IBSR

Respect des feux de signalisation par les piétons : mesure nationale de comportement menée en Belgique

Remerciements

L'auteur et l'Institut belge pour la Sécurité Routière tiennent à remercier les personnes et organisations suivantes pour leur contribution très appréciée à cette étude:

- Le Service Public Fédéral Mobilité, qui a fourni les ressources financières pour cette étude.
- Les observateurs qui ont réalisé l'étude.
- Ellen De Pauw de l'Institut pour la Mobilité (Université d'Hasselt) : reviewer externe de la version préliminaire de ce rapport.
- Marc Broeckaert, Michèle Guillaume, Ludo Kluppels et Philip Vaneerdewegh : conseillers et reviewers interne au sein de l'IBSR. La seule responsabilité pour le contenu de ce rapport se trouve, cependant, avec l'auteur.
- François Riguellle, Peter Silverans et Wouter Van den Berghe,reponsables de la qualité finale et qui ont également supervisé les activités de recherches.
- Les autres collègues ayant contribué à cette étude, en particulier Sofie Questier et Mathieu Roynard (organisation des observations) et Natalie Stuyck et Ria De Geyter (lay-out).
- Notre collègue Liesbeth Hollants Van Loocke et la société « To the Point Translations sprl» qui a traduit le rapport du néerlandais vers le français, ainsi que notre collègue Antonio Basiaux pour la vérification de la traduction.

Respect des feux de signalisation par les piétons : mesure nationale de comportement menée en Belgique

Rapport de recherche n° 2015-R - 07-FR

D/2015/0779/30

Auteurs : Kevin Diependaele

Editeur responsable : Karin Genoe

Editeur : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Cente de Connaissance Sécurité Routière

Date de publication : 12/06/2015

Veuillez faire référence au présent document de la manière suivante : Diependaele K.. (2015) Respect des feux de signalisation par les piétons : mesure nationale de comportement menée en Belgique –. Bruxelles, Belgique : Institut Belge pour la Sécurité Routière – Centre de Connaissance Sécurité Routière

Dit rapport is eveneens beschikbaar in het Nederlands onder de titel : Diependaele K.. (2015) Respect voor verkeerslichten bij voetgangers: Een nationale gedragsmeting in België.

This report includes an English summary.

Table des matières

Résumé 5

Executive Summary 9

1 INTRODUCTION 13

2 METHODE 15

3 ANALYSE DES DONNEES 17

3.1 Multivarié 17

3.2 Généralisé 17

3.3 Linéaire 18

3.4 Mixte 18

4 RESULTATS 20

4.1 Prévalence 20

4.2 Covariances 20

4.3 Caractéristiques situationnelles 22

4.3.1 Moment de la journée 22

4.3.2 Sens de circulation 22

4.3.3 Nombre de bandes par sens de circulation 22

4.3.4 Bandes réservées aux trams ou aux bus 23

4.3.5 Boutons-poussoirs 23

4.3.6 Support visuel et sonore 24

4.3.7 Visibilité du passage pour piétons 24

4.4 Variation attendue 25

4.5 Incidents 25

5 DISCUSSION 26

5.1 Prévalence 26

5.2 Influence des caractéristiques situationnelles 26

5.2.1 Densité du trafic 27

5.2.2 Densité du trafic piéton 28

5.2.3 Phases 28

5.2.4 Boutons-poussoirs 28

5.2.5 Signaux de support 29

5.2.6 Passage pour piétons 29

6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 30

LISTE DES FIGURES 32

REFERENCES 33

ANNEXE : SITES ET SCHEMA DES OBSERVATIONS 35

Résumé

Objectif de l'étude

Malgré une baisse générale du nombre de victimes de la route, les chiffres relatifs à la Belgique montrent que, ces dernières années, la part des piétons dans les statistiques des victimes est en hausse. Entre 2008 et 2014, le nombre de tués dans la circulation a augmenté de près de trois points de pourcentage (source : SPF Économie - Direction Générale Statistique et Information Économique). L'analyse des accidents implicant des piétons en Belgique (2013) montre que ces derniers se produisent, pour 62% des cas, lorsque le piéton traverse. Dans 83% de ces accidents, il n'y avait pas de feux piétons. A noter que les 17% d'accidents restants se sont produits en présence de feux fonctionnant correctement. Lors d'analyses de procès-verbaux à Bruxelles, Populer (2014) a constaté que 39% de ces accidents étaient dus à des piétons qui traversaient au rouge. Selon cette même étude, près de 20% des piétons ont traversé alors que le feu était rouge.

Il ressort clairement de ces observations que les piétons ont aussi leur part de responsabilité au niveau de l'amélioration de leur sécurité dans le trafic. L'objectif de la présente étude est de mieux cerner le comportement des piétons à hauteur des endroits de traversée équipés de feux de signalisation et de poser ainsi les bases scientifiques de mesures potentielles visant à rendre le comportement de traversée plus sûr. Il s'agit de la première étude nationale qui fait une estimation du pourcentage de piétons qui ne respectent pas les feux de signalisation aux endroits de traversée fréquemment empruntés tant par des piétons que par des véhicules. L'étude se penche également sur l'impact que peut avoir les facteurs environnementaux spécifiques sur la prévalence des mouvements de traversée au feu rouge.

Méthode

Les données reprises dans cette étude s'appuient sur des mesures menées dans les 9 villes les plus peuplées de Belgique, à savoir Anvers, Mons, Bruges, Bruxelles, Charleroi, Gand, Louvain, Liège et Namur. Au total, 1320 moments d'observation ont été organisés du 10 au 20 septembre 2014 inclus. Chaque observation a duré 15 minutes et s'est déroulée à un endroit de traversée spécifique, sur l'un des 80 carrefours sélectionnés. Nous avons sélectionné, en première instance, des carrefours situés en agglomération, fréquentés à la fois par un grand nombre de piétons et de véhicules motorisés. L'endroit de traversée était à chaque fois un passage zébré ininterrompu, délimité par 2 feux piétons. Chaque mesure visait, au départ d'une phase verte, à comptabiliser pendant exactement 15 minutes le nombre de piétons qui traversaient au vert et au rouge. Il a été tenu compte de la couleur du feu uniquement en début de traversée. Pour les personnes qui ont traversé au rouge, nous avons tenu compte si cela engendrait ou non une situation d'insécurité. Durant les 15 minutes d'observation, nous avons également comptabilisé le nombre de véhicules qui ont franchi l'endroit de traversée à chaque phase où le feu était vert pour eux ainsi que le nombre de ces phases.

A chaque observation, les caractéristiques situationnelles suivantes ont été enregistrées :

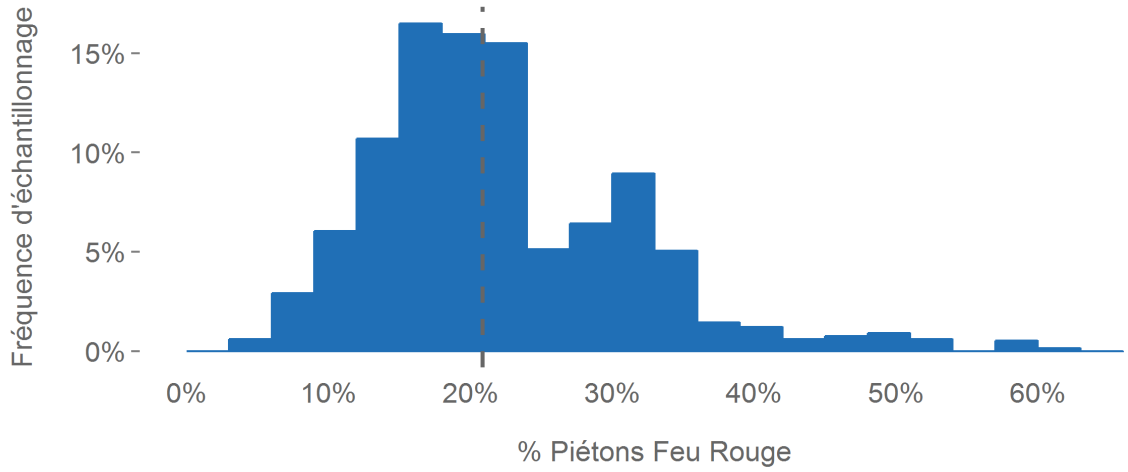
- Moment où l'observation a débuté
- Nombre de sens de circulation croisant l'endroit de traversée
- Nombre de bandes par sens de circulation croisant l'endroit de traversée
- Présence ou absence de bandes réservées aux trams ou aux bus
- Présence ou absence d'une gare de trains ou de bus ou d'un terminus de trams à proximité immédiate (c'est-à-dire visible depuis l'endroit de traversée)
- Présence ou absence d'un bouton-poussoir à l'endroit de traversée
- Présence ou absence d'un support visuel (par ex. éclairage du bouton-poussoir)
- Présence ou absence d'un support sonore
- Bonne ou mauvaise visibilité du passage pour piétons
- Conditions atmosphériques (ensoleillé, nuageux, pluvieux, brumeux, venteux, chaud, température modérée, froid)

Pour chaque observation individuelle de 15 minutes, l'étude a donné lieu à quatre variables dépendantes :

- Le nombre total de mouvements de traversée pendant les phases où le feu était vert pour les piétons.
- Le nombre total de mouvements de traversée pendant les phases où le feu était rouge pour les piétons.
- Le nombre total de véhicules traversant le passage pendant les phases où le feu était vert pour les véhicules.
- Le nombre total de phases où le feu était vert pour les véhicules.

Les moyennes et les corrélations de ces quatre variables dépendantes ont été analysées sur la base d'un « modèle linéaire généralisé multivarié mixte » pour lequel les caractéristiques situationnelles enregistrées ont été définies comme régresseurs.

