



HAL
open science

Projet ACYCOSUR : Aider les cyclistes à adopter un comportement sûr en ville, rapport intermédiaire

Florence Boillot, Tsounil Pala Prashant Arvind, Pierre Vinant, Nadine Chaurand, Adrien Vizier-Fontanesi, Emilie Hennenfent, Adrien Poignet, Nguyen-Thong Dang, Stéphane Caro, Fabrice Vienne

► To cite this version:

Florence Boillot, Tsounil Pala Prashant Arvind, Pierre Vinant, Nadine Chaurand, Adrien Vizier-Fontanesi, et al.. Projet ACYCOSUR : Aider les cyclistes à adopter un comportement sûr en ville, rapport intermédiaire. Université Gustave Eiffel. 2023. <hal-04491829>

HAL Id: hal-04491829

<https://univ-eiffel.hal.science/hal-04491829v1>

Submitted on 6 Mar 2024

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

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



HAL Authorization

Projet ACYCOSUR : Aider les cyclistes à adopter un comportement sûr en ville

Rapport intermédiaire

Auteurs :

GRETTIA : Florence Boillot,
Tsounil Pala Prashant Arvind,
Pierre Vinant.

LAPEA : Nadine Chaurand.

PICS-L : Adrien Vizier-Fontanesi,
Emilie Hennenfent,
Adrien Poignet,
Nguyen-Thong Dang,
Stéphane Caro,
Fabrice Vienne.

Septembre 2023

Les auteurs :

Florence Boillot, chercheuse à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, GRETTIA.
Stéphane Caro, ingénieur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L.
Nadine Chaurand, chercheur à l'Université Gustave Eiffel, AME, LaPea.
Nguyen-Thong Dang, ingénieur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L.
Emilie Hennenfent, ingénieure à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L.
Tsounil Pala Prashant Arvind, chercheur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, GRETTIA.
Adrien Poignet, ingénieur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L.
Fabrice Vienne, ingénieur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L.
Pierre Vinant, ingénieur de recherche à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, GRETTIA.
Adrien Vizier-Fontanesi, ingénieur à l'Université Gustave Eiffel, COSYS, PICS-L

Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)

14-20 Boulevard Newton
Cité Descartes, Champs sur Marne
77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 81 66 80 00
Fax : 01 81 66 80 01

Département Composants et Systèmes (COSYS)

14-20 Boulevard Newton
Cité Descartes, Champs sur Marne
77447 Marne la Vallée Cedex 2

Laboratoire Génie des Réseaux de Transports Terrestres et Informatique Avancée (GRETTIA)

25 allée des Marronniers
78008 Versailles Cedex

Laboratoire de Laboratoire de Psychologie et Ergonomie Appliquées (LaPea)

25 allée des Marronniers
78008 Versailles Cedex

Laboratoire Perceptions, Interactions, Comportements & Simulations des usagers de la route et de la rue (PICS-L)

25 allée des Marronniers
78008 Versailles Cedex
et
14-20 Boulevard Newton
Cité Descartes, Champs sur Marne
77447 Marne la Vallée Cedex 2

Projet financé par la Direction de la Sécurité Routière (DSR)

Table des Matières

| | |
|---|-----------|
| Partie 1 : Etat de l'art sur la fréquence et la gravité des accidents de cyclistes en France | 5 |
| 1. Objectif et contour de l'état de l'art | 5 |
| 2. Etat de l'art à partir des sources documentaires..... | 5 |
| 2.1. <i>Etude des accidents mortels par Claude et Claude-Marie Got</i> | 5 |
| 2.2. <i>Etude des accidents mortels par le CEREMA sur la base VOIESUR</i> | 7 |
| 2.3. <i>Thèse de doctorat d'Alice Billot-Grasset</i> | 8 |
| 2.4. <i>Observatoire de la Métropole de Bordeaux</i> | 9 |
| 3. Etat de l'art à partir d'une étude du registre BAAC | 9 |
| 3.1. <i>Conditions d'analyse</i> | 9 |
| 3.2. <i>Discussion sur la sous-estimation des accidents rapportés dans les fichiers BAAC</i> | 10 |
| 3.3. <i>Quelques résultats globaux</i> | 10 |
| 3.3.1. Cas de l'accident sans obstacle fixe ni tiers | 11 |
| 3.3.2. Cas de l'accident sur un obstacle fixe sans tiers | 11 |
| 3.3.3. Cas de l'accident avec un piéton | 12 |
| 3.3.4. Cas de l'accident avec un véhicule..... | 12 |
| a) Accident par type de véhicule | 12 |
| b) Accident selon la gravité | 13 |
| c) Accident selon la localisation..... | 14 |
| d) Les manœuvres du cycliste et de l'autre véhicule avant l'accident | 14 |
| e) Accident par ouverture de portière..... | 16 |
| f) Accident lorsque le véhicule tourne à droite (incluant le giratoire)..... | 16 |
| g) Accident lorsque que le véhicule tourne à gauche (hors giratoire)..... | 17 |
| h) Accident lorsque le cycliste tourne à gauche (hors giratoire) | 17 |
| i) Accident lorsque le véhicule s'insère sur un giratoire | 17 |
| j) Accident lorsque le cycliste traverse la chaussée ou fait demi-tour (hors intersection mais incluant le giratoire) | 18 |
| k) Accident lorsque le cycliste traverse la chaussée en intersection | 18 |
| 4. Conclusion générale | 18 |
| Partie 2 : Choix des situations étudiées pour les observations naturalistes, l'enquête et l'expérimentation sur simulateur vélo..... | 20 |
| 1. Objectif..... | 20 |
| 2. Méthodologie | 20 |
| 3. Choix des situations | 20 |
| Partie 3 : Les observations naturalistes..... | 23 |
| 1. Objectifs de ces observations | 23 |
| 2. Méthodologie | 23 |
| Partie 4 : L'enquête | 25 |
| 1. Objectifs de l'enquête | 25 |
| 2. Méthode de l'enquête..... | 25 |
| 2.1. <i>Participants</i> | 25 |
| 2.2. <i>Questionnaire</i> | 25 |
| Partie 5 : Les fiches pédagogiques | 26 |
| 1. Objectifs de ces fiches..... | 26 |
| 2. Choix des thèmes des fiches | 26 |
| 3. Rédaction des fiches..... | 26 |
| 4. Evaluation par un ergonome | 27 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 5. | Pré-test de la compréhension des fiches | 27 |
| 5.1. | <i>Protocole de passation des fiches</i> | 27 |
| 5.1.1. | Volontaires | 27 |
| 5.1.2. | Présentation des fiches et énoncé | 27 |
| 5.1.3. | Matériel | 27 |
| 5.1.4. | Procédure | 28 |
| 5.1.5. | Mesures et analyses | 29 |
| 5.2. | <i>Résultats</i> | 29 |
| 5.3. | <i>Conclusion</i> | 30 |
| Partie 6 : L'expérimentation sur le simulateur vélo | | 31 |
| 1. | Objectifs | 31 |
| 2. | Construction du trajet | 31 |
| 3. | Préparation technique de l'expérimentation | 36 |
| 3.1. | <i>Logiciel Silex</i> | 36 |
| 3.2. | <i>Environnement virtuel</i> | 37 |
| 3.3. | <i>Scenarii et développements spécifiques</i> | 39 |
| 3.4. | <i>Supervision, calcul et enregistrement des données</i> | 41 |
| 3.5. | <i>Difficultés rencontrées</i> | 41 |
| 4. | Déroulement de l'expérimentation | 42 |
| 4.1. | <i>Accueil du participant</i> | 42 |
| 4.2. | <i>Déroulement de la passation dans la salle du simulateur</i> | 42 |
| 4.2.1. | Phase 1 | 42 |
| 4.2.2. | Phase 2 | 43 |
| 5. | Les entretiens semi-directifs | 44 |
| 6. | Le choix des fiches à lire | 44 |
| 6.1. | <i>Introduction</i> | 44 |
| 6.2. | <i>Les scores calculés automatiquement</i> | 45 |
| 6.3. | <i>L'observation par l'expérimentateur</i> | 51 |
| 6.4. | <i>Méthodologie du choix des fiches à lire</i> | 52 |
| 7. | Tests de faisabilité de l'expérimentation | 53 |
| 8. | Expérimentation sur le simulateur | 53 |
| Annexes | | 54 |
| 1. | Annexe sur les observations naturalistes | 54 |
| 1.1. | <i>Camion ou bus arrêté en première position à un feu rouge</i> | 54 |
| 1.2. | <i>Interaction avec un véhicule (voiture ou véhicule long) à l'entrée d'un carrefour à feux</i> 55 | |
| 1.3. | <i>Circulation le long de véhicules stationnés en créneau</i> | 56 |
| 1.4. | <i>Circulation sur l'anneau d'un giratoire ou d'un rond-point sans feux</i> | 57 |
| 1.5. | <i>Tourner à droite sur route mouillée</i> | 57 |
| 2. | Grille d'observation des comportements lors de l'expérimentation sur le simulateur | 59 |
| 3. | Les entretiens semi-directifs lors de l'expérimentation | 61 |
| 3.1. | <i>Entretien de la phase 1</i> | 61 |
| 3.2. | <i>Entretien de la phase 2</i> | 61 |
| 4. | Exemple de fichier résultat du programme de calcul des scores | 63 |

Partie 1 : Etat de l'art sur la fréquence et la gravité des accidents de cyclistes en France

1. Objectif et contour de l'état de l'art

L'objectif de cet état de l'art est de caractériser les types d'accidents de cyclistes en France en ville, leur fréquence et leur gravité. Cette identification sert de base pour choisir les situations étudiées dans le projet ACYCOSUR pour les observations naturalistes, l'enquête et l'expérimentation sur simulateur vélo.

Cet état de l'art porte sur les accidents en France : en effet, d'une part le projet ACYCOSUR s'intéresse aux cyclistes en France et d'autre part l'étude des statistiques hors de France pourrait introduire des biais car les infrastructures cyclistes en ville peuvent varier selon les pays ainsi que les comportements des cyclistes ou des autres usagers.

Deux études ont été faites : étudier les ressources documentaires disponibles et analyser les accidents issus de la base de données BAAC (Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels).

2. Etat de l'art à partir des sources documentaires

Il existe relativement peu d'études approfondies sur les accidents de cyclistes en France, leur typologie, leur fréquence et gravité.

2.1. Etude des accidents mortels par Claude et Claude-Marie Got

Référence :

- « Accidents mortels de cyclistes : circonstances, configurations types », Claude Got et Claude-Marie Got, Journée spécialisée Vélo et Casque, 28 mai 2009, Lyon.

- site internet www.securite-routiere.org .

Cette étude porte sur les accidents mortels des cyclistes sur deux ans entre 2001 et 2003 que ce soit en agglomération ou hors agglomération, à partir de données numérisées par TRANSPV (organisme créé par les assureurs pour transmettre aux compagnies d'assurance les procédures d'accidents).

Cette étude a porté sur 385 accidents mortels impliquant au moins un cycliste dont 376 décès de cyclistes.

Typologies générales des accidents en agglomération et hors agglomération

Les typologies et leur descriptif fournis par les auteurs concernent à la fois les accidents en agglomération et hors agglomération. Ils ont établi 10 typologies d'accident détaillées ci-dessous.

Les chutes : sont incluses dans cette catégorie les chutes qui sont la composante principale de l'accident : chutes du cycliste seul (éventuellement avec un sur-accident), chute due au choc contre un véhicule stationné ou accrochage entre cyclistes.

Accidents hors intersection :

Cycliste heurté par l'arrière : le cycliste et l'autre véhicule roulent dans le même sens, sans intention pour le cycliste de tourner. La plupart des raisons sont : le fait que le conducteur n'a pas vu le cycliste bien que visible (53,0%), le conducteur a été gêné par le soleil (7,8%), 17,4% d'accidents de nuit avec un cycliste non éclairé, 12,2% de cas avec un déploiement sur la gauche du cycliste sans intention de tourner alors que le conducteur allait le doubler.

Le cycliste se déporte vers la gauche et heurte un véhicule venant en face : un seul cas en agglomération.

Le véhicule à moteur se déporte vers la gauche et heurte un cycliste venant d'en face : 72,2% lors d'une perte de contrôle du véhicule, 16,7% le conducteur roule sur la voie de gauche sans sortie de route.

Le cycliste quitte sa voie ou traverse une voie. Le cycliste tourne à gauche pour rejoindre un magasin ou autre, ou bien démarre du bord d'une voie ou d'un trottoir et traverse la chaussée.

Accidents en intersection

Cycliste prioritaire dans un carrefour, heurté par un véhicule venant d'une autre route :

Véhicule prioritaire dans un carrefour, heurté par un cycliste venant d'une autre route.

Le cycliste tourne à gauche dans un carrefour et il est heurté par un véhicule allant dans le même sens que lui, plus rarement le véhicule qui heurte le cycliste vient en face sur la même route.

Le véhicule adverse tourne à gauche dans un carrefour. Un seul cas en agglomération.

Poids-lourd qui tourne à droite après avoir marqué un arrêt à un feu. Le cycliste va dans le même sens et il est à la droite du poids-lourd qui est habituellement un semi-remorque.

Autres typologies : Les autres configurations sont plus rares.

Pourcentage des accidents en agglomération

Le tableau ci-dessous fournit le nombre et le pourcentage des accidents mortels en agglomération par ordre décroissant. Le nombre total d'accidents est de 146 soit 37,9% du total des accidents mortels.

| Typologie | Nombre d'accidents mortels | Pourcentage |
|--|----------------------------|--------------|
| Véhicule prioritaire en intersection | 31 | 21,2% |
| Cycliste heurté par l'arrière | 26 | 17,8% |
| Chutes | 18 | 12,3% |
| Cycliste prioritaire en intersection | 14 | 9,6% |
| Cycliste tourne à gauche | 14 | 9,6% |
| Cycliste heurté par un poids-lourd qui tourne à droite | 13 | 8,9% |
| Cycliste traversant une voie hors intersection | 5 | 3,4% |
| Véhicule se déportant sur sa gauche cycliste en face | 4 | 2,7% |
| Véhicule tourne à gauche, cycliste venant en face | 1 | 0,7% |
| Cycliste se déportant sur sa gauche (sans tourner) | 1 | 0,7% |
| <i>Configurations rares</i> | <i>19</i> | <i>13,0%</i> |
| Total | 146 | 100% |

Environ 50% des accidents mortels en agglomération surviennent en intersection.

- Le cas du véhicule prioritaire en intersection est le plus fréquent :

90,3% (28 cas) des accidents surviennent de jour. Il s'agit pour 71,4% (20 cas) d'un non respect par le cycliste d'un stop, feu ou cédez-le-passage. Le reste est dû à un cycliste venant d'un sens interdit, parking, passage pour piéton ou à l'alcoolémie.

- Le cas du cycliste heurté par l'arrière :

Bien que nous n'ayons pas le détail en agglomération, il ressort que dans la grande majorité le conducteur du véhicule n'a pas vu le cycliste soit bien visible de jour, soit mal éclairé de nuit.

- Le cas du cycliste prioritaire en intersection :

50% des accidents concernent un non respect par un tiers de la priorité à droite du cycliste, 25% en giratoire dont un cas (8%) où le conducteur croit que le cycliste va tourner à droite comme lui, et un cas (8%) où le conducteur heurte un cycliste sur sa gauche.

- Le cas du cycliste qui tourne à gauche :

Dans 85,7% des cas (12 cas) le véhicule est dans le même sens que le cycliste. Les raisons principales avancées sont une vitesse excessive du véhicule et / ou le cycliste qui n'indique pas son intention de tourner.

- Le cas du cycliste heurté par un poids-lourd :

Le plus souvent il s'agit d'un carrefour à feux, le cycliste s'est glissé sur la droite du camion et il n'est pas vu par le camion quand celui-ci démarre et tourne à droite.

Conclusion : Les chutes arrivent en 3^e position de la fréquence des accidents mortels en agglomération. Mais elles incluent les chocs avec les portières et le choc avec un autre cycliste. Du point de vue des comportements non adaptés des cyclistes en présence de véhicules, on retient que les plus fréquents sont un non-respect d'un stop, feu ou cédez-le-passage, l'absence de lumières sur le vélo de nuit, une mauvaise position sur la chaussée rendant le cycliste peu visible, une absence d'indication quand il tourne, un mauvais positionnement en présence d'un poids-lourd.

2.2. Etude des accidents mortels par le CEREMA sur la base VOIESUR

Référence :

Rose-Marie Sibel, « Analyse de l'accidentalité des cyclistes – 2011 – Base VOIESUR », Rapport d'étude CEREMA, août 2018

Cette étude analyse les accidents mortels de cyclistes en 2011 à partir de la base de données VOIESUR en France métropolitaine. Cette base contient la quasi-totalité des accidents mortels de 2011 (tout type d'usager confondu, soit environ 3600 accidents) des fichiers BAAC. Cette base contient également des accidents corporels (1/20 soit environ 2700 accidents) par tirage aléatoire représentatif dans les fichiers BAAC et des accidents inscrits au registre du Rhône (environ 2100 accidents).

Cette étude a porté sur 142 accidents mortels (en agglomération et hors agglomération). Ces accidents ont eu lieu de jour pour 79% d'entre eux et par temps normal pour 77% d'entre eux. 40% des accidents ont eu lieu en agglomération (57 cas) dont 35% hors intersection (20 cas) et 65% en intersection (37 cas). 39% des accidents est une collision avec un autre véhicule (hors intersection ou sans influence de l'intersection) (55 cas) : les cas les plus représentés sont le véhicule qui heurte l'arrière du cycliste (33 cas soit 60% de ce type d'accident) et un véhicule qui se déporte sur la voie de sens inverse alors qu'un véhicule arrive (10 cas soit 18,1% de ce type d'accident et dans 7 cas c'est le cycliste qui s'est déporté).

Concernant les accidents de cycliste en agglomération :

- Parmi les accidents en intersection avec l'influence de l'intersection (25 cas), il y a eu principalement un accident avec un poids-lourds (PL) dans 40% des accidents (10 cas), un véhicule léger (VL) dans 36% des accidents (9 cas), un véhicule utilitaire (VU) dans 8% des cas (2 cas) et un transport en commun (TC) dans 4% des cas (1 cas).
- Parmi les accidents hors intersection ou sans influence de l'intersection (32 cas), il y a eu principalement :
 - La collision avec un autre véhicule dans 56,3% des cas (18 cas) : 61%VL (11 cas), 5,6% PL (1 cas), 16,7% VU (3 cas), 5,6% 2RM (1 cas), 5,6% TC (1 cas), 5,6 % autre (1 cas).
 - Une chute du cycliste seul dans 12,5% (4 cas)
 - La collision avec un piéton dans 3,1% (1 cas)

| | En intersection avec l'influence de l'intersection | Hors intersection ou sans l'influence de l'intersection | Total |
|---------------------|---|--|--------------|
| Véhicule léger | 9 | 11 | 20 |
| Poids-lourds | 10 | 1 | 11 |
| Véhicule utilitaire | 2 | 3 | 5 |
| Transport en commun | 1 | 1 | 2 |
| 2RM | 0 | 1 | 1 |
| Piéton | 0 | 1 | 1 |
| Chute | 0 | 4 | 4 |
| Autre | 3 | 10 | 13 |
| Total | 25 | 32 | 57 |

Conclusion : Comparativement à l'étude précédente qui concernait également les accidents mortels, on peut constater que les résultats sont assez différents : les accidents avec un poids-lourds représentent 19,3% des accidents pour cette étude contre 9,6% dans l'étude précédente. Les chutes représentent 7% des cas contre 12,3% dans l'étude précédente. Les accidents contre un véhicule (hors poids-lourds) représentent 49,1% contre 65,8% dans l'étude précédente (en excluant la catégorie « autre » pour laquelle nous n'avons pas d'information). Les différences des deux études proviennent de la source des accidents, des périodes étudiées (deux ans en 2001-2003 pour l'étude précédente et 2011 pour cette étude), et du fait que le nombre d'observations est faible dans chaque étude. Par ailleurs, les catégories d'accidents sont assez différentes, ce qui ne facilite pas la comparaison.

2.3. Thèse de doctorat d'Alice Billot-Grasset

Référence :

Billot-Grasset Alice, « Typologie des accidents corporels de cyclistes âgés de 10 ans et plus : un outil pour la prévention », Thèse de doctorat, Santé publique et épidémiologie. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015.

Cette thèse de doctorat a analysé les accidents des cyclistes âgés de 10 ans et plus à partir de la base de données médicales des accidentés du Rhône, alimentée par les hôpitaux du département, et d'un questionnaire administré auprès des cyclistes accidentés. Les cyclistes tués ne faisaient donc pas partie de cette étude. 1078 cyclistes ont répondu (soit 43% de ceux interrogés). Les auteurs estiment que la base du Rhône comprend 80% des cyclistes blessés dans le département. La sévérité de l'accident est un peu biaisée dans cette base par la proximité ou non d'un hôpital par rapport au lieu de l'accident.

