barrière, poteau ou pylône, feux tricolores, panneaux de signalisation, arbres. 6 cas se produisent dans une zone pouvant générer un trafic de piéton (zone commerciale, supermarché, gare). La visibilité de la route est considérée comme bonne pour l'ensemble des cas. Le contraste entre le véhicule et l'environnement est présent dans 10 cas sur 12.

L'échantillon est constitué de 12 conducteurs dont 7 hommes et 5 femmes et 12 piétons dont 10 hommes et 2 femmes.

Les données relatives à l'âge des piétons (une inconnue) et des conducteurs (une inconnue) sont détaillées dans le tableau ci – dessous.

Tableau 37: Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 7.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--------------------------|--|---------|-------------|-------------|
| Age du conducteur | 46 ans | 40 ans | 24 ans | 81 ans |
| | <i>Valeurs = 24 – 30 – 35 – 38 – 38 – 40 – 40 – 48 – 60 – 70 et 81 ans</i> | | | |
| Age du piéton | 12 ans | 8 ans | 2 ans | 39 ans |
| | <i>Valeurs = 2 – 4 – 6 – 7 – 7 – 8 – 14 – 14 – 14 – 16 et 39 ans</i> | | | |

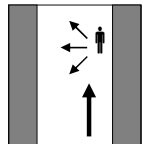
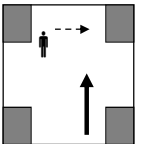
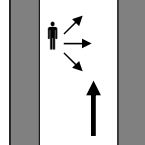
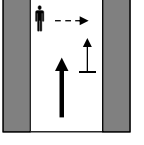
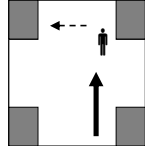
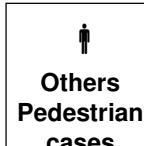
Les données relatives à la largeur de la chaussée (une inconnue) et à la vitesse de roulages (2 inconnues) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 38 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 7.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|--|---------|-------------|-------------|
| Largeur de la chaussée (mètres) | 9,7 | 7,3 | 6 | 20 |
| | <i>Valeurs = 6 m – 6,1 m – 6,6 m – 7,1 m – 7,3 m – 9 m – 9,4 m. – 10,5 m – 19,5 m – 20 m.</i> | | | |
| Vitesse de roulage (km/h) | 36,15 | 30,25 | 20 | 61 |
| | <i>Valeurs = 20 km/h - 23 km/h - 29 km/h - 30 km/h - 30 km/h - 30,5 km/h - 40 km/h - 40 km/h - 58 km/h – 61 km/h</i> | | | |

Les pictogrammes associés à ce scénario sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 39 : Pictogrammes des accidents du scénario 7.

| Pictogramme | n | Pictogramme | n |
|--|---|--|---|
| 803  | 5 | 815  | 1 |
| 804  | 3 | 834  | 1 |
| 814  | 1 | 899  | 1 |

Situation de pré accident

Le jeune piéton s'engage sur la chaussée en courant (8 cas), généralement en dehors d'un passage piéton (7 cas) ou longeant le trottoir (2 cas). Le piéton est seul dans la moitié des cas et accompagné dans l'autre moitié.

Le piéton traverse de droite à gauche dans la moitié des cas (6 cas) et de gauche à droite dans l'autre moitié (6). Ce scénario est caractérisé par le fait que la plupart des piétons sont jeunes et qu'ils traversaient en courant (8 cas sur les 12 piétons).

Le Tableau 40 nous donne la répartition des défaillances fonctionnelles pour le piéton et le conducteur.

Tableau 40 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 7.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Saisie des informations | 4 | 2 |
| Diagnostic | 2 | 0 |
| Pronostic | 0 | 9 |
| Décision | 2 | 0 |
| Exécution | 0 | 0 |
| Globale | 2 | 0 |
| Inconnue | 2 | 1 |

Concernant les défaillances fonctionnelles du conducteur nous observons :

- 9 cas de défaillance au niveau du pronostic porté sur la situation, avec un problème d'anticipation de la manœuvre d'autrui (dont 7 cas attente d'absence de manœuvre de la part de l'autrui, 2 cas attente active d'une régulation par autrui).
- 2 cas de défaillance au niveau de la saisie des informations, avec une saisie d'information focalisée.

Concernant le conducteur, nous avons observé les éléments explicatifs exogènes suivants :

- Attachement rigide au statut prioritaire (sentiment prioritaire) (3 cas).
- Bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet (conduite en mode automatique) (2 cas).
- Confiance excessive dans les signaux aux autres : sentiment prioritaire (1 cas).
- Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (1 cas).
- Vitesse trop élevée pour la situation (1 cas).
- Faible niveau d'attention (au sens psychologique) (1 cas).
- Distraction (1 cas).

Les éléments explicatifs endogènes concernant le conducteur sont les suivants :

- Manœuvre d'autrui atypique – en contradiction avec la législation (8 cas).
- Absence d'indices annonciateurs d'une manœuvre de la part d'autrui (3 cas).
- Visibilité limitée par l'infrastructure (1 cas).
- Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (1 cas).
- Incohérence de l'infrastructure (1 cas).

Si l'on considère l'accident du point de vue du piéton, les défaillances se situent :

- au niveau de la saisie de l'information (4 cas), avec un problème de détectabilité des informations, dont :
 - o 2 cas avec une saisie d'information focalisée, sur le feu tricolore dans un cas et sur une personne qui dérobe le sac du piéton dans l'autre cas,
 - o 1 cas recherche d'information sommaire
 - o 1 cas avec une interruption de la saisie d'information), l'enfant se retournant pour voir sa mère tout en continuant de traverser.
- 2 cas de défaillance au niveau du diagnostic porté sur la situation, avec une mauvaise estimation d'un créneau d'insertion.
- 2 cas de défaillance au niveau de la décision d'engagement d'une manœuvre ponctuelle, ce sont de cas de violation délibérée d'une règle de sécurité.
- 2 cas de défaillance au niveau global, avec un dépassement des capacités cognitives. Il y a un cas d'un enfant de 2 ans qui n'a pas les capacités d'analyser la situation par son inexpérience et un cas d'un enfant de 8 ans présentant des troubles mentaux.
- 2 cas de défaillances inconnues.

Pour le piéton, les éléments explicatifs (majoritairement endogènes), mis en avant sont les suivants :

- Faible niveau d'attention (au sens psychologique) (1 cas)
- Distraction, perdu dans ses pensées.
- Impatience, énervement (3 cas)
- Age (4 cas)
- Méconnaissance des lieux (1 cas)
- Attachement rigide au statut prioritaire (sentiment prioritaire) (1 cas)
- Adoption d'une conduite à risque (3 cas)
- Contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre) (1 cas)
- Contrainte de temps globale (affectée au trajet) (1 cas)
- Réalisation tâche annexe sans lien direct avec la traversée (1 cas) : le piéton revient sur ses pas et se baisse pour ramasser le paquet de bonbons qu'il avait fait tomber.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques du moment où le piéton commence à traverser (et devient visible s'il était masqué), il y a 4 inconnus.

Tableau 41 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 7.

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (s) |
|---------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|--------------------------|
| | 8,13 | 8,05 | 8,047 | 23,36 | -1,312 |
| | 3,5 | 3,24 | 22,22 | 32,62 | -0,328 |
| | 6,29 | 6,15 | 12,11 | 48,95 | -0,53 |
| | 2,63 | 2,06 | 38,43 | 17,01 | -0,335 |
| | 2,8 | 2,22 | 37,37 | 21,13 | -0,33 |
| | 31,75 | 31,39 | 8,63 | 62,54 | -1,913 |
| | 4,2 | 3,81 | 24,88 | 26,19 | -0,438 |
| | 4,59 | 4,44 | 14,68 | 13,55 | -0,913 |
| Moyenne | 7,98 | 7,67 | 20,80 | 30,66 | -0,762 |
| Médiane | 4,395 | 4,125 | 18,45 | 24,77 | -0,484 |

Situation d'urgence

En situation d'urgence, le conducteur freine dans 6 cas. Dans 1 cas le conducteur fait un écart pour éviter le piéton. Dans les 5 derniers cas, il n'y a pas de manœuvre de la part du conducteur pour éviter la collision avec le piéton. Parmi ces 5 cas sans réaction avant le choc, 2 conducteurs freinent après le choc, 2 ne font apparemment rien de spécial et un cas reste inconnu.

Situation de choc

La moitié des piétons est heurtée en début de traversée (5 cas). 4 piétons ont été heurtés au milieu de la traversée et dans 1 cas le choc a eu lieu sur la chaussée en bordure de l'accotement. Dans ce scénario on remarque que le choc a rarement eu lieu en fin de traversée, on observe uniquement 1 cas.

Le choc frontal est prépondérant (10 cas sur 12). Les points d'impact sont distribués comme ceci (Tableau 42).

Tableau 42 : Répartition des zones d'impact sur le véhicule, scénario 7.

| Zone d'impact sur le véhicule – choc frontal | Nb véhicules |
|--|--------------|
| Centre | 2 |
| 1/4 voie droite | 3 |
| 1/3 voie droite | 1 |
| 2/3 voie gauche | 1 |
| 1/2 voie droite | 2 |
| 1/4 voie gauche | 1 |

Pour les deux cas où le piéton percute le côté latéral du véhicule, la zone d'impact est située sur le bloc avant droit.

Les données sur les vitesses de collisions sont les suivantes (un inconnu).

Tableau 43 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 7.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|---|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Vitesse de collision (km/h) | 27,3 | 23 | 11 | 46 |
| <i>Valeurs = 11-15-15-21-22-23-27-40-40-41-46km/h</i> | | | | |

Les trajectoires post impacts (Figure 9) sont de types forward projection (5 cas), fender vault (2 cas) et wrap (2 cas). Les distances de projection varient entre 1m et 21 mètres (11 cas), comme indiqué dans le Tableau 44.

Tableau 44 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 7.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Distance de projection (m) | 6,8 | 5,5 | 1 | 21 |
| <i>Valeurs= 1 - 2 - 2 - 3 - 5 - 5,5 - 6 - 8,5 - 9 - 12 - 21 mètres</i> | | | | |

On observe une nette corrélation entre la vitesse de collision et la distance de projection du piéton (Figure 19).

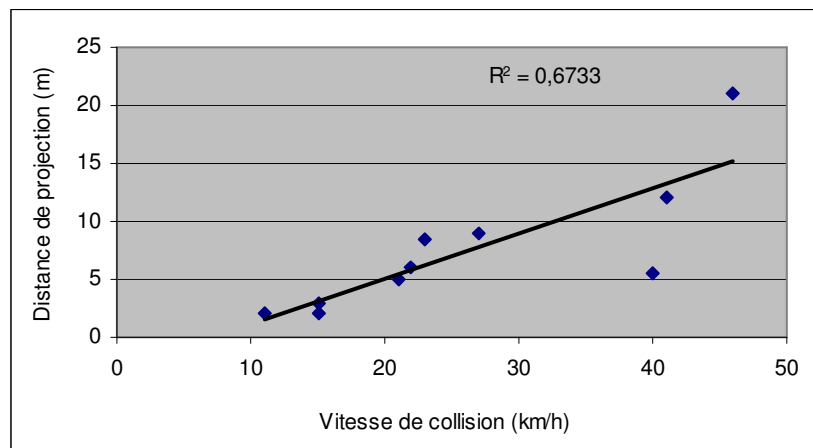


Figure 19 : Vitesse de collision en fonction de la distance de projection du piéton. Scénario 7

Le bilan lésionnel du piéton est le suivant :

- 3 piétons légèrement blessés, M.AIS 1. On constate que tous les piétons présentent une lésion au niveau de la tête (AIS 1). Pour deux piétons les lésions se situent aux membres supérieurs (AIS 1) et face (AIS 1).

- 3 piétons blessés modérément, M.AIS2, on peut noter pour un piéton des lésions au niveau du crâne (AIS 2) et pour un piéton des lésions aux membres supérieurs (AIS 2).

- 2 piétons blessés sérieusement, M.AIS3. Dans un cas, le piéton a une lésion AIS 3 aux membres supérieurs. Les deux cas présentent également des lésions au crâne (un cas lésion AIS 2 et l'autre cas AIS 3).
- 1 piéton blessé sévèrement, M.AIS 4. Dans ce cas, on constate les lésions AIS 4 au niveau du crâne et du thorax.
- 1 blessé critique, M.AIS 5. On peut noter des lésions AIS 5 au niveau de la tête, et un AIS 2 à la face.

On ne compte aucun tué dans cette configuration, mais pour deux cas les lésions restent indéterminées.

Le tableau ci-dessous indique la distribution des AIS par territoires corporels et la figure la position des points d'impact pour les lésions de ce scénario.