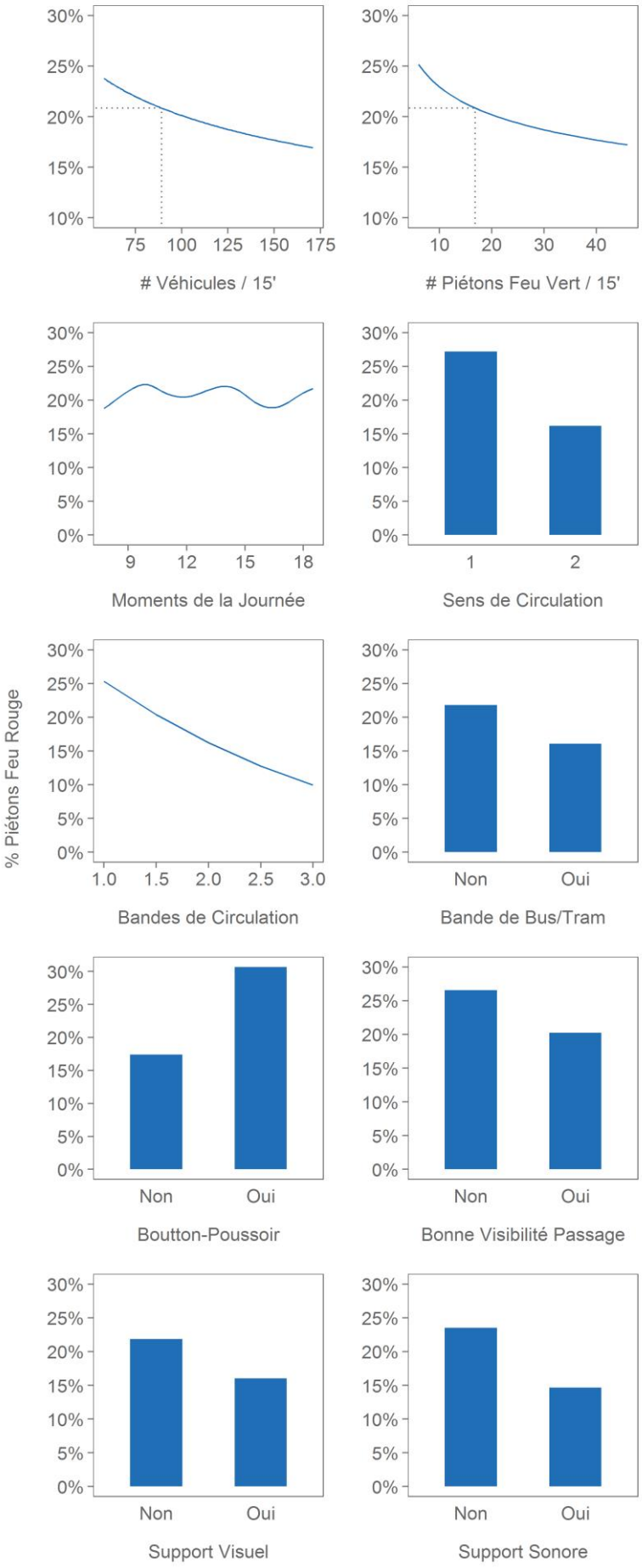
Figure A. Distribution d'échantillonnage des pourcentages de mouvements de traversée au rouge selon le modèle multivarié.



Résultats

Il ressort des résultats que près de 21% (20,85%) des piétons traversent alors que le feu piéton est rouge aux endroits de traversée ordinaires situés dans un environnement urbain en Belgique. Cette prévalence présente toutefois d'importantes variations en fonction du contexte spécifique; des prévalences inférieures à 15% et supérieures à 30% ne sont pas une exception (voir Figure A). La densité du trafic et les caractéristiques situationnelles qui s'y rapportent (moment de la journée, nombre de sens de circulation, nombre de bandes par sens de circulation et présence d'un site propre pour trams ou bus) ont clairement un effet réducteur : plus le nombre de véhicules et de piétons empruntant un endroit de traversée est élevé, plus la prévalence des mouvements de traversée au rouge est basse. Une série de caractéristiques techniques ont également un impact significatif : des boutons-poussoirs et des marquages routiers peu visibles entraînent une augmentation des infractions. Par contre, des signaux de support, qu'ils soient visuels ou sonores, ont un effet positif (infractions moins fréquentes). La Figure B résume les principaux effets.

Figure B. Aperçu des principaux effets sur le pourcentage de mouvements de traversée au feu rouge.



Conclusions et recommandations

Le fait que, sur certains passages piétons, plus de 30% des mouvements de traversée ont lieu alors que le feu est rouge est un problème majeur de sécurité routière qui montre une fois de plus que les piétons ont une grande part de responsabilité au niveau de l'amélioration de leur sécurité dans le trafic. Il ressort des résultats que les piétons ne traversent pas au rouge de manière arbitraire : plus le volume de trafic est important, plus le pourcentage d'infractions diminue et le nombre d'incidents relevés au cours de l'étude est minime. Cela dit, le non-respect des feux est, par définition, une pratique dangereuse. Des études nationales et internationales montrent clairement un risque accru d'accident lorsque l'on traverse au rouge. Il importe également de souligner que les observations ont été effectuées à des endroits de traversée fréquemment empruntés tant par les piétons que les véhicules.

Même si, dans une situation spécifique, le fait de traverser au rouge n'entraîne pas d'accident, ce même comportement peut, en raison d'une influence individuelle et sociale, donner lieu à un accident dans une autre situation. Nous pouvons partir du principe que le comportement de chaque usager a une influence sur le comportement des autres usagers. Une décision individuelle de traverser au rouge peut donc influencer les autres usagers et induire d'autres comportements dangereux dans la circulation. Dans ce cadre, le rôle d'exemple des adultes à l'égard des enfants n'est certainement pas à sous-estimer.

Les recommandations pouvant être formulées sur la base de cette étude concernent avant tout des caractéristiques liées à l'infrastructure étant donné que l'étude ne comprend pas d'informations sur les caractéristiques spécifiques des piétons qui respectent ou non les feux de signalisation.

- Le lien avec le volume de trafic explique pourquoi nous recommandons, lors de l'installation ou de l'évaluation des feux piétons, de tenir compte du volume de trafic attendu et surtout de la variation de ce volume. Aux endroits où la densité de trafic est souvent faible, on est en droit de se demander si des feux piétons améliorent effectivement la sécurité routière. On pourrait par exemple y envisager un système de déconnexion des feux de signalisation lorsque le trafic est rare en veillant à ce que tant les piétons que les véhicules en soient informés via une signalisation claire et spécifique (par ex. feux orange clignotants).
- L'effet négatif des boutons-poussoirs a donné lieu à la recommandation d'évaluer en profondeur le comportement des piétons et leur sécurité aux endroits de traversée équipés de boutons-poussoirs. Une cause possible pourrait être la caractéristique inhérente aux boutons-poussoirs qui fait que les temps d'attente ne sont généralement pas clairs. Une autre étude avait déjà clairement démontré que le fait d'anticiper un temps d'attente trop long et le manque d'informations concernant ce temps d'attente ont un effet négatif sur la sécurité du comportement de traversée des piétons. Comme confirmé par une étude internationale, l'installation d'un décompte-secondes aux passages pour piétons peut représenter une solution.
- Les résultats montrent que, même aux endroits sans boutons-poussoirs, une signalisation additionnelle, soit visuelle soit sonore, permet d'améliorer la sécurité routière. Bien que les résultats ne contiennent pas d'informations sur l'efficacité des différents systèmes en Belgique, l'utilité des décompte-secondes a déjà été démontrée à maintes reprises. L'implémentation de ce type de systèmes reste toutefois limitée en Belgique. Concernant les signaux sonores, les systèmes sont beaucoup moins variés ornous constatons qu'ils ont pourtant un effet très positif. Sur base de cette étude, nous povons effectivement conclure que la fonctionnalité de la signalisation sonore va plus loin qu'une simple assistance aux piétons aveugles ou malvoyants.
- Les gestionnaires de voiries peuvent eux aussi influencer le comportement des piétons de manière positive en accordant l'attention nécessaire à l'usure des marquages routiers. Le fait que les piétons traversent plus fréquemment au rouge sur des passages pour piétons peu visibles présente des similitudes avec le constat plus vaste qu'un espace public bien ordonné incite à l'adoption d'un comportement conforme aux normes sociétales. Un comportement de traversée sûr peut donc également être lié à de plus larges investissements au niveau de l'aménagement du territoire.

Dans l'attente d'une étude axée sur les caractéristiques individuelles des piétons adoptant un comportement dangereux, nous pouvons réfléchir aux façons d'attirer l'attention des piétons sur (a) leur part de responsabilité dans l'amélioration de la sécurité routière (b) leur rôle d'exemple à l'égard des autres usagers en matière de respect des règles de circulation.

Executive Summary

Study objective

Despite an overall decrease in the number of road casualties, the Belgian figures show that in recent years the proportion of pedestrians in the casualty statistics increased. Among the fatalities there was an increase of almost 3 percent points between 2008 and 2014 (source: FPS Economy - Directorate General Statistics and Economic Information). The analysis of collisions with pedestrians in Belgium (2013) learns that in 62% of the cases, a crossing pedestrian was involved. Eighty-three percent of the collisions with crossing pedestrians occurred in the absence of pedestrian lights. It is nevertheless remarkable that the remaining 17% of the accidents occurred in the presence of operational pedestrian lights. In an analysis of police reports in Brussels, Populer (2014) found that in 39% of these cases, pedestrians crossed the road while the pedestrian light was red. In the same study it appeared that, irrespective of collisions, about 20% of the pedestrians violated traffic lights.

These findings clearly indicate that pedestrians also bear responsibility in improving their safety in traffic. The purpose of the present study is to obtain a better understanding of the behavior of pedestrians at pedestrian lights and, as such, to provide a scientific basis for potential measures to promote safe crossing behavior. For the first time in Belgium an estimate is made of the proportion of pedestrians that violate the lights at crossings that are frequently used by both pedestrians and vehicles. In addition, we study the influence of specific environmental variables on the prevalence of red-light running by pedestrians.

Method

The data of this study were collected during observations in the nine most populated Belgian cities: Antwerp, Mons, Bruges, Brussels, Charleroi, Ghent, Leuven, Liège and Namur. There were in total 1320 observation moments between September 10th and September 20th 2014. Each observation lasted 15 minutes and concerned a single zebra crossing on one of 80 selected intersections. Intersections were primarily selected in urban areas where pedestrian and motorized traffic are represented in large numbers. Each crossing featured a continuous zebra crossing with pedestrian lights at each side. All measurements started at the beginning of a green phase for pedestrians. During exactly 15 minutes the numbers of pedestrians that started crossing on green and red lights were counted. Regarding the colour of the lights we only considered the colour the lights had when pedestrians started crossing. Each time a pedestrian violated the light we recorded whether or not this resulted in an unsafe situation. On every green phase for vehicles the number of vehicles that crossed the observation site was counted. The frequency of these phases was also recorded. This was all done during the same 15 minutes observation interval.

For each observation the following situational characteristics were recorded:

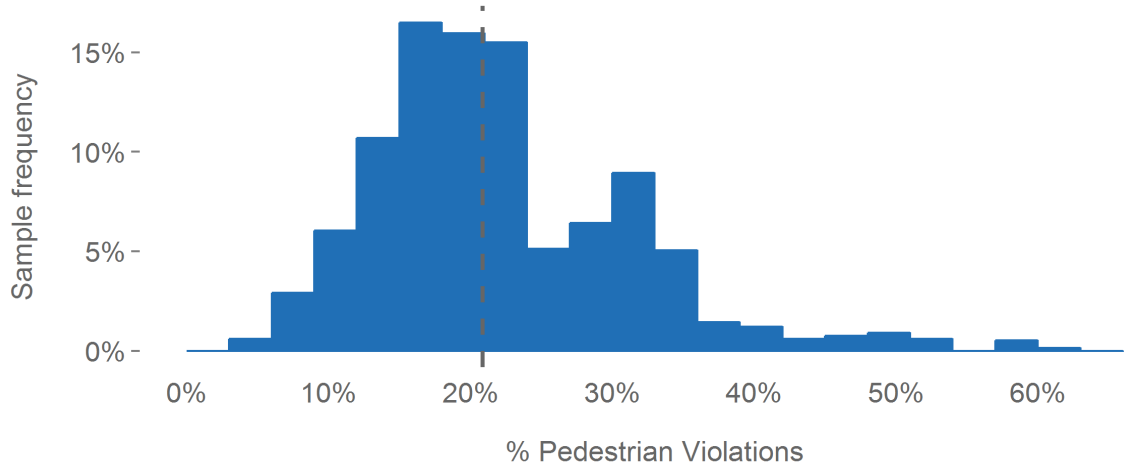
- Starting time of the observation
- Number of driving directions at the pedestrian crossing
- Number of lanes per driving direction
- Presence or absence of a tram or bus lane
- Presence or absence of a train/tram/bus station in the immediate vicinity of the crossing (i.e., visible from the crossing)
- Presence or absence of a push button at the crossing ("Pelican crossing")
- Presence or absence of visual support (e.g., push button with message)
- Presence or absence of auditory support
- Good or bad visibility of the crosswalk
- Weather conditions (sunny, cloudy, rainy, foggy, windy, warm, moderate temperature, cold)

For each 15 minute observation, the study yielded four dependent variables:

- The total number of pedestrians that started crossing on a green light
- The total number of pedestrians that started crossing on a red light
- The total number of passing vehicles during the green phases for vehicles
- The number of green phases for vehicles

Means and correlations of these four dependent variables were analyzed by means of a so-called multivariate generalized linear mixed model with the situational characteristics as predictors.