L'étude a porté sur les années 2009 à 2011. Les cyclistes accidentés ont été sollicités pour répondre au questionnaire le plus rapidement possible après l'accident pour éviter l'oubli. Les cyclistes ayant répondu étaient plus âgés, plus souvent des femmes, plus souvent accidentés avec un tiers, et plus souvent accidentés sérieusement que les cyclistes non-répondants.

Les résultats suivants concernent les accidents hors et en agglomération :

- 41% se produisent lors de trajets utilitaires (visite amis, courses, domicile-travail ou étude), 50% sont des accidents en ville et 20% en périphérie.
- 14% ont lieu lors des trajets de nuit ou en pénombre. 80% des accidentés de nuit ou en pénombre disent avoir allumé au moins une lumière. 13% des accidents sont survenus lors de conditions météorologiques défavorables.
- Dans 16% des cas le cycliste circulait sur un aménagement cyclable.
- 25% des accidents ont eu lieu en intersection (qu'ils soient hors ou en agglomération) : 28% à un carrefour à feux, 19% sur un rond-point. 77% des cyclistes allaient tout droit, 18% faisaient une manœuvre (47% en tournant à gauche, 30% en tournant à droite, 4% en dépassement).
- Dans 45% des cas, il y a un tiers. Ces 45% se divisent en 25,5% voiture en circulation, 6,7% cycliste, 5,3% autre (utilitaires, PL...), 3,6% portière, 3,2% piéton, 0,7% 2RM. La présence d'un tiers est de 9% supérieur pour ceux qui ont répondu à l'enquête par rapport aux non répondants.
Pour le tiers : 25% allait tout droit dans le sens de circulation, 11% changeait de direction, 42% ont coupé la trajectoire du cycliste, 13% côte à côte.
- Dans 32% des cas le cycliste chute suite à une perte de contrôle ou sans que les causes aient été identifiées. Dans 12% des cas, le cycliste chute sur un obstacle.

Les auteurs ont ensuite identifié 17 configurations d'accident. Néanmoins ces configurations ne fournissent pas les manœuvres des uns et des autres et ne peuvent pas permettre d'en tirer les situations recherchées dans le projet ACYCOSUR.

De fait, ces résultats ne sont pas comparables avec les deux études précédentes. D'une part la présente étude exclut les cas mortels qui sont la catégorie étudiée par les études précédentes. D'autre part cette étude ne permet pas d'isoler les accidents en agglomération sur lesquels porte ACYCOSUR. Par ailleurs, le taux de chutes (32%) paraît très élevé alors qu'il ne contient ni les tués, ni les indemnes.

2.4. Observatoire de la Métropole de Bordeaux

Référence :

Site internet de la Métropole de Bordeaux

La Métropole de Bordeaux édite chaque année un observatoire des cyclistes avec une rubrique sur l'accidentologie.

En moyenne entre 2000 et 2020, la Métropole compte deux accidents mortels de cyclistes (moyenne stable alors que la pratique est en constante augmentation). La moitié des accidents mortels sont liées à des conflits avec un poids-lourd, la plupart avec le véhicule lourd en mouvement de tourne à droite.

En moyenne entre 2013 et 2020, la Métropole recense 124 accidents corporels de cyclistes par an. L'essentiel des accidents de cyclistes ont lieu en carrefour avec une manœuvre d'un véhicule venant percuter un cycliste prioritaire :

- Véhicule arrivant d'un axe secondaire et s'engageant sans percevoir le cycliste circulant sur l'axe prioritaire.
- Manœuvre de tourne à droite induisant une collision avec le cycliste circulant dans le même sens, souvent dans une voie spécialisée (piste sur trottoir ou bande cyclable)
- Manœuvre de tourne à gauche d'un véhicule sans percevoir le cycliste circulant en sens inverse.

Les accidents liés à une ouverture de portière (8,3 % des accidents de vélo à l'échelle de la Métropole) sont proportionnellement plus nombreux sur Bordeaux intra-boulevards (12,5 %) que sur le reste de l'agglomération.

Les conflits piétons/cyclistes représentent 8 % des accidents de cyclistes sur l'intra-boulevards et le quartier de la Bastide et 5 % des accidents de cyclistes sur l'ensemble de l'agglomération.

Conclusion : Les accidents mortels avec un poids-lourds représentent 50% des cas mortels, pourcentage très important par rapport aux deux premières études. Le taux d'accident par portière est également plus élevé dans cette étude. Les trois types d'accidents les plus fréquents avec un véhicule sont instructifs mais là encore ces catégories ne sont pas celles majoritaires dans la première étude (cycliste prioritaire dans 9,6% des cas seulement dans la première étude).

3. Etat de l'art à partir d'une étude du registre BAAC

Le fichier BAAC (Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels) est constitué des accidents de la route sur la base des PV de police entre 2005 et 2019. Un fichier BAAC a été constitué avec uniquement les accidents des cyclistes entre 2005 et juillet 2018. Ce dernier fichier a été analysé afin de compléter les informations sur la fréquence et la gravité des accidents de cyclistes.

3.1. Conditions d'analyse

Le travail décrit ici a été effectué sur un sous-ensemble de la base BAAC en enlevant les accidents qui ne correspondaient pas à notre étude ou par choix de simplification. Les accidents écartés sont :

- Les accidents hors agglomération puisque le projet ACYCOSUR porte sur la ville.
- Les accidents des cyclistes âgés de moins de 16 ans puisque le projet ACYCOSUR porte sur les adultes.
- Les accidents avec trois véhicules et plus (dont un cycliste) car ces accidents sont plus complexes à analyser et ils ne représentent que 2,1% des accidents de la base initiale.

- Les accidents dont le cycliste est sorti indemne, car ils sont très sous-représentés dans les fichiers BAAC et de ce fait les statistiques sont faussées. Les niveaux de gravité étudiés pour le cycliste accidenté sont : blessé léger, blessé hospitalisé ou tué. Le blessé léger est une victime ayant fait l'objet de soins médicaux mais n'ayant pas été admise à l'hôpital plus de 24 heures. Le blessé hospitalisé est une victime hospitalisée plus de 24 heures. Le tué est une victime qui décède du fait de l'accident, sur le coup ou dans les 30 jours qui suivent l'accident.
- Les types de véhicules écartés sont le tramway ou train (220 cas), autre véhicule (188), voiturette (154), VL+remorque (14), quad (13), side-car (1) sur la base initiale des 52921 accidents de cyclistes en agglomération. Les types de véhicules conservés sont : PL seul, PL+remorque, TC, VL seul, VU, 2RM et Bicyclette.
- Les types d'infrastructures écartées sont : 'Autre intersection' (850 cas), Place (828 cas), passage à niveau (51), champ non rempli (2). Les types d'infrastructure conservés sont : 'Hors intersection', 'Giratoire', 'intersection en X', 'intersection en T', 'intersection en Y' et 'intersection à + de 4 branches'.

3.2. Discussion sur la sous-estimation des accidents rapportés dans les fichiers BAAC

E. Amoros, J.-L. Martin et B. Laumon (*Emmanuelle Amoros et al. « Under-reporting of road crash casualties in France », Accident Analysis and Prevention 38, 2006*) ont mis en évidence la sous-estimation du nombre d'accidents dans les fichiers BAAC à partir d'une étude couvrant 1997 à 2001. Ces auteurs ont observé que :

- Plus la sévérité de l'accident est faible, plus les accidents sont sous rapportés.
- Plus l'accidenté est jeune, plus les accidents sont sous rapportés.
- La police rurale rapporte moins que la police urbaine.
- Les accidents en dehors d'une route sont sous rapportés.

Ils ont également analysé la probabilité, pour un accident reporté dans le registre du Rhône (beaucoup plus complet que les PV d'accidents des fichiers BAAC), d'être reporté dans les fichiers BAAC, en fonction de différentes variables dont le type d'usagers impliqués dans l'accident. Ils ont choisi l'indicateur de risque relatif (RR) qui, dans le cas général, mesure le rapport de probabilité qu'un événement survienne dans un groupe (un accidenté cycliste par exemple) par rapport à sa survenue dans l'autre groupe (un accidenté automobiliste). Ainsi, la catégorie 'cycliste' accidenté avec un tiers a un RR de 0,75 comparé au groupe de référence choisi des accidentés automobilistes avec tiers. Les RR des autres types d'usagers sont de 0.99 pour les piétons, de 1.03 pour les 2RM, et de 1.17 pour les poids lourds, bus et trams. Ainsi, il semble que les accidents de cyclistes soient moins souvent reportés dans les fichiers BAAC que les accidents d'autres usagers. Par ailleurs, concernant les cyclistes, le RR est de 1,23 à 1,00 en agglomération selon le type de route et les cyclistes âgés de moins de 17 ans sont moins bien reportés.

Au vu de ces résultats, il semblerait que les éléments écartés pour notre étude de la base BAAC initiale (les indemnes, les âges inférieurs à 16 ans, les accidents hors agglomération, etc.) permettent de diminuer l'effet de sous-représentation des accidents et de distorsion des résultats. Les chutes d'un cycliste seul (sans tiers) sur un obstacle fixe ou pas sont clairement sous-représentées. On sait que selon plusieurs études ces accidents seuls représentent environ 50% des accidents de cyclistes.

3.3. Quelques résultats globaux

La base de données sur laquelle portent les résultats est constituée de 38782 accidents de cyclistes.

La proportion des accidents de cycliste avec un tiers (véhicule, piéton, animal) ou sur un obstacle fixe sans tiers ou sans obstacle fixe ni tiers est fournie dans le tableau suivant.

| Total des accidents | Avec véhicules | Avec piéton | Avec animal | Avec obstacle fixe sans tiers | Sans obstacle fixe ni tiers | Total |
|---------------------|----------------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Nombre | 34948 | 832 | 67 | 500 | 2435 | 38782 |
| Pourcentage | 90,1% | 2,1% | 0,2% | 1,3% | 6,3% | 100,0% |

La grande majorité des accidents sont des collisions avec un véhicule. Néanmoins on sait, comme on l'a indiqué ci-dessus, que les chutes seul (7,6%) sont largement sous-estimées. Ayant enlevé la catégorie des indemnes, cette sous-estimation est plus modérée. On peut noter également que les accidents de cyclistes indemnes avec un piéton représentent 1891 cas portant le pourcentage total des accidents avec piétons à 7,0%. Cette proportion montre que le piéton est celui qui est le plus souvent blessé.

3.3.1. Cas de l'accident sans obstacle fixe ni tiers

La gravité des accidents par chute sans heurter d'obstacle fixe ni de tiers est fourni ci-dessous :

| Accidents sans obstacle fixe ni tiers : gravité | | |
|---|-------------|---------------|
| Blessés légers | 1657 | 68,0% |
| Blessés hospitalisés | 695 | 28,5% |
| Tués | 83 | 3,4% |
| Total | 2435 | 100,0% |

Le tableau suivant fournit la répartition selon l'état de la voirie :

| Accidents sans obstacle fixe ni tiers : état de la surface | | |
|--|------|-------|
| normale | 1816 | 74,6% |
| mouillée | 354 | 14,5% |
| Non renseigné | 154 | 6,3% |
| autre | 40 | 1,6% |
| verglacée | 33 | 1,4% |
| corps gras - huile | 20 | 0,8% |
| enneigée | 9 | 0,4% |
| flaques | 5 | 0,2% |
| boue | 3 | 0,1% |
| inondée | 1 | 0,0% |

La grande majorité de ces accidents se produit sur une surface de voirie normale. 14,5% se produisent sur chaussée mouillée.

3.3.2. Cas de l'accident sur un obstacle fixe sans tiers

| Accidents sur un obstacle fixe sans tiers : gravité | Nombre | % |
|---|------------|---------------|
| Légers | 293 | 58,6% |
| Hospitalisés | 181 | 36,2% |
| Tués | 26 | 5,2% |
| Total | 500 | 100,0% |

Ces obstacles fixes sont fournis dans le tableau ci-dessous :

| Accidents sur un obstacle fixe sans tiers : type d'obstacle | Nombre | % |
|---|------------|---------------|
| Bordure de trottoir | 259 | 51,8% |
| Autre obstacle fixe sur chaussée | 145 | 29,0% |
| Autre obstacle fixe sur trottoir ou accotement | 47 | 9,4% |
| Ilot, refuge, borne haute | 21 | 4,2% |
| Fossé, talus, paroi rocheuse | 19 | 3,8% |
| Parapet | 9 | 1,8% |
| Total | 500 | 100,0% |

Pour 51,8% des cas le cycliste heurte une bordure de trottoir et 29,0% un autre obstacle fixe de la chaussée (trou, grille...).

3.3.3. Cas de l'accident avec un piéton

| Accidents avec piéton : gravité | Nombre | % |
|---------------------------------|------------|---------------|
| Légers | 690 | 82,9% |
| Hospitalisés | 139 | 16,7% |
| Tués | 3 | 0,4% |
| Total | 832 | 100,0% |

Le cycliste qui heurte un piéton est en grande majorité blessé léger. Mais si on réintègre les cyclistes indemnes, ces derniers représentent alors 69,4% du total des accidents avec piétons (1891 cas) et les blessés légers représentent alors 25,3% des cas.

Le lieu de l'accident avec le piéton est fourni ci-dessous :

| Accidents avec piéton : lieu | Nombre | % |
|--------------------------------|------------|---------------|
| Hors intersection | 639 | 76,8% |
| Intersection en X | 95 | 11,4% |
| Intersection en T | 59 | 7,1% |
| Intersection à + de 4 branches | 23 | 2,8% |
| Intersection en Y | 13 | 1,6% |
| Giratoire | 3 | 0,4% |
| Total | 832 | 100,0% |

Dans 76,8% des cas, les accidents avec un piéton ont lieu hors intersection.

3.3.4. Cas de l'accident avec un véhicule

a) Accident par type de véhicule

La répartition des accidents d'un cycliste avec un véhicule selon le type de véhicule est fournie ci-dessous.

| Type de véhicule | Nombre d'accidents | % |
|------------------|--------------------|-------|
| VL seul | 27588 | 78,9% |
| 2RM | 2345 | 6,7% |
| VU | 2273 | 6,5% |
| Bicyclette | 869 | 2,5% |
| PL seul | 867 | 2,5% |
| TC | 657 | 1,9% |

| | | |
|---------------------|--------------|---------------|
| PL + remorque | 349 | 1,0% |
| Soit un total PL+TC | 1873 | 5,6% |
| Total | 34948 | 100,0% |

La grande majorité des accidents implique un véhicule léger seul.

b) Accident selon la gravité

En matière de gravité d'accident, tout type d'accident confondu, on a le tableau ci-après :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|-------------------|--------------------|---------------|
| Légers | 27029 | 69,7% |
| Hospitalisés | 10980 | 28,3% |
| Tués | 773 | 2,0% |
| Total | 38782 | 100,0% |

Dans la grande majorité des accidents, le cycliste est un blessé léger.

Le nombre d'accidents avec un véhicule, par type de véhicule et selon la gravité de l'accident est fourni ci-dessous :

| Accidents avec des véhicules selon le type de véhicules | PL seul ou PL+remorque ou TC | VL seul | VU | 2RM | Bicyclette | Total |
|---|------------------------------|---------|------|------|------------|-------|
| Légers | 1007 | 19271 | 1623 | 1805 | 647 | 24353 |
| Hospitalisés | 646 | 7952 | 607 | 519 | 213 | 9937 |
| Tués | 220 | 365 | 43 | 21 | 9 | 658 |
| Total | 1873 | 27588 | 2273 | 2345 | 869 | 34948 |

Le total de 869 pour les accidents entre au moins 2 cyclistes représente le nombre de cyclistes accidentés. Le nombre réel d'accidents d'un cycliste contre un autre cycliste est de 687. Déterminé trop tardivement, ce nombre n'a pas été utilisé dans les résultats des autres tableaux.

Voici les mêmes données sous forme de pourcentage sur le total des accidents impliquant un véhicule :

| % sur le total des accidents | PL seul ou PL+remorque ou TC | VL seul | VU | 2RM | Bicyclette | Total |
|---|------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Légers | 2,9% | 55,1% | 4,6% | 5,2% | 1,9% | 69,7% |
| Hospitalisés | 1,8% | 22,8% | 1,7% | 1,5% | 0,6% | 28,4% |
| Tués | 0,6% | 1,0% | 0,1% | 0,1% | 0,0% | 1,9% |
| Total selon le type de véhicules | 5,4% | 78,9% | 6,5% | 6,7% | 2,5% | 100,0% |

Les accidents avec un VL (78,9%) sont largement dominants, suivis des accidents avec un 2RM (6,7%) et un VU (6,5%).

Lorsque la gravité est exprimée en pourcentage sur le total d'accidents par type de véhicule, on a le tableau suivant :

| % sur le total par type de véhicule | PL seul ou PL+remorque ou TC | VL seul | VU | 2RM | Bicyclette |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Légers | 53,8% | 69,9% | 71,4% | 77,0% | 74,5% |
| Hospitalisés | 34,5% | 28,8% | 26,7% | 22,1% | 24,5% |
| Tués | 11,7% | 1,3% | 1,9% | 0,9% | 1,0% |
| Total | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Les accidents avec un PL sont nettement plus graves que les autres (11,7% de tués parmi les accidents de PL).

c) Accident selon la localisation

La localisation de l'accident avec un véhicule est fournie dans le tableau suivant :

| | Hors intersection | Giratoire | Intersection en X | Intersection en T | Intersection en Y | Intersection à + de 4 branches | Total |
|---|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|
| Total accidents avec un véhicule | 17893 | 3378 | 6643 | 5437 | 819 | 778 | 34948 |
| Total (%) | 51,2% | 9,7% | 19,0% | 15,6% | 2,3% | 2,2% | 100% |

Le pourcentage fourni est exprimé sur le total des accidents avec un véhicule. Il y a 51,2% d'accidents hors intersection et 48,8% en intersection (incluant le giratoire). En intersection, les accidents surviennent le plus souvent sur des intersections en X et en Y.

La corrélation entre cette localisation et la gravité sont fournis dans le tableau suivant. La seconde partie du tableau indique les pourcentages rapportés au nombre d'accidents par type d'infrastructure.

| nombres | Hors intersection | Giratoire | Intersection en X | Intersection en T | Intersection en Y | Intersection à + de 4 branches |
|-------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|
| Légers | 12099 | 2059 | 5039 | 3911 | 585 | 660 |
| Hospitalisés | 5397 | 1257 | 1504 | 1453 | 221 | 105 |
| Tués | 397 | 62 | 100 | 73 | 13 | 13 |
| pourcentages | | | | | | |
| Légers (%) | 67,6% | 61,0% | 75,9% | 71,9% | 71,4% | 84,8% |
| Hospitalisés (%) | 30,2% | 37,2% | 22,6% | 26,7% | 27,0% | 13,5% |
| Tués (%) | 2,2% | 1,8% | 1,5% | 1,3% | 1,6% | 1,7% |
| Total (%) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Les accidents impliquant un cycliste tué sont plus nombreux hors intersection qu'en intersection (incluant les giratoires) : 397 tués hors intersection (soit 60,3% des tués) et 261 tués en giratoire et intersection.

On constate également que le plus fort pourcentage d'accidentés tués se situe hors intersection (2,2%) alors que le plus fort pourcentage d'accidentés hospitalisés se situe en giratoire (37%).

d) Les manœuvres du cycliste et de l'autre véhicule avant l'accident

La base BAAC fournit, pour le cycliste et l'autre véhicule, la manœuvre au moment de l'accident. 25 types de manœuvres sont définis.

On a étudié qui, du véhicule ou du cycliste, faisait une manœuvre lors de l'accident. On a écarté les accidents lorsque l'une au moins des manœuvres du véhicule ou du cycliste n'était pas renseignée. Les champs retenus dans la base n'indiquant aucune manœuvre pour le cycliste ou l'autre véhicule sont : rouler « sans changement de direction », être dans le « même sens, même file », « dans le couloir bus dans le même sens ». Tous les autres cas ont été considérés comme une manœuvre. Ces manœuvres incluent par exemple l'ouverture de porte, être en sens inverse et le stationnement.

| Manœuvres ou pas du véhicule et du cycliste | Nombre | % |
|--|---------------|-------------|
| Le véhicule fait une manœuvre et pas le cycliste | 14296 | 46,6% |
| Le cycliste fait une manœuvre et pas le véhicule | 5193 | 16,9% |
| Le cycliste et le véhicule font une manœuvre | 4097 | 13,3% |
| Ni le cycliste ni le véhicule ne fait une manœuvre | 7104 | 23,1% |
| Total | 30690 | 100% |

Le cas où le véhicule fait une manœuvre lors de l'accident et pas le cycliste est prépondérant (46,6%).

La gravité des accidents varie relativement peu selon qui fait une manœuvre, comme indiqué ci-dessous.