Tableau 45 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 7.

| Territoire corporel | AIS des lésions | | | | | | | Total |
|------------------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | |
| Tête (Crâne et Face) | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | 10 |
| Cou | 1 | - | - | - | - | - | 1 | 2 |
| Thorax | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | 3 |
| Membres supérieurs | 3 | 3 | 1 | - | - | - | 1 | 8 |
| Abdomen | - | 1 | - | - | - | - | 1 | 2 |
| Bassin | - | 1 | - | - | - | - | 1 | 2 |
| Colonne Dorso-Lombaire | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| Membres Inférieurs | 2 | 1 | - | - | - | - | 1 | 4 |
| Total | 10 | 8 | 2 | 2 | 1 | - | 9 | 32 |

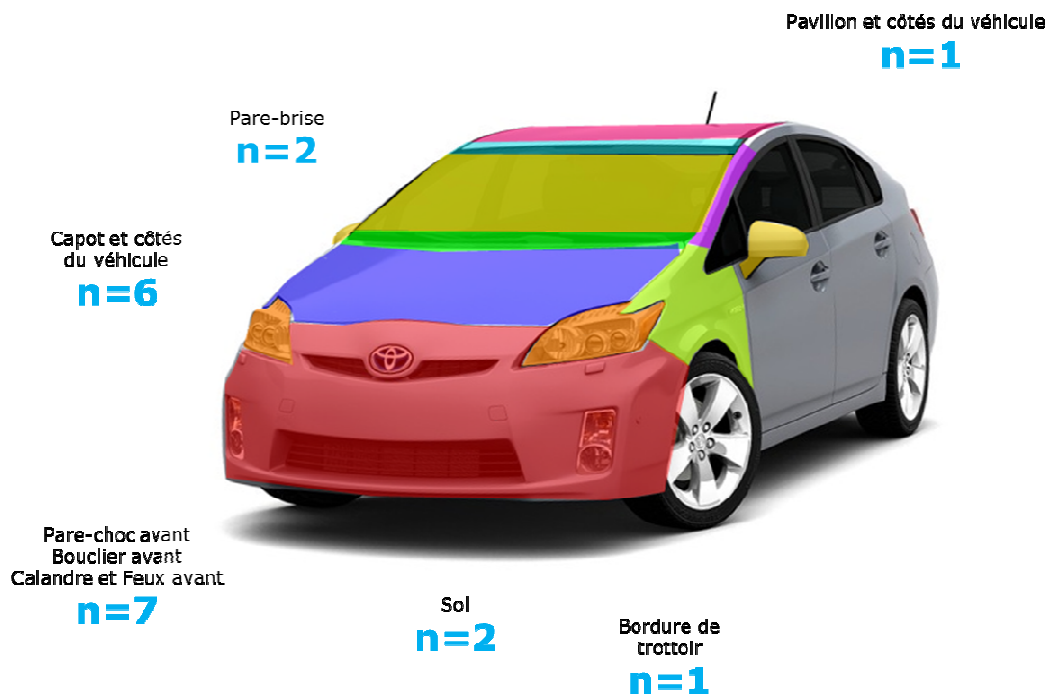


Figure 20: Répartition des points d'impacts sur le véhicule. Scénario 7.

Accident type.

L'accident s'est produit en agglomération sur un passage piéton situé sur une route nationale. La route est composée d'une 2 x 2 voies et séparées par un terre-plein central d'une largeur de 4 mètres environ. Le jour de l'accident, le temps était nuageux avec une température de 20°, la chaussée était sèche.

Il n'y a pas de feux tricolores pour permettre la traversée des piétons. Le marquage du passage piéton est bien visible, avec un panneau de type prescription A13b en amont du passage piéton (Figure 21 et Figure 22). La vitesse réglementaire sur le site de l'accident est de 50 Km/h.



Figure 21 : Panneau implanté sur les lieux de l'accident type du scénario 7.



Figure 22 : Plan de l'accident type du scénario 7.

Le piéton impliqué dans l'accident est un enfant de 4 ans, qui le jour de l'accident se trouve avec son frère, sa sœur et sa mère. Selon les déclarations de la maman des enfants, un des enfants avait déjà traversé la deuxième partie de chaussée. Voyant la voiture arriver, la maman interpelle alors son enfant de 4 ans qui commence lui aussi à traverser la chaussée sur le passage piéton. Celui-ci se retourne pour regarder sa mère tout en continuant sa progression, il est alors percuté.

Suite à l'impact frontal (Figure 24), l'enfant est projeté vers l'avant, puis roule au sol devant le véhicule (il est projeté sur une distance de 3 mètres environ). La conductrice a freiné avant et après choc et malgré l'absence d'ABS sur le véhicule aucune trace de freinage n'a été relevée. Peu avant l'accident le groupe de piétons était non masqué, et la visibilité offerte à la conductrice était optimale.

La conductrice présente une défaillance au niveau du pronostic, avec une absence d'anticipation de manœuvre de la part d'autrui. Concernant la petite fille, on a une défaillance au niveau de la saisie des informations.



Figure 23 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type, scénario 7.



Figure 24 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type du scénario 7.

Concernant les blessures, l'enfant a plusieurs dermabrasions sur le côté droit du visage, et doit porter une minerve ainsi qu'une écharpe au bras droit. Le MAIS est de 1 pour le piéton.

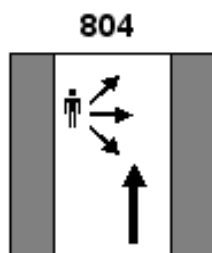
Dans la reconstruction, une vitesse de 4 Km/h a été estimée pour l'enfant de 4 ans, celui-ci étant en train de commencer à courir pour traverser. La vitesse reconstruite à l'impact est de 15 km/h avec une projection de 3 mètres pour l'enfant. La vitesse initiale juste avant la réaction de la conductrice est 23 km/h.

La reconstruction PC CRASH montre que le piéton est visible et commence à traverser à environ 8 mètres du point du choc et à 1.3 seconde de l'impact. L'angle entre le piéton au début de sa traversée et l'axe du véhicule est de 8° (Figure 25).



Figure 25 : Vue PC CRASH de l'accident type du scénario 7.

Le pictogramme associé à cet accident est le 804 :



5.1.5. Conducteur tournant puis heurtant en sortie de carrefour un piéton traversant

Ce scénario (Scénario 8 de Brenac) représente 11 accidents dans la base CACIAUP.

Situation de conduite

Le véhicule circule en agglomération, de jour (un cas pendant la nuit avec éclairage en fonction), et généralement en intersection (9 cas). Le trafic est modéré dans 8 cas. Il y a 2 cas avec un trafic soutenu et un cas sans aucun trafic. Les conditions atmosphériques sont bonnes dans 8 cas, 2 cas avec forte pluie et un cas avec temps éblouissant. Le véhicule se trouve sur une chaussée à double sens avec 2 voies de circulation dans la moitié des cas. La route est plate (8 cas), on observe un cas en montée, un cas en descente et un inconnu. On se trouve généralement en centre-ville ou dans une zone d'habitation dense (10 cas), 3 cas ont lieu dans une zone périurbaine.

On observe les éléments suivants dans l'environnement proche du lieu de l'accident, sans qu'ils constituent de masque à la visibilité pour autant : barrière, voitures garées, arbres et une cabine téléphonique. 5 cas se produisent dans une zone pouvant générer un trafic de piéton (zone commerciale, supermarché, marché et école). La lisibilité de la route est considérée comme bonne pour l'ensemble des cas.

Dans 8 cas sur 11 il y a un contraste entre le véhicule et l'environnement extérieur (2 cas sans contraste). Le Tableau 46 donne les âges des piétons et des conducteurs.

Tableau 46 : Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 8.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--------------------------|--|---------|-------------|-------------|
| Age du conducteur | 37 ans | 33 ans | 20 ans | 74 ans |
| | <i>Valeurs = 20 – 21 – 23 – 29 – 30 – 33 – 37 – 46 – 57 et 74 ans</i> | | | |
| Age du piéton | 49 ans | 59 ans | 13 ans | 86 ans |
| | <i>Valeurs = 13 – 14 – 14 – 26 – 40 – 59 – 63 – 64 – 78 – 81 et 86 ans</i> | | | |

Parmi les conducteurs, il y a 8 hommes et 3 femmes. Les piétons accidentés sont majoritairement des femmes (9 femmes et 2 hommes).

Les données relatives à la largeur de la chaussée et à la vitesse de roulages sont indiquées dans le tableau ci-dessous (Tableau 47).

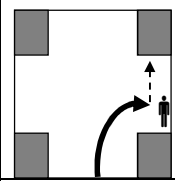
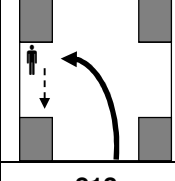
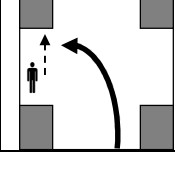
Tableau 47 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 8.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|--|----------------|--------------------|--------------------|
| Largeur de la chaussée (mètres) | 7,3 | 6,9 | 6 | 20 |
| | <i>Valeurs = 5,6 m – 6 m – 6,5 m – 6,6 m – 6,9 m – 7 m – 7,7 m – 8,8 m – 10,6 m.</i> | | | |
| Vitesse de roulage (km/h) | 23,36 | 25,06 | 15 | 31,38 |
| | <i>Valeurs = 15 km/h - 16,7 km/h - 25 km/h - 25,13 km/h - 27 km/h - 31,38 km/h</i> | | | |

En ce qui concerne la vitesse de roulage, dans 3 cas le conducteur redémarre après un stop, la vitesse de roulage étant de 0 km/h, cette valeur n'a pas été prise en compte dans les calculs de moyenne et médiane (2 inconnues en plus).

Les pictogrammes associés à ces accidents sont présentés ci-dessous.

Tableau 48 : Pictogrammes des accidents du scénario 8.

| Pictogramme | n |
|---|----------|
| <p>811</p>  | 2 |
| <p>812</p>  | 7 |
| <p>813</p>  | 2 |

Situation de pré accident

Le piéton traverse la chaussée, généralement sur un passage piéton (6 cas). Le passage piéton est accompagné de feux tricolores dans 6 cas.

La traversée s'effectue de droite à gauche dans 9 cas et de gauche à droite dans 2 cas. Dans 10 cas sur 11 le piéton marche (un inconnu). Il traverse la chaussée perpendiculairement dans 6 cas, en diagonale dans 2 cas et il longe le trottoir dans 3 cas.

L'analyse des défaillances fonctionnelles met en évidence des défaillances à des niveaux différents pour le piéton et le conducteur (Tableau 49).

Tableau 49 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 8.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Saisie des informations | 3 | 10 |
| Diagnostic | 1 | 0 |
| Pronostic | 4 | 1 |
| Décision | 1 | 0 |
| Exécution | 0 | 0 |
| Globale | 0 | 0 |
| Pas de défaillance | 1 | 0 |
| Inconnue | 1 | 0 |

Concernant le conducteur, la défaillance se situe principalement au niveau de la saisie de l'information, avec :

- 5 cas de non détection du piéton par absence de visibilité : l'absence de visibilité est due dans ce scénario à un éblouissement par le soleil pour 4 conducteurs, ils passent d'une zone ensoleillée à une zone d'ombre en tournant. Il y a également un cas où la conductrice n'a pas désembué la partie droite de son pare-brise et ne voit pas le piéton venant de sa droite.
- 4 cas de saisie d'information focalisée. 2 conducteurs se concentrent sur leur droite d'où peuvent venir d'éventuels véhicules et négligent leur gauche où se trouvaient les piétons. Un autre conducteur se fixe sur le véhicule qui arrive en face et un autre est focalisé sur la recherche de sa direction.
- 1 cas d'interruption de la saisie d'information : le conducteur cherche une place de parking

On note également pour le conducteur un cas de défaillance au niveau du pronostic porté sur la situation, avec un conducteur qui n'anticipe pas la manœuvre du piéton.

Concernant le conducteur, nous avons observé les éléments explicatifs exogènes suivants :

- Gêne à la visibilité ponctuelle : soleil/ombre (4 cas), masque mobile en plus du soleil éblouissant (1 cas)
- Visibilité limitée par l'infrastructure : le feu tricolore où est arrêté le véhicule est en retrait de l'intersection et des barrières empêchent de voir correctement ce qui se passe à droite (1 cas).
- Défauts des aménagements/équipements : le passage piéton est de couleur grise et se confond avec le reste de la chaussée (1 cas).

Les éléments explicatifs endogènes pour le conducteur sont les suivants :

- Vigilance faible (au sens physiologique) (1 cas).
- Conduite en mode automatique : bas niveau attentionnel lié à une forte expérience de la manœuvre (1 cas).
- Contrainte de temps situationnelle (affectée à la manœuvre) (1 cas).
- Une vitesse trop élevée pour la situation (1 cas).
- Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (2 cas).

Si l'on considère l'accident du point de vue du piéton, les défaillances apparaissent à tous les niveaux de la chaîne :

- 3 cas de défaillance au niveau de la saisie des informations, avec une négligence de saisie d'information (2 cas sur 3) et une interruption de la saisie d'information (1 cas sur 3).
- 1 cas de défaillance au niveau du diagnostic porté sur la situation, avec une mauvaise compréhension de la manœuvre du conducteur.
- 4 cas de défaillance au niveau du pronostic porté sur la situation, avec un problème d'anticipation de la manœuvre du véhicule (3 cas sur 4) et un problème au niveau de la prévision sur la présence d'un véhicule (1 cas sur 4).
- 1 cas de défaillance au niveau de la décision d'engagement d'une manœuvre, c'est un cas de violation délibérée d'une règle de sécurité.
- 1 cas de défaillance inconnue.
- 1 cas sans défaillance.

Pour le piéton, les éléments explicatifs (majoritairement endogènes), mis en avant sont les suivants :

- Faible niveau d'attention (au sens psychologique) (3 cas).
- Attachement rigide au statut prioritaire (sentiment prioritaire) (4 cas).
- Handicap visuel (1 cas).
- Age (1 cas).
- Alcoolisation et/ou psychotropes (drogue, médicaments) (1 cas).
- Distraction discussion avec un autre piéton /perdu dans ses pensées (2 cas).
- Réalisation d'une tâche annexe sans lien direct avec la conduite : le piéton s'occupe de ses chiens qui décident eux même du parcours (1cas).