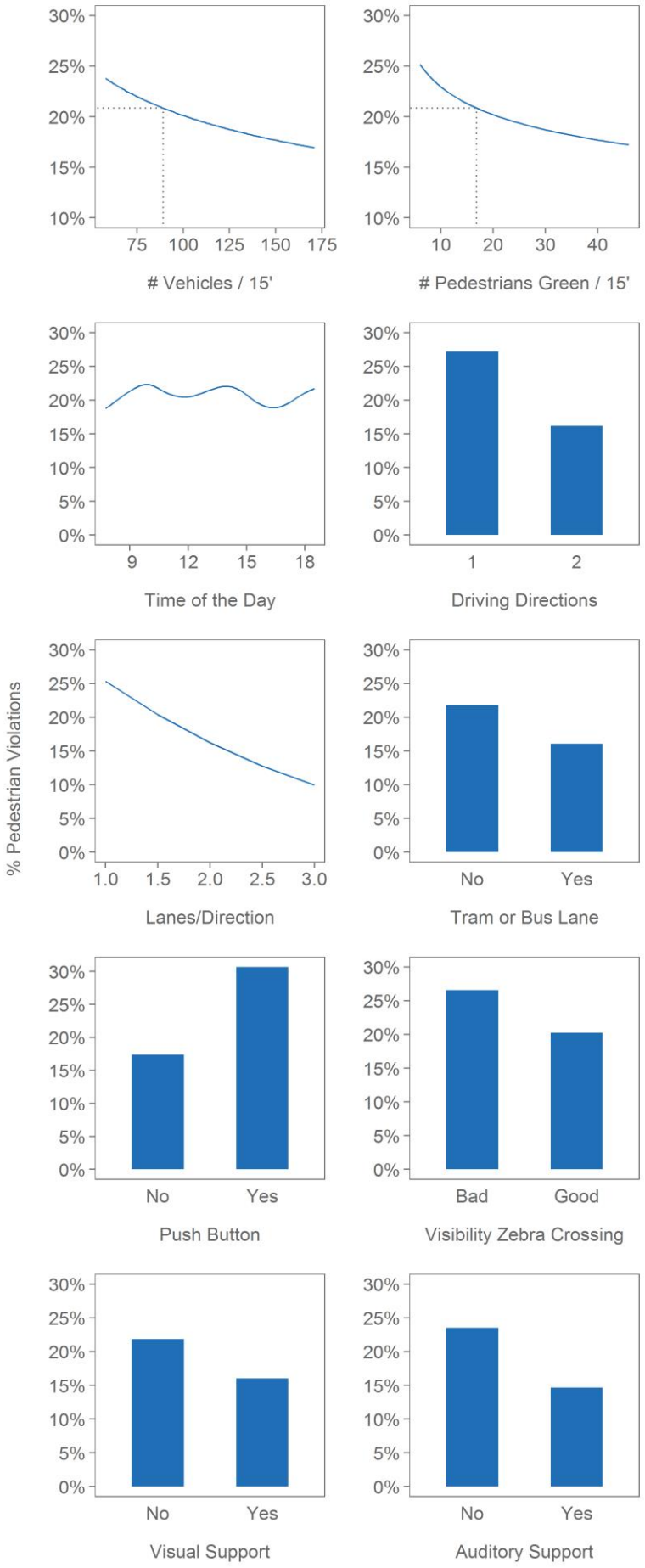
Figure A. Sample distribution of the percentage of pedestrians violating the traffic lights according to the multivariate model.



Results

The results show that on a regular pedestrian crossing controlled by lights in an urban setting in Belgium, approximately 21% (20.85%) of the pedestrians violate the lights. There is, however, large variability in this prevalence depending on the specific context; percentages below 15% and above 30% are no exceptions (see Figure A). Traffic density and situational characteristics associated with traffic density (time of the day, number of driving directions, number of lanes per driving direction and the presence of a tram or bus lane) clearly have a lowering effect: the more vehicles and pedestrians are present, the lower the prevalence of red-light running. Apart from these variables, a number of technical characteristics also exert a significant influence: push buttons and ill visibility of the zebra crossing increase the frequency of violations. On the other hand, auxiliary signals, either visual or auditory, have a positive effect (less frequent violations). Figure B summarizes the most important effects.

Figure B. Overview of the most important effects on the percentage of pedestrians that start crossing on a red light.



Conclusions and recommendations

The observation that at some crossings more than 30% of the pedestrians violate the traffic lights poses an important problem for road safety. At the same time, it further demonstrates that pedestrians carry a considerable responsibility in improving their own safety. The results show that pedestrians do not violate lights arbitrarily: the percentage of violations decreased as the traffic volume increased and the observed violations only rarely resulted in an unsafe situation. Nevertheless, by definition red-light running qualifies as dangerous behaviour. National and international research clearly demonstrates an increased risk of collisions when pedestrians start crossing on a red light. It is also important to stress that the current observations were made at pedestrian crossings with a high density of pedestrian and vehicle traffic.

Even when, in a specific situation, violating pedestrian lights does not result in a collision, this behaviour can induce collisions in another situation through individual and social influences. We can assume that the behaviour of each road user influences the behaviour of other road users. As such, an individual decision to start crossing on a red light can be transferred onto other road users and other unsafe behaviour in traffic. The importance of adult role models towards children should not be underestimated in this regard.

The recommendations that can be put forward on the basis of this study primarily concern infrastructural characteristics. This is because no personal information was gathered about pedestrians that committed violations and pedestrians that respected traffic lights.

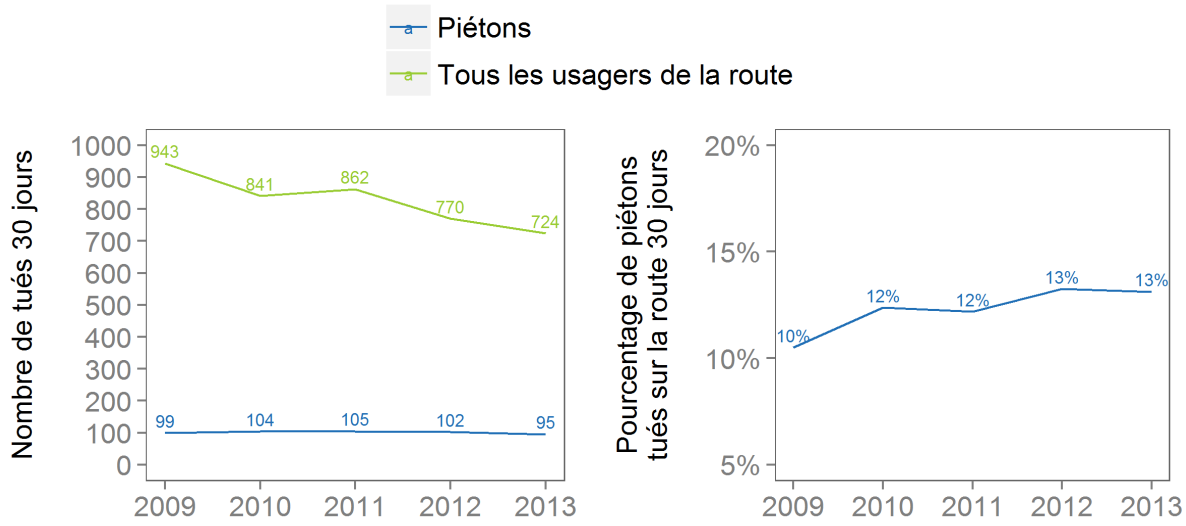
- The observed relationship with traffic volume leads to the recommendation to pay special attention to the expected traffic volume and the expected variation therein when designing or evaluating pedestrian lights. At sites with frequent periods of low traffic density, one can wonder whether pedestrian lights indeed improve safety and one could envision installations where traffic lights are not operational during these periods, accompanied by clear signalling for pedestrians and vehicles (e.g., flashing orange lights).
- The negative effect of push buttons leads to the recommendation to thoroughly evaluate the behaviour of pedestrians at pelican crossings. A potential cause for the higher frequency of red-light running is that waiting times are inherently untransparent in the presence of push buttons. In other research it was already found that the anticipation of an extensive waiting time and the absence of information on waiting times have negative effects on safe crossing behaviour by pedestrians. As shown in various international studies, the implementation of count-down signals can provide a solution to this problem.
- The results of our study show that additional signalling, either visual or auditory, can also improve safety at sites without push buttons. Although the results do not provide information about the effectiveness of the different systems in Belgium, the value of count-down displays has been demonstrated repeatedly. Nevertheless, the implementation of this type of system is limited in Belgium. Interestingly, we see the strongest positive effect in the case of auditory support and the variation in this type of systems is much smaller compared to that in visual systems. On the basis of our study we can thus conclude that the functionality of auditory signalling exceeds that of support for blind and visually impaired pedestrians.
- Road authorities can also exert a positive influence on the behaviour of pedestrians by paying sufficient attention to the quality of road markings. The observation that pedestrians commit violations more frequently when the visibility of the zebra crossing is poor is in line with the more general observation that a well ordered public space is beneficial for behaviour that aligns with social norms. Consequently, safe crossing behaviour can also be tied to broader investments in spatial planning.

Awaiting research that deals with the individual characteristics of pedestrians that violate traffic lights, one can reflect on ways to raise awareness among pedestrians about (a) their own responsibility in improving road safety and (b) the example they set towards other road users in respecting traffic regulations.

1. INTRODUCTION

Malgré une baisse générale du nombre de victimes de la route, les chiffres relatifs à la Belgique montrent que, ces dernières années, la part des piétons dans les statistiques des victimes est en hausse. Entre 2008 et 2014, le nombre de tués dans la circulation a augmenté de près de trois points de pourcentage (voir Figure 1).

Figure 1. Évolution du nombre de piétons tués en Belgique (source : SPF Économie ; infographie: IBSR).



L'analyse des accidents de piétons en Belgique montre que, dans 76 % des cas, le piéton est renversé par une voiture personnelle (source : SPF Économie - Direction Générale de la Statistique et de l'Information Économique). Dans 81 % des cas, l'accident a lieu en agglomération et dans 62 % des cas, il s'agit de piétons qui traversent. Dans 83 % des accidents de cette dernière catégorie, il n'y avait pas de feux piétons. À noter que les 17 % d'accidents restants se sont produits en présence de feux fonctionnant correctement. Lors de l'analyse de procès-verbaux à Bruxelles, Populer (2014) a constaté que 39 % de ces accidents étaient dus à des piétons qui traversaient au rouge. Dans la majorité des autres accidents (49 %), une collision a eu lieu entre des piétons qui traversaient et des véhicules qui tournaient. Et dans les cas restants, le chauffeur du véhicule n'avait pas respecté le feu.