Cas où le véhicule fait une manœuvre et pas le cycliste :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Légers | 10376 | 72,6% |
| Hospitalisés | 3749 | 26,2% |
| Tués | 171 | 1,2% |
| Total | 14296 | 100,0% |

Cas où le cycliste fait une manœuvre et pas le véhicule

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Légers | 3378 | 65,0% |
| Hospitalisés | 1673 | 32,2% |
| Tués | 142 | 2,7% |
| Total | 5193 | 100,0% |

Cas où le cycliste et le véhicule font une manœuvre :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Légers | 2867 | 70,0% |
| Hospitalisés | 1154 | 28,2% |
| Tués | 76 | 1,9% |
| Total | 4097 | 100,0% |

Cas où ni le cycliste ni le véhicule ne fait une manœuvre :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|--------------------------|---------------------------|---------------|
| Légers | 4923 | 69,3% |
| Hospitalisés | 2009 | 28,3% |
| Tués | 172 | 2,4% |
| Total | 7104 | 100,0% |

Pour aller plus loin dans le détail concernant les manœuvres des véhicules et des cyclistes, nous étudions, dans la suite, les types de manœuvres du véhicule ou du cycliste qui nous ont paru les plus fréquents ou les plus graves.

e) Accident par ouverture de portière

Il y a 2286 accidents dus à l'ouverture d'une portière soit 5,9% du total des 38782 accidents de la base. Il ne s'agit là que des ouvertures de porte ayant entraîné une blessure et non les indemnes ou les quasi-accidents.

La gravité est fournie dans le tableau ci-dessous :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|-------------------|--------------------|-------------|
| Légers | 1941 | 84,9% |
| Hospitalisés | 336 | 14,7% |
| Tués | 9 | 0,4% |
| Total | 2286 | 100% |

Bien que relativement fréquents, ces types d'accidents sont peu graves.

Il y a 1905 accidents (83,4%) hors intersection et 378 (16,6%) en intersection ou en giratoire pour les VL, PL et VU (sans doute le plus souvent au niveau de l'intersection). Ce sont principalement des VL (1960 soit 85,9%) puis des VU (266 soit 11,7%) puis les PL (57 soit 2,5%).

Pour les cas clairement identifiés, il y a 1641 cas sur la gauche du véhicule (79,0%) et 435 sur la droite du véhicule (21,0%). Pour les VL en intersection et giratoire ces proportions deviennent 68,5% sur la gauche et 31,5% sur la droite.

f) Accident lorsque le véhicule tourne à droite (incluant le giratoire)

Considérant uniquement les VL, PL-TC ou VU, le nombre d'accidents où le véhicule tournait à droite (incluant le giratoire) est fourni dans le tableau suivant.

| | Nombre | % sur la base | % sur ce type d'accidents |
|----------------------------|--------|---------------|---------------------------|
| VL seul | 2655 | 6,8% | 78,5% |
| PL-TC | 429 | 1,1% | 12,7% |
| VU | 299 | 0,8% | 0,9% |
| Total pour VL,PL,VU | 3383 | 8,7% | 100% |

Parmi les 8,7% des cas où le véhicule tourne à droite, le VL est de loin le plus fréquent avec 6,8% des cas (soit 78,5% des cas d'accidents des véhicules tournant à droite).

En terme de gravité, les résultats sont fournis ci-dessous, en nombre, puis en pourcentage (100% par ligne) :

| | Légers | Hospitalisés | Tués | % Légers par type de véhicules | % Hospitalisés | % Tués | Total |
|---------------------------------|--------|--------------|------|--------------------------------|----------------|--------|-------------|
| VL seul | 2050 | 591 | 14 | 77,2% | 22,3% | 0,5% | 100% |
| PL-TC | 188 | 159 | 82 | 43,8% | 37,1% | 19,1% | 100% |
| VU | 236 | 61 | 2 | 78,9% | 20,4% | 0,7% | 100% |
| Total pour VL+PL-TC + VU | 2474 | 811 | 98 | 73,1% | 24,0% | 2,9% | 100% |

On retrouve que les PL-TC donnent lieu, de loin, aux accidents les plus graves avec 19,1% de tués et 37,1% d'hospitalisés sur l'ensemble des accidents de PL-TC qui tournent à droite.

g) Accident lorsque que le véhicule tourne à gauche (hors giratoire)

Considérant uniquement les VL, PL-TC ou VU et les accidents en intersection hors giratoire, le nombre d'accidents où le véhicule tournait à gauche est fourni dans le tableau suivant.

| Type de véhicules | Nombre | % sur la base | % sur ce type d'accidents |
|-------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|
| VL seul | 4549 | 11,7% | 92,1% |
| PL-TC | 101 | 0,3% | 2,0% |
| VU | 292 | 0,8% | 5,9% |
| Total pour VL,PL-TC,VU | 4942 | 12,7% | 100% |

Parmi les 12,7% des cas où le véhicule tourne à gauche (hors giratoire), le VL est de loin le plus fréquent avec 11,7% des cas (soit 92,1% des cas d'accidents des véhicules tournant à gauche hors giratoire).

En terme de gravité, les résultats sont fournis ci-dessous, en nombre, puis en pourcentage (100% par ligne) :

| | Légers | Hospitalisés | Tués | % Légers par type de véhicules | % Hospitalisés | % Tués | Total |
|---------------------------------|--------|--------------|------|--------------------------------|----------------|--------|-------------|
| VL seul | 3129 | 1395 | 25 | 68,8% | 30,7% | 0,5% | 100% |
| PL-TC | 56 | 34 | 11 | 55,4% | 33,7% | 10,9% | 100% |
| VU | 191 | 100 | 1 | 65,4% | 34,2% | 0,3% | 100% |
| Total pour VL+PL-TC + VU | 3376 | 1529 | 37 | 68,3% | 30,9% | 0,7% | 100% |

Les accidents avec un PL-TC sont les plus graves, mais les résultats sont moins marqués que pour le tourne-à-droite.

h) Accident lorsque le cycliste tourne à gauche (hors giratoire)

Les accidents des cyclistes qui tournaient à gauche (hors giratoire) représentent 4,3% des accidents de la base (soit 1664 cas). La gravité est représentée dans le tableau suivant :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Légers | 1095 | 65,8% |
| Hospitalisés | 530 | 31,9% |
| Tués | 39 | 2,3% |
| Total | 1664 | 100% |

Même si ce type d'accident est moins fréquent que d'autres types, il possède une gravité plus forte que lorsque la manœuvre est effectuée par un VL.

i) Accident lorsque le véhicule s'insère sur un giratoire

Les accidents des cyclistes où le véhicule tiers s'insère sur un giratoire représentent 6,5% des accidents de la base (soit 2514 cas). Leur gravité est représentée dans le tableau suivant :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Légers | 1723 | 68,5% |
| Hospitalisés | 770 | 30,6% |
| Tués | 21 | 0,8% |
| Total | 2514 | 100% |

Ce type d'accident conduit à un taux d'hospitalisés un peu supérieur aux autres types d'accident où le véhicule manœuvre (hors PL-TC).

j) Accident lorsque le cycliste traverse la chaussée ou fait demi-tour (hors intersection mais incluant le giratoire)

Il y a 1398 accidents de cyclistes où celui-ci traversait la chaussée ou faisait demi-tour hors intersection mais incluant le giratoire. Cela représente 3,6% des accidents de la base. La gravité est représentée dans le tableau suivant :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|-------------------|--------------------|---------------|
| Légers | 855 | 61,2% |
| Hospitalisés | 510 | 36,5% |
| Tués | 33 | 2,4% |
| Total | 1398 | 100,0% |

La gravité de ce type d'accident est supérieure aux autres types d'accident où le véhicule manœuvre (hors PL-TC).

k) Accident lorsque le cycliste traverse la chaussée en intersection

Il y a 1118 accidents de cyclistes où celui-ci traversait la chaussée en intersection. Cela représente 2,9% des accidents de la base. La gravité est représentée dans le tableur suivant :

| Niveau de gravité | Nombre d'accidents | % |
|-------------------|--------------------|---------------|
| Légers | 768 | 68,7% |
| Hospitalisés | 327 | 29,2% |
| Tués | 23 | 2,1% |
| Total | 1118 | 100,0% |

La gravité de ce type d'accident est supérieure aux autres types d'accident où le véhicule manœuvre (hors PL-TC).

4. Conclusion générale

Il est relativement difficile de comparer les différentes études présentées car elles ne portent pas sur les mêmes gravités (tués pour les uns, hospitalisés hors tués pour d'autres ou toutes catégories) ni sur les mêmes périodes temporelles (une à deux années ou 13,5 ans). Enfin et surtout, les accidents ne sont pas classés de la même manière : dans l'étude de Got et Got, l'aspect des priorités entre accidentés domine, dans d'autres, ce sont les types de véhicules ou les manœuvres.

Pour conclure sur la fréquence et la gravité des accidents que nous avons obtenus à partir des données du BAAC, nous rassemblons les principaux résultats dans le tableau ci-dessous. Ces résultats, pour les données qui peuvent être comparées avec les autres études, n'en sont pas très éloignés.

Le tableau suivant reprend les cas étudiés sur le BAAC avec le nombre d'accidents par catégorie (fréquence) et le nombre de tués par catégorie (gravité). Les nombres en gras montrent les catégories les plus fréquentes et / ou les plus graves. L'ensemble des types d'accidents étudiés représentent 71,4% des accidents de la base (en incluant les cas où le cycliste et le véhicule ne faisaient aucune manœuvre avant l'accident).

| Type d'accident | Nombre d'accidents | % d'accidents | Nombre de tués | % de tués sur ce type d'accident |
|---|--------------------|---------------|----------------|----------------------------------|
| Sans tiers | | | | |
| Sans obstacle fixe ni tiers | 2435 | 6,3% | 83 | 3,4% |
| Sur un obstacle fixe sans tiers | 500 | 1,3% | 26 | 5,2% |
| Avec un piéton | 832 | 2,1% | 3 | 0,4% |
| Avec un véhicule | | | | |
| Sans manœuvre du véhicule et du cycliste | 7104 | 18,3% | 172 | 2,4% |
| Portière | 2286 | 5,9% | 9 | 0,4% |
| Véhicule qui TAD (VL/PL-TC/VU) (incluant giratoire) | 3383 | 8,7% | 98 | 2,9% |
| Dont PL-TC qui TAD | 429 | 1,1% | 82 | 19,1% |
| Véhicule qui TAG (hors giratoire) | 4942 | 12,7% | 37 | 0,7% |
| Dont PL-TC qui TAG | 101 | 0,3% | 11 | 10,9% |
| Véhicule qui s'insère sur un giratoire | 2514 | 6,5% | 21 | 0,8% |
| Cycliste qui TAG (hors giratoire) | 1664 | 4,3% | 39 | 2,3% |
| Cycliste qui traverse la chaussée ou fait demi-tour (hors intersection et en giratoire) | 1398 | 3,6% | 33 | 2,4% |
| Cycliste qui traverse la chaussée en intersection | 1118 | 2,9% | 23 | 2,1% |

TAD : tourne à droite ; TAG ; tourne à gauche

Hormis les accidents avec piétons, les obstacles fixes sans tiers et avec les PL-TC, tous les accidents étudiés sont fréquents. Les accidents les plus graves sont les chutes sans tiers et les accidents avec un PL-TC.

Ce tableau servira de base pour le choix des situations étudiées dans la suite du projet.

Partie 2 : Choix des situations étudiées pour les observations naturalistes, l'enquête et l'expérimentation sur simulateur vélo

1. Objectif

L'objectif de cette partie était de définir les situations qui seraient étudiées par la suite dans l'enquête, dans les observations naturalistes et dans l'expérimentation sur le simulateur vélo.

On entend par « situation » tout événement extérieur que rencontre le cycliste en circulation (présence d'un poids-lourd, véhicule garé en double file, véhicule qui tourne à droite, carrefour bloqué, etc.) ou une action à réaliser par lui (tourner à gauche au prochain carrefour, rouler dans un double sens cyclable, arriver à un carrefour, etc.).

Ce choix des situations s'est fait en fonction des fréquences et gravités des accidents de cyclistes mais aussi en fonction des possibilités offertes par chacune des études : observations, enquête et expérimentation. L'idée était d'avoir un noyau de situations identiques pour toutes ces études afin de croiser certains résultats entre elles.

2. Méthodologie

Les comportements adaptés ou pas à une situation donnée que nous visons sont ceux du cycliste et non d'un véhicule tiers. Nous cherchons à définir si le comportement du cycliste était approprié ou pas (en matière de sécurité) dans une situation de conduite, indépendamment des défauts de conduite d'un véhicule tiers. Nous ne nous plaçons pas non plus du point de vue du respect strict du code de la route notamment le respect des priorités des uns et des autres. Si un cycliste ayant priorité sur une bande cyclable mais non visible par un véhicule sur la voie à sa gauche et susceptible de tourner à droite, le comportement « approprié » ou « adapté » du cycliste n'est pas de « prendre » sa priorité.

Il fallait donc, à partir de chaque type d'accident retenu pour leur fréquence ou gravité, étudier quels comportements du cycliste pouvaient favoriser ou au contraire contribuer à éviter ce type d'accidents afin de ne retenir que les situations où le comportement du cycliste pouvait avoir une incidence sur la survenue d'un accident. Par exemple, pour la situation d'un véhicule qui tourne à gauche, bien que la manœuvre soit celle du véhicule, certains comportements du cycliste peuvent favoriser le fait que le conducteur du véhicule ne voie pas le cycliste en tournant. Il peut s'agir par exemple d'un positionnement du cycliste sur la chaussée qui le rend peu visible.

Nous avons mis en regard les potentiels comportements jugés « à risque » des cyclistes avec les types de situation. En parallèle nous avons décliné une situation donnée en fonction d'une infrastructure et d'un niveau de trafic donnés car ces deux facteurs peuvent influencer le comportement du cycliste.

Nous avons abouti à un ensemble de situations listées dans le chapitre suivant.

3. Choix des situations

Nous listons l'ensemble des situations retenues et nous indiquons si ces situations sont utilisées pour les observations naturalistes, l'enquête et / ou l'expérimentation sur le simulateur. Nous avons opté pour quelques situations pour les observations naturalistes et l'enquête et un plus grand nombre pour l'expérimentation.

| Situation | Variante | Observations | Enquête | Expérimentation |
|---|---|--------------|---------|-----------------|
| Camion ou bus arrêté en première position à un feu rouge en carrefour | Rue avec bande cyclable dans le sens du cycliste. | X | X | X |
| | Rue sans bande cyclable. | X | | X |
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| Interaction avec un véhicule (voiture ou véhicule long) à l'entrée d'un carrefour à feux, le feu est vert, le véhicule roule dans le même sens que le cycliste | Dans une rue bidirectionnelle (2x1 voies) avec en plus une bande cyclable au moins du côté où circule le cycliste. | X | X | X |
| | Rue sans bande cyclable dans le sens du cycliste. | | | X |
| Circulation le long de véhicules stationnés en créneau ou en bataille | Sans bande cyclable, sans trafic | X | | X |
| | Avec une bande cyclable, sans trafic | X | | X |
| | Sans bande cyclable, avec trafic | X | X | X |
| | Avec une bande cyclable, avec trafic | X | X | X |
| | En bataille, sans bande cyclable | | | X |
| Interaction avec un piéton | Piéton passant entre des véhicules stationnés | | X | X |
| | Piéton marchant sur une piste cyclable | | | X |
| Circulation sur l'anneau d'un giratoire à priorité à l'anneau ou d'un rond-point à priorité à droite, sans feux | Sans bande cyclable | X | X | X |
| | Avec une bande cyclable sur l'anneau | | | X |
| Tourner à droite en carrefour | Sur route mouillée ou sur tapis de feuilles mortes | X | | X |
| | Sur route sèche | | | X |
| Tourner à gauche en carrefour | Rue d'où vient le cycliste sans bande cyclable | | | X |
| | Rue d'où vient le cycliste munie d'une bande cyclable | | X | X |
| Remontée d'une file d'attente comportant un bus | Rue munie d'une bande cyclable et de véhicules stationnés | | | X |
| Dépassement d'une voiture, d'un véhicule utilitaire ou d'un bus à son arrêt commercial | Sur un double sens cyclable, cycliste dans le sens autorisé aux autres véhicules | | | X |
| | Sur une route bi-directionnelle (2 x 1 voies) | | X | X |
| | Dans un couloir bus, bus à son arrêt commercial | | | X |
| Franchir le rebord d'une piste cyclable | Pour entrer sur la piste | | | X |
| | Le long d'une piste comportant un obstacle | | | X |
| Circuler sur une piste cyclable avec des véhicules hauts stationnés sur la gauche qui masquent l'arrivée potentielle de piétons sur un passage piétons | | | | X |

| | | | | |
|--|------------------------------|--|---|---|
| Arrivée sur un carrefour avec un immeuble masquant la visibilité sur la droite | Le cycliste a la priorité | | X | X |
| | Le cycliste n'a pas priorité | | | X |

Partie 3 : Les observations naturalistes

1. Objectifs de ces observations

L'objectif de cette étude était :

- d'observer le comportement en circulation de cyclistes adultes dans des situations préalablement choisies pour apprécier leur niveau d'adaptation à chaque situation puis,
- d'interroger sur le vif chaque cycliste sur son appréciation de ses choix de comportement et ses connaissances sur les risques et les comportements adaptés à la situation.

Il s'agissait de croiser un comportement observé avec les connaissances qu'a la personne de ce comportement et d'éventuels meilleurs comportements qu'elle aurait pu adopter.

Cette étude a fait l'objet d'un dossier présenté au CRPH (Comité pour les Recherches impliquant la Personne Humaine) de notre Université. Le CRPH a estimé trop dangereux d'arrêter les cyclistes sur la chaussée à cause d'un risque d'accident et d'un défaut d'assurance en cas d'accident. En effet, l'assurance contractée par l'Université ne couvre que les personnes ayant préalablement donné leur accord pour participer à la recherche. Or le protocole ne permettait pas de recueillir le consentement avant l'arrêt des cyclistes.

Ce processus pour réaliser le dossier, passer en CRPH, recevoir leur réponse et discuter a pris plusieurs mois. Comme nous ne voulions pas prendre du retard sur la partie expérimentale sur le simulateur, nous évaluerons l'intérêt, pour le projet, de faire une observation pure (sans arrêter les cyclistes) dans le 1^{er} semestre 2024 en cas de prolongation du projet.

Nous ne détaillons dans la suite que la partie méthodologie des observations.

2. Méthodologie

La sélection des situations à étudier dans le cadre de cette étude a été décrite à la partie 2. Pour chacune de ces situations, un ou plusieurs lieux seront choisis.

Un observateur sera présent. Positionné à un endroit stratégique pour l'observation, il observera le cycliste choisi. Selon les situations, la présence d'un deuxième observateur pourra s'avérer utile. Il ne sera pas effectué d'observation d'un nouveau cycliste tant que cette phase d'observation du premier cycliste ne sera pas terminée.

Tout cycliste est potentiellement observable. Le choix d'observer ou pas tel cycliste sera uniquement fonction :

- De la densité de cyclistes à un instant donné sur le lieu d'observation. Lorsque plusieurs cyclistes se suivent de près, ils peuvent s'influencer les uns les autres. Donc seuls les cyclistes qui ne sont pas suivis de près par un autre cycliste ou qui suivent de près un autre cycliste seront observés. On estime à environ une vingtaine de mètres la distance qui doit séparer le cycliste observé de tout cycliste qui le suit ou le précède.
- De critères d'observation : par exemple dans le cas du camion ou du bus arrêté à un feu rouge, si un cycliste ne s'arrête pas au feu rouge, il ne sera pas observé car le critère d'observation est le positionnement d'arrêt du cycliste dans l'environnement du camion ou du bus.

Pour chacune des situations choisies, on définit successivement les mesures d'observation, la grille des comportements et la qualification des catégories de comportements.

Les mesures d'observation sont les variables directement observées par l'observateur : mesure du positionnement du cycliste par rapport à un repère donné, mesure qualitative de sa vitesse, etc. Pour certaines situations, il y a plusieurs variables mesurées.

La grille des comportements est le regroupement des comportements possibles (décrits par les variables mesurées) en différentes catégories. Chaque catégorie correspond à un ensemble de valeurs prises par les différentes variables observées dans la situation donnée. Ces catégories

forment une partition¹ (au sens mathématiques) de l'ensemble des valeurs possibles des différentes variables. Le comportement de chaque cycliste sera ainsi rangé dans l'une d'entre elles. Par exemple une catégorie pourrait être : positionnement du cycliste à moins de 60 cm du bord de la rue et vitesse rapide du cycliste.

Chaque catégorie de comportement est qualifiée selon trois modalités : « à risque », « adapté » ou « indéterminé ».

Un observateur note les mesures d'observation, puis en déduit dans quelle catégorie le comportement observé d'un cycliste se situe sur la grille pré-établie des comportements. Les scènes observées ne seront ni filmées ni photographiées pour des questions de droit à l'image. Toutes les observations seront consignées sur papier.

L'ensemble des données d'observation seront ensuite analysées afin de faire ressortir les proportions de cyclistes ayant un comportement adapté selon la situation étudiée.

Le descriptif des situations, les mesures d'observation, la grille des comportements et leur qualification sont fournis en annexe 1.

¹ ensemble de parties, deux à deux disjointes, dont l'union regroupe toutes les possibilités.