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques du moment où le piéton commence à traverser (et devient visible s'il était masqué), il y a 5 inconnus sur 11 piétons.

Tableau 50 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 8.

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (s) |
|---------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|--------------------------|
| | 8,12 | 5,2 | 50,17 | 26,12 | -1,367 |
| | 8,27 | 7,92 | 16,72 | 31,52 | -0,883 |
| | 8,3 | 6,85 | 34,38 | 0 | -2,694 |
| | 19,72 | 10,74 | 57,00 | 10,65 | -4,684 |
| | 5,28 | 5,28 | 0 | 11,52 | -1,266 |
| | 9,92 | 9,47 | 17,321 | 1,12 | -2,885 |
| Moyenne | 9,93 | 7,57 | 29,26 | 13,48 | -2,296 |
| Médiane | 8,19 | 7,38 | 25,85 | 11,08 | -2,030 |

Pour ce scénario, on note des temps avant l'impact relativement élevés, des vitesses faibles.

Situation d'urgence

Le conducteur freine avant le choc dans 6 cas, et dans 4 un cas le conducteur n'a effectué aucune manœuvre d'urgence (1 inconnu)

Situation de choc

La localisation du choc se situe dans 5 cas sur le passage piéton, sur la chaussée dans 5 cas et hors passage piéton dans un cas (présence de passage piéton dans la proximité).

Le choc se produit au début de la traversée dans 5 cas, au milieu dans 3 cas, sur la chaussée en bordure de l'accotement dans 2 cas et en fin de traversée dans 1 cas.

Le choc frontal est dominant avec 8 cas sur 11. On compte un choc sur le côté droit du véhicule (deux inconnus). Pour le choc frontal, les parties impactées sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 51 : Distribution des zones d'impact sur le véhicule, scénario 8.

| Zone d'impact sur le véhicule – choc frontal | Nb Véhicules |
|--|--------------|
| Centre | 1 |
| 1/4 de voie droite | 1 |
| 1/2 voie gauche | 1 |
| 1/2 voie droite | 1 |
| 1/3 voie gauche | 1 |
| Inconnu | 3 |

Les données sur les vitesses de collisions sont présentées dans le Tableau 52 (deux inconnues).

Tableau 52 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 8.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Vitesse de collision (km/h) | 19,2 | 17 | 14 | 28 |
| <i>Valeurs = 14km/h - 14km/h - 15 km/h - 16km/h - 17 km/h - 19 km/h - 25 km/h - 25 km/h - 28 km/h.</i> | | | | |

Concernant les trajectoires post impact (Figure 9), on note 3 cas de trajectoire type wrap, 3 cas de type forward projection et 5 cas de type fender vault.

Les distances de projections du piéton par rapport au point de choc sont présentées dans le Tableau 53.

Tableau 53 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 8.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|---|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Distance de projection (mètre) | 3,13 | 3 | 0 | 7 |
| <i>Valeurs = 0m - 0,5m - 1m - 1m - 2,8m - 3m - 3m - 3m - 4m - 6m - 7m</i> | | | | |

La figure ci-dessous montre une bonne corrélation entre la vitesse de collision et la distance de projection du piéton.

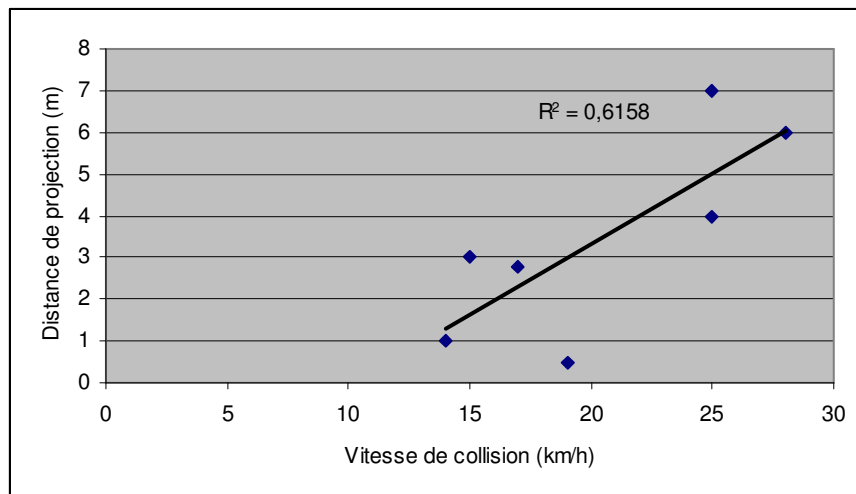


Figure 26 : Vitesse de collision en fonction de la distance de projection du piéton, scénario 8.

Le bilan lésionnel du piéton est le suivant :

- 3 piétons légèrement blessés, M.AIS 1. On constate des lésions au niveau de la tête (AIS 1 pour deux piétons), des membres inférieurs (AIS 1 pour un piéton), et au niveau du bassin (AIS 1 pour un piéton).
- 5 piétons blessés modérément, M.AIS2. On peut noter des lésions au niveau de la tête (AIS 2 pour deux piétons), du crâne (AIS 2 pour deux piétons), des membres supérieurs (AIS 2 pour deux piétons), du bassin (AIS 2 pour deux piétons) et des membres inférieurs (AIS 2 pour trois piétons).
- 3 piétons blessés sérieusement, M.AIS3. Les piétons présentent des lésions AIS 2 au niveau de la tête (un piéton), du crâne (un piéton) et de la colonne dorso lombaire (un piéton). Les trois piétons ont des lésions AIS 3 au niveau des membres inférieurs.

On ne compte aucun tué dans cette configuration.

Le détail du bilan lésionnel par territoires corporels apparaît dans le tableau ci-dessous :

Tableau 54 : Bilan lésionnel par territoires corporels, scénario 8.

| Territoire corporel | AIS des lésions | | | | | | | Total |
|------------------------|-----------------|----|---|---|---|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | |
| Tête (Crâne et Face) | 3 | 3 | - | - | - | - | - | 6 |
| Cou | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Thorax | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Membres supérieurs | 3 | 2 | - | - | - | - | - | 5 |
| Abdomen | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bassin | 1 | 2 | - | - | - | - | - | 3 |
| Colonne Dorso-Lombaire | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 |
| Membres Inférieurs | 1 | 3 | 3 | - | - | - | - | 7 |
| Total | 9 | 11 | 3 | - | - | - | - | 23 |

Les points d'impacts sur le véhicule sont présentés sur la Figure 27.



Figure 27 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule, scénario 8.

Accident type

L'accident a lieu en agglomération. Les conditions météorologiques sont bonnes, la chaussée est sèche.

Le conducteur du véhicule venait de déposer sa femme sur son lieu de travail et rentrait à son domicile. Il marque l'arrêt à une ligne de stop dans une intersection et redémarre pour tourner dans la rue située sur sa gauche. L'intersection est en X. Dans le sens de circulation de l'automobiliste, sur la droite de la ligne de stop il y a une rue à sens unique. La rue située en face est de type bidirectionnel, ainsi que la rue située à sa gauche. Il est gêné par le soleil tapant dans son pare-brise (sale). Il démarre et commence sa manœuvre de tourne à gauche quand il découvre au dernier moment le piéton, une femme âgée de 86 ans qui traverse en dehors du passage piéton. Le conducteur freine mais ne peut éviter l'accident et percute la vieille dame à faible allure.



Figure 28 : Plan de l'accident type du scénario 8.

Sur le plan ci-dessus (Figure 28) on montre en rouge la trajectoire de l'automobiliste. Il marque tout d'abord l'arrêt au stop, démarre et tourne à gauche. Le piéton, matérialisé par le trait noir remonte la rue en bas à gauche, contourne par la droite le véhicule en stationnement et s'engage de biais pour se rendre dans la rue en face.



Figure 29 : Vue de l'environnement sur le site de l'accident type du scénario 8.



Figure 30 : Points d'impact sur le véhicule de l'accident type du scénario 8.

Le piéton sera blessé dans l'accident et sera transporté à l'hôpital par les secours. Les services d'urgences diagnostiqueront quelques faibles hématomes (une plaie temporale droite, un hématome de l'arcade sourcilière droite, une contusion de la hanche droite ainsi que de la main droite avec un ITT de 5 jours). Un mois plus tard, en se plaignant de douleurs persistantes, il retournera à l'hôpital pour réaliser des examens complémentaires. Il en ressortira qu'il souffre de fêlures au niveau du bassin (fracture de la branche Ischio-pubienne droite). Les secours n'ont pas pu diagnostiquer cette dernière lors de la première hospitalisation, cela tient au fait que le piéton souffre d'arthrose. La douleur naturelle de cette maladie a masquée la douleur liée à l'accident.

La défaillance fonctionnelle du conducteur se situe au niveau de la saisie des informations avec une non détection par absence de visibilité. Concernant le piéton la défaillance fonctionnelle se situe également au niveau de la saisie des informations mais avec une interruption de l'activité de recherche d'information.

Dans la reconstruction, une vitesse de 4 Km/h a été estimée pour le piéton et une vitesse initiale de 0 km/h pour le conducteur puisqu'il redémarre après un stop. La vitesse d'impact a été estimée à 19 km/h avec une projection du piéton de moins d'un mètre suite à l'accident.

La reconstruction PC CRASH montre que le piéton devient visible à environ 7 mètres du point du choc et à 2.6 seconde de l'impact. L'angle entre le piéton au début de sa traversée et l'axe du véhicule est à 34°.

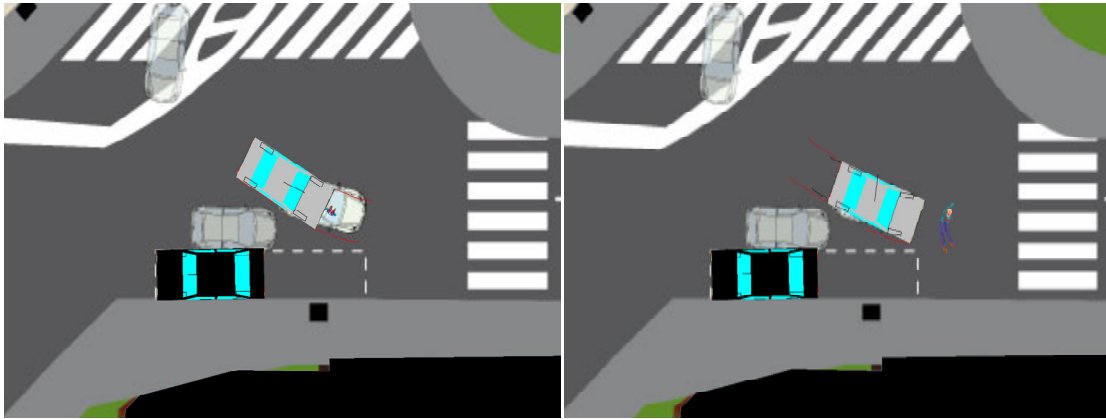
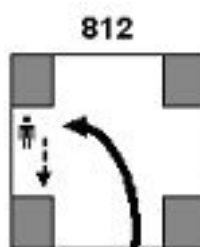


Figure 31 : Vue PC CRASH pour l'accident type du scénario 8.

Les images ci-dessus (Figure 31) montrent le véhicule ainsi que le piéton en position de choc (à gauche) et en position finale (à droite).

Le pictogramme associé à cette configuration d'accident est le 812 :



5.1.6. Piéton traversant en confiance sur un passage piéton, détection trop tardive ou anticipation erronée de la part du conducteur

23 accidents (Scénario 9 de Brenac) ont été retrouvés dans la base de données, avec 23 conducteurs et 26 piétons.

Situation de conduite

Le véhicule circule en agglomération, de jour (un cas au crépuscule et 4 cas pendant la nuit avec éclairage en fonction), et généralement en intersection (6 cas hors intersection et 4 cas à proximité immédiate d'une intersection).

Le trafic est modéré dans 13 cas. Il y a 4 cas avec un trafic soutenu et 5 cas sans aucun trafic. Les conditions atmosphériques sont bonnes dans 20 cas, 1 cas avec pluie, 1 cas avec temps couvert et 1 cas avec temps éblouissant.

Le véhicule se trouve sur une chaussée à double sens avec 2 voies de circulation dans 14 cas. La route est plate (17 cas), on observe 3 cas en montée et 3 cas en descente.

En ce qui concerne la localisation des accidents, on se trouve principalement dans une zone périurbaine (11 cas). Mais on trouve également dans 5 cas dans une zone d'habitation dense, 4 cas dans une zone d'activités industrielles ou commerciales et 3 cas dans le centre-ville.

On note les éléments suivants dans l'environnement proche du lieu de l'accident, sans qu'ils constituent de masque à la visibilité pour autant : barrière, voitures garées et arbres. 5 cas se produisent dans une zone pouvant générer un trafic de piéton (gare, arrêt bus, zone commerciale, supermarché, marché et école). La visibilité de la route est considérée comme bonne pour 22 cas sur 23.

Dans 17 cas sur 23 il y a un contraste entre le véhicule et l'environnement extérieur (5 cas sans contraste, un inconnu).

Parmi les conducteurs, il y a 13 hommes et 10 femmes. Les piétons accidentés sont majoritairement des femmes (19 femmes et 7 hommes). Les âges sont indiqués dans le Tableau 55.