Il ressort clairement de ces observations que les piétons ont aussi leur part de responsabilité au niveau de l'amélioration de leur sécurité dans le trafic. Des observations à petite échelle effectuées à Bruxelles (Populer, 2014), Paris (Huguenin-Richard, 2010) et Hambourg (Schlabbach, 2010) ont démontré qu'à chaque fois, 20 à 25 % des piétons traversaient au rouge (cf. King et al., 2009 et Mullen et al., 1990 pour des résultats similaires en Australie et aux États-Unis). La motivation principale de ce comportement semble être l'anticipation d'un temps d'attente trop long et un risque d'être pris en flagrant délit relativement faible (Gårder, 1989). Un argument de défense qui revient souvent est que, dans la plupart des cas, traverser au rouge n'aboutit pas à une situation de trafic dangereuse. King et al. (2009) ont toutefois constaté que le risque de se retrouver impliqué dans un accident est 8 fois plus important que lorsque l'on traverse au vert. Nous ne savons pas si cette estimation est également valable au niveau de la Belgique, mais une enquête précédente de l'IBSR a démontré qu'en Belgique, traverser au rouge est considéré comme un comportement très à risque, aussi bien pour les usagers forts que les usagers faibles. Sur une échelle de zéro à neuf, ce comportement obtient un score de huit. Comparé à d'autres comportements dangereux, il s'agit d'un score élevé (72e centile ; IBSR, 2012).

Afin de promouvoir un comportement sûr et, en particulier, le respect des feux par les piétons, il est nécessaire d'avoir une estimation du comportement à risque aussi exacte que possible et de tenter de le comprendre. En premier lieu, c'est l'ampleur du problème qui doit être examinée : la prévalence de traversées au rouge. Jusqu'à aujourd'hui, nous ne disposions pas d'estimations du pourcentage de piétons qui ne respectent pas les feux de signalisation en Belgique. Le premier objectif de l'étude actuelle a donc

été d'obtenir une telle estimation. Pour ce faire, des endroits de traversée fréquemment utilisés, aussi bien par les piétons que par les véhicules, ont été observés. L'étude se penche également sur l'impact que peuvent avoir des facteurs environnementaux spécifiques sur la prévalence des mouvements de traversée au feu rouge. Des études internationales ont déjà montré que la densité du trafic exerce une influence importante : on constate généralement moins de traversées lorsque le volume de véhicules plus élevé. Des comportements plus sûrs de la part des piétons peuvent aussi être attribués à des caractéristiques liées à l'infrastructure, qui sont en relation avec la densité du trafic, comme le nombre de bandes traversées (cf. Gårder, 1989 ; Cambon de Lavette et al., 2009). Il a également été démontré que plus le nombre de piétons se trouvant près d'un endroit de traversée est élevé, plus le pourcentage d'infractions est faible (cf. Brosseau et al., 2013). L'étude actuelle a permis pour la première fois de chiffrer des effets similaires dans le contexte belge. En plus de l'influence que la densité du trafic et les autres piétons ont sur les comportements de traversée, nous avons également étudié les interactions avec le moment de la journée, les infrastructures de transports publics, la fréquence des phases, les boutons-poussoirs, les signaux de support visuels et sonores, les conditions météorologiques et la qualité du marquage au sol. L'objectif final est de poser ainsi les bases scientifiques de mesures potentielles visant à rendre le comportement de traversée plus sûr pour les piétons.

2. MÉTHODE

Les données reprises dans cette étude s'appuient sur des mesures menées dans les 9 villes les plus peuplées de Belgique, à savoir Anvers, Bruges, Bruxelles, Charleroi, Gand, Louvain, Liège, Mons et Namur (source : SPF Intérieur, Direction Générale des Institutions et de la Population). Dans chaque ville, à l'exception de Bruxelles, 8 carrefours différents ont été sélectionnés où les mouvements de traversée des piétons sont réglés par des feux de signalisation. À Bruxelles, 16 carrefours ont été sélectionnés, étant donné que la ville possède une surface beaucoup plus importante. Nous avons sélectionné, en première instance, des carrefours situés en agglomération, fréquentés à la fois par un grand nombre de piétons et de véhicules motorisés. La sélection de ces carrefours a eu lieu sur base d'analyses de photos extraites de Google Street View et de différents témoignages personnels. Pour la sélection finale, une répartition géographique uniforme à l'intérieur de chaque ville a également été prise en compte. Un aperçu complet des sites sélectionnés se trouve en annexe.

Au total, 1320 moments d'observation ont été organisés. Chaque observation a duré 15 minutes et s'est déroulée à un endroit de traversée spécifique, sur l'un des carrefours sélectionnés. L'endroit de traversée était à chaque fois un passage pour piéton ininterrompu, délimité par 2 feux piétons. Lors de chaque observation, le nombre de piétons qui traversaient au vert et au rouge a été comptabilisé. Il a été tenu compte de la couleur du feu uniquement en début de traversée. Le chronomètre a été déclenché en synchronisation avec le début d'une phase où le feu était vert et il a été arrêté après exactement 15 minutes, sans tenir compte de la couleur du feu. Afin d'étudier les relations avec le volume de trafic, nous avons également comptabilisé le nombre de véhicules qui ont franchi l'endroit de traversée à chaque phase où le feu était vert pour eux ainsi que le nombre de ces phases, durant les 15 minutes qu'a duré l'observation. En plus de ces chiffres, les caractéristiques situationnelles suivantes ont aussi été enregistrées lors de chaque observation :

- Moment où l'observation a débuté
- Nombre de sens de circulation croisant l'endroit de traversée
- Nombre de bandes par sens de circulation croisant l'endroit de traversée
- Présence ou absence de bandes réservées aux trams ou aux bus
- Présence ou absence d'une gare de trains ou de bus ou d'un terminus de trams à proximité immédiate (c'est-à-dire visible depuis l'endroit de traversée)
- Présence ou absence d'un bouton-poussoir à l'endroit de traversée
- Présence ou absence d'un support visuel (par ex. éclairage du bouton-poussoir)
- Présence ou absence d'un support sonore
- Bonne ou mauvaise visibilité du passage pour piétons
- Conditions météorologiques (ensoleillé, nuageux, pluvieux, brumeux, venteux, chaud, température modérée, froid)

Enfin, le nombre d'incidents s'étant produits entre des véhicules et des piétons a été enregistré lors de chaque observation. Nous avons défini ces incidents comme des situations lors desquelles une collision a été évitée par une manœuvre du véhicule ou du piéton impliqué. Pour chaque incident, nous avons également indiqué si le feu destiné aux piétons était vert ou rouge lorsqu'il s'est produit.

Les observations ont eu lieu du 10 au 20 septembre 2014. Elles ont été proportionnellement réparties entre les carrefours sélectionnés. Les moments d'observation ont aussi été répartis de manière uniforme du lundi au samedi, entre 7 h 30 et 19 h 15.

Dix équipes ont été chargées d'effectuer les observations : deux équipes à Bruxelles et une équipe dans chacune des autres villes. Chaque équipe a réalisé 132 observations qui étaient regroupées en 33 sessions, lors desquelles l'équipe se rendait à chaque fois à un carrefour spécifique. Lors de chaque session, ils ont effectué 4 observations successives à différents endroits de traversée du carrefour qui avaient été déterminés au préalable (33 x 4 = 132). Les carrefours sélectionnés (8 au total) revenaient en moyenne 4 fois au fur et à mesure des sessions. Le schéma complet des observations peut être consulté en annexe.

Chaque équipe était composée de 2 observateurs, qui avaient chacun une fonction spécifique. Le premier membre de l'équipe s'occupait de compter le nombre de piétons traversant au vert et au rouge. Cette comptabilisation continue était effectuée pendant 15 minutes au moyen de 2 compteurs mécaniques, chacun actionnés par une main (un compteur pour le nombre de piétons traversant au vert et l'autre pour le nombre de piétons traversant au rouge). Parmi les piétons qui traversaient au vert, aucune différence n'a été faite entre ceux qui arrivaient au rouge et attendaient que le feu devienne vert et ceux qui arrivaient au vert et pouvaient traverser directement. Lors de la phase pilote de l'étude, nous avons constaté que la méthode de comptage ne permettait pas de faire la différence de manière précise, notamment parce que les piétons décidaient souvent après un certain temps d'utiliser un autre passage pour traverser au lieu d'attendre.

Le deuxième membre de l'équipe était responsable du chronométrage exact de la période d'observation. Pour ce faire, chaque équipe disposait d'un même instrument de mesure digital (GSM) avec un signal d'alarme clairement audible et perceptible. Une autre tâche avait également été confiée au deuxième membre de l'équipe : enregistrer le nombre de véhicules qui franchissaient le carrefour lors les phases vertes pour les véhicules. Le chiffre récolté lors de chaque phase verte a été enregistré séparément, contrairement à la comptabilisation des piétons, ce qui permettait d'enregistrer le nombre de phases vertes en même temps. Les deux observateurs étaient tous les deux chargés de faire attention aux incidents, tels qu'ils ont été décrits ci-dessus. À la fin de l'observation, ils rapportaient ensemble la quantité d'incidents qui s'étaient produits lors des phases rouges et vertes pour les piétons.

Avant l'étude, toutes les équipes ont participé à un entraînement pratique détaillé : ils se sont exercés à mettre en pratique la méthode d'observation, en commençant avec des enregistrements vidéos et en passant ensuite à des situations réelles. Une attention particulière a été apportée aux techniques permettant de réaliser des mesures correctes lorsque les volumes de circulation sont importants et se renouvellent rapidement, ainsi qu'aux manières de réaliser l'observation aussi discrètement que possible.

3. ANALYSE DES DONNEES

Pour chaque observation individuelle de 15 minutes, l'étude a donné lieu à quatre variables dépendantes :

- Le nombre total de mouvements de traversée pendant les phases où le feu était vert pour les piétons (y_A).
- Le nombre total de mouvements de traversée pendant les phases où le feu était rouge pour les piétons (y_B).
- Le nombre total de véhicules traversant le passage pendant les phases où le feu était vert pour les véhicules (y_C).
- Le nombre total de phases où le feu était vert pour les véhicules (y_D).

Les données ont été modelisées au moyen d'un « modèle linéaire généralisé multivarié mixte ». Ce modèle est décrit et argumenté au moyen de ces quatre caractéristiques dans les paragraphes qui suivent.

3.1 Multivarié

Dans un modèle multivarié, contrairement à un modèle univarié, les données de plusieurs variables dépendantes sont modelisées simultanément, l'objectif étant de décrire la relation mutuelle (ici : la corrélation) entre les variables dépendantes, en plus de leurs caractéristiques individuelles (ici : la moyenne). Dans le contexte actuel, il est par exemple important de connaître la proportion de piétons qui ont traversé au rouge par rapport au nombre de piétons qui ont traversé au vert. Des enquêtes réalisées auparavant ont montré que les piétons sont moins enclins à traverser au rouge si d'autres piétons se trouvent aussi à l'endroit de traversée (cf. Zhou et al., 2014). Nous prévoyons donc une plus faible augmentation (voire même une diminution) du nombre de piétons traversant au rouge (y_B) lorsque le nombre de piétons traversant au vert augmente (y_A).