Partie 4 : L'enquête

1. Objectifs de l'enquête

L'enquête a pour objectif de déterminer les connaissances des cyclistes concernant les bons comportements à adopter dans les situations présentées précédemment, d'identifier les sources de ces connaissances et d'étudier les liens entre ces connaissances et des variables psychosociales comme le sentiment de compétence à vélo, et des variables démographiques comme l'expérience de pratique. Cette enquête permettra ainsi de compléter et généraliser les résultats de l'expérimentation à une population plus large et plus variée.

2. Méthode de l'enquête

2.1. Participants

500 participants pratiquant le vélo au moins quelques fois par mois vont être recrutés par le biais d'un prestataire de services. Ces participants habiteront dans des agglomérations de tailles différentes réparties sur le territoire français. Ils seront constitués d'environ autant d'hommes que de femmes, et présenteront toutes les catégories d'âges.

2.2. Questionnaire

Le questionnaire comprendra plusieurs parties.

Dans la première partie, les participants répondront à des questions démographiques (âge, sexe, taille de la ville...) et des questions concernant leur pratique du vélo (fréquence de pratique, ancienneté de pratique, type d'usage, nombre d'accidents, participation à des formations cyclistes, sources d'informations sur le vélo ...). Dans la seconde partie, les participants se verront présenter un échantillon des situations précédemment identifiées, et devront indiquer pour chacune le comportement qu'ils auraient dans cette situation, et le comportement qu'ils pensent le plus approprié, et le risque subjectif qu'ils ressentent face à cette situation. Dans la dernière partie les participants indiqueront le niveau de compétences qu'ils estiment avoir en vélo, et leur rapport aux règles du code de la route.

La passation du questionnaire est en cours.

Partie 5 : Les fiches pédagogiques

1. Objectifs de ces fiches

Les fiches pédagogiques ont été construites dans la perspective globale de pouvoir apporter une aide aux cyclistes, qu'ils soient expérimentés ou novices, afin de fournir d'une part les comportements à éviter lors d'une circulation à vélo en ville, et de suggérer d'autre part les comportements adaptés aux situations de conduite les plus fréquemment rencontrés.

On entend par « comportement adapté », ce que peut faire le cycliste, dans une situation donnée, pour rester dans de bonnes conditions de sécurité quelle que soit l'évolution de la situation. Cela comprend des actions du cycliste pour se rendre visible et prévisible des autres usagers et pour qu'il soit en capacité d'anticiper ce qu'ils sont susceptibles de faire. Cela passe notamment par certains positionnements sur la chaussée et relativement aux autres usagers.

Afin de répondre à cet objectif global, l'efficacité des fiches à améliorer les comportements des cyclistes va être testée, en étudiant l'effet de la lecture de ces fiches sur leurs comportements réels tels que mesurés au moyen d'un simulateur vélo en réalité virtuelle. Il s'agira ainsi de vérifier si les comportements à éviter et ceux mieux adaptés décrits dans les fiches sont bien pris en compte par les participants dans leur pratique du vélo. Cette prise en compte sera objectivée par des mesures comportementales des cyclistes provenant principalement du simulateur vélo (voir partie 6).

2. Choix des thèmes des fiches

Deux types de fiches ont été conçus : d'une part des fiches sur les fondamentaux de la conduite et d'autre part des fiches sur les principales pratiques de conduite. Les fondamentaux permettent de fournir les comportements selon les grands principes de la conduite. Les pratiques de conduite montrent l'application de ces fondamentaux sur des situations particulières. Les pratiques choisies représentent des difficultés pour les cyclistes (par exemple tourner à gauche en carrefour) et / ou qui conduisent à des accidents fréquents ou graves (par exemple rester maître de son vélo ou circuler en présence des camions et des bus).

Une fiche introductive et dix fiches ont été rédigées.

La fiche introductive décrit le contexte de la rédaction de ces fiches, fournit quelques définitions de mots utilisés dans les fiches et la signification des objets visuels utilisés dans les dessins.

Les fiches principes sont :

- Être attentif, voir, entendre.
- Se rendre visible.
- Se rendre prévisible.
- Anticiper.

Les fiches pratiques sont :

- Longer les véhicules arrêtés.
- Tourner à gauche.
- Traverser un carrefour.
- Les giratoires et les ronds-points.
- Rester maître de son vélo : comment éviter les chutes.
- Les camions et les bus.

3. Rédaction des fiches

Ces fiches décrivent les risques, les comportements « inadaptés » (dans le sens : « accroissant le risque ») et les comportements « adaptés » (dans le sens « réduisant le risque ») à chaque situation de conduite. Une justification des comportements « à éviter » et « à privilégier » est fournie.

Ces fiches sont des recto-verso A4. Les messages qu'elles contiennent sont issus du « guide de la conduite à vélo en ville : des fondamentaux aux situations concrètes », en cours d'édition et de sa

synthèse sur « les indispensables de la conduite à vélo en ville » (édition Gustave Eiffel, 2021). Ce guide avait été relu par différents experts formateurs à vélo de la FUB et du CIDUV.

Ces fiches sont agrémentées de nombreux dessins ou photos afin de mieux faire comprendre les situations décrites.

4. Evaluation par un ergonome

Un prestataire ergonome a été sollicité sur une première version des fiches afin d'apporter un regard extérieur et avisé sur la forme des fiches. L'objectif était de leur conférer une meilleure lisibilité et d'accroître leur compréhension par les lecteurs. Pour cela, il nous a fourni un cadre général de présentation graphique pour ces fiches ainsi que des règles de structuration et de mise en forme. Il a repris certaines de nos fiches pour illustrer les changements proposés. Il nous a également donné de nombreux conseils sur la rédaction de ces fiches.

A partir de cette expertise, une deuxième version des fiches a été réalisée. C'est cette version qui a été ensuite pré-testée en terme de compréhension du contenu.

5. Pré-test de la compréhension des fiches

Après que les fiches aient acquis en grande partie leur forme et leurs contenus, l'équipe devait s'assurer que ces derniers soient bien compris des lecteurs. A cette fin, lors d'une première étape, un membre de l'équipe non-familier du vélo les a lues et a fait des retours fiche par fiche : premières impressions, questions de compréhension, critiques constructives. Cela a donné lieu à quelques améliorations des fiches. La seconde étape a consisté à élaborer un protocole de passation de ces fiches avec des volontaires. Les volontaires ont été choisis en grande partie au sein même de l'Université Gustave Eiffel pour des raisons purement pratiques et parce que nous avions sous la main des personnes tout-venant, cyclistes expérimentés, novices et non-cyclistes.

5.1. Protocole de passation des fiches

5.1.1. Volontaires

Vingt volontaires ont participé au pré-test de la compréhension des fiches pédagogiques, de tous âges, et hommes et femmes. Un rendez-vous était fixé par un membre de l'équipe pour la passation.

5.1.2. Présentation des fiches et énoncé

Le membre de l'équipe introduisait alors les fiches comme suit :

« Je vais maintenant vous distribuer des brochures pédagogiques qui décrivent et illustrent les comportements qui visent à faciliter la conduite des cyclistes en ville, dans un trafic routier, dans certaines situations.

Vous pouvez les lire dans l'ordre que vous voulez, vous en avez approximativement pour vingt minutes.

Je vous demande de les lire de manière attentive en cherchant à bien comprendre les situations, les comportements à éviter et ceux qui sont recommandés pour améliorer confort et sécurité des cyclistes.

Lors de votre lecture, notez les choses qui ne vous paraissent pas claires, que vous ne comprenez pas, afin de ne pas les oublier. »

Avez-vous des questions avant de commencer ? »

Deux fiches étaient alors présentées, ou bien une seule selon le temps dont le volontaire disposait.

5.1.3. Matériel

Le membre de l'équipe chargé de la passation enregistrait les échanges vocaux de la séance, avec l'accord du volontaire. Cet enregistrement était lancé aussitôt que l'observateur (ou la personne chargée de la passation) présentait les fiches et l'énoncé. Il a été utilisé un questionnaire permettant

de relever les caractéristiques démographiques, la pratique du cycliste et des questions de compréhension des fiches. Ce questionnaire a été construit par l'équipe sur la base de lectures critiques et répétées des fiches afin de déterminer les éléments qui pourraient ne pas être bien compris, mais aussi, au fur et à mesure des retours des volontaires afin de tester les améliorations apportées.

5.1.4. Procédure

Une fois l'enregistrement lancé, l'observateur lançait un chronomètre permettant de mesurer le temps de lecture de chaque fiche. Après que le volontaire ait fini de lire la ou les fiches, la seconde phase de la procédure pouvait commencer, à savoir, l'entretien. Celui-ci se déroulait selon un schéma prédéterminé par une suite de questions posées. Il s'agissait, dans un premier temps, de questions de compréhension très générales puis de questions spécifiques aux fiches lues par le volontaire (voir exemple ci-dessous). Par souci d'équilibre, chaque fiche a été présentée entre 4 et 6 fois.

Voici la structure générale des questions de compréhension qui s'appliquent à toutes les fiches :

- a. « Pouvez-vous me dire en quelques mots le(s) sujet(s) abordé(s) par les fiches que vous avez lues ? Avez-vous compris les différentes situations de trafic et les comportements prescrits ou proscrits du cycliste ?
- b. Avez-vous des questions ?
- c. Il y a peut-être des éléments que vous avez eu du mal à comprendre, est-ce le cas ? Si oui, lesquels ?
- d. **Vocabulaire utilisé**
Y a-t-il des mots ou des phrases dont le sens n'est pas très clair pour vous ? Avez-vous eu des moments d'hésitation ou de doute quant à un mot ou une phrase ?
Si oui, pouvez-vous m'en dire plus, à quel moment, quel(s) mot(s), quelle(s) phrase(s) vous ont fait douter ou hésiter dans votre compréhension de la fiche ?
- e. **Les schémas**
Que pensez-vous des schémas et des images ? Sinon, pouvez-vous m'en dire plus ?
Les schémas et les images vous ont-ils permis de mieux comprendre le texte ? Sinon, pouvez-vous m'en dire plus ?
- f. **Contenu des messages**
Y a-t-il des comportements (recommandés ou à éviter) décrits dans cette fiche qui vous ont surpris, qui vont à l'encontre de ce que vous pensez sur la pratique du vélo ? Si oui, lesquels ?
Ou y a-t-il plus généralement des messages qui vous semblent aller à l'encontre de ce que vous recommanderiez à un cycliste ?
Y a-t-il des comportements que vous hésiteriez de faire ou que vous refuseriez de faire (pour les comportements prescrits) ?
Y a-t-il des comportements à éviter selon les fiches, que vous pensez pouvoir continuer à utiliser en tant que cycliste (pour les comportements proscrits) ?

Voici un exemple de questions spécifiques aux fiches (ici la fiche « Se rendre visible ») :

- a. Savez-vous ce que sont *les réflecteurs* dont il est question ici (recto, 1^{er} titre) ?
- b. De quels moyens dispose un cycliste pour être vu par les voitures de nuit comme de jour en dehors de ses lumières (recto, 1^{er} titre) (réponse : avoir des réflecteurs, un gilet ou des habites clairs, son positionnement) ?
- c. Savez-vous ce qu'est un *écarteur de danger* ?
- d. Savez-vous ce qu'est le masquage (recto, 2^e titre) ?

- e. Comment comprenez-vous le terme d'angle mort (verso 1^{er} titre) ?
- f. Que risque-t-il de se passer si vous vous trouvez dans l'angle mort d'un bus ? (verso, titre 1 ; renvoi à la fiche 1 : « camions et bus »)
- g. Pourquoi y a-t-il une croix rouge sur le cycliste sur l'avant dernier dessin du recto (réponse : position à éviter : une voiture tourne à gauche, une autre voiture masque le cycliste s'il est trop à droite dans l'angle mort de la voiture verte créé par la voiture bleue) ?
Quand vous placeriez-vous au centre-droit et au centre ? (verso, 2^e titre, 3^e sous-titre)
- h. Pourquoi selon vous, se retourner permet d'attirer l'attention du conducteur qui vous suit ? (verso, 3^e titre)

5.1.5. Mesures et analyses

L'enregistrement vocal permettait non seulement de revenir sur les réponses des volontaires pour une analyse approfondie des réponses, mais aussi d'enregistrer le temps total de la passation. Outre l'enregistrement vocal, un chronomètre permettait de mesurer le temps de lecture par fiche. Les analyses ont été consignées dans deux documents :

- Un compte rendu (CR) général de la passation
- Un document de synthèse consignant les commentaires, remarques et critiques issus des réponses données par les volontaires et les solutions suggérées aussi bien par les volontaires que par les membres de l'équipe Acycosur. Le document de synthèse indique aussi l'évolution des versions des fiches après que les changements suggérés aient été pris en compte.

5.2. Résultats

Au total, 20 volontaires se sont prêtés au jeu des prétests pour 29 séances de pré-tests au total avec pour chacune la lecture de 1 à 2 fiches. 46 prétests ont été réalisés, enregistrés et analysés. En moyenne, chaque fiche a été prétestée 4,6 fois (entre 4 et 6 fois selon la fiche). Ces prétests ont donné lieu à au moins une révision de chaque fiche.

Voici un exemple de la façon dont le tableau de synthèse était présenté (ici, il s'agit de la fiche « Les camions et les bus » - le code adjoint au nom de la fiche représente la version de travail utilisée ; en ce qui concerne donc cette fiche, deux versions ont été utilisées, d'abord la version 10c, puis, grâce aux retours obtenus, la version 11). Dans le tableau ci-dessous, la première colonne consigne le nom et la version de la fiche ; la seconde colonne, les volontaires (anonymisés par un numéro), leurs caractéristiques démographiques et le temps de lecture ; enfin, la troisième colonne donne les commentaires, critiques, et les améliorations portées sur la fiche pour améliorer sa compréhension de la fiche.

| | | |
|------------------|--|--|
| Poids lourd v10c | <u>Volontaires 1, 2 et 5</u> <ul style="list-style-type: none"> • Pas de difficultés de compréhension, la fiche est claire dans l'ensemble. • Aucun volontaire ne faisait de vélo, et le temps de lecture de la fiche varient beaucoup d'un volontaire à l'autre : entre 2.25 mn et 10 mn. | Vol 5 : Point pas clair : recto dessin du bas : n'a pas vu que c'était un piéton devant le bus. Vol 1 : Le faisceau jaune représentant le champ de vision du cycliste pourrait ne pas être compris par certaines personnes. <u>Améliorations apportées à la fiche :</u> → Ajout d'une fiche introduction avec un glossaire des dessins. → changement de la taille et de la couleur du piéton pour qu'il soit |
|------------------|--|--|

| | | |
|------------------|--|--|
| | | mieux visible, inversion des zébras de l'arrêt de bus pour qu'il ne soit pas sous le piéton. |
| Poids Lourds v11 | <u>Vol 3 et vol 11</u> Temps de lecture : entre 2.30 mn et 3 mn ; vol 11 ne fait pas de vélo. | Vol 3 : RAS, il a tout compris Vol 11 a trouvé la première phrase sous le titre générale mal formulée : « La tournure m'a aussi paru également étrange en y réfléchissant : s'il s'agit du cycliste, on a l'impression que ce sont les PL le sujet de la phrase ». <u>Amélioration apportée à la fiche :</u> → Reformulation de la phrase introductive. |

Globalement, il ressort de ces pré-tests que les fiches sont bien comprises des sujets, même quand ces derniers ne sont pas habitués à la pratique du vélo en milieu urbain. Les pré-tests ont permis de détecter des problèmes potentiels de compréhension pour certaines fiches et les pré-tests de la version suivante ont permis de s'assurer qu'il n'y en avait plus.

Ci-dessous, sont fournis le temps moyen, le temps minimum et le temps maximum de lecture par fiche sur l'ensemble des volontaires des prétests.

| Fiches | Temps moyen de lecture (en minutes) | Temps min et max de lecture (en minutes) |
|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| Camions et bus | 4'36 | 2'25 – 10'00 |
| Se rendre visible | 3'23 | 2'10 – 4'30 |
| Comment éviter les chutes seul | 3'3 | 2'00 – 4'20 |
| Tourner à gauche | 6'59 | 2'48 – 10'00 |
| Se rendre prévisible | 3'18 | 2'00 – 5'00 |
| Anticiper | 3'54 | 2'00 – 5'00 |
| Etre attentif, voir, entendre | 4'52 | 3'00 – 7'00 |
| Carrefours circulaires | 5'5 | 5'00 – 6'00 |
| Longer les véhicules | 3'35 | 2'00 – 4'00 |
| Traverser un carrefour | 4'55 | 4'00 – 5'30 |

Ces données temporelles étaient importantes pour déterminer le nombre de fiches que l'on pourrait donner à lire aux participants de l'expérimentation sur le simulateur pour une durée totale de lecture de 20 minutes.

5.3. Conclusion

Cette démarche a permis de corriger certaines formulations et certains dessins qui auraient pu induire en erreur les participants de l'étude. Elle a également permis de faciliter la compréhension de certains éléments de ces fiches. Cela servira bien sûr pour l'étude mais également pour l'après, lorsque ces fiches seront mises à disposition de toutes et tous.

Partie 6 : L'expérimentation sur le simulateur vélo

1. Objectifs

L'expérimentation est en cours sur le simulateur vélo de l'équipe SimTeam du laboratoire Pics-L de l'Université Gustave Eiffel situé sur le campus de Marne-la-Vallée. Elle consiste à étudier et comparer les comportements de participants cyclistes lors d'un trajet à vélo avant (trajet 1), juste après (trajet 2) et trois mois après (trajet 3) la lecture des fiches pédagogiques. Le trajet est constitué de la succession d'un certain nombre de situations.

Les objectifs sont doubles :


- Etudier les comportements du participant pour chaque situation rencontrée. Certaines situations pourront être comparées entre elles car il s'agit d'une même situation principale (par exemple, longer les véhicules stationnés) mais déclinée selon différentes variantes (par exemple, avec ou sans bande cyclable, avec ou sans trafic dans le sens de circulation du cycliste). Les comportements pour une situation donnée pourront également être comparés selon les trajets 1, 2 et 3.
- Etudier l'efficacité d'une lecture des fiches pour améliorer les comportements des participants, juste après la lecture et sur un temps plus long afin de mesurer si les changements sont durables.

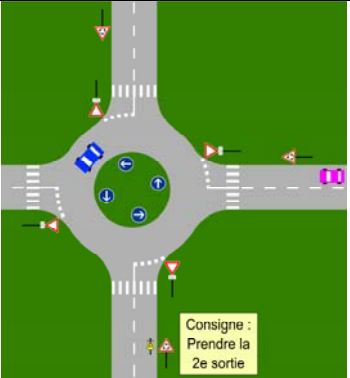
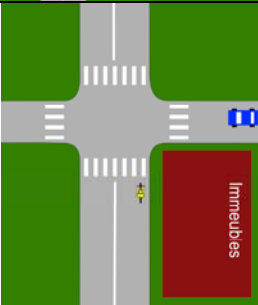


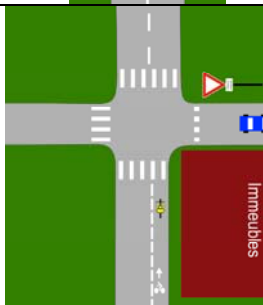

2. Construction du trajet






A partir des situations choisies et décrites en partie 2, un trajet a été conçu afin d'intégrer toutes ces situations sur un itinéraire à vélo continu. Ce trajet est fourni ci-dessous.

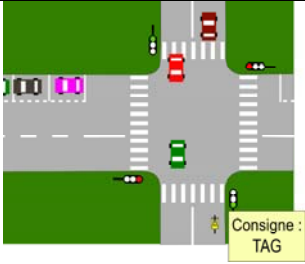
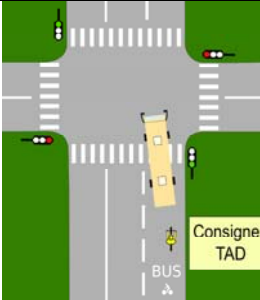
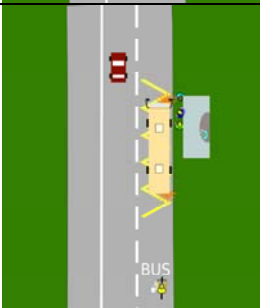
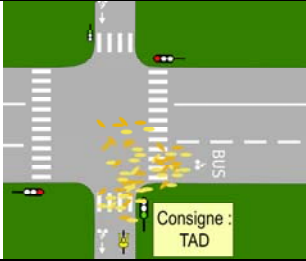

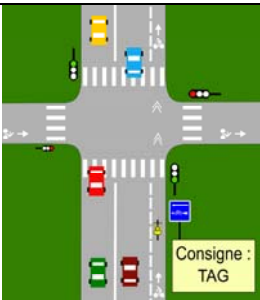
Sachant que sur chaque dessin, le cycliste se déplace de bas en haut, afin de faciliter la lecture du trajet depuis son point de départ jusqu'à son point d'arrivée, le tableau ci-dessous se lit à partir de sa dernière ligne qui est la première situation rencontrée par le cycliste (début du trajet). La première ligne du tableau est donc la dernière situation rencontrée par les participants sur le trajet (fin du trajet).