Tableau 55: Caractéristiques de l'âge du piéton et du conducteur, scénario 9.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--------------------------|--|----------------|--------------------|--------------------|
| Age du conducteur | 48 ans | 49 ans | 19 ans | 82 ans |
| | <i>Valeurs = 19 – 21 – 22 – 23 – 28 – 33 – 35 – 38 – 40 – 41 – 43 – 49 – 51 – 55 – 55 – 60 – 61 – 61 – 65 – 70 – 75 – 79 et 82 ans</i> | | | |
| Age du piéton | 35,7 ans | 28 ans | 2 ans | 87 ans |
| | <i>Valeurs = 2 – 2 – 4 – 11 – 15 – 15 – 15 – 16 – 17 – 18 – 18 – 25 – 26 – 30 – 34 – 43 – 50 – 55 – 56 – 57 – 58 – 61 – 65 – 70 – 80 et 87 ans</i> | | | |

Les données relatives à la largeur de la chaussée (3 inconnues) et à la vitesse de roulages (2 inconnues) sont indiquées dans le tableau ci-dessous (Tableau 56).

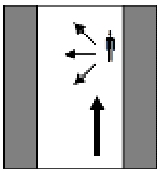
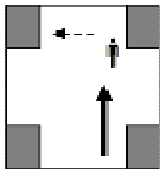
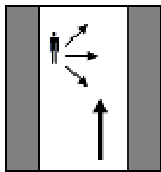
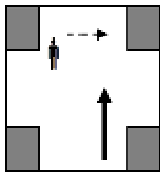
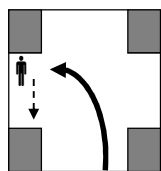
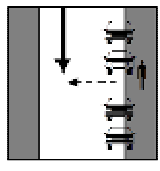
Tableau 56 : Caractéristiques de la largeur de chaussée et de la vitesse de roulage, scénario 9.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|--|----------------|--------------------|--------------------|
| Largeur de la chaussée (mètres) | 8,31 | 7,35 | 4,9 | 17 |
| | <i>Valeurs = 4,9 m – 6 m – 6 m – 6 m – 6,2 m – 6,8 m – 7 m – 7 m – 7,1 m – 7,2 m – 7,5 m – 7,6 m – 7,6 m – 8,1 m – 9 m – 9 m – 10,2 m – 12m – 14 m – 17 m</i> | | | |
| Vitesse de roulage (km/h) | 37,6 | 36,5 | 10 | 70 |
| | <i>Valeurs = 10 km/h - 18 km/h - 20 km/h - 21 km/h - 24,73 km/h - 25 km/h - 25 km/h - 30,08 km/h - 32 km/h - 41 km/h - 45 km/h - 47 km/h - 47 km/h - 50 km/h - 51 km/h - 52 km/h - 68 km/h - 70 km/h</i> | | | |

2 cas avec 0 km/h (le conducteur redémarre après un stop) n'ont pas été pris en compte pour les calculs de la moyenne et la médiane.

Les pictogrammes associés à ces accidents sont présentés dans le Tableau 57.

Tableau 57 : Pictogrammes des accidents du scénario 9.

| Pictogramme | n | | |
|---|---|---|---|
| <p>803</p>  | 6 | <p>814</p>  | 5 |
| <p>804</p>  | 5 | <p>815</p>  | 3 |
| <p>812</p>  | 3 | <p>841</p>  | 1 |

Situation de pré accident

Le piéton traverse la chaussée, généralement sur un passage piéton sans feu (16 cas). Le passage piéton est accompagné de feux tricolores dans 5 cas. Le piéton traverse hors passage piéton dans 4 cas.

En ce qui concerne l'accompagnement du piéton, dans 15 cas le piéton est seul et dans 11 cas il est accompagné.

La traversée s'effectue de droite à gauche dans 14 cas et de gauche à droite dans 9 cas. Le piéton marche dans 21 cas et court dans 2 cas (3 inconnus). Il traverse la chaussée perpendiculairement à l'axe dans 19 cas, en diagonale dans 2 cas et il longe le trottoir dans 4 cas.

L'analyse des défaillances fonctionnelles (Tableau 58) met en évidence des défaillances à des niveaux différents pour le piéton et le conducteur.

Tableau 58 : Défaillances fonctionnelles des piétons et conducteurs, scénario 9.

| Niveau de défaillance | Défaillance du piéton | Défaillance du conducteur |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Saisie des informations | 4 | 17 |
| Diagnostic | 4 | 1 |
| Pronostic | 6 | 1 |
| Décision | 0 | 0 |
| Exécution | 0 | 0 |
| Globale | 0 | 0 |
| Pas de défaillance | 0 | 0 |
| Inconnue | 9 | 4 |

Concernant le conducteur, la défaillance se situe principalement au niveau de la saisie de l'information (17 conducteurs sur 23). Nous observons 7 cas de non détection du piéton par absence de visibilité, 2 cas de saisie d'information focalisée, 5 cas d'interruption de la saisie d'information et 2 cas de négligence de la saisie d'information (un inconnu).

On note également pour le conducteur, un cas de défaillance au niveau diagnostic et un cas au niveau pronostic porté sur la situation, avec un conducteur qui n'anticipe pas la manœuvre du piéton. Il y a 4 cas pour lesquels les défaillances sont inconnues.

Concernant le conducteur, on a observé les éléments explicatifs exogènes suivants :

- Visibilité limitée par l'infrastructure (1 cas).
- Complexité du site (intersection) (2 cas).
- Conflit d'éclairage entraînant un problème de contraste (2 cas).
- Gêne à la visibilité ponctuelle (soleil) (3 cas)
- Gêne à la visibilité ponctuelle (masque mobile) (1 cas)
- Présence d'obstacle non détectable sur la chaussée (1 cas).
- Polysémie (ambiguïté) des indices émis par autrui (1 cas).
- Manœuvre d'autrui atypique – en contradiction avec la législation (1 cas).

Les éléments explicatifs endogènes pour le conducteur sont les suivants :

- Réalisation tâche annexe sans lien direct avec la conduite (6 cas).
- Conduite en mode automatique, bas niveau attentionnel lié à une forte expérience du trajet (4 cas)
- Handicap visuel (1 cas)
- Vigilance faible (au sens physiologique) (1 cas)
- Faible niveau d'attention (au sens psychologique) (1 cas)
- Distraction (2 cas)
- Attachement rigide au statut prioritaire (1 cas).
- Adoption d'une vitesse trop élevée (1 cas).

Si l'on considère l'accident du point de vue du piéton, les défaillances se situent au niveau de la saisie des informations dans 4 cas, avec un cas de non détection du véhicule par absence de visibilité, un cas de saisie d'information focalisée (sur d'autres piétons), un cas de saisie d'information sommaire et un cas de négligence de la saisie d'information. On observe 4 cas de défaillance au niveau du diagnostic porté sur la situation, avec une mauvaise compréhension de la manœuvre du conducteur (3 cas sur 4) et avec une mauvaise estimation d'un créneau d'insertion (1 cas sur 4).

Il y a 9 cas pour lesquels les défaillances sont inconnues.

Pour le piéton, les éléments explicatifs (majoritairement endogènes), mis en avant sont les suivants :

- Attachement rigide au statut prioritaire (9 cas).
- Distraction (2 cas).
- Confiance excessive dans les signaux émis aux autres (1 cas).
- Identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation (1 cas).
- Handicap visuel (1 cas).
- Age (1 cas).

Le tableau ci-dessous (Tableau 59) présente les caractéristiques du moment où le piéton commence à traverser (et devient visible s'il était masqué), il y a 6 inconnus.

Tableau 59 : Valeurs des distances, angles et vitesses relevées sur PC CRASH, scénario 9.

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (s) |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------|
| | 7,42 | 7,3 | 10,31 | 39 | -0,636 |
| | 23,63 | 23,6 | 2,88 | 52 | -1,635 |
| | 14,03 | 13,9 | 7,80 | 51 | -0,956 |
| | 26,09 | 25,83 | 8,09 | 23 | -3,072 |
| | 76,71 | 76,46 | 4,62 | 45 | -6,076 |
| | 16,15 | 12,79 | 37,63 | 8,28 | -3,223 |
| | 31,95 | 31,54 | 9,18 | 42,5 | -2,651 |
| | 4,52 | 4,15 | 23,34 | 18 | -1,103 |
| | 2,25 | 2,21 | 10,81 | 20 | -0,477 |
| | 5,27 | 5,17 | 11,17 | 21 | -0,601 |
| | 16,47 | 15,54 | 19,34 | 24,86 | -1,942 |
| | 3,69 | 3,1 | 32,84 | 9 | -1,009 |
| | 15,8 | 15,6 | 9,12 | 15 | 3,307 |
| | 6,23 | 5,98 | 16,28 | 29 | -0,649 |
| | 11,27 | 11,1 | 9,96 | 30 | -1,322 |
| | 12,69 | 12,6 | 6,82 | 47 | -1,058 |
| | 34,6 | 33,65 | 13,45 | 47 | -2,47 |
| Moyenne | 18,16 | 17,67 | 13,75 | 30,68 | -1,568 |
| Médiane | 14,03 | 12,79 | 10,31 | 29 | -1,212 |

Situation d'urgence

Le conducteur freine avant le choc dans 11 cas, dont 4 cas associé à un écart. Dans 10 cas il n'a effectué aucune manœuvre d'urgence (un inconnu).

Situation de choc

La localisation du choc se situe dans 9 cas sur le passage piéton, sur la chaussée dans 13 cas et hors passage piéton dans un cas.

Le choc se produit au début de la traversée dans 9 cas, au milieu dans 8 cas et en fin de traversée dans 8 cas (un inconnu).

Le choc frontal est dominant avec 17 cas sur 23. On compte deux chocs sur le côté droit du véhicule et un choc sur le côté gauche du véhicule (3 inconnus). Pour le choc frontal, les parties impactées sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 60 : Distribution des zones d'impact sur le véhicule, scénario 9.

| Zone d'impact sur le véhicule – choc frontal | Nb véhicules |
|---|---------------------|
| Centre | 1 |
| 1/4 de voie droite | 6 |
| 1/4 voie gauche | 1 |
| 1/2 voie droite | 3 |
| 1/3 voie gauche | 2 |
| 1/3 voie droite | 2 |
| Réparti sur toute la face avant du véhicule | 1 |
| Inconnu | 1 |

Les données sur les vitesses de chocs sont présentées dans le Tableau 61 (un inconnu).

Tableau 61 : Caractéristiques des vitesses de collision, scénario 9.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|---|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Vitesse de collision (km/h) | 30,95 | 33 | 5 | 68 |
| <i>Valeurs = 5 km/h - 5 km/h - 9 km/h - 13 km/h - 15 km/h - 19 km/h - 20 km/h - 20 km/h - 21 km/h - 25 km/h - 32 km/h - 34 km/h - 35 km/h - 41 km/h - 43 km/h - 45 km/h - 45 km/h - 45 km/h - 46 km/h - 47 km/h - 48 km/h - 68 km/h</i> | | | | |

Concernant les trajectoires post impact (Figure 9), nous constatons 8 cas de trajectoire type wrap, 5 cas de type forward projection, 3 cas de type somersault et 8 cas de type fender vault (2 inconnus).

Les distances de projections du piéton par rapport au point de choc sont présentées dans le Tableau 62 ci-dessous (un inconnue et dans 3 cas la distance de projection est égale à 0).

Tableau 62 : Caractéristiques des distances de projection du piéton, scénario 9.

| | Moyenne | Médiane | Valeur Mini | Valeur Maxi |
|--|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Distance de projection (mètre) | 8,85 | 8 | 0,5 | 28 |
| <i>Valeurs = 0,5 m - 0,8m - 1 m - 1 m - 1,4 m - 1,5 m - 2 m - 3 m - 4,5 m - 7 m - 8 m - 8 m - 9,9 m - 10,5 m - 11,5 m - 13 m - 14 m - 15 m - 15,3 m - 16 m - 23 m - 28 m</i> | | | | |

Ici encore, on observe une bonne corrélation entre la distance de projection du piéton et la vitesse de collision (Figure 32).

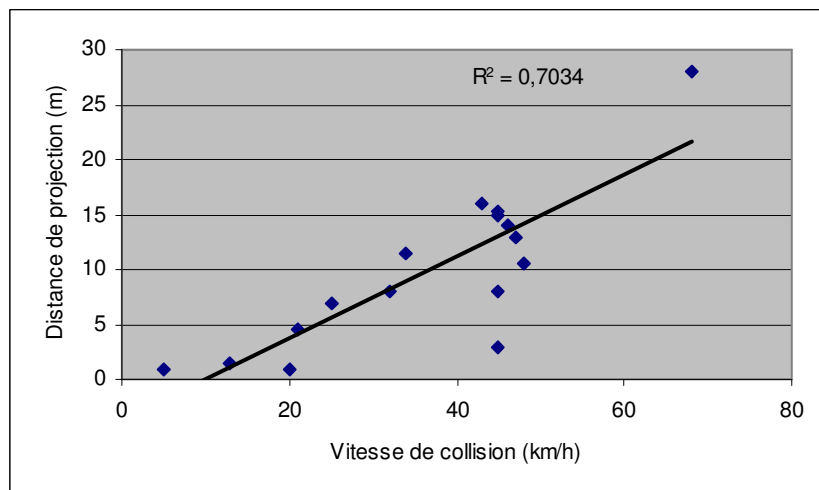


Figure 32 : Vitesse de collision en fonction de la distance de projection du piéton. Scénario 9.