Lors d'analyses univariées individuelles ou lorsque le pourcentage de mouvements de traversée au rouge (c.-à-d. avec comme variable dépendante $y = \frac{\#rouge}{\#rouge+\#vert} \times 100$) est analysé, on n'obtient aucune information à propos de la relation entre les nombres de piétons comptabilisés. Dans ce dernier cas, il est également supposé, à tort, que le volume de piétons n'influence jamais la fréquence des mouvements de traversée au rouge ou, plus généralement, qu'il n'existe pas d'influence mutuelle dans le comportement de traversée des piétons.

En plus de la relation entre le nombre de piétons qui traversent au vert et au rouge, il est tout aussi important de savoir quel rapport les autres variables dépendantes entretiennent entre elles. Le nombre total de véhicules franchissant l'endroit de traversée au vert (y_C) et le nombre de phases vertes pour les véhicules (y_D) ont une corrélation mutuelle naturelle ; toutefois, ces nombres peuvent chacun avoir une relation très différente avec le nombre de piétons au vert (y_A) et le nombre de piétons au rouge (y_B). Seul un modèle multivarié des données permet de mesurer ces relations.

3.2 Généralisé

En statistique, le terme « généralisé » renvoie aux modèles qui sont appliqués à des variables dépendantes distribuées de manière non normale. Dans le contexte actuel, nous supposons que la distribution des quatre variables mesurées (y_A, y_B, y_C en y_D) peut être décrite au moyen d'une loi de Poisson quadrivariée. Il est habituel de choisir la loi de Poisson en tant que distribution théorique lorsque l'on est confronté à des nombres (0, 1, 2, 3, ...). La loi de Poisson possède un seul paramètre ($\lambda > 0$) qui quantifie en même temps la valeur attendue[1] et la variance ($E(y) = Var(y) = \lambda > 0$). Toutefois, dans de nombreux cas, des paramètres adaptés admettant des différences entre la moyenne et la variance (appelés paramètres de dispersion) sont ajoutés. Dans le contexte actuel, la variance appelée « extra-Poisson » a été reprise dans le modèle en ajoutant une erreur résiduelle à l'équation du modèle (voir 3.4).

[1] Il s'agit d'un concept théorique, à savoir la moyenne arithmétique d'un test aléatoire infiniment grand.

3.3 Linéaire

La base de notre modèle est une régression de Poisson linéaire. Dans la conception de l'étude, chaque observation est associée à un nombre de caractéristiques situationnelles qui ont été enregistrées (le moment de départ, le nombre de bandes de circulation, etc.). Nous supposons donc dans notre modèle que les valeurs attendues pour chaque nombre mesuré ($E(y_i) = \lambda_i >$) peuvent être exprimées en fonction d'une combinaison linéaire de ces caractéristiques. Puisque $y_i \geq 0$ est toujours vrai dans nos données, la fonction exponentielle est utilisée pour « lier » les observations à cette combinaison linéaire. Plus spécifiquement, la base de notre modèle forme :

$$E(\boldsymbol{y}_A|\boldsymbol{X}) = exp(c_A + \boldsymbol{X}\boldsymbol{b}_A)$$
$$E(\boldsymbol{y}_B|\boldsymbol{X}) = exp(c_B + \boldsymbol{X}\boldsymbol{b}_B)$$
$$E(\boldsymbol{y}_C|\boldsymbol{X}) = exp(c_C + \boldsymbol{X}\boldsymbol{b}_C)$$
$$E(\boldsymbol{y}_D|\boldsymbol{X}) = exp(c_D + \boldsymbol{X}\boldsymbol{b}_D)$$

La matrice $\boldsymbol{X}$ comprend les caractéristiques situationnelles enregistrées lors de chaque moment d'observation individuel. Chaque rangée correspond à un moment d'observation déterminé de 15 minutes tandis que chaque colonne correspond à une caractéristique. Nous supposons que chaque mesure individuelle (telle que $y_{C,1}$: le nombre de véhicules pendant le premier moment d'observation) provient d'une distribution de Poisson. La prévision de cette distribution est modelisée comme l'exposant de la somme des éléments suivants :

- une constante ou « intercept ». Celle-ci est déterminée individuellement pour chaque variable dépendante (telle que c_C pour le nombre de véhicules).
- une somme pondérée des caractéristiques qui ont été enregistrées lors de l'observation. Les poids (régression) dans cette somme sont différents pour chaque variable dépendante et chaque caractéristique (par ex. b_{C3} : la valeur de la troisième caractéristique pour le nombre de véhicules).

3.4 Mixte

Mixte renvoie au fait que le modèle ne prend pas seulement en compte des caractéristiques « fixes », mais aussi des caractéristiques « aléatoires ». Les caractéristiques aléatoires renvoient à des variables dont les valeurs ont été fixées par un échantillonnage lors de la conception de l'étude. Il n'est pas possible de supposer que toutes les valeurs admissibles (ou pertinentes) ont été reprises dans l'étude, contrairement aux caractéristiques fixes, comme le nombre de sens de circulation. Une autre modélisation est donc nécessaire. La conception comporte deux facteurs aléatoires : les endroits de traversée choisis et les moments d'observation choisis.

L'effet produit par les endroits de traversée choisis a été modélisé par une valeur caractéristique pour chaque endroit (vecteurs $\boldsymbol{v}_A$, $\boldsymbol{v}_B$, $\boldsymbol{v}_C$ et $\boldsymbol{v}_D$). Le caractère aléatoire est exprimé dans le modèle en supposant que ces valeurs suivent une distribution multivariée normale avec moyennes nulles et variances ($\sigma^2_{v,A}$, $\sigma^2_{v,B}$, $\sigma^2_{v,C}$ et $\sigma^2_{v,D}$) et covariances ($\rho_{v,AB}\sigma_{v,A}\sigma_{v,B}$, $\rho_{v,AC}\sigma_{v,A}\sigma_{v,C}$, $\rho_{v,AD}\sigma_{v,A}\sigma_{v,D}$, $\rho_{v,BC}\sigma_{v,B}\sigma_{v,C}$, $\rho_{v,BD}\sigma_{v,B}\sigma_{v,D}$ et $\rho_{v,CD}\sigma_{v,C}\sigma_{v,D}$) à estimer.

L'effet aléatoire produit par les moments d'observation choisis peut être perçu comme une erreur résiduelle qui reflète l'insuffisance du modèle (vecteurs $\boldsymbol{u}_A$, $\boldsymbol{u}_B$, $\boldsymbol{u}_C$ et $\boldsymbol{u}_D$). Ici aussi, on suppose une distribution multivariée normale avec moyennes nulles et des variances ($\sigma^2_{u,A}$, $\sigma^2_{u,B}$, $\sigma^2_{u,C}$ et $\sigma^2_{u,D}$) et des covariances ($\rho_{u,AB}\sigma_{u,A}\sigma_{u,B}$, $\rho_{u,AC}\sigma_{u,A}\sigma_{u,C}$, $\rho_{u,AD}\sigma_{u,A}\sigma_{u,D}$, $\rho_{u,BC}\sigma_{u,B}\sigma_{u,C}$, $\rho_{u,BD}\sigma_{u,B}\sigma_{u,D}$ et $\rho_{u,CD}\sigma_{u,C}\sigma_{u,D}$) à estimer.

Les distributions multivariées normales et, plus précisément, les covariances qui sont supposées dans l'effet aléatoire comprennent les paramètres critiques quant à la corrélation (ρ) entre les quatre variables dépendantes.

Le modèle complet peut être résumé comme suit :

$$\boldsymbol{Y} = \exp(\boldsymbol{XB} + \boldsymbol{V} + \boldsymbol{U})$$

$\boldsymbol{Y}$: matrice avec observations (dimensions : # observations × # variables dépendantes)

$\exp(\,)$: fonction exponentielle

$\boldsymbol{X}$: matrice de conception (# observations × # caractéristiques fixes + 1) ; la première colonne comprend ici uniquement la valeur 1 et présente l'intercept

$\boldsymbol{B}$: matrice avec effets des caractéristiques fixes (# caractéristiques fixes + 1 × # variables dépendantes)

$\boldsymbol{V}$: matrice avec effets de localisation (# endroit de traversée × # variables dépendantes)

$\boldsymbol{U}$: matrice avec résidus (# observations × # variables dépendantes)

Il est donc supposé que :

$$\boldsymbol{V} \sim N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma}_V)$$

$$\boldsymbol{U} \sim N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma}_U)$$

Le modèle a été estimé d'après la formulation bayésienne (c.-à-d. la définition des distributions a priori non-informatives pour les éléments de $\boldsymbol{B}$, $\boldsymbol{\Sigma}_V$ et $\boldsymbol{\Sigma}_U$) au moyen de la *Méthode d'Échantillonnage de Monte-Carlo par chaînes de Markov*. Pour ce faire, l'ensemble *MCMCglmm* (Hadfield, 2010) dans *R* (R Core Team, 2014) a été utilisé. Seules les variables prédictives avec un effet statistiquement fiable[2] sur une ou plusieurs des variables dépendantes ont été retenues dans le modèle final.

L'effet non-linéaire complexe du moment de départ fait que l'on a décidé de simplifier le modèle lors de l'estimation de ces paramètres, et plus précisément en fixant les covariances à zéro. Il a ainsi été possible de modéliser l'effet à l'aide de *thin plate regression splines* (Wood, 2003).

En conclusion, en raison d'une très faible prévalence, les données concernant le nombre d'incidents observés n'ont pas pu être soumises à une analyse (régression) détaillée. Étant donné que ces incidents font, par définition, partie du nombre de mouvements de traversée enregistrés au vert et au rouge, il était également impossible d'inclure ces données dans le modèle décrit ci-dessus.

[2] La fiabilité, ou signifiance, a été évaluée au moyen de distributions postérieures échantillonnées pour les paramètres, plus précisément les limites des intervalles avec la plus forte densité de 95 %.

4. RESULTATS

4.1 Prévalence

Au cours des 1320 observations individuelles qui ont eu lieu, un total de 69 211 piétons a été observé. Il ressort de l'analyse décrite ci-dessus, et plus précisément la matrice $\boldsymbol{B}$, que dans 20,85 % des cas, les piétons ont traversé au rouge à des endroits de traversées ordinaires. Ce pourcentage correspond à une prévision totale de 4,44 piétons traversant au rouge contre 16,86 piétons traversant au vert par observation individuelle de 15 minutes ($\frac{4{,}44}{4{,}44+16{,}86} = 20{,}85\%$). La prévision du nombre total de véhicules qui franchissent l'endroit de traversée s'élève à 89,13 par 15 minutes. Le nombre total de phases vertes pour les véhicules présente une prévision s'élevant à 10,05 par 15 minutes.