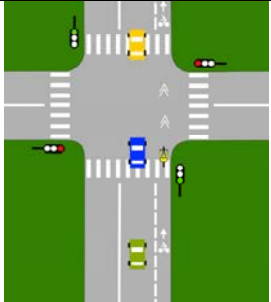
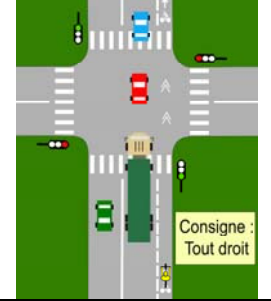
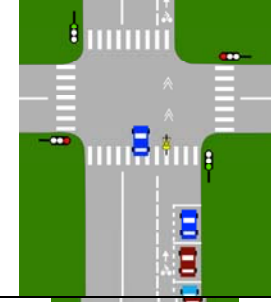
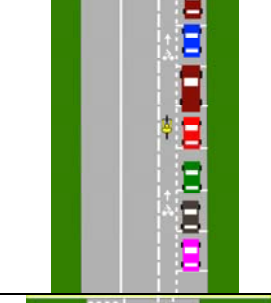

Ce trajet contient deux situations de tourne-à-gauche, deux tourne-à-droite, six situations avec des véhicules stationnés dont une avec du stationnement en bataille et une sur une bande cyclable en remontée d'une file de véhicules arrêtées (dont deux camions), deux giratoires à priorité à l'anneau, quatre situations avec la présence d'un poids-lourd ou d'un bus au feu, un véhicule utilitaire et un bus à l'arrêt à dépasser, trois à cinq situations de rebord de trottoir à franchir, trois situations de masquage par un véhicule utilitaire et par un immeuble, le surgissement d'un piéton entre des véhicules garés et la gestion d'un piéton marchant sur la piste cyclable empruntée par le cycliste, deux traversées de carrefours avec un véhicule à hauteur du cycliste.

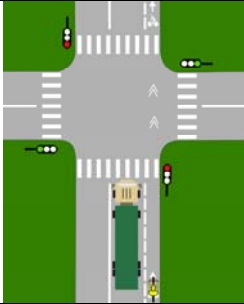
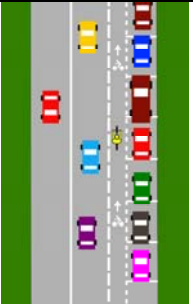
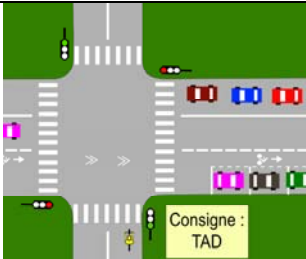

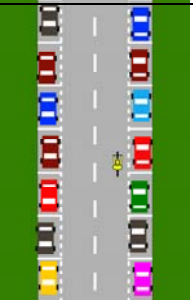
| Situation | Dessin de la situation | N° |
|--|---|----|
| Circulation le long de véhicules stationnés en bataille. Sans bande cyclable. |  | 29 |

| | | |
|--|---|-----------|
| <p>Circulation sur l'anneau d'un giratoire sans feux. Sans bande cyclable.</p> |  | <p>28</p> |
| <p>Arrivée sur un carrefour avec un immeuble masquant la visibilité sur la droite. Le cycliste n'a pas la priorité</p> |  | <p>27</p> |
| <p>Camion arrêté en première position à un feu rouge en carrefour Rue sans bande cyclable</p> |  | <p>26</p> |
| <p>Dépassement d'une voiture à l'arrêt. Sur une route bi-directionnelle (2 x 1 voies).</p> |  | <p>25</p> |
| <p>Arrivée sur un carrefour avec un immeuble masquant la visibilité sur la droite. Le cycliste a la priorité.</p> |  | <p>24</p> |
| <p>Interaction avec un piéton. Piéton marchant sur la piste cyclable.</p> |  | <p>23</p> |

| | | |
|--|---|-----------|
| <p>Circulation sur une piste cyclable avec des véhicules hauts stationnés sur la gauche qui masquent l'arrivée potentielle de piétons sur un passage piétons</p> |  | <p>22</p> |
| <p>Franchissement du rebord d'une piste cyclable. Le long d'une piste.</p> |  | <p>21</p> |
| <p>Franchissement du rebord d'une piste cyclable pour y accéder.</p> |  | <p>20</p> |
| <p>Circulation sur l'anneau d'un giratoire sans feux. Avec une bande cyclable sur l'anneau.</p> |  | <p>19</p> |
| <p>Circulation le long de véhicules stationnés en créneau. Sans bande cyclable, avec trafic.</p> |  | <p>18</p> |

| | | |
|---|---|-----------|
| <p>Tourne-à-gauche en carrefour. Rue d'où vient le cycliste sans bande cyclable.</p> |  | <p>17</p> |
| <p>Interaction avec un bus à l'entrée d'un carrefour à feux, le feu vient de passer au vert, le véhicule roule dans le même sens que le cycliste. Rue sans bande cyclable mais avec un couloir bus élargi dans le sens du cycliste.</p> |  | <p>14</p> |
| <p>Dépassement d'un bus à son arrêt commercial. Dans un couloir bus « normal » (non élargi).</p> |  | <p>13</p> |
| <p>Tourne-à-droite en carrefour. Sur un tapis de feuilles mortes donc avec adhérence réduite.</p> |  | <p>12</p> |
| <p>Dépassement d'un véhicule utilitaire à l'arrêt. Sur un double sens cyclable mais le cycliste roule dans le sens autorisé pour tous les véhicules. Des piétons sont présents sur les trottoirs.</p> |  | <p>11</p> |
| <p>Tourne-à-gauche en carrefour. Rue d'où vient le cycliste munie d'une bande cyclable.</p> |  | <p>10</p> |

| | | |
|--|--|----------|
| <p>Interaction potentielle avec une voiture à l'entrée d'un carrefour à feux, le feu est vert, le véhicule roule dans le même sens que le cycliste. Dans une rue bidirectionnelle (2x1 voies) avec une bande cyclable du côté où circule le cycliste.</p> |  | <p>9</p> |
| <p>Interaction potentielle avec un camion à l'entrée d'un carrefour à feux, le feu est vert, le véhicule roule dans le même sens que le cycliste. Rue avec bande cyclable dans le sens du cycliste.</p> |  | <p>8</p> |
| <p>Interaction avec une voiture à l'entrée d'un carrefour à feux, le feu est vert, le véhicule roule dans le même sens que le cycliste. Dans une rue bidirectionnelle (2x1 voies) avec une bande cyclable du côté où circule le cycliste.</p> |  | <p>7</p> |
| <p>Circulation le long de véhicules stationnés en créneau. Avec une bande cyclable, sans trafic.</p> |  | <p>6</p> |
| <p>Remontée d'une file d'attente comportant deux camions. Rue munie d'une bande cyclable et de véhicules stationnés en créneaux.</p> |  | <p>5</p> |

| | | |
|---|---|---|
| <p>Camion arrêté en première position à un feu rouge en carrefour. Rue avec bande cyclable dans le sens du cycliste</p> |  | 4 |
| <p>Circulation le long de véhicules stationnés en créneaux. Avec une bande cyclable, avec trafic.</p> |  | 3 |
| <p>Tourne-à-droite en carrefour. Sur route « normalement » adhérente.</p> |  | 2 |
| <p>Interaction avec un piéton. Piéton passant entre des véhicules stationnés en créneau et s'arrêtant au niveau de la voie de circulation juste avant le passage du cycliste.</p> |  | 1 |
| <p>Circulation le long de véhicules stationnés en créneau. Sans bande cyclable, sans trafic.</p> |  | 0 |

3. Préparation technique de l'expérimentation

3.1. Logiciel Silex

L'expérimentation est menée sur le logiciel SILEX développé au laboratoire PICS-L de l'Université. Le développement de ce logiciel a été initié il y a plusieurs années et s'est fait, en particulier, dans le cadre de l'action LORE du projet « Construire le Futur, Habiter le Futur » financé par la région Ile-de-France. Le développement s'est poursuivi dans le cadre du projet ACYCOSUR pour consolider le fonctionnement du logiciel et développer les fonctionnalités nécessaires à l'expérimentation.

Développé en C# sur le moteur de jeu Unity 3D, le logiciel SILEX s'appuie également sur une dll codée en C++ provenant du projet ESMINI². Plusieurs évolutions de la dll ont été nécessaires pour répondre aux besoins de l'expérimentation. En particulier, pour pouvoir utiliser les routes décrites avec des polynômes paramétriques tel qu'utilisé pour cette expérimentation (voir section sur l'environnement virtuel ci-dessous).

Des développements ont été faits pour permettre la gestion des ronds-points qui sortent des cas prévus dans le format OpenDrive qui décrit le réseau routier. Un système d'identification des ronds-points et de traversée de ce type d'intersection a ainsi été mis en place, incluant la gestion des voies et des clignotants. Des fonctions ont par ailleurs été créées pour prendre la main sur les clignotants et les feux de détresse des véhicules à partir du scénario. Des fonctions ont enfin été créées pour contrôler les feux de circulation à partir des scénarios. Sept modes de fonctionnement ont été identifiés : fonctionnement normal du feu, forcer le passage à l'orange puis au rouge (sur l'une ou l'autre des routes), passage au rouge immédiat (sur l'une ou l'autre des routes), feux orange clignotants ou enfin, feux éteints.

3.2. Environnement virtuel

Un environnement virtuel a été développé pour le projet ACYCOSUR (voir Figure 1) à partir des spécifications et de l'enchaînement de situations proposés par les chercheurs (voir section 2 au-dessus). L'environnement a été créé avec le logiciel CityEngine (de l'éditeur Esri) selon une méthode de conception procédurale. Un ensemble de règles de conception a ainsi été donné au logiciel pour qu'il crée les routes et les quartiers selon les attentes : nombre et largeur des voies de circulation, marquages routiers, trottoirs, immeubles et autres espaces tels que les ronds-points et les parcs.

De nouvelles règles ont été créées pour les besoins du projet, avec des exigences particulières sur la création des ronds-points, des bandes et pistes cyclables, des zones de stationnement et de largeur de voies de circulation. Notons qu'il a été possible de réutiliser les textures de façades d'immeubles créées pour de précédents travaux.



² <https://github.com/esmini/esmini>

Figure 1 : Vue de dessus de l'environnement virtuel créé pour l'expérimentation ACYCOSUR

Une étape de travail concerne la création du réseau routier. Les fichiers au format Shapefile (.shp) exportés par CityEngine sont convertis au format OpenDrive utilisé par SILEX grâce au programme CE2OD développé en 2021. Cette conversion nécessite de renseigner au préalable un ensemble d'informations descriptives du profil en travers et du marquage routier. Le fichier OpenDrive ainsi obtenu décrit le réseau routier avec le tracé des routes, le profil en travers, le marquage routier et l'éventuel dénivelé ou dévers. Dans notre cas, le tracé des routes est décrit avec des polynômes paramétriques de degré 3. L'utilisation de ce format de description a nécessité une mise à jour de la dll de SILEX (voir plus haut). La figure ci-dessous montre une représentation du réseau routier à proximité du premier rond-point.

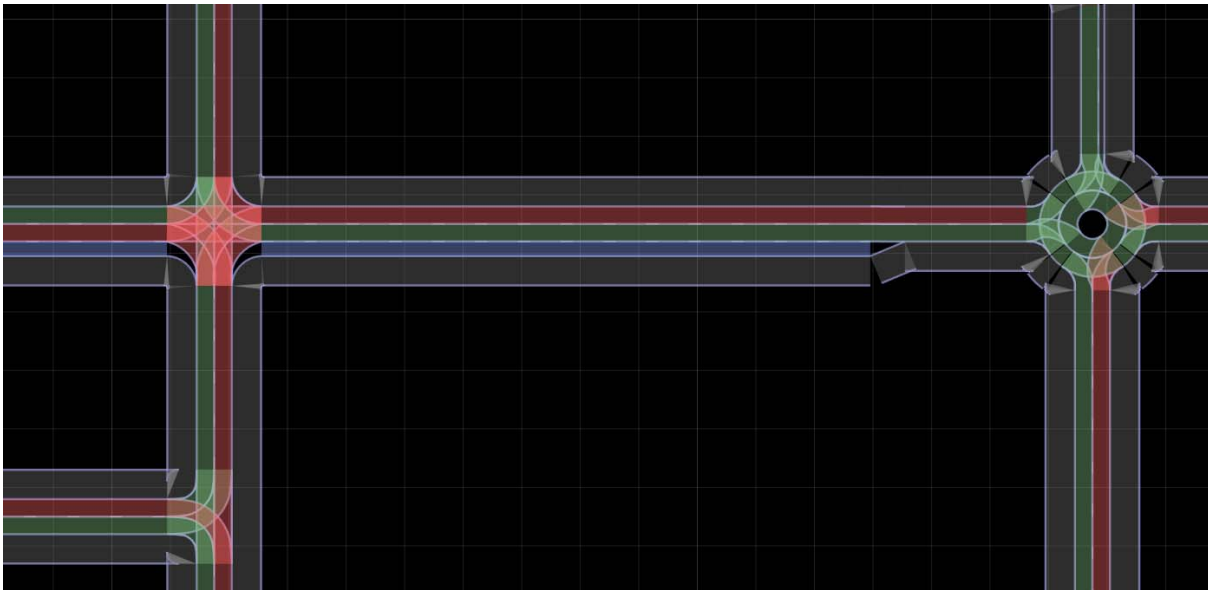


Figure 2 : Visualisation du réseau routier au format OpenDrive, à proximité du premier rond-point

La base et le réseau sont ensuite importés dans le logiciel SILEX. La technique d'*occlusion culling* est utilisée pour optimiser les calculs lors de la simulation temps réel en calculant seulement le rendu des immeubles visibles à l'image.



Figure 3 : Vue de l'environnement virtuel au niveau du premier rond-point, avec les façades d'immeubles.

La figure ci-dessous donne un aperçu de l'environnement virtuel à proximité du premier rond-point. Notons qu'une seconde version de l'environnement a été créée pour le deuxième parcours des participants. Pour cette seconde version, le décor a été modifié – par exemple en intervertissant les parcs et les zones d'habitation – afin que les participants ne reconnaissent pas le parcours.

3.3. Scenarii et développements spécifiques

Après que l'environnement virtuel et la description du réseau routier aient été intégrés au logiciel SILEX, il est possible d'y placer des véhicules et de programmer les scenarii.

Une première étape avait été préalablement menée au printemps 2022 dans le cadre d'un stage de Master 1 en réalité virtuelle. Les principes de programmation des scenarii en *visual scripting* ont été testés et les briques élémentaires ont été programmées. Celles-ci permettent de contrôler les véhicules et les piétons. Les actions sont déclenchées par des boîtes de condition qui testent la position et la vitesse des agents. Les situations 2, 7 et 8 de l'expérimentation ont pu être testées dans le cadre de ce stage, dans un environnement virtuel temporaire.

Les scenarii des 27 situations ont ensuite été programmés sur le même principe, en les structurant avec des machines d'état : le déroulement de chaque situation se compose ainsi de plusieurs étapes. A chaque étape correspond un ensemble d'actions et le passage d'une étape à la suivante se fait en testant la position ou la vitesse des véhicules. La Figure 4 présente le script visuel qui permet le fonctionnement de la situation 5.

Le programme comporte ainsi près de 30 scripts visuels qui s'exécutent en parallèle. Le déroulement en parallèle des scripts visuels – et donc des situations expérimentales – a été un élément indispensable à la programmation de l'expérience compte tenu de la proximité des différentes situations. En effet, il arrive fréquemment que la situation N soit en cours alors que les situations N+1 et N+2 sont déjà en préparation et que les véhicules de la situation N-1 ne sont pas encore stoppés.

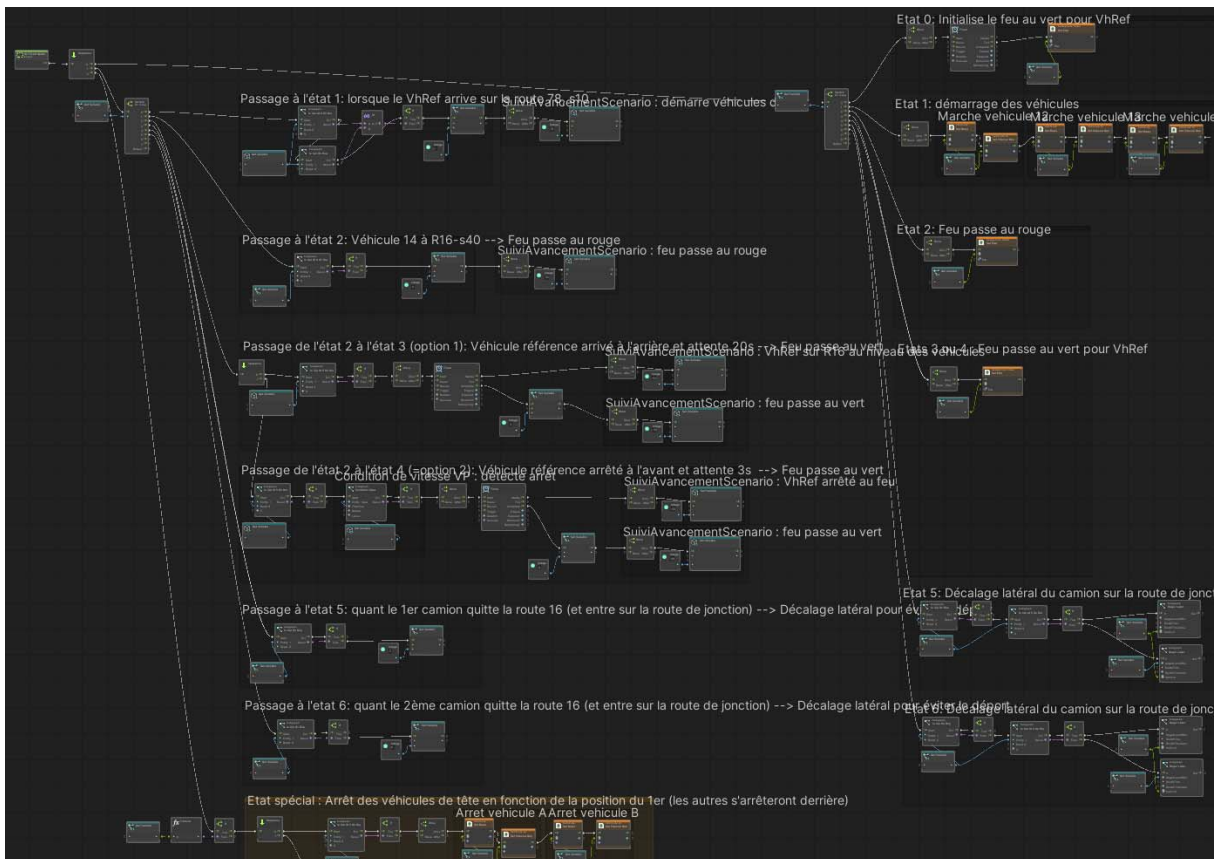


Figure 4 : Exemple de script visuel ; celui de la situation 5. Chaque strate horizontale correspond à une étape de réalisation de la situation 5, avec à gauche, le test des conditions et à droite, les actions.

Compte tenu du nombre de situations et du nombre important de véhicules que le participant rencontre, nous avons fait le choix de réutiliser les véhicules déjà croisés pour optimiser les calculs et ne pas compromettre l'exécution en temps réel. Un total de 38 véhicules a ainsi été créé et chacun d'entre eux est utilisé deux à trois fois (sauf exception).

Le scénario s'appuie également sur un ensemble d'infrastructures routières spécifiques et d'éléments de décor. Nous avons ainsi créé une piste cyclable en travaillant sur la visibilité de la bordure. Nous avons également placé un ensemble de véhicules stationnés alignés avec les trottoirs amont et aval (et leur couleur est gérée par un script particulier), placé des piétons qui attendent pour certaines situations. ainsi que des feuilles mortes sur la chaussée, une poubelle et un abri bus... Le scénario comporte enfin un script pour le guidage vocal le long du parcours, pour lequel nous avons généré un ensemble de messages par synthèse vocale. La Figure 5 présente quelques situations rencontrées.



3.4. *Supervision, calcul et enregistrement des données*

Par défaut, la position des véhicules est mesurée par rapport à la voie et la route sur lesquelles ils se trouvent et les données des véhicules importants sont enregistrées pendant toute la simulation.

Ce mode de fonctionnement ne convenait pas pour le projet ACYCOSUR puisque le réseau routier est assez dense (les routes font 100m ou 150m de long), avec des changements du profil en travers assez fréquents (e.g., début et fin de zones de stationnement). En conséquence, le numéro de route et le numéro de voie changent régulièrement (parfois pour 10 ou 15 mètres seulement) et le traitement des données par les chercheurs devient fastidieux. Nous avons donc profité du fait que les routes soient des lignes droites pour calculer la position des véhicules par rapport à des repères locaux. La position est ainsi donnée par la distance depuis le début de la ligne droite (ou le carrefour d'insertion sur la ligne droite) et la distance latérale par rapport au trottoir. Le repère local change lorsque le participant avance le long de son parcours et qu'il tourne à droite ou à gauche. Une technique similaire est utilisée pour les ronds-points avec un calcul inspiré de celui des coordonnées cylindriques.