En ce qui concerne le bilan lésionnel des piétons, le tableau ci – dessous (Tableau 63) présente les M.AIS connus en fonction du nombre de piétons, il y a en plus 2 tués sur le coup et un cas dont la gravité des lésions est inconnue.

Tableau 63 : Distribution des M.AIS des piétons du scénario 9

| M.AIS | Nombre de piétons |
|-------|-------------------|
| 1 | 10 |
| 2 | 7 |
| 3 | 2 |
| 4 | 3 |
| 5 | 1 |

Il y a 10 piétons légèrement blessés, M.AIS 1. Nous constatons des lésions au niveau de la tête (AIS 1 pour 3 piétons), du cou (AIS 1 pour un piéton), et du crâne (AIS 1 pour 2 piétons), des membres inférieurs (AIS 1 pour 6 piétons), des membres supérieurs (AIS 1 pour 3 piétons) et au niveau du bassin (AIS 1 pour un piéton).

7 piétons sont blessés modérément, M.AIS2. On peut noter des lésions au niveau de la tête (AIS 2 pour 3 piétons et AIS 1 pour 2 piétons), des membres supérieurs (AIS 2 pour deux piétons et AIS 1 pour un piéton), du bassin (AIS 2 pour deux piétons), des membres inférieurs (AIS 2 pour 2 piétons), des abdominales (AIS 2 pour 1 piéton) et de la colonne dorso lombaire (AIS 2 pour 1 piéton).

2 piétons sont blessés sérieusement, M.AIS3. Les piétons présentent des lésions AIS 2 au niveau de la tête (un piéton) et du crâne un piéton). Les lésions AIS 1 se situent au niveau de la face (un piéton) et des membres inférieurs (un piéton) et des lésions AIS 3 au niveau du thorax (un piéton) et du bassin (deux piétons).

3 piétons sont blessés sévèrement, M.AIS 4. Dans ce cas, on constate les lésions AIS 4 au niveau de la tête (2 piétons) et du thorax (un piéton).

Il y a 1 blessé critique, M.AIS 5. On peut noter des lésions AIS 5 au niveau de la tête et du crâne, un AIS 4 au niveau du thorax, un AIS 3 au niveau abdominal, un AIS 2 à la colonne dorso lombaire et un AIS 1 au niveau de la face.

On compte 4 tués dont 2 piétons ont été tués immédiatement dans cette configuration.

Le bilan lésionnel par territoire corporel est présenté dans le Tableau 64.

Tableau 64 : Bilan lésionnel par territoire corporel. Scénario 9.

| Territoire corporel | AIS des lésions | | | | | | | Total |
|------------------------|-----------------|----|---|---|---|---|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | |
| Tête (Crâne et Face) | 6 | 4 | - | 3 | 1 | - | - | 14 |
| Cou | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Thorax | 1 | 1 | 1 | 2 | - | - | - | 5 |
| Membres supérieurs | 7 | 2 | - | - | - | - | - | 9 |
| Abdomen | - | 2 | 1 | - | - | - | - | 3 |
| Bassin | 1 | 2 | 2 | - | - | - | - | 5 |
| Colonne Dorso-Lombaire | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 |
| Membres Inférieurs | 10 | 2 | - | - | - | - | 1 | 13 |
| Total | 26 | 15 | 4 | 5 | 1 | - | 1 | 52 |

Sur la sont notés les points d'impacts des piétons sur le véhicule.

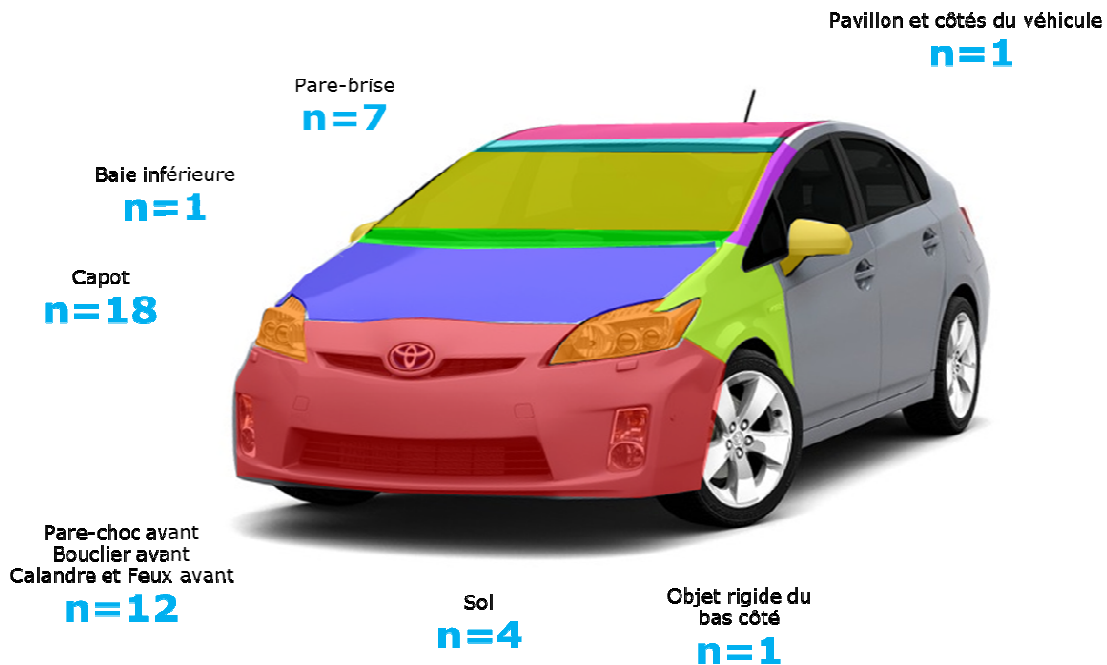


Figure 33 : Répartition des points d'impacts sur le véhicule. Scénario 9.

Accident type

L'accident s'est produit un matin du mois de décembre, en agglomération, sur une voie à double sens. La visibilité était bonne avec une température d'environ 4°. Le temps était clair et la chaussée était humide. Au niveau du passage piéton nous avons une chaussée en double sens d'une largeur de 9 m. Peu après le passage piéton l'infrastructure se présente sous une forme de fourche.

Le véhicule circulait dans sa voie de circulation. Le piéton quant à lui traversait sur le passage piéton de gauche à droite. Peu avant la fin de sa traversée, le piéton est percuté par le véhicule.

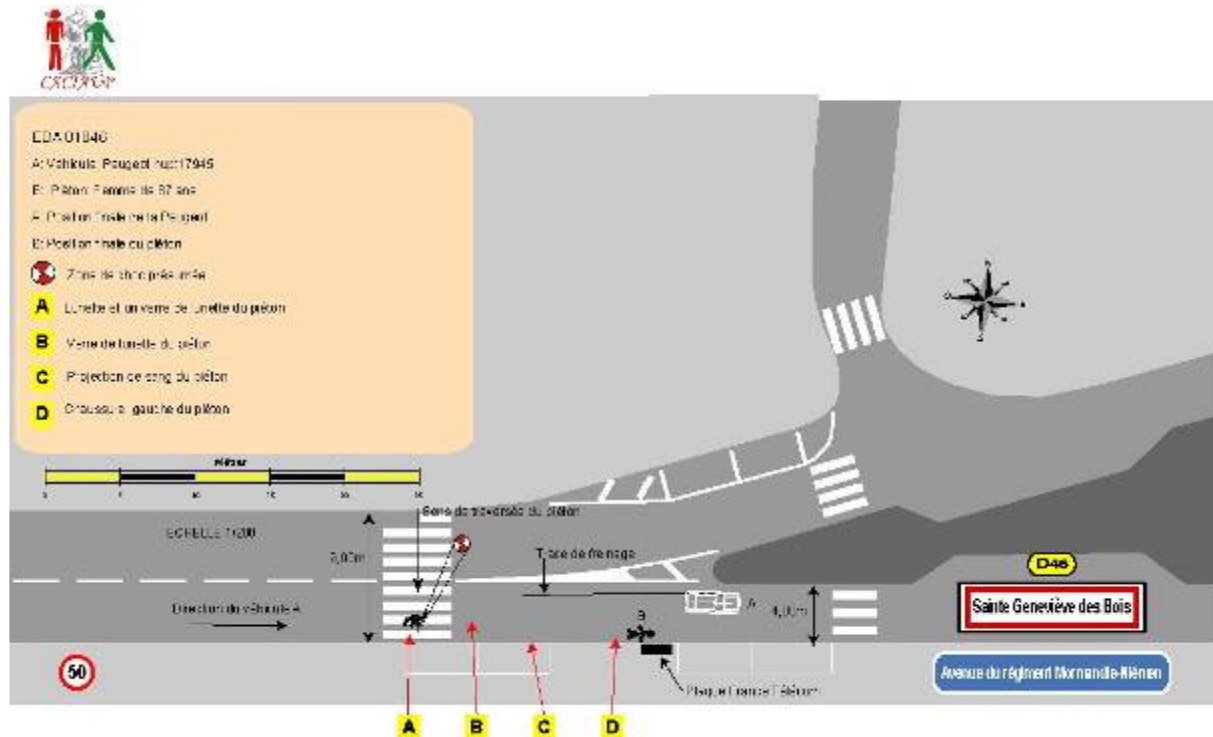


Figure 34 : Plan de l'accident type du scénario 9.

Le conducteur est un homme de 19 ans qui possède son permis B depuis un an et sept mois. Le type de trajet est un trajet domicile travail. L'accident s'est produit à environ 1,5 km de son domicile. Le jour de l'accident les vitres de son véhicule sont couvertes de buée. Peu avant l'approche du passage piéton, il actionne ses essuie-glaces et essaye de retirer la buée qui se trouve sur son pare-brise à l'intérieur de son véhicule.

En ce qui concerne le piéton, il s'agit d'une femme de 87 ans. Lors de sa traversée sur le passage piéton elle tirait derrière elle un cabas à roulettes de couleur rouge. Les informations précises concernant ses blessures n'ont pas pu être obtenues, nous avons simplement une information concernant un poly traumatisme important au niveau des membres inférieurs. Le piéton décédera sur place suite à l'accident.



Figure 35 : Point d'impact sur le véhicule, accident type du scénario 9.

Dans la reconstruction, une vitesse de 3,6 Km/h a été estimée pour le piéton, et une vitesse initiale de 46 km/h pour le conducteur. La vitesse d'impact a été estimée à 46 km/h avec une projection du piéton de 15,30 m suite à l'accident.

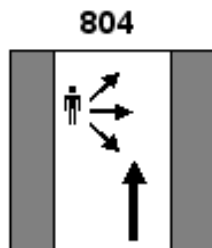
La reconstruction PC CRASH (Figure 36) montre que le piéton était visible par le conducteur à environ 76 mètres du point du choc et à 6 secondes de l'impact, si le pare-brise n'avait pas été embué. L'angle entre le piéton au début de sa traversée et l'axe du véhicule est à 5°.



Figure 36 : Vue PC CRASH de l'accident type du scénario 9.

L'image à gauche montre la progression du véhicule et du piéton ainsi que la position du choc et les positions finales du véhicule et du piéton. L'image à droite montre la vue du conducteur avant la collision.

Le pictogramme associé à cette configuration d'accident est le 804 :



5.2. SYNTHÈSES DES DONNÉES ISSUES DE LA PRÉ COLLISION.

Nous proposons dans ce paragraphe de présenter l'ensemble des données recueillies avec PC CRASH. Cinq paramètres ont été relevés à chaque fois qu'une reconstruction PC CRASH est disponible pour les accidents des scénarios retenus (1-2-7-8-9) : des distances entre le véhicule et le piéton, un angle entre l'axe du véhicule et le piéton, la vitesse du véhicule, le temps restant avant l'impact. L'instant de référence correspond au moment où le piéton entame sa traversée.

Afin d'avoir un plus grand nombre de données, nous avons également fait ces relevés pour les cas du scénario 6 (Piéton détecté, engage une traversée sans prise d'information, surprenant le conducteur – 6 cas). Les scénarios 15 et 16 représentent 5 cas chacun, mais ils ne sont pas pris en compte ici, leur configuration n'étant pas pertinente vis-à-vis d'un radar de détection de piéton (marche arrière pour l'un et perte de contrôle pour l'autre). Au final, nous disposons des données de pré collision de 51 accidents.

Les distributions cumulées des temps avant l'impact, des vitesses et des angles sont indiquées dans les graphes ci-dessous (Figure 37, Figure 38, Figure 39), tous les scénarios sont regroupés. La référence est le moment où le piéton entame sa traversée ou bien apparaît derrière le masque.