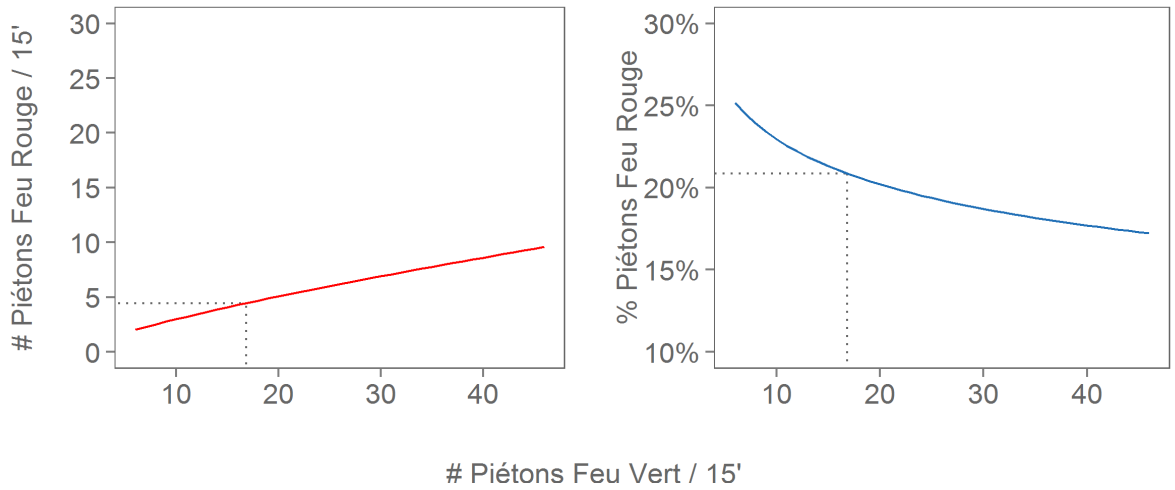
4.2 Covariances

Quatre corrélations significatives ressortent de l'analyse des covariances entre les quatre variables dépendantes, et plus précisément la somme des matrices $\boldsymbol{\Sigma}_V$ et $\boldsymbol{\Sigma}_U$ estimées lors des effets aléatoires :

1. Un rapport positif entre le nombre de mouvements de traversée au vert et au rouge (voir y_A, y_B).
2. Une relation positive entre le nombre de véhicules et le nombre de mouvements de traversée au vert (y_A, y_C).
3. Un rapport négatif entre le nombre de véhicules et le nombre de mouvements de traversée au rouge (y_B, y_C).
4. Une relation positive entre le nombre de phases vertes pour les véhicules et le nombre de mouvements de traversée au rouge (y_B, y_D).

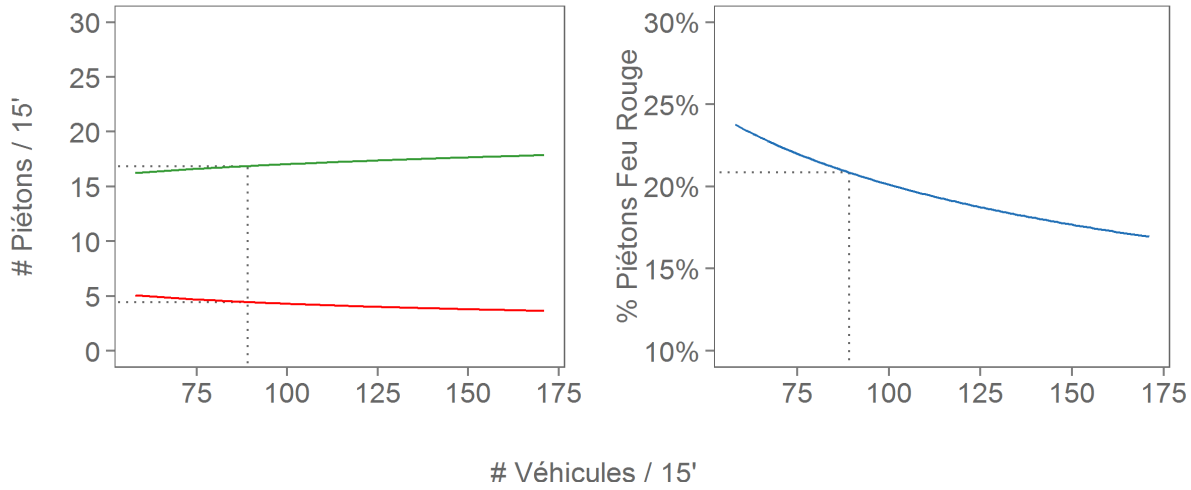
Le graphique de gauche à la Figure 2 illustre la corrélation entre le nombre *absolu* de mouvements de traversée au vert et au rouge (y_A, y_B). Sur base de la distribution quadrivariée estimée, le nombre attendu de piétons traversant au rouge (axe y) a été conditionné en fonction du nombre de piétons traversant au vert (axe x). Les effets du nombre de véhicules et de celui de phases vertes pour les véhicules ont ainsi été neutralisés par l'intégration (le principe de « marginalisation »). Lorsque le nombre de piétons traversant au vert est croissant, on constate aussi une augmentation du nombre de piétons traversant au rouge, bien que cette augmentation ne soit pas aussi importante. Le graphique de droite montre ainsi que le pourcentage final d'infractions ($y = \frac{\#rouge}{\#rouge+\#vert}$) diminue en fonction d'un nombre croissant de piétons traversant au vert (axe x). Plus précisément, nous observons une diminution de 25,15 % à 17,23 % (axe y) entre le 25e et le 75e centile du nombre de mouvements de traversée au vert observés (axe x), c.-à-d. une baisse de 7,92 points dans le pourcentage d'infractions.

Figure 2. Corrélation entre le nombre de piétons traversant au vert et au rouge.



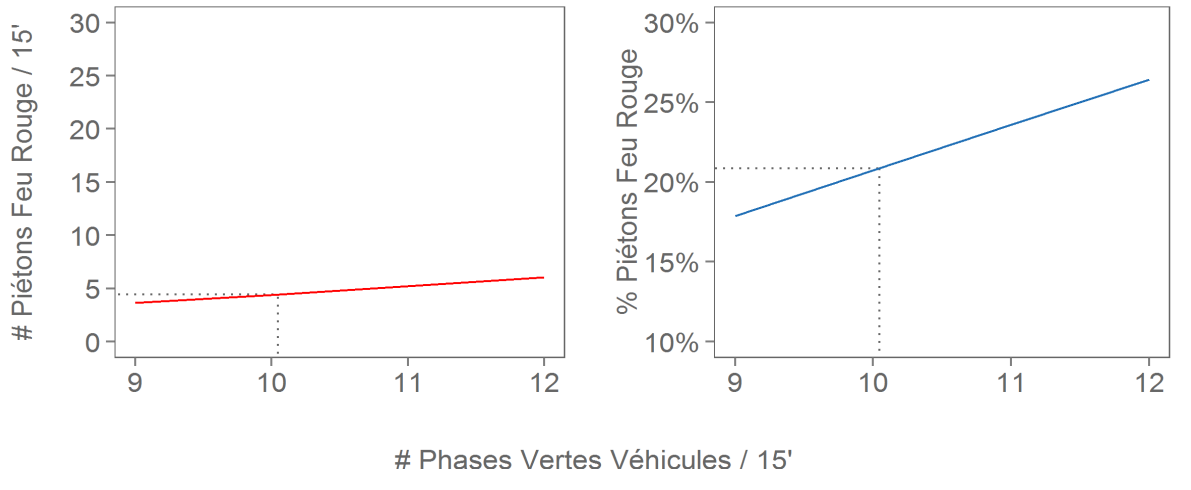
La Figure 3 illustre la corrélation entre le nombre de piétons et le nombre de véhicules (y_A, y_C et y_B, y_C). Les chiffres absolus sont à nouveau indiqués dans le tableau de gauche. Le nombre attendu de piétons traversant au rouge et au vert (axe y) a été conditionné en fonction du nombre de véhicules (axe x). De ce fait, l'effet du nombre de phases vertes pour les véhicules a été marginalisé. On constate, dans le tableau de droite, une diminution des mouvements de traversée au rouge (axe y) en fonction d'un nombre croissant de véhicules (axe x), s'expliquant, d'un côté, par une corrélation positive avec les piétons traversant au vert et, de l'autre côté, par une corrélation négative avec les piétons traversant au rouge. L'effet illustré à la Figure 3 montre une progression de 23,78 % à 16,94 % (axe y) entre le 25e et le 75e centile du nombre de véhicules observés (axe x), c.-à-d. une baisse de 6,84 points dans le pourcentage d'infractions.

Figure 3. Corrélation entre le nombre de véhicules et le nombre de piétons traversant au vert et au rouge.



La Figure 4 montre la corrélation entre le nombre de phases vertes pour les véhicules et le nombre de mouvements de traversée au rouge (y_B, y_D). L'image sur la gauche montre le nombre absolu de piétons traversant au rouge (axe x) en comparaison avec le nombre absolu de phases (axe y). De ce fait, le nombre attendu de mouvements de traversée au rouge a été conditionné en fonction du nombre de phases vertes pour les véhicules. Les effets du nombre de piétons traversant au vert et du nombre de véhicules ont été marginalisés. Le graphique permet d'observer une augmentation du nombre de piétons traversant au rouge lors d'un nombre croissant de phases, ce qui résulte en un pourcentage croissant d'infractions, étant donné l'absence de corrélation avec le nombre de piétons traversant au vert (voir graphique de droite). Nous observons une augmentation de 17,86 % à 26,43 % (axe y) entre le 25e et le 75e centile du nombre de phases vertes pour les voitures observées (axe x), c.-à-d. une augmentation de 8,57 points dans le pourcentage de mouvements de traversée au rouge.

Figure 4. Corrélation entre le nombre de phases vertes pour les véhicules et le nombre de piétons traversant au rouge.



4.3 Caractéristiques situationnelles

En ce qui concerne les caractéristiques situationnelles, les seules variables qui ont été retenues sont celles qui, d'après la partie régressive du modèle (voir 3.3), avaient un effet statistique significatif sur une ou plusieurs des quatre variables dépendantes. Les caractéristiques situationnelles suivantes ont été éliminées du modèle pour ces raisons : la proximité d'une gare de trains ou de bus ou d'un terminus de trams visible (66 % des endroits de traversée dans l'échantillonnage) et les conditions météorologiques (temps généralement sec [97 % des observations] avec des températures modérées à chaudes [76% des observations]). Il est néanmoins important de préciser que cela ne signifie aucunement que ces caractéristiques n'ont pas d'influence sur les variables dépendantes ; en effet, l'absence d'effets statistiques significatifs n'est jamais une preuve négative. Ainsi, il se pourrait que le fait que les conditions météorologiques n'aient pas d'effet manifeste soit simplement la conséquence de variations (trop) limitées dans ces variables au cours de la période d'observation.