Une deuxième technique a été imaginée pour le projet ACYCOSUR afin de limiter le nombre de colonnes du fichier de données : nous sélectionnons, en fonction de l'avancement du participant, quatre véhicules pour lesquels nous enregistrons les données. Il s'agit des quatre véhicules les plus pertinents pour chaque situation. Les fichiers de données ont ainsi 44 colonnes : 3 pour le suivi de la simulation, 5 pour les actions du participant sur les commandes du vélo, 15 pour la position du participant dans l'environnement virtuel, 20 (=4x5) pour la position de quatre autres véhicules dans l'environnement virtuel et 1 pour le suivi des piétons en mouvement (en particulier pour les situations 2 et 23).

Notons enfin que le changement de repère local pour le calcul de la position des véhicules et le changement des véhicules pour lesquels nous enregistrons des données se fait grâce à une variable méta nommée `SuiviAvancementScenario`. Chacun des scripts visuels, correspondant aux différentes situations de l'expérience, peut affecter cette variable, selon un code prédéfini, et permettre ainsi de suivre le déroulement du scénario.

3.5. *Difficultés rencontrées*

La préparation de l'expérience sur simulateur ne s'est pas faite sans difficultés compte tenu du nombre de situations, de leur diversité, de la densité du réseau routier et du degré de maturité du logiciel SILEX.

En effet, la consolidation du logiciel SILEX, prévue sur la première année du projet, a été plus fastidieuse que prévu ce qui a pu impacter les étapes suivantes et limiter les possibilités de développements complémentaires pour répondre à des besoins non anticipés.

Bien qu'avantageuse à différents égards, la gestion du réseau routier au format OpenDrive pose des difficultés pour la programmation des scénarios (avec des routes très courtes et la question de l'affectation du véhicule piloté à une route au sein des intersections) mais également pour le traitement des données par les chercheurs. Des développements logiciels seront probablement nécessaires pour pallier ces difficultés.

Le *visual scripting* a par ailleurs l'inconvénient de ses avantages. En effet, la similarité avec un langage de programmation offre une grande souplesse quant à la variété de situations à programmer. Cette souplesse se fait au prix de l'utilisation d'un assez grand nombre de boîtes et de paramètres pour réaliser des fonctions *a priori* simples. Des travaux pourront être menés pour compléter la collection de « macro-boîtes » susceptibles de répondre à une plus grande variété de besoins sans entrer dans les détails.

Enfin, les situations à programmer font appel à une grande variété de fonctionnalités, nécessitant de multiples développements : gestion des piétons, gestion des ronds-points, contrôle de la vitesse des véhicules, régulations relatives, hyperdéplacement des véhicules, contrôle des feux de circulation,

contrôle des clignotants et feux de détresse des véhicules, sans oublier l'enregistrement de différentes données.

4. Déroulement de l'expérimentation

4.1. Accueil du participant

L'expérimentateur va chercher chaque participant à l'accueil du bâtiment de l'Université qui héberge le simulateur puis l'amène dans la salle du simulateur. Le déroulement de la séance lui est alors présenté.

4.2. Déroulement de la passation dans la salle du simulateur

4.2.1. Phase 1

- Après un message de bienvenue, le participant est invité à remplir un formulaire de renseignement général et de consentement.
- Le simulateur vélo est présenté au participant :
« Voici notre simulateur vélo. Un environnement virtuel va être projeté sur ces écrans. Vous serez sur le vélo, vous roulez dans l'environnement, et le système enregistrera vos déplacements. »
- Le participant effectue un trajet d'entraînement sur le simulateur pour se familiariser avec le vélo, l'environnement virtuel et les consignes. Ce trajet est le même que celui de la passation mais pris à l'envers. Et aucun véhicule ne roule pendant cette familiarisation.
« Prenez place sur le vélo. Vous allez effectuer un trajet libre pour vous familiariser avec la manipulation du vélo et l'environnement virtuel. Vous êtes invité-e à prendre des virages à droite, à gauche et à utiliser les freins pour ralentir et pour vous arrêter car les sensations peuvent parfois être différentes d'un vrai vélo. Il faut donc un petit temps d'adaptation. Vous avez aussi la possibilité de changer les vitesses et d'utiliser la sonnette. Vous avez des écrans devant, sur les côtés et derrière vous sur lesquels sont projetés l'environnement virtuel de votre parcours. Nous arrêterons l'environnement virtuel lorsque vous vous sentirez prêt et suffisamment familiarisé avec le dispositif ».
- Le participant effectue ensuite un second trajet de familiarisation pour le confronter à des véhicules en mouvement. Il s'agit d'un parcours non urbain qui a été créé pour une autre expérimentation sur le simulateur vélo. Là encore, l'expérimentateur y met fin lorsque le participant se sent prêt.
- Le participant effectue ensuite le premier trajet de l'étude. La consigne expérimentale lui est alors donnée :
« Vous allez maintenant effectuer le premier parcours. La direction à prendre vous sera indiquée par une voix type navigateur GPS, au moins lorsque vous devrez changer de direction. Lorsqu'il n'y a pas d'indication par la voix GPS, vous devrez continuer tout droit. Il n'y a pas de bons ou de mauvais comportements. Ce qui est important pour nous est que vous vous comportiez comme vous le feriez dans la réalité, en termes de vitesse, de communication, de gestes, de posture, etc. Imaginez qu'on est samedi, vous vous rendez chez un ami, à vélo. Le trajet débute ici. Attendez le signal du départ pour commencer ».
- Le participant effectue le trajet en réalité virtuelle pendant lequel l'expérimentateur observe et note les comportements du cycliste (principalement les gestes d'indication de direction et les observations derrière lui).
- A la fin du trajet, l'expérimentateur comptabilise les résultats notés dans la grille des comportements puis tourne le logiciel de calcul automatique des scores comportementaux du cycliste à partir de ces résultats et de mesures de position et de vitesses issues du simulateur.

- L'expérimentateur recueille ensuite les impressions du participant grâce à un entretien semi-directif. (voir section 5 ci-dessous)
« *Nous aimerions recueillir vos impressions sur le trajet que vous venez de réaliser, ce que vous avez pensé des situations, comment vous vous êtes senti-e, pourquoi vous avez agi comme vous l'avez fait, etc.* »
- En fonction des scores calculés par l'application, l'expérimentateur choisit les trois fiches pédagogiques les plus pertinentes pour le participant s'il est affecté au groupe expérimental. Il lui est demandé de les lire avec attention. Il a environ 20 minutes pour cette tâche. S'il est affectés au groupe contrôle, une tâche de lecture de deux articles sur le vélo mais sans lien avec l'étude lui est donnée pour que tous les participant aient un même temps de lecture.
 - a. Groupe expérimental :
« *Vous venez d'effectuer un trajet à vélo en réalité virtuelle et vous avez répondu à une série de questions. Je vais maintenant vous distribuer des brochures pédagogiques qui décrivent et illustrent des comportements pour faciliter la conduite des cyclistes en ville, dans un trafic routier. Vous pouvez les lire dans l'ordre que vous voulez, vous en avez approximativement pour vingt minutes. Je vous demande de les lire de manière attentive en cherchant à bien comprendre les situations, les comportements à éviter et ceux qui sont recommandés pour améliorer confort et sécurité des cyclistes. Des questions vous seront ensuite posées sur votre lecture. Avez-vous des questions avant de commencer ?* »
 - b. Groupe contrôle :
« *Vous venez d'effectuer un trajet à vélo en réalité virtuelle et vous avez répondu à une série de questions. Je vais maintenant vous distribuer des articles, que je vous demanderai de lire attentivement. Je vous poserai ensuite des questions en rapport avec ce que vous aurez lu. Vous en avez approximativement pour vingt minutes. Avez-vous des questions avant de commencer ?* »
- Pour s'assurer que les participants ont bien lu les fiches pédagogiques ou les articles, deux questions sont posées en mode QCM pour chacun des fiches / articles.
- Le participant est ensuite invité à reprendre sa place sur le vélo pour commencer le trajet 2.
- Consigne pour le trajet 2 :
« *Vous allez maintenant refaire un trajet à vélo. Comme sur le trajet précédent, la direction à prendre vous sera indiquée par une voix type navigateur GPS. Il n'y a pas de bons ou de mauvais comportements. Ce qui est important pour nous est que vous vous comportiez comme vous le feriez dans la réalité. Imaginez qu'on est samedi, vous vous rendez chez un ami, à vélo. Le trajet débute ici. Attendez le signal du départ pour commencer* ».
- Le participant effectue le trajet en réalité virtuelle pendant lequel l'expérimentateur observe à nouveau et note les comportements du cycliste.
- A la fin du trajet, l'expérimentateur conclue la séance en remettant l'ensemble des fiches au participant s'il appartient au groupe expérimental, s'assure qu'il a bien noté son prochain rendez-vous et le raccompagne vers la sortie.

4.2.2. Phase 2

Les participants reviennent pour la phase 2 après environ 3 mois.

- Après l'accueil du participant comme pour la phase une, il est invité à réaliser un court trajet de familiarisation sur le simulateur vélo pour retrouver ses repères sur le vélo et l'environnement virtuel. L'expérimentateur y met fin dès que le participant se sent prêt.
- La consigne expérimentale lui est ensuite donnée :

La direction à prendre vous sera indiquée par une voix type navigateur GPS, au moins lorsque vous devrez changer de direction. Lorsqu'il n'y a pas d'indication par la voix GPS, vous devrez continuer tout droit.

Il n'y a pas de bons ou de mauvais comportements. Ce qui est important pour nous est que vous vous comportiez comme vous le feriez dans la réalité, en termes de vitesse, de communication, de gestes, de posture, etc.

Imaginez qu'on est samedi, vous vous rendez chez un ami, à vélo. Le trajet débute ici.

Attendez le signal du départ pour commencer ».

- Le participant effectue le trajet 3 en réalité virtuelle pendant lequel l'expérimentateur observe et note les comportements du cycliste comme dans les trajets précédents.
- L'expérimentateur recueille les impressions du participant grâce à un entretien semi-directif (voir section 5 ci-dessous)
« Nous aimerions recueillir vos impressions sur le trajet que vous venez de réaliser, ce que vous avez pensé des situations, comment vous vous êtes senti-e, pourquoi vous avez agi comme vous l'avez fait, etc. »
- Signature de la fiche d'indemnisation, conclusion et accompagnement du participant vers la sortie.

5. Les entretiens semi-directifs

Un entretien semi-directif est mené lors de chacune des deux phases de l'expérimentation. Pour chaque entretien, un guide d'entretien a été établi afin de permettre que les participants expriment spontanément le plus possible d'informations pertinentes pour le projet, sans être influencés par les expérimentateurs. Ces deux entretiens sont reproduits en annexe 3.

Les principaux objectifs du premier entretien est de recueillir :

- les impressions et émotions du participant sur le trajet effectué, les situations jugées les plus problématiques,
- comment le participant explique ses comportements lors du trajet, et ses avis sur l'adéquation entre les comportements qu'il a adoptés selon les situations et ses comportements habituels à vélo,
- ses connaissances sur les comportements adaptés à une situation donnée et son évaluation et explication du décalage potentiel avec ses propres comportements.

Les principaux objectifs du deuxième entretien est de :

- comparer ses réponses au premier entretien,
- connaître sa perception sur un changement éventuel de pratique depuis la phase 1, aussi bien pendant le trajet proposé que lors de ses trajets habituels,
- connaître sa fréquence de lecture des fiches qui lui ont été fournies, son évaluation de leur intérêt et leur utilisation dans sa pratique.

6. Le choix des fiches à lire

6.1. Introduction

Il a été décidé de fournir trois fiches à lire à chaque participant du groupe expérimental. En effet, il n'était pas possible de fournir l'intégralité des fiches dans le temps attribué à la lecture des fiches (20 minutes). Compte tenu du temps moyen de lecture de chacune des fiches lors des pré-tests, nous avons opté pour le nombre de trois fiches.

Le choix des trois fiches à donner à chaque participant se fait en fonction de son comportement lors de son premier trajet sur le simulateur vélo. En effet, pour maximiser les chances de voir une différence de comportements entre les trajets 1, 2 et 3 suite à la lecture de quelques fiches, mieux vaut choisir les fiches associées aux comportements les moins adaptés du cycliste. Et pour que ce choix ne soit pas laissé à l'appréciation subjective de l'expérimentateur, d'autant plus que nous

sommes quatre expérimentateurs à faire passer les participants sur le simulateur, nous avons défini des scores, calculés automatiquement à partir des données issues du simulateur, et ce pour la plupart des situations. Ces scores sont décrits dans le chapitre 6.2. Néanmoins, certains comportements ne sont pas mesurés automatiquement. Il s'agit des gestes d'indication pour tourner à droite ou à gauche ou pour se déporter et les retournements du cycliste pour observer le trafic derrière lui. Ces gestes seront observés et notés par l'expérimentateur au fur et à mesure du trajet du participant selon une grille pré-définie. Cette partie est décrite en 6.3. Enfin, ces scores et la grille d'observation sont agrégés par programme pour aider l'expérimentateur à effectuer le choix des trois fiches. Cette partie est décrite en 6.4.

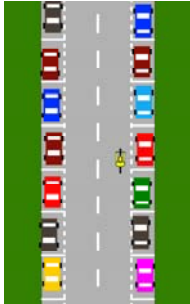
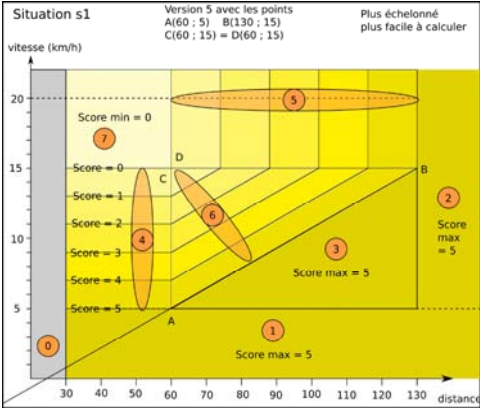
6.2. *Les scores calculés automatiquement*

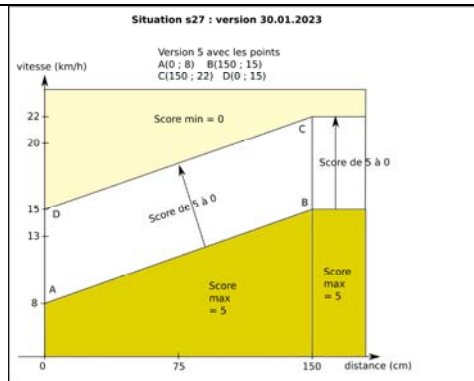
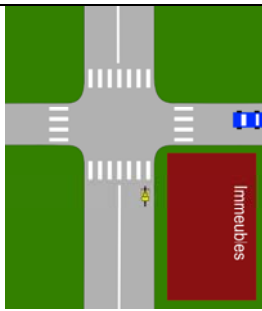
Afin d'être le plus impartial, le plus égalitaire et le plus précis possible dans notre manière d'évaluer les comportements des participants et leur évolution au cours des trajets, nous avons développé un programme. Celui-ci calcule automatiquement un score pour la plupart des situations rencontrées sur le parcours. Ces scores s'appuient sur les mesures récoltées automatiquement par le simulateur lui-même (cf. § 3.4). Les mesures utilisées sont la vitesse instantanée du cycliste, sa position sur la chaussée et relativement aux autres usagers (véhicules stationnés ou à l'arrêt, véhicules en interaction avec le cycliste et piétons), orientation du vélo sur la chaussée, angle de la roue avant et franchissement de la bordure de la piste cyclable.

Les scores pour chaque situation sont des valeurs décimales entre 0 (pour un comportement « pas du tout adapté ») et 5 (pour un comportement « totalement adapté »). Selon les situations, le score est soit une moyenne calculée sur une certaine zone le long du trajet (appelé zone d'intérêt de la situation) soit un calcul ponctuel à un endroit donné du trajet.

Six types de scores ont été définis avec, pour chaque type, des paramètres qui varient selon les situations. Le tableau suivant décrit les six types de scores. Le tableau d'après décrit, pour chaque situation, le type de score choisi et les valeurs précises des paramètres.

Tableau : types de score

| Situation type | Type de score | Description |
|--|--|---|
| <p>Situation type s1 : Longer les véhicules stationnés</p>  | <p>Le score est fonction de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la distance aux véhicules stationnés - la vitesse du cycliste.  <p><i>lecture :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - distance (en cm) en abscisses, - vitesse (en km/h) en ordonnées, - score indiqué dans chaque zone délimitées par des droites passant par les points A, B et C. <p>On note Ax et Ay, les coordonnées du point A ($Ax = \text{distance en A}$, $Ay = \text{vitesse en A}$), idem pour $B = (Bx, By)$ et $C = (Cx, Cy)$.</p> | <p>Zone 0 : en deçà de la distance de 30 cm, le score n'est pas défini (ou 0 si besoin) car le guidon du vélo touche les véhicules garés.</p> <p>Zone 1 : en deçà du seuil de vitesse Ay, le score vaut 5 indépendamment de la distance.</p> <p>Zone 2 : au-delà du seuil de distance Bx, le score vaut 5 indépendamment de la vitesse.</p> <p>Zone 3 : sous la droite (AB), hors zone 0, le score vaut 5.</p> <p>Zone 4 : dans le rectangle à gauche de la droite (AC) et à droite de la zone 0, entre les vitesses Ay et Cy, le score diminue linéairement de 5 à 0 en fonction de la vitesse.</p> <p>Zone 5 : dans le rectangle au-dessus du segment [BC], entre les distances Cx et Bx, le score augmente linéairement de 0 à 5 en fonction de la distance.</p> <p>Zone 6 : dans le triangle (A, B, C), le score diminue linéairement de 5 (sur [AB]) à 0 (en C) en fonction de la vitesse et de la distance pour avoir un score continu au passage des zones 4 et 5.</p> <p>Zone 7 : rectangle au-delà de la vitesse Cy et en deçà de la distance Cx, le score vaut 0.</p> <p>Objectif : prévenir les risques d'ouverture de portière et la survenue de piétons entre les véhicules garés.</p> <p>Comportements attendus : augmenter sa distance latérale aux véhicules garés ou ralentir.</p> |
| <p>Situation type s27 : Priorité à droite à un carrefour sans visibilité</p> | <p>Le score est fonction de</p> <ul style="list-style-type: none"> - la distance au trottoir, - la vitesse du cycliste. | <p>Zone foncée : En deçà de la distance Bx et sous la droite (AB) d'une part et au-delà de la distance Bx et en-deçà de la vitesse By d'autre part, le score vaut 5.</p> <p>Zone jaune clair : Au-dessus du segment de droite CD d'une part</p> |



Lecture : idem ci-dessus.

et au-dessus de la vitesse C_y d'autre part, le score vaut 0.

Entre ces deux zones : zone blanche :

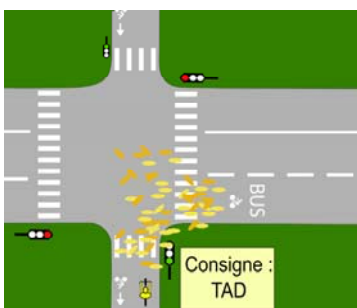
- au-delà de la distance B_x , le score diminue linéairement de 5 (à l'horizontale de B) à 0 à l'horizontale de C, en fonction de la vitesse.

- en deçà de la distance B_x , le score diminue linéairement de 5 sur le segment [AB] à 0 sur le segment [DC] pour relier continument les deux zones précédentes.

Objectif : pouvoir s'arrêter en cas de véhicule arrivant sur la droite malgré le manque de visibilité.

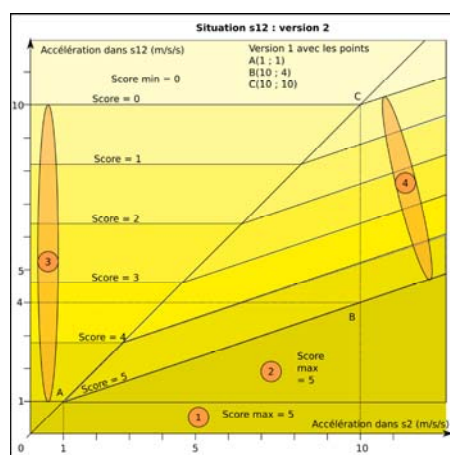
Comportement attendu : soit accroissement de la visibilité en s'éloignant de l'obstacle, soit réduction de la vitesse.

**Situation type s12 :
Tourner à droite en
carrefour sur surface
glissante**



Le score est fonction :

- du maximum de l'accélération centrifuge du cycliste sur la situation s2 (virage sur surface normalement adhérente),
- du maximum de l'accélération centrifuge du cycliste sur la situation s12 (virage sur surface glissante – feuilles mortes sur la chaussée),



Lecture :

- maximum de l'accélération centrifuge du cycliste sur la situation s2 (en m/s^2) en abscisses,
- maximum de l'accélération centrifuge du cycliste sur la situation s12 (en m/s^2) en ordonnées,
- score indiqué dans chaque zone délimitées

Dans la zone 3, à gauche de la droite (AC), le score évolue de manière linéaire en fonction de la seule variable *maximum-d'accélération-centrifuge-de-s12* ($ac12$). Le score est plafonné à 5 en deçà de l'accélération A_y et limité à 0 au-delà de l'accélération C_y .