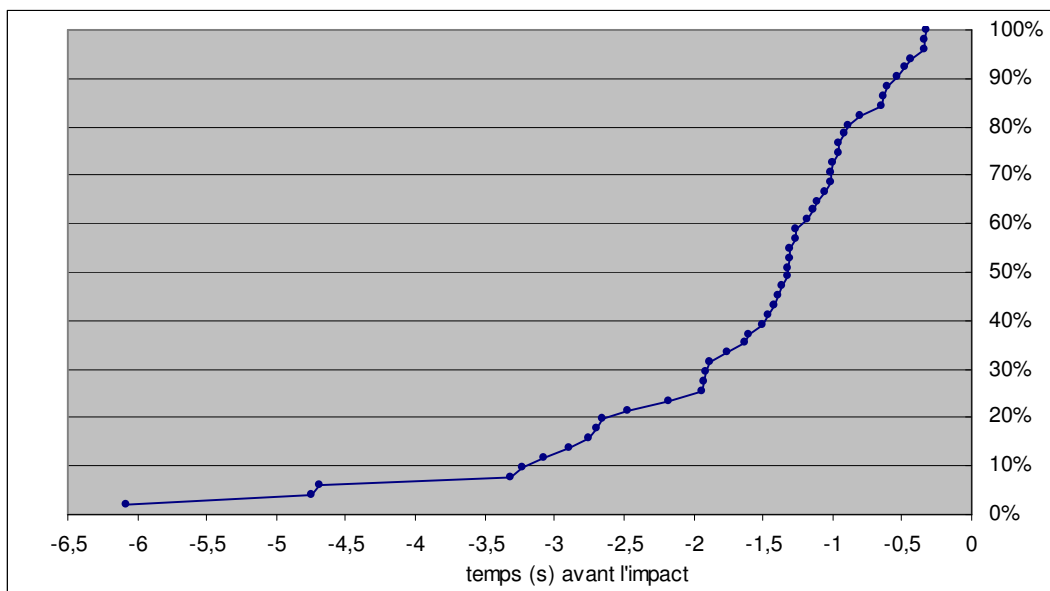


Figure 37 : Distribution cumulée du temps restant avant impact, une fois que le piéton traverse.

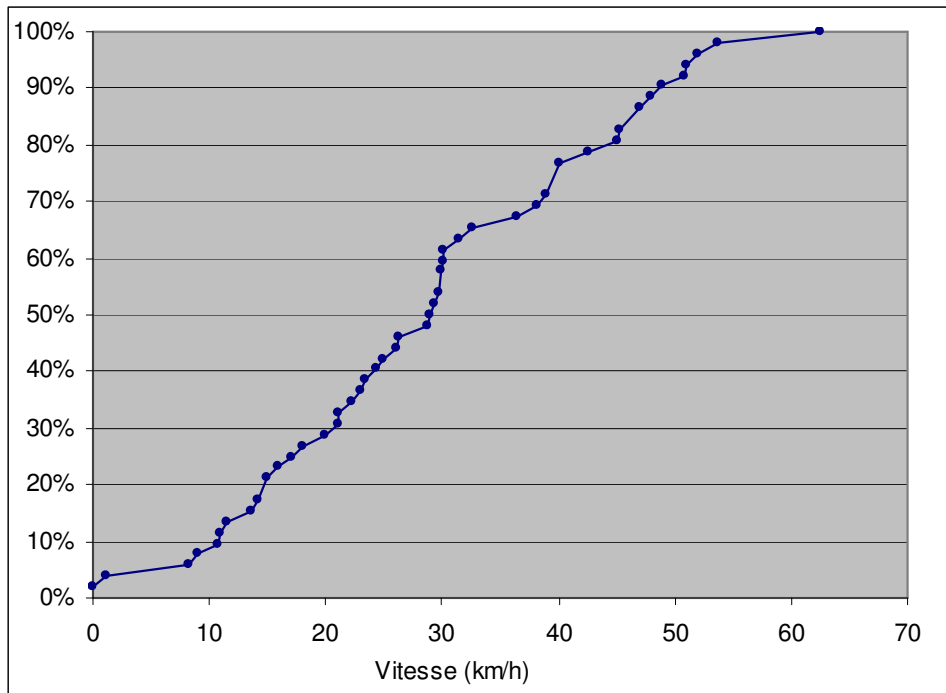


Figure 38 : Distribution cumulée de la vitesse du véhicule, une fois que le piéton traverse.

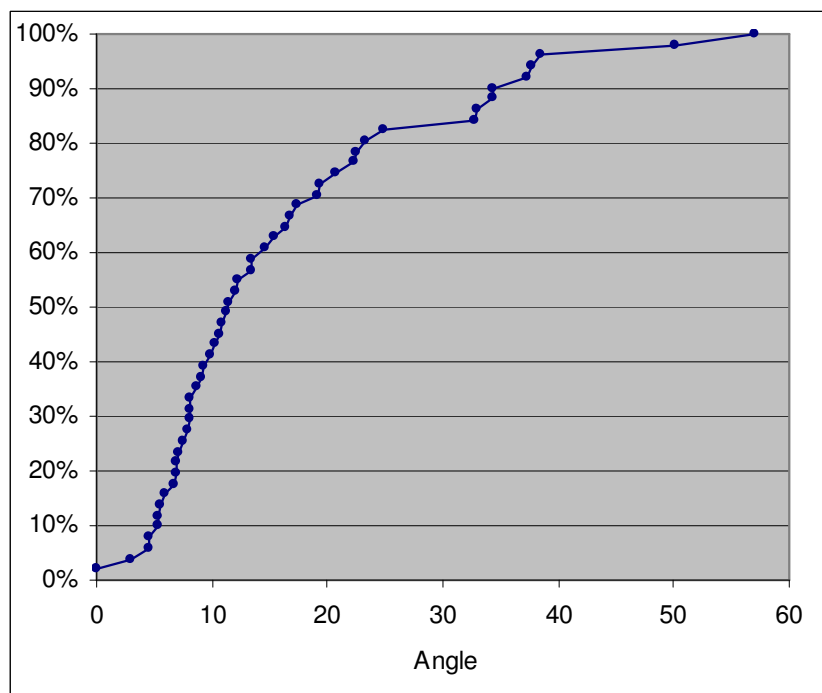


Figure 39 : Distribution cumulée de l'angle formé entre l'axe du véhicule et le piéton au moment où il commence à traverser.

Les valeurs correspondant à 50% de l'échantillon sont de 11° pour l'angle, 29km/h pour la vitesse et 1,32 seconde pour le temps avant l'impact.

5.2.1. Comparaison des données entre les scénarios.

Le tableau suivant (Tableau 65) récapitule les données moyennes obtenues en fonction des scénarios analysés.

Tableau 65: Récapitulatif des valeurs moyennes issues de PC CRASH en fonction des scénarios

| | Distance D1 (m) | Distance D2 (m) | Angle (°) | Vitesse (km/h) | Temps avant l'impact (sec) |
|------------|-----------------|-----------------|-----------|----------------|----------------------------|
| Scénario 1 | 16,57 | 16,43 | 8,24 | 36,20 | -1,66 |
| Scénario 2 | 12,31 | 12,01 | 12,88 | 32,83 | -1,357 |
| Scénario 7 | 7,98 | 7,67 | 20,80 | 30,66 | -0,762 |
| Scénario 8 | 9,93 | 7,57 | 29,26 | 13,48 | -2,296 |
| Scénario 9 | 18,16 | 17,67 | 13,75 | 30,68 | -1,568 |

Les comparaisons de moyennes 2 à 2 par des tests t, mettent en évidence les différences statistiquement significatives suivantes :

- La vitesse du véhicule au moment où le piéton traverse est significativement plus basse pour le scénario 8, par rapport aux scénarios 1, 2, 7 et 9.
- L'angle alpha est significativement plus important dans le scénario 8 par rapport aux angles des scénarios 1, 2 et 9.
- Le temps avant impact est significativement plus court dans le scénario 7 par rapport aux temps des scénarios 1, 9 et 8.

Le scénario 8 regroupe les accidents où un véhicule tourne à gauche (ou à droite) en intersection apparaît différent des autres scénarios pour 2 critères, la vitesse du véhicule et l'angle formé par l'axe du véhicule et le piéton au début de la traversée.

Le scénario 7 est caractérisé une traversée soudaine d'un enfant en train de courir, le caractère inattendu de la manœuvre du piéton explique ce temps avant l'impact qui est deux fois plus court que dans les autres scénarios. Le scénario 2 qui regroupe également des cas d'enfants traversant présente des caractéristiques plus homogènes avec les autres scénarios.

5.2.2. Représentation graphique des données.

Pour avoir une vision globale de l'ensemble des cas, nous proposons de représenter sur un graphe la position des 51 piétons analysés, en plaçant l'avant du véhicule au point de coordonnées (0,0) comme indiqué dans le schéma ci-dessous (Figure 40).

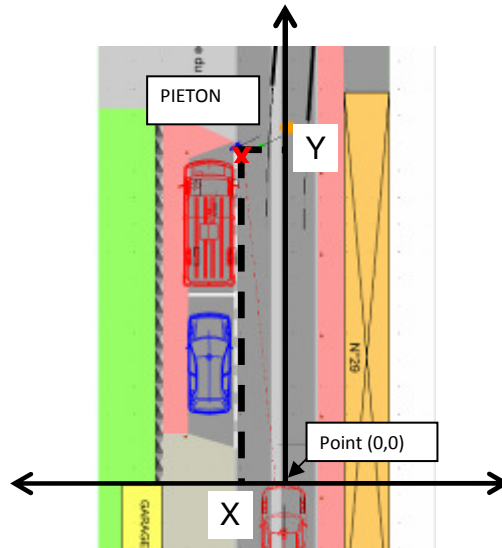


Figure 40 : Positionnement du piéton par rapport au véhicule

Le piéton est positionné par ses coordonnées X et Y, avec Y qui correspond à la distance D2 mesurée sur PC CRASH et X que nous avons recalculé en connaissant D1.

Les graphes ci-dessous montrent la position, par rapport au véhicule, des 51 piétons en début de traversée (ou lorsqu'ils apparaissent derrière le masque), en fonction des scénarios (Figure 41) puis selon que le véhicule tourne à gauche/droite ou non (Figure 42).

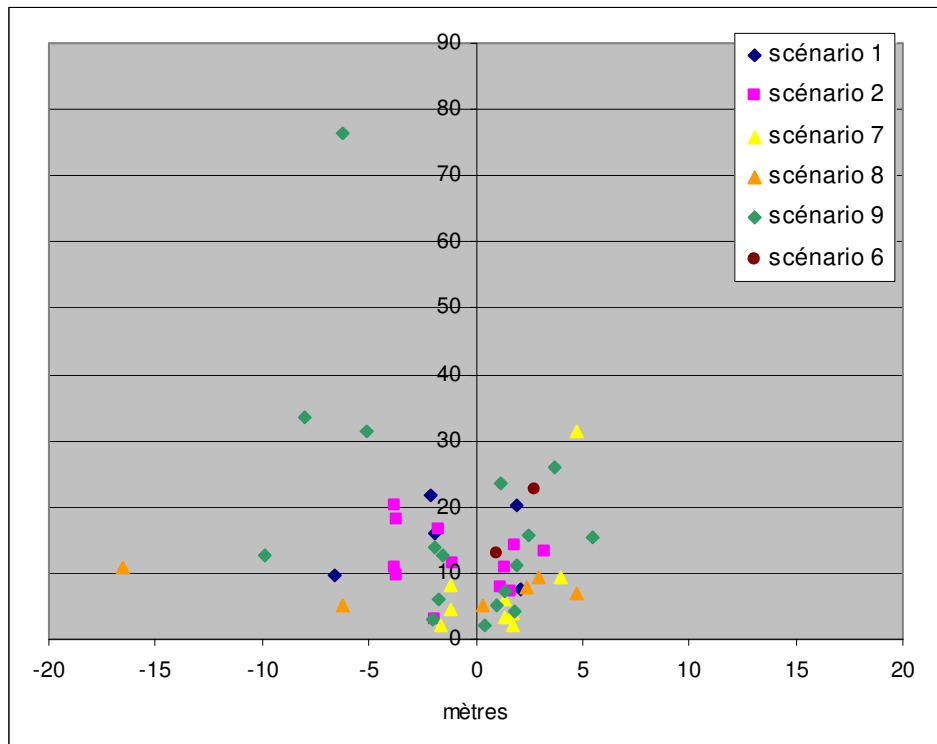


Figure 41 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le scénario type d'accident (en mètres).

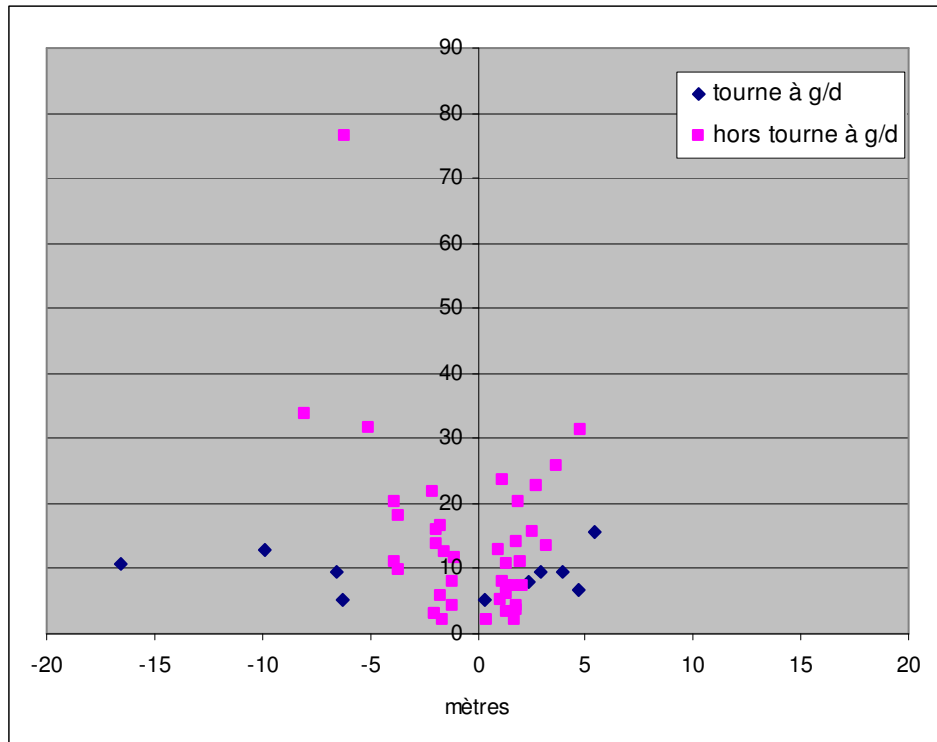


Figure 42 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon que le véhicule tourne ou non (en mètres).