Parmi les caractéristiques situationnelles restantes, on en distingue huit qui ont effectivement un effet significatif *différent* sur le nombre de piétons traversant au vert (y_A) et le nombre de piétons traversant au rouge (y_B) et qui ont donc aussi, par conséquent, un effet significatif sur le pourcentage de mouvements de traversée au rouge. Ces effets peuvent être subdivisés en deux groupes. Le premier groupe se rapporte aux caractéristiques situationnelles qui exercent manifestement un effet sur le volume de véhicules observé (y_C) et où un plus grand volume est synonyme d'un pourcentage d'infractions plus faible. En d'autres mots, ces caractéristiques situationnelles engendrent une relation négative entre le nombre de véhicules et le pourcentage de mouvements de traversée au rouge (voir Figure 3). Les effets du moment de départ de la journée, du nombre de sens de circulation, du nombre de bandes par sens de circulation et de la présence d'une bande réservée aux trams ou aux bus font partie de ce groupe et sont illustrés à la Figure 5. Le deuxième groupe d'effets concerne l'aménagement technique des endroits de traversée et n'est pas à proprement parler lié au volume de véhicules. Parmi les effets faisant partie de ce groupe, on retrouve les boutons-poussoirs, le soutien visuel et sonore et la visibilité du marquage au sol. La Figure 6 illustre ces effets. Les graphiques des Figures 5 et 6 montrent tous l'effet unique de chaque variable prédictive (comme estimé dans la matrice $\boldsymbol{B}$ du modèle décrit). L'intervalle de confiance de 95 % est également montré, en plus des estimations ponctuelles[3]. Le rapport entre les caractéristiques situationnelles et le nombre de phases vertes pour les véhicules (y_D) peut être observé dans ces deux figures. On constate un seul effet significatif dans le cas du nombre de bandes par sens de circulation : il y a moins de phases lorsque le nombre de bandes par sens de circulation augmente.

4.3.1 Moment de la journée

Comme l'illustre la Figure 5, le pourcentage d'infractions est le plus élevé aux moments de la journée où le trafic est le moins dense : en dehors des heures de pointe du matin, de midi et du soir. Le schéma, qui est évidemment non-linéaire, montre que le pourcentage de mouvements de traversée au rouge culmine vers 10 h, 14 h et 18 h 30 (22,02 % en moyenne), tandis que les fréquences les plus faibles se situent vers 8 h, 12 h et 14 h 30 (19,54 % en moyenne). Il n'existe pas de relation significative avec le nombre de phases.

4.3.2 Sens de circulation

Les graphiques de la deuxième rangée à la Figure 5 montrent l'effet du nombre de sens de circulation. Le pourcentage d'infractions est le plus élevé lorsqu'il n'y a qu'un seul sens de circulation (47 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage). Concrètement, dans ce cas, le pourcentage augmente à 27,19 % contre 16,17 % quand l'endroit de traversée se trouve sur deux sens de circulation. Il existe aussi visiblement un effet sur le volume de véhicules, avec un volume plus élevé lorsqu'il y a deux sens de circulation. Il n'existe pas de relation avec le nombre de phases.

4.3.3 Nombre de bandes par sens de circulation

Nous observons également une forte décroissance dans le pourcentage de mouvements de traversée au rouge en fonction d'un nombre croissant de bandes par sens de circulation (voir troisième rangée de graphiques à la Figure 5). Ici aussi, un rapport manifeste avec le volume de véhicules est à observer. C'est

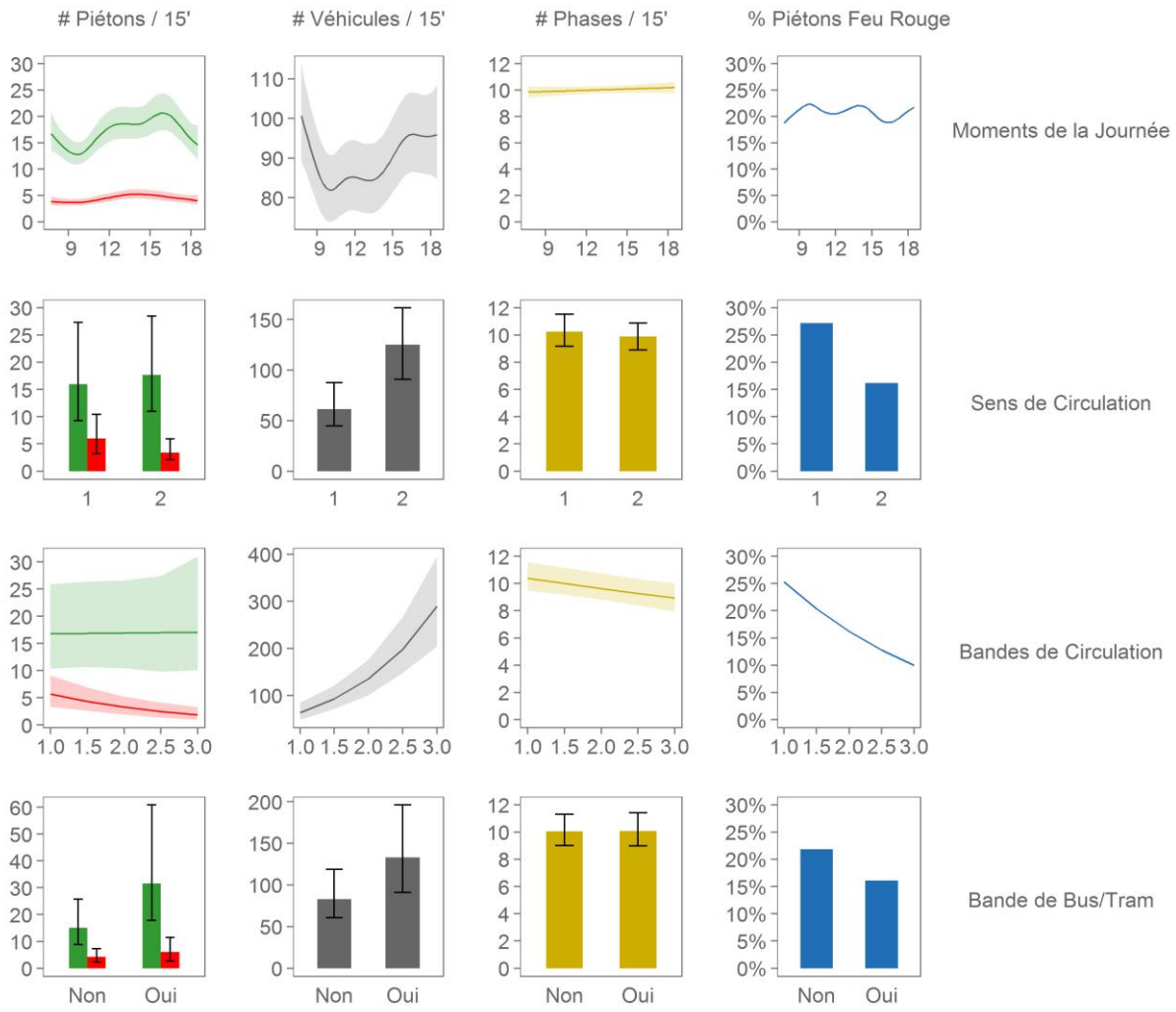
[3] Avec 95 %, c'est l'intervalle possédant la plus haute densité dans la distribution échantillonnée a posteriori.

quand chaque sens de circulation n'a qu'une bande que le pourcentage d'infractions est le plus élevé : 25,32 % (54 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage). Lorsqu'il y a 3 bandes par sens de circulation (4,5 % des endroits de traversée sélectionnés), le pourcentage ne s'élève qu'à 9,95 %. Comme nous l'avons déjà précisé, nous observons ici aussi un effet significatif sur le nombre de phases vertes pour les véhicules, avec un nombre décroissant de phases lorsque le nombre de bandes par sens de circulation augmente.

4.3.4 Bandes réservées aux trams ou aux bus

On observe une diminution dans le pourcentage des mouvements de traversée au rouge lorsqu'une bande réservée aux trams ou aux bus doit être franchie pendant la traversée (voir dernière rangée de graphiques à la Figure 5) : de 21,81 %, lorsqu'aucune bande réservée aux trams ou aux bus n'est présente, à 16,09 % lorsqu'il y en a une (15 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage). Dans ce cas, le lien avec le volume de véhicules est moins évident, probablement parce que l'effet concerne uniquement le nombre de trams et de bus présents dans la circulation. Il n'y a pas d'effet significatif sur le nombre de phases vertes pour les véhicules.

Figure 5. Caractéristiques situationnelles avec un effet significatif différent sur le nombre de mouvements de traversée au vert et au rouge, où le volume de trafic joue un rôle modérateur.



4.3.5 Boutons-poussoirs

La première rangée de graphiques à la Figure 6 montre que la présence d'un bouton-poussoir (30 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage) a un effet négatif important sur la prévalence

d'infractions. La prévalence augmente à 30,67 % lorsqu'il y a des boutons-poussoirs, contre 17,38 % lorsqu'il n'y en a pas. Il n'existe pas de rapport significatif avec le nombre de phases.

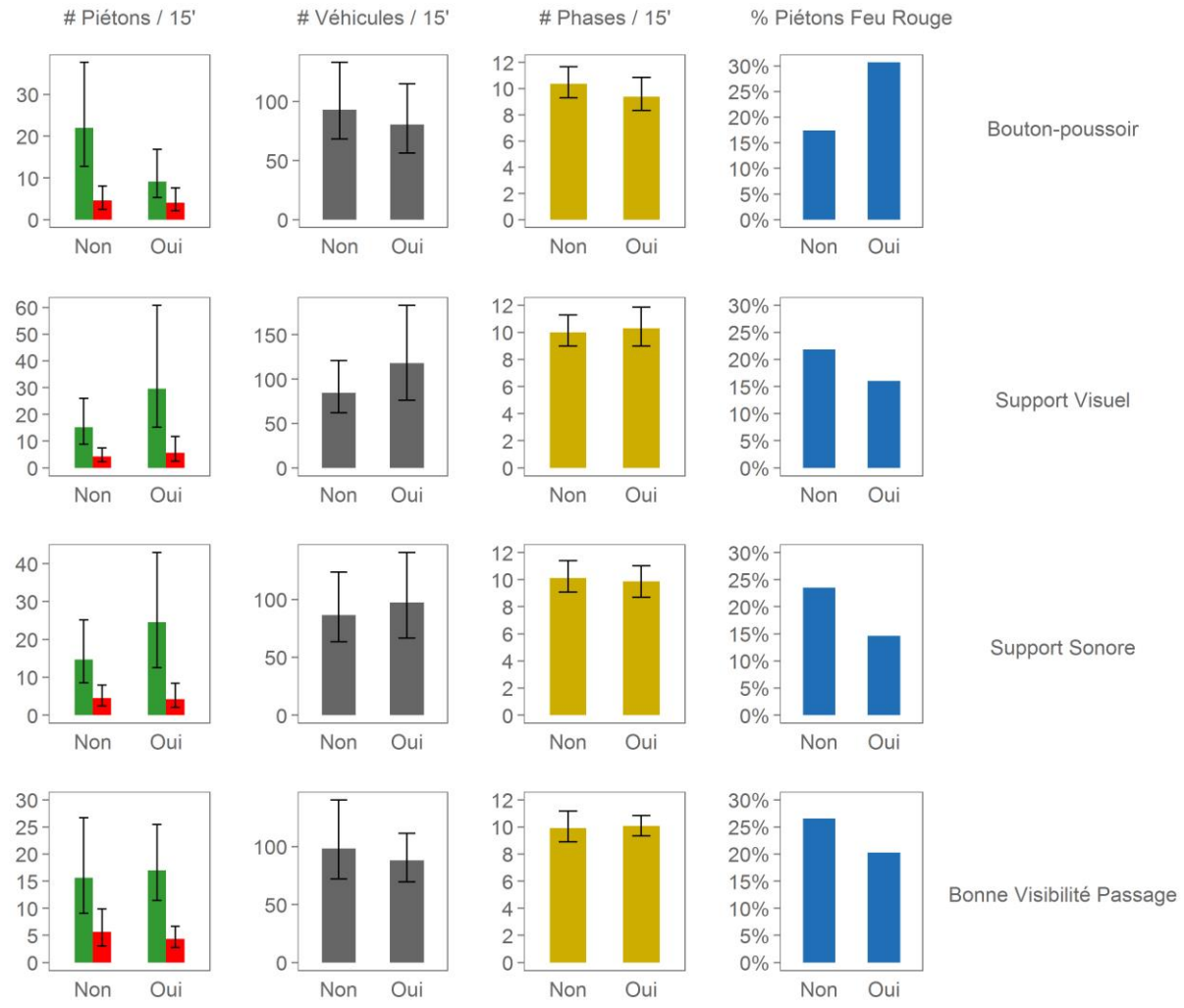
4.3.6 Support visuel et sonore

Un effet positif est observé aussi bien en présence de supports visuels (16 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage) que de supports sonores (26 % des endroits de traversées sélectionnés). Dans le cas des supports visuels, le pourcentage d'infractions diminue de 21,86 % à 16,05 % (5,8 points de pourcentage ; voir deuxième rangée de graphiques à la Figure 6). La diminution est encore plus évidente pour les supports sonores : de 23,52 % à 14,66 % (8,9 points de pourcentage ; voir troisième rangée de graphiques à la Figure 6). À nouveau, aucune relation significative avec le volume de véhicules et le nombre de phases vertes pour les véhicules n'est observée.