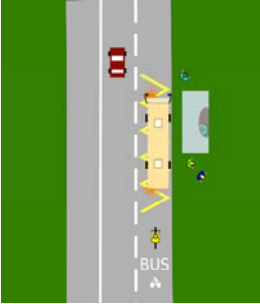
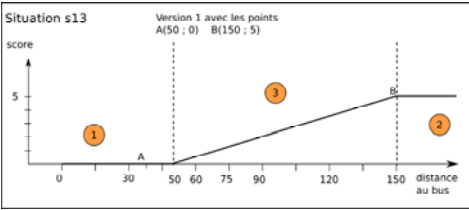

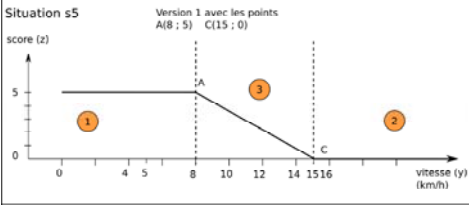
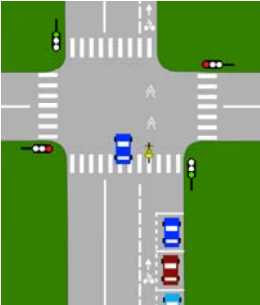
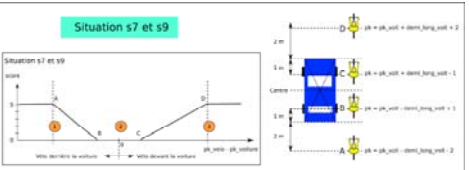
Dans la zone 4, le score évolue de manière linéaire en fonction des deux variables $ac2$ et $ac12$ dans l'objectif de relier continument la zone 2 à score 5 et la zone jaune pâle à score nul.

Objectif : Prévenir les risques de chute sur surface glissante.

Explication du score :

Lorsque l'accélération centrifuge sur surface glissante ($ac12$) est supérieure à celle sur surface normale ($ac2$) – le participant n'a pas tenu compte du risque de glissade dû aux feuilles –, le score dépend juste de $ac12$.

Si la participant diminue son accélération centrifuge $ac12$ par rapport à $ac2$, il a un bénéfice pour avoir tenu compte de cet

| | | |
|--|---|--|
| | <p>par des droites passant par les points A, B et C.</p> | <p>environnement glissant.</p> |
| <p>Situation type s13 : Dépassement d'un bus arrêté à son arrêt</p>  <p>Dans le trajet du simulateur, le bus a le clignotant à droite.</p> | <p>Le score est fonction de la distance au bus.</p>  <p><i>Lecture</i> : score (en ordonnée) en fonction de la distance latérale du cycliste au bus, en centimètres, (en abscisse).</p> | <p>En deçà de Ax, le score vaut 0. Au-delà de Bx, le score vaut 5. Entre Ax et Bx, le score augmente linéairement de 0 à 5.</p> <p>Objectif : prévenir les risques de déport du bus et la survenue de piétons non visibles devant le bus.</p> |
| <p>Situation type s5 : Passage entre véhicules stationnés et file de véhicules arrêtés (avec masquage par un camion), sur bande cyclable</p>  <p>Dans le trajet du simulateur il s'agit d'un camion.</p> | <p>Le score est fonction de la vitesse du cycliste.</p>  <p><i>Lecture</i> : score (en ordonnée) en fonction de la vitesse du cycliste, en km/h (en abscisse).</p> | <p>En deçà de Ax, le score vaut 5. Au-delà de Cx, le score vaut 0. Entre Ax et Cx, le score diminue linéairement de 5 à 0.</p> <p>Objectif : prévenir les risques d'ouverture de portières et la survenue de piétons entre les véhicules arrêtés/stationnés et devant le camion.</p> |
| <p>Situation type s7 : Traversée de carrefour tout droit sur bande cyclable à proximité d'un véhicule sur la voie d'à côté (à gauche)</p>  | <p>Le score est fonction de la position longitudinale du cycliste par rapport au véhicule en mouvement. Quatre positions seuils sont utilisées et varient selon le type de véhicules sur la gauche (voiture, camion, bus) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - A (derrière le véhicule) ; - B et C (sur le côté du véhicule vers l'arrière et vers l'avant) ; - D (devant le véhicule).  <p>Remarque : les valeurs exactes des</p> | <p>En deçà de Ax, le score vaut 5. Entre Ax et Bx, le score diminue linéairement de 5 à 0. Entre Bx et Cx, le score vaut 0. Entre Cx et Dx, le score augmente linéairement de 0 à 5. Au-delà de Dx, le score vaut 5.</p> <p>Objectif : prévenir le risque d'accident en cas de tourne-à-droite-du véhicule.</p> <p>Comportement attendu : être visible du conducteur (vers l'avant) ou en position de le laisser passer (vers l'arrière). Il faudrait aussi tenir compte de la distance latérale au véhicule, ce que nous ferons probablement</p> |

| | | |
|--|--|-----------------------|
| | points A,B,C,D dépendent du type de véhicules et sont fournies dans le tableau en-dessous. | dans un second temps. |
|--|--|-----------------------|

Tableau : Paramètres des scores pour chaque situation

| N° de situation | Type de score | Paramètres du graphique | Caractéristiques du score final |
|-------------------|---|--|---|
| 0, 3, 6, 18 et 29 | s1 | A (60 cm, 5 km/h) B (130 cm, 15 km/h) C (60 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : commence après 10 m de stationnement sur une longueur de 80 m. Scores calculés tous les 50 cm. Scores moyennés tous les 10 m (20 valeurs). Score final = min(scores moyennés.) |
| 1 | s1 | A (80 cm, 5 km/h) B (150 cm, 15 km/h) D (80 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : commence 4 m avant le piéton sur une longueur de 4 m. Scores calculés tous les 50 cm. Scores moyennés sur la zone d'intérêt (8 valeurs). Score final = score moyen. |
| 2 | Pas de score | Pas de score | Cette situation sert de comparaison avec la situation s12. Zone d'intérêt : de 5 m avant le passage piétons amont à 5 m après le passage piétons aval. Calcul de l'accélération centrifuge instantanée (= carré de la vitesse divisé par le rayon de courbure de la roue avant). On conserve l'accélération maximale sur la zone d'intérêt, notée ac2. |
| 4, 8, 26 | s7 | A (1 m derrière le camion) B (3 m devant l'arrière du camion) C (au niveau de l'avant du camion) D (2,5 m devant) | Zone d'intérêt : du centre du passage piétons au centre du carrefour (ligne séparatrice) ; longueur de la zone : de 7 m à 7,5 m selon la taille des carrefours. Scores calculés tous les 50 cm. |
| 5 | s13 si le cycliste passe à gauche de la file, s5 s'il passe à droite. | Si s13 : A (60 cm) B (150 cm) Si s5 : A (8 km/h) C (15 km/h) | Zone d'intérêt : A partir du milieu du camion jusqu'à l'avant du camion. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 7 et 9 | s7 | A (2 m derrière la voiture) B (1 m devant l'arrière de la voit.) C (au centre de la voit.) D (au niveau de l'avant de la voit.) | Zone d'intérêt : A la fin du passage piétons. Scores calculés : un seul score. |
| 10 | Pas de score. | | |
| 11 | s1 | Comme situation 0. | Zone d'intérêt : tout le long du véhicule |

| | | | |
|----------|---|---|---|
| | | | utilitaire (VU) arrêté. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 12 | s12 | A (1 m/s ² , 1 m/s ²) B (10 m/s ² , 4 m/s ²) D (10 m/s ² , 10 m/s ²) (comme sur le graphique) | Zone d'intérêt : de 5 m avant le passage piétons amont à 5 m après le passage piétons aval. Calcul de l'accélération centrifuge instantanée. On note acc12 le maximum de cette accélération sur la zone. Score final = score calculé à partir de ac2 et ac12. |
| 13 | s13 | A (60 cm) B (150 cm) | Zone d'intérêt : A partir du centre du bus jusqu'à l'avant du bus. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 14 | s7 | A (1 m derrière le bus) B (3 m devant l'arrière du bus) C (au niveau de l'avant du bus) D (1,5 m devant le bus) | Zone d'intérêt : du centre du passage piétons jusqu'à 2 m après le passage piétons (longueur 4,5 m). Diffère des situations 4, 8 et 26 car le cycliste tourne à droite. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = min (scores). |
| 17 | Pas de score. | | |
| 19 et 28 | s13 avec pour abscisse la distance au bord droit de l'anneau. | A (50 cm) B (milieu de l'anneau) (larg anneau : 6,4 m) | Zone d'intérêt : Au niveau de l'axe de la route de la première sortie. Scores calculés : un seul score. Score final = le score calculé. |
| 20 | s13 avec pour abscisse l'angle de la roue par rapport au rebord de piste. | A (4°) init 10° B (25°) Remarque : Ces valeurs faibles des angles s'expliquent par le fait que comme le vélo simulé n'apporte pas les mêmes sensations qu'un vrai vélo en virage du fait qu'il reste vertical, on doit obliger les cyclistes à tourner davantage le guidon que dans la réalité pour un même résultat. | Zone d'intérêt : franchissement du rebord de la piste par chaque roue. Scores calculés : 1 : angle de la roue avant par rapport au rebord quand cette roue atteint le rebord ; 2 : angle de la roue arrière par rapport au rebord quand cette roue atteint le rebord. Score final = min (scores 1 et 2) |
| 21 | s20 | Idem situation 20 | Comme pour la situation 20 pour sortir de la piste et à nouveau pour le retour sur la piste. Score final = minimum des 4 scores (entrée et sortie pour roue avant et roue arrière). Lorsque le cycliste ne retourne pas sur la piste, ne sont comptés que les scores de sortie de piste. |
| 22 | s1 | A (60 cm, 5 km/h) B (130 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : A partir de 5 m avant le début du passage piétons et jusqu'au début |

| | | | |
|----|-----|---|---|
| | | C (60 cm, 15 km/h) | du passage piétons. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 23 | s1 | A (80 cm, 5 km/h) B (150 cm, 15 km/h) C (80 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : A partir de 5 m avant le piéton et jusqu'au niveau du piéton. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). Si le cycliste reste derrière le piéton sur la piste, son score est 5. |
| 24 | s1 | A (20 cm, 8 km/h) B (150 cm, 15 km/h) C (20 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : A partir de 2 m après la fin du passage piétons sur une longueur de 4 m. (le passage piétons sur ce carrefour est très en amont de la route antagoniste) Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 25 | s1 | A (60 cm, 5 km/h) B (130 cm, 15 km/h) C (60 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : sur la longueur du taxi. Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |
| 27 | s27 | A (0 cm, 8 km/h) B (150 cm, 15 km/h) C (150 cm, 22 km/h) D (0 cm, 15 km/h) | Zone d'intérêt : A partir de la fin du passage piétons sur une longueur de 4 m. (le passage piétons sur ce carrefour est très en amont de la route antagoniste) Scores calculés tous les 50 cm. Score final = moy (scores). |

Après que le participant ait effectué le premier trajet, l'expérimentateur lance le programme de calcul des scores et recueille l'ensemble des scores de ce participant. Le programme fournit les résultats selon deux points de vue :

- la liste des scores des situations (par ordre croissant des scores) avec, pour chacune, les fiches concernées par la situation,
- la liste des scores des fiches (par ordre croissant des scores) avec, pour chacune, le score de chaque situation associée à cette fiche ; le score d'une fiche étant la moyenne des scores des situations en lien avec la fiche.

Un exemple de résultats est fourni en annexe 4.

6.3. *L'observation par l'expérimentateur*

Les gestes réalisés par le cycliste pour tourner à droite ou à gauche et le fait de se retourner pour observer le trafic derrière lui font partie des comportements attendus dans certaines situations. Ces comportements n'étant pas mesurés par le simulateur, c'est l'expérimentateur qui note si le participant réalise ces gestes et ces retournements dans les situations qui le nécessitent lors de chaque trajet. Une grille d'observation des comportements a été construite afin de définir si un retournement et/ou un geste est attendu pour chaque situation. Ces comportements sont :

- tourner la tête à gauche (pour regarder derrière) ;
- tendre le bras à gauche ;
- tendre le bras à droite.

Pour certaines situations, un retournement et un geste ne sont attendus que si le cycliste suit un cheminement particulier, par exemple si le cycliste choisit de se déporter à gauche pour dépasser un véhicule au lieu de rester derrière lui. A l'inverse, si dès son entrée dans une rue après avoir tourné à une intersection, le cycliste voit un obstacle à éviter et se place directement sur la gauche de la voie, le retournement et le geste ne sont pas attendus.

Pendant le trajet, l'expérimentateur situé derrière le participant, de manière à voir l'ensemble de la scène virtuelle, coche les cases de la grille des comportements selon les gestes et retournements qu'il observe lorsque cela est attendu. Cette grille est fournie en annexe 2.

Pour des questions de temps pendant la passation, ces données ne sont pas entrées de manière détaillées, situation par situation, dans le programme de calcul des scores. Par contre, un score global sur les gestes et un score global sur les retournements sont établis. Ils permettent de donner un score à trois fiches :

- - Fiche 7 Se rendre prévisible : le score est le score global des gestes observés.
- - Fiche 8 Être attentif, voir, entendre : le score est celui des retournements observés.
- - Fiche 9 Tourner à gauche : le score est la moyenne du score des gestes et des retournements observés.

C'est le programme de calcul des scores qui établit ces scores à partir des informations fournies par l'expérimentateur à partir de la grille de comportements qu'il a remplie.

Sont également notés par l'expérimentateur, tout comportement/cheminement du cycliste qui fait que le score d'une situation tel que calculé par le programme ne peut pas s'appliquer ou n'a pas de sens. Par exemple si un participant passe sur le trottoir pour éviter une difficulté, le score calculé automatiquement n'a alors plus de sens. Il ne devrait donc pas être considéré. Ces situations sont rares mais elles surviennent parfois. Elles seront traitées dans un second temps pour l'analyse des résultats.

D'autres comportements notables seront également intégrés dans un second temps, à partir des vidéos réalisées, pour compléter ces observations. Il pourra s'agir des gestes de la tête pour observer à droite et à gauche (bien que pas toujours faciles à détecter), des gestes de communication de la main parfois réalisés par les cyclistes, de l'utilisation de la sonnette du vélo ou de la voix pour avertir un autre usager.

6.4. Méthodologie du choix des fiches à lire

Dans la mesure où les participants sont classés comme appartenant au groupe expérimental (« groupe fiche ») ou au groupe contrôle selon une méthodologie pseudo-randomisée, le groupe auquel un participant est assigné est donc choisi au préalable. Dans le cas où le participant fait partie du groupe fiche, il lui est demandé de lire trois fiches.

Ces fiches sont choisies à partir de trois éléments :

- les scores des comportements du cycliste, calculés pour la plupart des situations par programme à partir des mesures du simulateur (décrits au § 6.2) ;
- les scores globaux issues des observations par l'expérimentateur des comportements du participant tels que notés sur la grille d'observation (décrits au § 6.3) ;
- la fréquence à laquelle telle fiche pressentie a déjà été fournie à des participants afin d'homogénéiser cette fréquence. Le nombre de fois qu'une fiche a été donnée est mis à jour au fur et à mesure. Plus qu'une homogénéisation, il s'agit de faire en sorte que toutes les fiches soient données à minima quelques fois. Cela permet d'avoir des résultats sur chaque fiche, ce qui est notre objectif initial.

Il s'agit donc de choisir les types de comportements induisant un risque pour le cycliste, et qui pourront éventuellement être améliorés par la lecture de la fiche associée à ce type de comportements (ce que l'expérimentation cherche à évaluer). Plus concrètement, l'expérimentateur choisit les fiches qui recueillent les plus bas scores, tout en regardant dans le détail les scores des différentes situations couvertes par cette fiche. L'expérimentateur sera aussi attentif au nombre de fois que chaque fiche a déjà été donnée.

Remarque, ce choix des fiches données à chaque participant conserve une certaine dose de partialité dans la mesure où il arrive que l'expérimentateur ne choisisse pas les 3 fiches ayant le plus mauvais score, pour tenir compte notamment des fiches déjà données.

7. Tests de faisabilité de l'expérimentation

Avant de lancer l'expérimentation, un certain nombre de tests de faisabilité ont été menés à bien :

- Nous avons testé le trajet pour identifier au maximum les éventuels défauts du simulateur. Quelques anomalies ont été corrigées comme des défauts sur les mesures transmises au calculateur de scores, et de situations non conformes à nos attentes en termes de position des véhicules par exemple.
- Nous avons testé le calcul des scores, formellement d'abord puis sur les données réelles de participants tests.
- Nous nous sommes entraînés à la passation de l'entretien pour uniformiser les pratiques des quatre expérimentateurs.
- Nous avons effectué plusieurs passations tests pour vérifier l'ensemble et pour nous entraîner sur la totalité du protocole de passation.

8. Expérimentation sur le simulateur

L'expérimentation est en cours depuis le 1er juin 2023 dans sa phase 1. Nous avons actuellement fait passer 75 participants. Parmi eux, un participant n'a pu terminer l'un des deux trajets de la phase 1 pour cause de bug du simulateur et 4 ont eu le mal du simulateur ne permettant pas de poursuivre. 28 participants ont déjà réalisé la phase 2.

La description de l'ensemble de l'expérimentation et des résultats seront décrits dans le rapport final.

Annexes

1. Annexe sur les observations naturalistes

Cette annexe décrit, pour chacune des situations envisagées, les mesures d'observation, la grille des comportements et leur qualification.

1.1. *Camion ou bus arrêté en première position à un feu rouge*

Descriptif de la situation

Un bus ou un camion s'arrête à un feu rouge au niveau d'un carrefour en première position sur sa file. La rue est bidirectionnelle avec une ou plusieurs voies dans chaque sens. Dans le cas de plusieurs voies, le camion / bus s'est arrêté sur la voie de droite. Cette voie peut être un couloir bus autorisé aux cyclistes. Un cycliste s'arrête également au feu. L'espace sur la droite du camion / bus est suffisamment large pour que le cycliste ait le choix de s'y faufiler.

L'observation se déroulera sur deux infrastructures :

- rue avec bande cyclable dans le sens du véhicule ;
- rue sans bande cyclable.

Les mesures d'observation

L'observation porte sur la position d'arrêt du cycliste par rapport au camion / bus. L'observateur attend que le cycliste s'arrête et note sa position relativement au bus ou au camion selon la grille fournie ci-après. Il aura à sa disposition un schéma visuel de la scène pour cocher facilement sa position. Si le cycliste ne s'arrête pas et passe au rouge, il ne sera pas pris en compte dans l'étude.

La grille des comportements

Dans le cas avec ou sans bande cyclable, la position du cycliste sera décrite selon dix catégories (l'observateur notera s'il ne s'agit pas de la même voie que celle du camion / bus, pour des rues à plusieurs voies dans le sens du camion / bus) :

1. Devant le camion/bus à moins de 1,5 mètres (quasiment la longueur d'un vélo environ (< 1,85 m))
2. Derrière le camion/bus à moins de 1,5 mètres
3. Sur le côté droit du camion/bus, sur sa partie avant (à moins de 3 mètres du rétroviseur dans le sens de la longueur, donc de l'ordre de la longueur de deux vélos)
4. Sur le côté gauche du camion/bus, sur sa partie avant (même définition)
5. Devant le camion/bus à plus de 1,5 mètres
6. Derrière le camion/bus à plus de 1,5 mètres
7. Sur le côté droit du camion/bus, sur sa partie arrière, définie comme commençant au-delà de sa « partie avant » (à plus de 3 mètres du rétroviseur – environ 2 vélos)
8. Sur le côté gauche du camion/bus, sur sa partie arrière (même définition)
9. Sur le trottoir
10. Autre (l'observateur décrira le cas).

La qualification des catégories de comportements

Les catégories de position 1 à 4 sont des comportements à risques

Les catégories de position 5 à 9 sont des comportements adaptés.

La catégorie 10 dépendra de la description de l'observateur : soit le comportement sera déclaré adapté ou pas, soit il ne sera pas possible de conclure.

1.2. Interaction avec un véhicule (voiture ou véhicule long) à l'entrée d'un carrefour à feux

Pour différentes raisons, cette situation sera peut-être exclue de l'étude. Si elle est conservée, les mesures d'observation, la grille des comportements et la qualification des comportements sont susceptibles d'être modifiées avant l'observation.

Descriptif de la situation

Un cycliste arrive à l'entrée d'un carrefour, au niveau du passage pour piétons. Le feu est vert (s'il y a un feu). Le trafic est peu dense. On s'intéresse à deux cas de figure :

- un véhicule roule dans le même sens que le cycliste, il est sur sa gauche, à sa hauteur ou juste devant
- aucun véhicule n'est sur la gauche du cycliste.