Sur les deux graphes suivants, les points sont présentés en fonction de la vitesse du véhicule quand le piéton commence sa traversée, en séparant les cas de tourne à gauche/droite des autres cas.

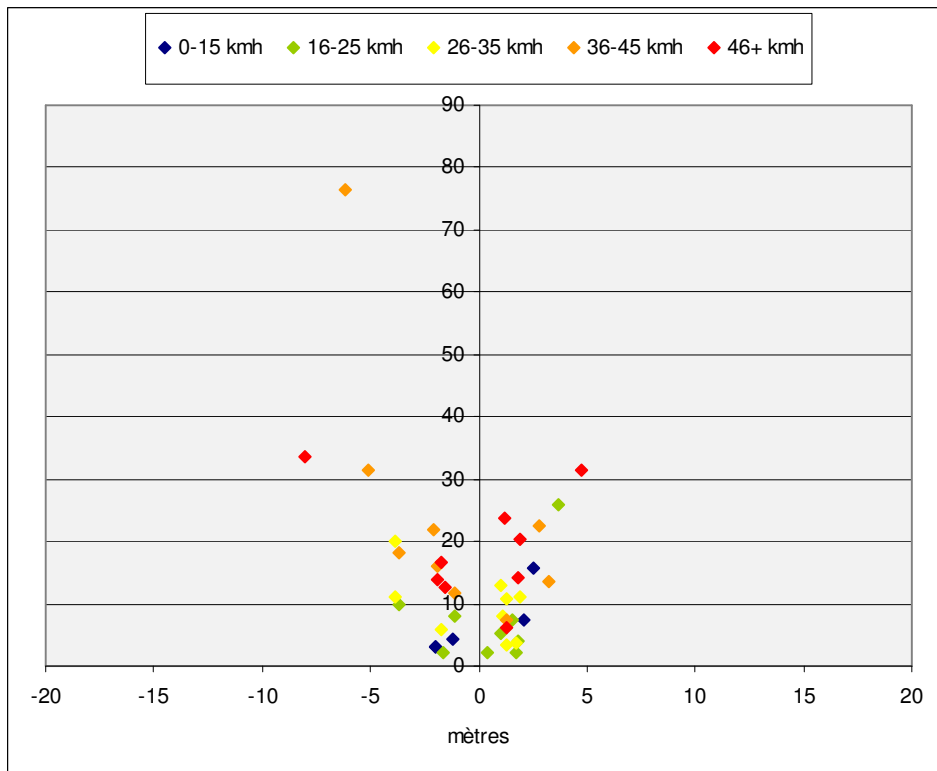


Figure 43 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon la vitesse du véhicule, pour les cas hors tourne à droite/gauche (en mètres).

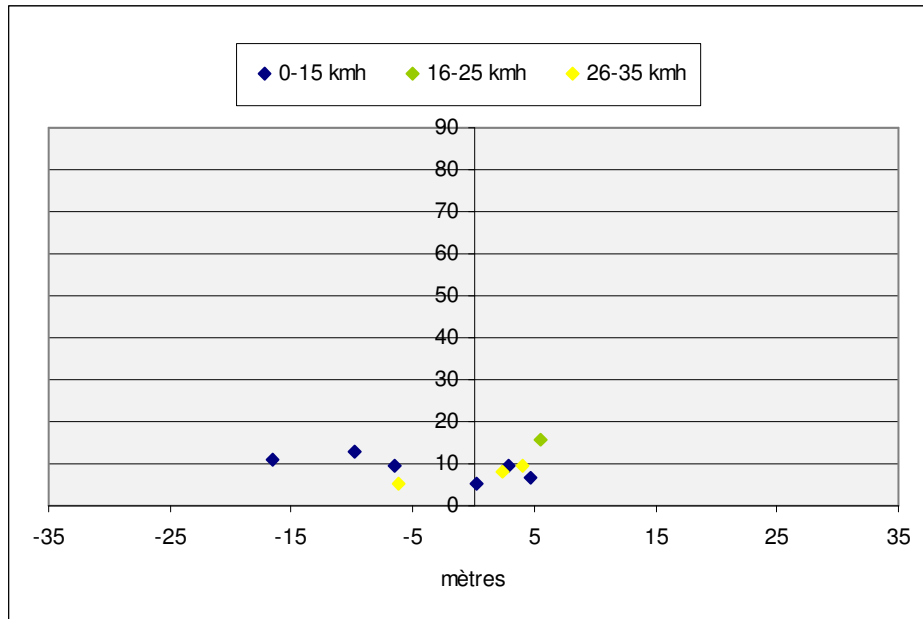


Figure 44 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon la vitesse du véhicule, pour les cas en tourne à droite/gauche (en mètres).

Sur les deux graphes suivants, les points sont présentés en fonction du temps restant avant l'impact quand le piéton commence sa traversée, en séparant les cas de tourne à gauche/droite des autres cas (Figure 45 et Figure 46).

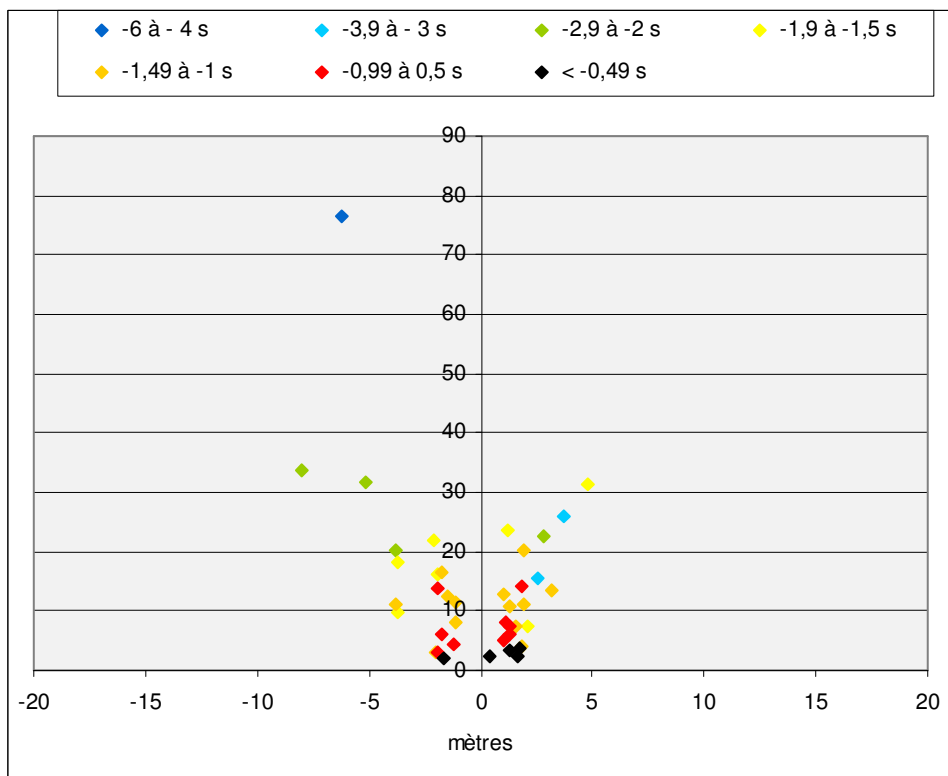


Figure 45 : Positions des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le temps restant avant l'impact, pour les cas hors tourne à droite/gauche (en mètres).

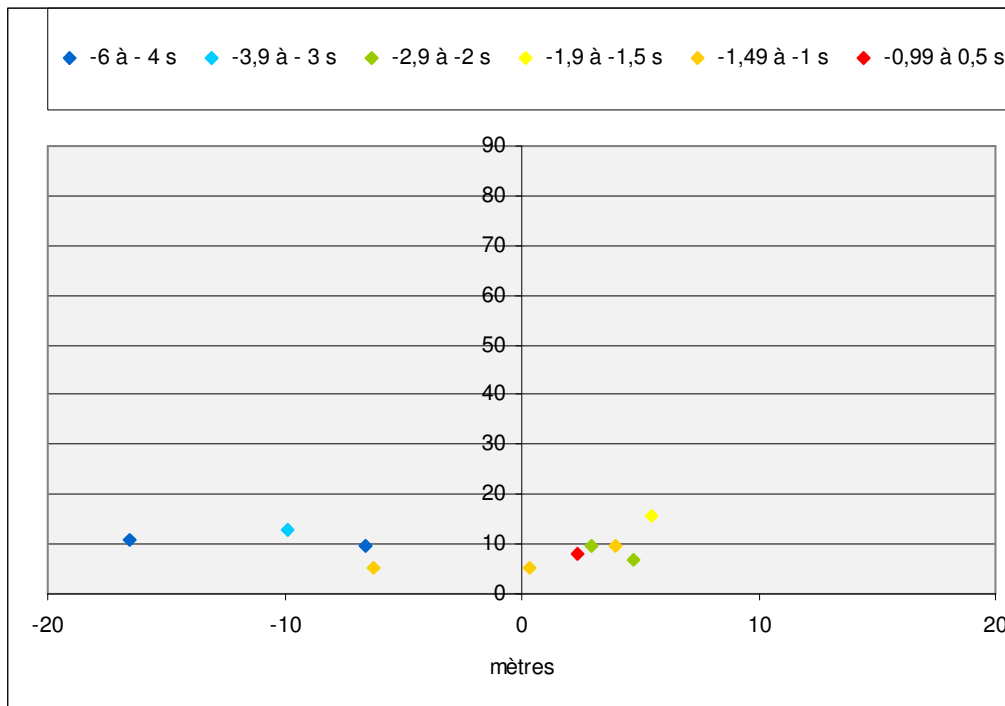


Figure 46 : Position des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon le temps restant avant l'impact, pour les cas en tourne à droite/gauche (en mètres).

Il existe chez Volvo un système de détection des piétons appelé 'Collision Warning With Full Auto Brake And Pedestrian Detection') (<http://www.volvocars.com/fr-be/top/about/news-events/pages/default.aspx?itemid=49>). Ce système détecte un piéton éloigné jusqu'à 30 mètres. La collision avec le piéton est évitée jusqu'à une vitesse du véhicule de 35 km/h, au-delà la vitesse de collision est réduite. On peut visualiser les piétons analysés en fonction de ces deux contraintes : la vitesse du véhicule et la distance avec le piéton.

Les 2/3 des véhicules ont une vitesse de roulage inférieure à 35 km/h lorsque le piéton commence à traverser, et le piéton se trouve à moins de 30 mètres du véhicule dans la plus grande partie des cas (47 accidents sur 51 accidents analysés par PC crash). Par contre on ne dispose pas de la « largeur » de la détection, on peut se demander alors dans quelle mesure sont détectés les piétons très excentrés par rapport à l'axe du véhicule. Cette configuration correspond en particulier aux piétons traversant dans une intersection avec un véhicule tournant à gauche ou à droite.

La Figure 47 montre la répartition des piétons en fonction de la vitesse seuil de 35 km/h. Quatre piétons sont au-delà de 30 mètres (3 en sont proches et un est très éloigné du véhicule quand il commence à traverser).

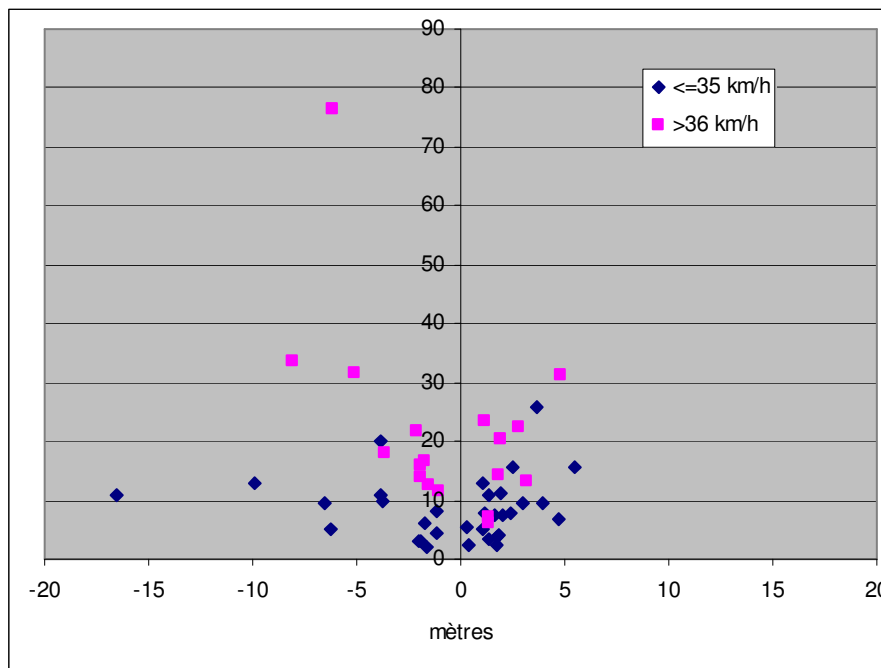


Figure 47 : Position des piétons en début de traversée, par rapport au milieu avant du véhicule, selon que la vitesse dépasse 35 km/h.

Le système mis au point par Volvo présente également une contrainte au niveau de la taille du piéton, qui doit faire au minimum 80 cm pour être détecté. Cette spécificité est respectée pour l'échantillon, le plus petit piéton mesurant 85 cm.

6. Conclusion

Pour ce travail, nous avons eu à attribuer les scénarios types définis par Brenac aux accidents analysés dans le cadre de CACIAUP. Cette codification s'est révélée réalisable, les scénarios décrits par l'INRETS sont globalement aisément identifiables à partir des données disponibles recueillis par les accidentologues de terrain.

Les scénarios 1, 2, 7, 8 et 9 sont les plus représentés dans notre étude, ils comptent pour 71% de l'échantillon.

Le scénario 1 (8 cas) : le piéton traverse alors qu'il est masqué à la vue du conducteur, la défaillance du conducteur concerne essentiellement la saisie de l'information. Les piétons sont des adultes (49 ans en moyenne). Lorsque le piéton devient visible, il se trouve à 16 mètres environ du véhicule qui roule en moyenne à 36 km/h. On compte 2 tués dans ce scénario.

Le scénario 2 (17 cas) : il concerne des enfants (10 ans en moyenne) qui entament leur traversée alors qu'ils sont masqués, le plus souvent par un véhicule en stationnement. La traversée se fait essentiellement hors passage piéton, en courant. Le piéton devient visible par le conducteur quand il se trouve à 12 mètres du véhicule. La vitesse de roulage à ce moment-là est de 32 km/h. Il n'y a pas de tué dans cette configuration, mais deux enfants blessés sévèrement (M.AIS4).

Le scénario 7 (12 cas) : ce scénario concerne également des enfants qui traversent, généralement en courant, cette fois-ci non masqué. L'âge moyen est de 12 ans. La défaillance du conducteur concerne le pronostic qu'il a fait de la situation. L'enfant a été vu, mais le conducteur n'a pas envisagé sa traversée. Cette configuration se caractérise par une traversée brusque de l'enfant, le temps avant l'impact quand l'enfant commence à traverser est de 0,7 seconde seulement. Le conducteur roule à 30 km/h en moyenne à ce moment-là et l'enfant se trouve alors à 7 mètres de lui. Cette typologie d'accident est décrite également dans la littérature [9, 15, 16], et quelque fois appelée 'Ice cream vendor accident' en référence à l'attention focalisée de l'enfant. Il n'y a pas de tué dans ce scénario mais deux enfants très grièvement blessés (M.AIS 4 et 5).

Le scénario 8 (11 cas) : ce scénario regroupe les cas en intersection, où le véhicule tourne à droite ou à gauche. L'âge moyen du piéton est de 49 ans. C'est la saisie de l'information qui est défaillante pour les conducteurs. La vitesse de roulage quand le piéton commence à traverser est beaucoup plus faible dans ce scénario que dans les autres, 13 km/h en moyenne. Le temps avant impact est lui plus élevé : 2,2 secondes. Les faibles vitesses de roulage font que cette configuration est moins lésionnelle que les autres (lésions de niveau M.AIS3 au maximum). D'autres études confirment cette tendance [16, 17], les accidents de tourne à gauche/droite avec les accidents où le véhicule recule, enregistrent des taux de mortalité bien plus faible que des configurations où le piéton longe la route par exemple (1,8% contre 11,1% de tués

Le scénario 9 (23 cas) : le piéton traverse en confiance, généralement sur un passage piéton. L'âge moyen du piéton est de 37 ans. La défaillance fonctionnelle du conducteur concerne la saisie de l'information. Pour le piéton, l'attachement rigide au statut prioritaire est mis en évidence pour 9 cas). La vitesse de roulage est de 30 km/h quand le piéton commence à traverser, il se trouve à 17 mètres de la voiture, il reste 1,5 seconde avant l'impact. On compte dans ce scénario 2 tués et 4 blessés grièvement.

Il aurait été intéressant de pouvoir extrapoler ces résultats au niveau national. Cela aurait permis de donner des enjeux détaillés par scénarios. Cette extrapolation semble difficile à réaliser étant donné que l'échantillon n'est pas parfaitement représentatif de l'ensemble des accidents en France.

On retrouve une certaine cohérence entre nos résultats et ceux issus de l'échantillon de Brenac. Les scénarios prépondérants sont identiques dans les deux études, bien qu'il y ait des différences dans les proportions. Certains scénarios n'apparaissent pas dans notre échantillon, comme par exemple le 3 (Piéton circulant dans circulation dense, masqué par une file de véhicules arrêtés ou ralentis, souvent en intersection ou à proximité), le 5 (Piéton traversant une voie importante, en général nuit ou pluie, piéton souvent alcoolisé, détecté trop tard) ou le 10 (Conducteur franchissant un feu rouge/orange, heurte en sortie de carrefour un piéton détecté trop tard). Notre échantillon est assez faible cela peut expliquer que nous ne trouvons pas l'ensemble des situations recensées. Cela peut aussi être une indication d'une différence de représentativité entre notre échantillon et celui analysé par Brenac.

Sur l'ensemble des cas, 79 concernent un piéton traversant la chaussée : on trouve 27 accidents où une obstruction à la visibilité a eu une influence déterminante, 52 accidents où les problèmes de prise d'information, de captation de l'attention, d'attente ou d'anticipation sont prépondérants. Il y a 9 cas de piétons sur la chaussée, statiques ou se déplaçant ou bien sortant d'un véhicule. Dans 6 autres cas, l'interférence entre le piéton et le véhicule est fortuite (perte de contrôle du véhicule par exemple). Les 6 cas restants sont classés en autre ou inconnu. Un problème au niveau de la saisie d'information est la défaillance fonctionnelle la plus répandue. 58 % des conducteurs présentent une défaillance en ce qui concerne la saisie d'information (37% de non détection par absence de visibilité et 10% de saisie d'information focalisée). Pour les piétons, la saisie représente 34% des cas avec défaillance connue. Ce sont surtout des négligences dans la saisie de l'information. Nous précisons ici, que 9 conducteurs ont été confrontés à un soleil éblouissant qui les a gênés pour percevoir le piéton. 4 de ces cas ont eu lieu en intersection alors que le conducteur tournait et passait donc d'une zone éblouissante à une zone moins éclairée. Les autres cas concernent un piéton traversant une chaussée rectiligne.

Ces résultats ont été obtenus sur un échantillon relativement restreint. Il sera pertinent de les comparer avec ce qui pourra être réalisé dans le cadre de l'étude VOIESUR (Véhicule Occupant Infrastructure Etude de la Sécurité des Usagers de la Route). En effet, dans le cadre de ce projet 10 000 accidents survenus en 2011 seront analysés, parmi eux un certain nombre d'accidents de piéton. C'est l'occasion de confronter nos résultats avec ceux à venir issue de VOIESUR.

Certaines problématiques des accidents de piétons très développées dans la littérature ne peuvent être appréhendées avec la série d'accidents analysés dans le cadre de CACIAUP. L'usage du téléphone portable, l'utilisation d'un casque à musique, l'envoi de SMS, sont identifiées comme des facteurs de risque pour les piétons lorsqu'ils traversent la chaussée par la diminution de l'attention qu'ils engendrent [18, 19, 20, 21, 22, 23]. Des campagnes d'information sur le risque de l'utilisation du téléphone en marchant ont été lancées en Australie (Figure 48). A Londres, les poteaux d'une rue ont été rembourrés pour protéger les piétons qui marchent en téléphonant ou en envoyant des messages (Figure 49).



Figure 48 : Campagne d'information en Australie sur les dangers du téléphone portable pour les piétons.



Figure 49 : Vue d'une rue de Londres.

Ces comportements à fort enjeu n'ont été identifiés que dans 2 cas de notre échantillon : un piéton écoutant de la musique traverse subitement la chaussée en diagonale, hors des passages protégés, sans regarder si des véhicules arrivent. Dans l'autre cas, le piéton traverse une route hors du passage piéton, vraisemblablement en téléphonant, et se fait heurter par un véhicule en marche arrière.

Le thème de l'interaction des piétons avec les véhicules électriques n'a pu être abordé faute d'effectif.

Des données issues de la phase de pré collision ont pu être extraites de PC CRASH. Ces données, en particulier la vitesse du véhicule quand le piéton commence à traverser et l'angle entre le piéton et l'axe du véhicule sont dépendantes du scénario type. Ces données relatives aux moments où le piéton commence à traverser sont un support pour aider à calibrer d'éventuels systèmes de détection de piéton.

7. Référence

- [1]: R1.2 - Etude sectorielle sur les accidents de piétons, volume 2 – Année 2009. V. Phan, V. Hervé. Projet CACIAUP, novembre 2011.
- [2]: La sécurité routière en France – Bilan de l'année 2010. Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière. 2011.
- [3]: Pictogrammes LAB – document interne. 2012
- [4]: GIDAS Code book. 2009
- [5]: Evaluation of remote pedestrian sensor system based on the analysis of car-pedestrian accident scenarios. S. Huang, J. Yang, F. Eklund. Safety Science 46, 1345-1355, 2008.
- [6]: Fatal Accident Database Development and Analysis – Final Report. Appendix 2 – Analysis of Accidents Involving Pedestrians. Deliverable 5.7. Janvier 2009.
- [7]: Relevance on injury causation of vehicle parts in car to pedestrian impacts in different accident configuration of the traffic scenario and aspects of accident avoidance and injury prevention. D. Otte, T. Huefner. ESV 2007 Paper number 07-0176.
- [8]: Analysis of pedestrian crashes. M. Da Silva, J.D. Smith, W.G. Najm. NHTSA. DOT HS 809 585. Avril 2003.
- [9]: Les accidents de piétons – Analyse typologique. H. Fontaine, Y. Gourlet, A. Ziani. Rapport INRETS n° 201. Mai 1995.
- [10]: Accident data study in support of development of Autonomous Emergency Braking (AEB) test procedures. J. Lenard, R. Danton. Project LUEL. December 2010.
- [11]: Typical pedestrian accident scenarios for the testing of autonomous emergency braking systems. J.Lenard and all. ESV 2011. Paper number 11-0196.
- [12]: Le concept de scénario type d'accident de la circulation et ses applications. T. Brenac, D. Fleury. (1999). Recherche Transports Sécurité 63, 63-76.
- [13]: Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention. T. Brenac, C. Nachtergaële, H. Reigner. Rapport INRETS n° 256. Décembre 2003.
- [14]: Guide de la reconstruction. J.Sinnaeve. Projet CACIAUP. Décembre 2009.
- [15]: Child pedestrian injury taxonomy based on visibility and action. J.L. Schofer and all. Accident Analysis and Prevention. Vol 27, N°3, pp. 317-333, 1995.
- [16]: A review of pedestrian safety research in the United States and abroad. B.J. Campbell and all. Rapport FHWA-RD-03-042. Novembre 2003.
- [17]: Turning at intersections and pedestrian injuries. B. Roudsari, R. Kaufman, T. Koepsell. Traffic Injury Prevention. 7: 283-289, 2006.
- [18]: Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. J. Nasar, P. Hecht, R. Wener. Accident Analysis and Prevention. Vol 40, 69-75. 2008.

- [19]: The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalized and unsignalised intersection. J. Hatfield, S. Murphy. *Accident Analysis and Prevention*. Vol 39, 197-205. 2007.
- [20]: Pedestrians, vehicles and cell phones. M.B. Neider and al. *Accident Analysis and Prevention*. Vol 42, 589-594. 2010.
- [21]: Distraction and pedestrian safety : How talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. D. C. Schwebel and al. *Accident Analysis and Prevention*. Vol 45, 266-271. 2012.
- [22]: Headphone use and pedestrian injury and death in the United States : 2004-2011. R. Lichtenstein, D. C. Smith, J. L. Ambrose, L. A. Moody. *Injury Prevention* (2012). Doi: 10.1136/injuryprev-2011-040161.
- [23]: Did you see the unicycling clown? Inattentive blindness while walking and talking on a cell phone. I. E. Hyman, S. M. Boss, B. M. Wise, K. E. McKenzie, J.M. Caggiano. *Applied Cognitive Psychology*. 24 : 597-607 (2010).
- [24]: R1.3 - Etude sectorielle sur les accidents de piétons, volume 1 – Année 2009. V. Phan, V. Hervé. *Projet CACIAUP*, décembre 2010.
- [25]: R1.4 - Etude sectorielle sur les accidents de piétons, volume 3 – Année 2010. V. Phan, V. Hervé. *Projet CACIAUP*, juin 2012.
- [26]: R2.1 : Guide pour la reconstruction des accidents de piétons, J. Sinnaeve, décembre 2009.
- [27]: R1.1 : Rapport méthodologique sur la mise en place d'une EDA piéton, V. Phan, A. Martin, A. Bouabene, J. Sinnaeve, T. Hermitte, Décembre 2009.
- [28]: L'analyse séquentielle de l'accident de la route (méthode INRETS), comment la mettre en pratique dans les diagnostics de sécurité routière ?. T. Brenac. *Rapport INRETS, Outils et Méthodes*, n° 3, 79 p., 1997.
- [29]: Scénarios-types de production de « l'erreur humaine » dans l'accident de la route. Problématique et analyse qualitative. P. Van Elslande, L. Alberton, Arcueil : INRETS, juin 1997, rapport INRETS n° 218.
- [30] : R4.3 – Analyse des lésions. V. Hervé, R. Fricheteau. *Rapport CACIAUP*, août 2012.