L'observation se déroulera sur deux infrastructures :

- dans une rue classique bidirectionnelle à une voie dans chaque sens ;
- dans une rue bidirectionnelle (2x1 voies) avec une bande cyclable au moins du côté où circule le cycliste.

Les mesures d'observation

L'observateur note la position latérale du cycliste dans sa voie à l'entrée du carrefour (au niveau du passage pour piétons) conjointement avec la présence ou pas d'un véhicule (pas de véhicule proche ou véhicule à sa gauche ou à sa gauche juste devant). Dans le cas sans bande cyclable, la position sera notée avec quatre valeurs qualitatives : très à droite, au centre-droit (un tiers de voie), au centre, sur la gauche. Eventuellement l'observateur pourra mettre des repères à la craie sur la voie avant l'observation. Dans le cas avec bande cyclable, la position sera notée avec six valeurs qualitatives : partie droite de la bande, partie gauche de la bande, juste à gauche de la bande (n'est plus dans la bande), centre droit de la voie générale, centre de la voie, sur la gauche de la voie générale.

La grille des comportements

Dans le cas sans bande cyclable :

1. Cycliste au centre-droit de sa voie sans véhicule proche ;
2. Cycliste au centre-droit de sa voie avec un véhicule à sa gauche ;
3. Cycliste très à droite sans véhicule proche ;
4. Cycliste très à droite avec un véhicule à sa gauche ;
5. Cycliste au centre ou à gauche de sa voie sans véhicule proche ;
6. Cycliste au centre ou à gauche de sa voie avec un véhicule à sa gauche.

Dans le cas avec bande cyclable :

1. Cycliste au centre-droit de la voie générale sans véhicule proche ;
2. Cycliste au centre-droit de la voie générale avec un véhicule à sa gauche ;
3. Cycliste sur la bande sans véhicule proche ;
4. Cycliste sur la bande avec un véhicule à sa gauche ;
5. Cycliste juste à gauche de la bande sans véhicule proche ;
6. Cycliste juste à gauche de la bande avec un véhicule à sa gauche ;
7. Cycliste au centre ou sur la gauche de la voie générale sans véhicule proche ;
8. Cycliste au centre ou sur la gauche de la voie générale avec un véhicule à sa gauche ;

La qualification des catégories de comportements

Dans le cas sans bande cyclable :

Les catégories 1, 2, 5, 6 sont des comportements adaptés. La catégorie 3 est neutre (on ne peut pas déterminer ce qu'aurait fait le cycliste en présence d'un véhicule). La catégorie 4 est un comportement à risque.

Dans le cas avec bande cyclable :

Les catégories 1, 2, 5, 6, 7, 8 sont des comportements adaptés. La catégorie 3 est neutre (on ne peut pas déterminer ce qu'aurait fait le cycliste en présence d'un véhicule). La catégorie 4 est un comportement à risque.

1.3. Circulation le long de véhicules stationnés en créneau

Descriptif de la situation

Un cycliste roule le long de véhicules stationnés en créneau. Aucun véhicule n'est mal positionné dans le sens où il empiéterait sur la chaussée et obligerait le cycliste à faire un écart. Cela modifierait la trajectoire du cycliste par anticipation et fausserait la mesure recherchée. Aucun véhicule n'est en double file non plus pour les mêmes raisons.

L'observation se déroulera dans trois configurations :

- rue bidirectionnelle, à une voie dans le sens du cycliste, sans bande cyclable, pas à peu de trafic ;
- rue bidirectionnelle, à une voie dans le sens du cycliste, avec une bande cyclable dans le sens du cycliste, pas à peu de trafic ;
- rue bidirectionnelle, à une voie dans le sens du cycliste, sans bande cyclable, avec un trafic soutenu à dense (voir ces définitions ci-dessous) ;

La bande cyclable, lorsqu'elle existe, sera peu large (≤ 1 mètre) afin de voir l'effet de la présence de la bande sur la distance des cyclistes aux voitures stationnées comparativement à la même situation sans bande cyclable. L'observateur mesure la largeur de la bande avant les observations.

Les mesures d'observation

On observe la position du cycliste par rapport aux véhicules stationnés (position des roues du vélo). L'observateur choisit un emplacement entre deux véhicules stationnés (environ à la moitié du bloc de véhicules stationnés, à un endroit où il est facile d'observer).

Il note la position de la roue qu'il classe dans trois catégories : position à moins de 80 cm, entre 80 cm et 1,10 m, à plus de 1,10 m. Pour cela, il aura dessiné sur la chaussée des points de repère à 80 cm et 1,10 m.

Après le passage du cycliste à son niveau, l'observateur pourra compléter son observation en regardant si le cycliste maintient qualitativement la même position latérale le long de plusieurs véhicules. Si sa position fluctue beaucoup, la position sera considérée comme indéterminée.

L'observateur note également la charge globale de trafic, mesure qu'il fera de temps en temps après plusieurs observations.

- Peu de trafic : de l'ordre de quatre véhicules par minute dans le sens de la marche du cycliste ;
- flux soutenu : entre cinq à douze par minute ;
- flux dense : au-delà de douze par minute. Si le trafic est pulsé par les feux tricolores, il en tiendra compte dans sa moyenne en mesurant le trafic sur une durée égale à un nombre entier de cycles de feux.

La grille des comportements

Le critère d'observation est directement la position du cycliste décrite selon quatre catégories :

1. Cycliste placé à au moins 1,10 mètre des véhicules garés.
2. Cycliste positionné entre 80 cm et 1,10 mètre des véhicules garés.
3. Cycliste positionné à moins de 80 cm des véhicules garés.
4. Cycliste très oscillant.

La qualification des catégories de comportements

La catégorie 1 est adaptée.

Les catégories 2 et 3 sont des comportements à risque.

La catégorie 4 ne permet pas de conclure.

1.4. Circulation sur l'anneau d'un giratoire ou d'un rond-point sans feux

Descriptif de la situation

Un cycliste emprunte un giratoire (priorité à l'anneau) ou un rond-point (priorité à droite) composé d'une seule voie de circulation et sans bande cyclable. La vitesse y est limitée à 50 km/h au maximum. Le cycliste ne prend pas la première sortie. Le 2nd observateur attend à la 2^{ème} sortie (ou à une sortie suivante choisie selon le nombre moyen de cyclistes empruntant cette sortie). On interrogera uniquement les cyclistes prenant cette sortie mais on observera le comportement de tous les cyclistes exceptés ceux prenant la première sortie. Le 1^{er} observateur notera la proximité ou pas d'un véhicule qui suit le cycliste.

Les mesures d'observation

L'observation portera sur la trajectoire du cycliste sur l'anneau. L'observateur n°1 se placera de telle sorte qu'il voie une large partie de cette trajectoire. Il note sa position latérale sur la chaussée au niveau de la première sortie. Il note le positionnement du cycliste selon les quatre catégories ci-dessous.

La grille des comportements

La position latérale du cycliste sera décrite selon quatre catégories :

1. Trajectoire très à droite : à moins d'un mètre du bord ;
2. Trajectoire à droite : dans le tiers de droite de la voie au-delà d'un mètre (centre-droit) ;
3. Trajectoire centrale (dans le tiers central de la voie) ;
4. Trajectoire proche du terre-plein central (dans le tiers gauche de la voie) ;

La qualification des catégories de comportements

La catégorie 1 est un comportement à risque.

La catégorie 2 sera classée dans « comportement adapté » ou à risque selon la taille de l'infrastructure.

Les catégories 3 et 4 sont des comportements adaptés.

1.5. Tourner à droite sur route mouillée

Sur une rue bidirectionnelle à une voie dans chaque sens (sans bande cyclable), on observe les cyclistes qui tournent à droite alors que la route est mouillée.

Les mesures d'observation

Les variables observées sont les suivantes :

- le cycliste roule-t-il sur les zébras (marquages) des passages pour piétons sur la rue qu'il aborde ?

- le cycliste est-il encore en train de tourner (encore dans le virage) lorsqu'il franchit ce passage pour piétons ;
- à quelle vitesse il les franchit : très élevée, moyenne, très faible. L'inclinaison du vélo pourrait être utilisée à la place d'une estimation de la vitesse.

La grille des comportements

Les cinq catégories corrélient vitesse du cycliste, positionnement par rapport aux zébras et « encore en virage » ou pas :

1. Le cycliste roule à une vitesse très élevée,
2. le cycliste roule à une vitesse très faible,
3. le cycliste roule à une vitesse moyenne, il tourne encore au niveau du passage piétons et il roule sur le marquage (un zébra),
4. le cycliste roule à une vitesse moyenne mais : il ne tourne plus au niveau du passage piétons ou ne roule pas sur le marquage (un zébra),
5. L'une des mesures est peu discernable.

La qualification des catégories de comportements

Les catégories 1 et 3 sont des comportements à risque de chute.

Les catégories 2 et 4 sont des comportements adaptés.

La catégorie 5 ne permet pas de conclure.

2. Grille d'observation des comportements lors de l'expérimentation sur le simulateur

Nous reproduisons la grille des observations qui permettent à l'expérimentateur de coder les gestes et retournements observés lors d'un trajet. Les parties grisées sont les seules dont il est tenu compte dans le calcul des scores (pour le choix des fiches) car ce sont les situations où un geste et / ou un retournement du cycliste est requis pour des raisons de sécurité.

Numéro de participant :

Numéro de trajet :

| Situations | Regard derrière | Signe main G | Signe main D | Observations à noter |
|-------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--|
| 0 : Stationnement | | | | |
| 1 : Stationnement piéton | | | | |
| 2 : Tourne-à-droite | | | | |
| 3 : Stationnement bande VU T | | | | |
| 4 : PL feu-rouge bande | | | | |
| 5 : File et stationnement | | | | |
| 6 : Stationnement bande VU | | | | |
| 7 : Carrefour voiture-à-G | | | | |
| 8 : PL feu-vert bande | | | | |
| 9 : Carrefour voiture-à-G T | | | | |
| 10 : Tourne-à-gauche bande | | | | Si TAG direct (avec ou sans arrêt au centre) ? |
| 11 : VU-arrêté DSC | | | | |
| 12 : Tourne-à-droite feuilles | | | | |
| 13 : Bus arrêt | | | | |
| 14 : Bus feu-vert TAD | | | | Si passage à gauche du bus ? |
| 15 : Rien (arrêt Choc) | | | | |
| 16 : Rien (départ choc) | | | | |
| 17 : Tourne-à-gauche | | | | Si TAG direct (avec ou sans arrêt au centre) ? |
| 18 : Stationnement trafic | | | | |
| 19 : Giratoire bande | | | | |
| 20 : Piste début | | | | |
| 21 : Piste poubelle | | | | |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|---------------------------------|
| 22 : Piste passage piétons VU | | | | |
| 23 : Piste piéton | | | | |
| 24 : Carref masq pté-vélo | | | | |
| 25 : Véhicule arrêté | | | | |
| 26 : PL feu rouge | | | | Si passage à gauche du camion ? |
| 27 : Carref masq pté-à- droite | | | | |
| 28 : Giratoire | | | | |
| 29 : Stationnement bataille | | | | |

3. Les entretiens semi-directifs lors de l'expérimentation

3.1. Entretien de la phase 1

Nous aimerions recueillir vos impressions sur le trajet que vous venez de réaliser, ce que vous avez pensé des situations, comment vous vous êtes senti·e, pourquoi vous avez agi comme vous l'avez fait, etc. Je lance l'enregistrement audio et l'entretien devrait durer 15 à 20 minutes.

Questions :

- Comment vous-êtes-vous senti·e lors de ce trajet ? Pourquoi ?
- Est-ce que certaines des situations rencontrées vous ont semblé problématiques ? Pourquoi ?
- A quelle fréquence avez-vous rencontré ces situations dans votre pratique du vélo ?
- Quelles émotions avez-vous ressenties dans ces situations lors du trajet ?
- Comment vous y êtes vous pris ?
Pourquoi avez-vous agi comme vous l'avez fait dans ces situations ? Auriez-vous agi de cette manière dans une situation réelle ?
- Pensez-vous avoir eu un comportement adapté à la situation ? Si non, quel aurait été le comportement le plus adapté ?
- De façon générale, pensez-vous que vous savez bien circuler à vélo en ville ?
- Pensez-vous savoir quels sont les comportements adaptés face à une situation problématique avec un autre usager ? Pour quelles situations n'êtes-vous pas sûr·e de connaître le comportement adapté ?
- Avez-vous d'autres choses à dire sur le trajet ?

3.2. Entretien de la phase 2

Groupe expérimental

- Comment vous-êtes-vous senti·e lors de ce trajet ? Pourquoi ?
- Le trajet comportait plusieurs situations d'interactions avec d'autres véhicules. Est-ce que certaines vous ont semblé problématiques ? Pourquoi ? Qu'est-ce que vous avez fait ?
- Quelles émotions avez-vous ressenties dans ces situations ?
- Pourquoi avez-vous agi comme vous l'avez fait dans ces situations ? Auriez-vous bien agi comme cela dans une situation réelle ?
- Pensez-vous avoir plutôt bien ou plutôt mal géré ces situations ? Pensez-vous avoir eu un comportement adapté ? Si non, quel aurait été le comportement le plus adapté ?
- Pensez-vous avoir eu un comportement différent aujourd'hui (sur ce parcours 3) par rapport à vos parcours dans la Phase 1 ?
- Avez-vous rencontré les situations de la simulation dans votre pratique du vélo depuis la Phase 1 ? Si oui combien de fois ?
- Avez-vous lu / relu les fiches pédagogiques depuis la Phase 1 (ceux donnés en cours de séance et ceux remis à la fin de séance) ? Si oui combien de fois ?
- Les avez-vous trouvés intéressants / utiles ?
- Quelles parties vous ont le plus intéressé·e / avez-vous le plus appris ? le moins ?
- Est-ce que vous avez mis en pratique certains des éléments des fiches depuis la Phase 1 ? lesquels ? (ont-ils fait du vélo ?)
- Au vu de votre pratique depuis la Phase 1, avez-vous trouvé qu'il manquait des éléments dans ces supports ? Lesquels ?
- Avez-vous lu ou visionné d'autres supports sur les comportements à vélo ?
- Avez-vous échangé avec d'autres personnes sur les comportements à adopter à vélo dans différentes situations ?
- Depuis la Phase 1, pensez-vous que votre pratique à vélo en ville a changé ? (vos

- comportements)
- Par rapport à la Phase 1, pensez-vous mieux savoir quels sont les comportements adaptés face à une interaction difficile avec un autre usager ? Pour quelles situations ? Pour quelles situations n'êtes-vous toujours pas sûr·e de connaître le comportement adapté ?

Groupe Contrôle

- Comment vous-êtes-vous senti·e lors de ce trajet ? Pourquoi ?
- Le trajet comportait plusieurs situations d'interactions avec d'autres véhicules. Est-ce que certaines vous ont semblé problématiques ? Pourquoi ?
- Quelles émotions avez-vous ressenties dans ces situations ?
- Pourquoi avez-vous agi comme vous l'avez fait dans ces situations ? Auriez-vous bien agi comme cela dans une situation réelle ?
- Pensez-vous avoir plutôt bien ou plutôt mal géré ces situations ? Pensez-vous avoir eu un comportement adapté ? Si non, quel aurait été le comportement le plus adapté ?
- Pensez-vous avoir eu un comportement différent aujourd'hui par rapport à vos parcours dans la Phase 1 ?
- Avez-vous rencontré les situations de la simulation dans votre pratique du vélo depuis la Phase 1 ? Si oui combien de fois ?
- Comment avez-vous réagi dans ces situations ? Avez-vous lu ou visionné des ressources sur les comportements à vélo ?
- Avez-vous échangé avec d'autres personnes sur les comportements à adopter à vélo dans différentes situations ?
- Depuis la Phase 1, pensez-vous que votre pratique à vélo en ville s'est améliorée ?
- Par rapport à la Phase 1, pensez-vous mieux savoir quels sont les comportements adaptés face à une interaction difficile avec un autre usager ? Pour quelles situations ? Pour quelles situations n'êtes-vous pas sûr·e de connaître le comportement adapté ?

Lors de la phase 2, le premier groupe de questions similaires à la phase 1 sera moins creusé que lors de la phase 1.

4. Exemple de fichier résultat du programme de calcul des scores

Voici un exemple de fichier issu du programme de calcul des scores. C'est à partir de fichiers de ce type que l'expérimentateur détermine le choix des trois fiches à donner aux participants du groupe expérimental. Les scores obtenus sont également ceux qui seront comparés entre les trajets d'un même participant ou entre les participants du groupe expérimental et ceux du groupe contrôle.

```
Session menée par XX
Participant n° XX
Trajet n° 1
Nom du fichier simulation lu : XXX
Date et heure du lancement de la moulinette : XXX
Réponses de l'opérateur concernant les retournements et les gestes :
- nombre de TAG direct (avec déport à gauche): 2
- sit 14, dépassement du bus par la gauche : Non
- sit 26, dépassement du camion par la gauche : Non
- nombre de situation où le cycliste s'est retourné (parmi celles où c'est attendu): 4
- nombre de situation où le cycliste a tendu le bras (parmi celles où c'est attendu): 3

*** Score moyen des fiches, ordonnées par scores croissants, avec détail des scores des situations associées.
Score moyen 1.11 fiche 2 Chutes seul - détail : [s 12 : 0.54], [s 20 : 2.74], [s 21 : 0.06]
Score moyen 1.47 fiche 4 Visible - détail : [s 24 : 1.47]
Score moyen 2.86 fiche 8 Observer - score issu des réponses de l'opérateur et non associé aux situations
Score moyen 3.19 fiche 6 Véh arrêtés - détail : [s 0 : 4.36], [s 1 : 5.00], [s 3 : 0.65], [s 5 : 0.16], [s
6 : 0.18], [s 11 : 5.00], [s 18 : 4.09], [s 22 : 4.32], [s 25 : 5.00], [s 29 : 3.12]
Score moyen 3.30 fiche 9 Tourn à Gch - score issu des réponses de l'opérateur : moyenne des scores des fiches 7
et 8
Score moyen 3.42 fiche 10 Carrefour - détail : [s 7 : 2.02], [s 9 : 4.83]
Score moyen 3.75 fiche 7 Prévisible - score issu des réponses de l'opérateur et non associé aux situations
Score moyen 4.00 fiche 1 Camions Bus - détail : [s 4 : 0.00], [s 8 : 5.00], [s 13 : 5.00], [s 14 : 5.00], [s
26 : 5.00]
Score moyen 4.28 fiche 5 Giratoire - détail : [s 19 : 3.56], [s 28 : 5.00]
Score moyen 4.77 fiche 3 Anticiper - détail : [s 23 : 4.53], [s 27 : 5.00]

*** Récapitulatif du nombre de chaque fiche données aux participant-es.
Fiche n° 1 : 8
Fiche n° 2 : 13
Fiche n° 3 : 5
Fiche n° 4 : 6
Fiche n° 5 : 11
Fiche n° 6 : 17
Fiche n° 7 : 12
Fiche n° 8 : 6
Fiche n° 9 : 7
Fiche n° 10 : 11

*** Score des situations, ordonnées par scores croissants, avec les fiches associées, de la plus pertinente à la
moins pertinente.
Score 0.00 situation 4 PL feu-rouge bande - Fiches 1
Score 0.06 situation 21 Piste poubelle - Fiches 2
Score 0.16 situation 5 File et stationnement - Fiches 6, 1
Score 0.18 situation 6 Stationnement bande VU - Fiches 6, 4
Score 0.54 situation 12 Tourne-à-droite feuilles - Fiches 2
Score 0.65 situation 3 Stationnement bande VU T - Fiches 6, 4
Score 1.47 situation 24 Carref masq pté-vélo - Fiches 4, 3
Score 2.02 situation 7 Carrefour voiture-à-G - Fiches 10
Score 2.74 situation 20 Piste début - Fiches 2
Score 3.12 situation 29 Stationnement-bataille - Fiches 6, 4
Score 3.56 situation 19 Giratoire bande - Fiches 5, 4
Score 4.09 situation 18 Stationnement trafic - Fiches 6, 4
Score 4.32 situation 22 Piste passage piétons VU - Fiches 6, 3
Score 4.36 situation 0 Stationnement - Fiches 6, 4
Score 4.53 situation 23 Piste piéton - Fiches 3
Score 4.83 situation 9 Carrefour voiture-à-G T - Fiches 10
Score 5.00 situation 25 Véhicule arrêté - Fiches 6, 3, 7 pour les gestes, 8 pour le contrôle
Score 5.00 situation 1 Stationnement piéton - Fiches 6, 3
Score 5.00 situation 8 PL feu vert bande - Fiches 1
Score 5.00 situation 11 VU-arrêté DSC - Fiches 6, 1, 7 pour les gestes, 8 pour le contrôle
Score 5.00 situation 13 Bus arrêt - Fiches 1
Score 5.00 situation 14 Bus feu-vert TAD - Fiches 1
Score 5.00 situation 26 PL feu rouge - Fiches 1
Score 5.00 situation 27 Carref masq pté-à-droite - Fiches 3, 4
Score 5.00 situation 28 Giratoire - Fiches 5, 4
```