4.3.7 Visibilité du passage pour piétons

Les observateurs ont déclaré que le marquage au sol de 10 % des endroits de traversée sélectionnés dans l'échantillonnage était entièrement ou partiellement invisible (voir Figure 8), ce qui, comme on peut le voir dans le bas de la Figure 6, a un effet négatif sur le pourcentage d'infractions : les piétons ont plus souvent tendance à traverser au rouge aux endroits où le marquage est en mauvais état. On constate une augmentation de 20,24 % à 26,57 %. Il n'existe pas de relation significative avec le nombre de phases.

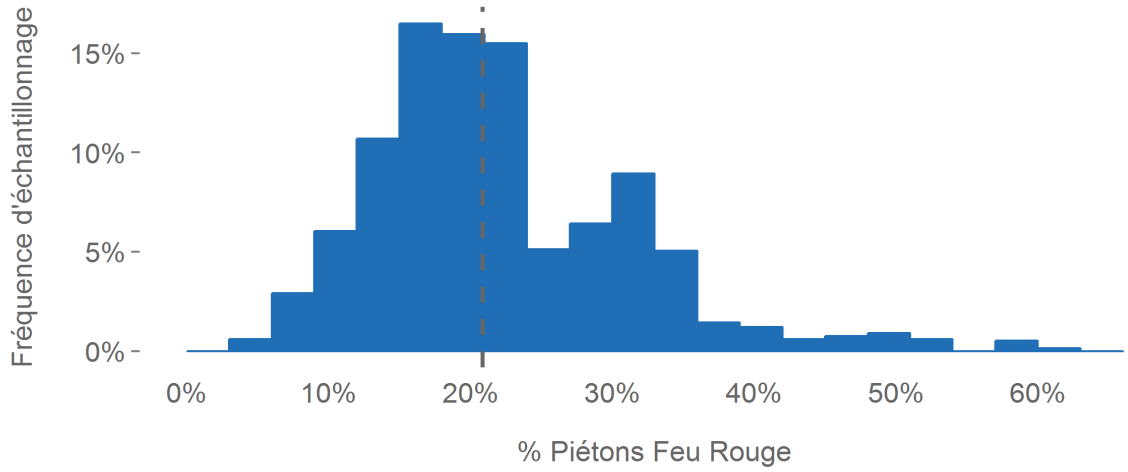
Figure 6. Caractéristiques techniques des endroits de traversée, avec un effet significatif différent sur le nombre de mouvements de traversée au vert et au rouge.



4.4 Variation attendue

Il ressort clairement de cette analyse que la prévalence des mouvements de traversée au rouge n'est pas une donnée statique. Lorsque l'on combine tous les effets significatifs qui viennent d'être décrits (les covariances au point 4.2 et les caractéristiques situationnelles au point 4.3), le pourcentage de mouvements de traversée au rouge varie très fort, comme l'illustre la Figure 7. Cette figure montre la répartition des pourcentages d'infractions dans l'échantillon d'après le modèle multivarié. On peut observer d'importantes variations par rapport à la valeur attendue de 20,85 % (voir ligne verticale), avec des prévalences inférieures à 15 % et supérieures à 30 % ne sont pas exceptionnelles.

Figure 7. Répartition des pourcentages de mouvements de traversée au rouge dans l'échantillonnage selon le modèle multivarié.



4.5 Incidents

Comme nous l'avons déjà précisé, en raison d'une très faible prévalence, les données concernant le nombre d'incidents observés n'ont pas pu être soumises à une analyse détaillée. En moyenne, 0,1 % des piétons traversant au vert sont confrontés à un conflit avec un véhicule, contre 0,4 % pour les piétons traversant au rouge.

Figure 8. Exemple d'un endroit de traversée où le passage pour piéton est peu visible.



5. DISCUSSION

Il ressort des résultats actuels que près de 21 % (20,85 %) des piétons traversent alors que le feu piéton est rouge aux endroits de traversée ordinaires situés dans un environnement urbain en Belgique. Cette prévalence présente toutefois d'importantes variations en fonction du contexte spécifique. La densité du trafic et les caractéristiques situationnelles qui s'y rapportent (moment de la journée, nombre de sens de circulation, nombre de bandes par sens de circulation et présence d'un site propre pour trams ou bus) ont clairement un effet réducteur : plus le nombre de véhicules et de piétons empruntant un endroit de traversée est élevé, plus la prévalence des mouvements de traversée au rouge est basse. Une série de caractéristiques techniques ont également un impact significatif : des boutons-poussoirs et des marquages routiers peu visibles entraînent une augmentation des infractions. Par contre, des signaux de support, qu'ils soient visuels ou sonores, ont un effet positif (infractions moins fréquentes). Chacune de ces conclusions, ainsi que ses implications, est abordée plus en profondeur dans les paragraphes suivants.

5.1 Prévalence

L'estimation de 21 % de mouvements de traversée ayant lieu au rouge semble correspondre aux résultats obtenus lors d'études à plus petite échelle réalisées en Belgique et à l'étranger, où les estimations se situent à chaque fois entre 20 à 25 % (Populer, 2014 ; Huguenin-Richard, 2010 ; Schlabbach, 2010 ; King et al., 2009 ; Mullen et al., 1990). Cette similitude est substantielle compte tenu des différences en matière de circulation entre la Belgique, la France (Huguenin-Richard, 2010), l'Allemagne (Schlabbach, 2010), l'Australie (King et al., 2009) et les États-Unis (Mullen et al., 1990). Il est toutefois important de s'attarder sur la signification précise des estimations de prévalence dans ces études. Dans l'étude actuelle, c'est le pourcentage de *mouvements de traversée au rouge*, ou pourcentage d'*infractions*, qui a été estimé, comme c'est également le cas chez Populer (2014), Huguenin-Richard (2010) et Schlabbach (2010), ce qui signifie que le nombre de piétons traversant au rouge est comparé au nombre total de piétons qui utilisent les endroits de traversée. Dans l'étude de King et al. (2009), c'est le pourcentage de *feux rouges qui n'ont pas été respectés* qui a été mesuré, c.-à-d. qu'on tient uniquement compte des piétons qui sont arrivés lorsque le feu était rouge et qui ont donc dû choisir d'attendre qu'il passe au vert ou non. Le dénominateur du pourcentage ne prend donc pas en compte les piétons qui arrivent au vert et ne doivent donc pas attendre pour traverser[4]. Lors des observations actuelles, ce n'est donc pas le non-respect des feux rouges qui a été pris en considération, mais la fréquence à laquelle les infractions se produisent. Si l'on souhaite comparer ces résultats avec ceux d'études portant sur le non-respect du feu rouge, il est essentiel de prendre en compte le fait que l'estimation actuelle de 21 % sous-évalue le pourcentage de situations dans lesquelles le feu rouge n'est pas respecté[5].

5.2 Influence des caractéristiques situationnelles

Avant d'aborder les effets significatifs, il est important de s'attarder aussi sur les variables pour lesquelles aucun rapport systématique avec le pourcentage de mouvements de traversée au rouge n'a été trouvé : la proximité immédiate d'une gare de trains ou de bus ou d'un terminus de trams et les conditions météorologiques. Dans le premier cas, des évidences anecdotiques font que l'on s'attend à observer une croissance dans le pourcentage d'infractions commises à proximité immédiate d'une gare de trains ou de bus ou d'un terminus de trams. Bien que cette hypothèse n'ait pas été confirmée, les recherches sur le terrain ont produit une nouvelle hypothèse selon laquelle des interactions complexes se produisent avec (a) l'implantation spécifique de gares par rapport à l'endroit de traversée, (b) le moment de la journée et (c) la fréquence du trafic des trains/trams/bus. L'effet de gares de trains ou de bus ou de terminus de trams sur le comportement de traversée pourrait être étudié en profondeur à petite échelle dans d'autres enquêtes, en observant des endroits soigneusement sélectionnés. En ce qui concerne les conditions

[4] Pour permettre cela, une méthode d'observation très précise est nécessaire ; des enregistrements vidéo sont souvent utilisés (cf. Ismail et al., 2010). Cela n'est cependant pas le cas lors d'enquêtes à une bien plus petite échelle (pas plus que quelques endroits de traversée observés) dont la validité générale est, de ce fait, limitée. L'objectif de l'étude actuelle était justement de réaliser une enquête à grande échelle et d'obtenir des résultats valides au niveau national.

[5] Si l'on divise par deux, comme illustré, le nombre attendu de piétons traversant au vert, en supposant que 50 % de ces piétons sont arrivés au rouge et ont attendu le vert pour traverser, le pourcentage de non-respect de feu rouge obtenu est de 35 % ($\frac{4{,}44}{(4{,}44+16{,}86/2)} = 34{,}5$ %).

météorologiques, il est possible que la variation plutôt limitée dans les conditions météorologiques soit la raison pour laquelle aucun effet n'a été observé lors de cette étude. Lors de la plupart des observations, le temps était sec avec des températures modérées à chaudes. Des enquêtes réalisées à l'étranger permettent de présumer que lorsque les conditions météorologiques sont moins favorables, la prévalence des infractions sera plus élevée. En effet, il a été constaté que les piétons sont moins enclins à attendre des circonstances sûres pour traverser lorsqu'il fait froid et lorsqu'il pleut (Li, 2010).

Lorsque l'on examine les caractéristiques pour lesquelles une influence significative sur le pourcentage d'infractions a été établie, il est clair que la prévalence des traversées au rouge n'est pas une donnée statique : cette prévalence est visiblement liée à des caractéristiques de circulation. La variation qui se produit lorsque ces caractéristiques sont combinées est aussi très importante (voir Figure 7). L'influence des différentes caractéristiques situationnelles permet de discerner un certain nombre de principes directeurs importants dans le comportement des piétons.

5.2.1 Densité du trafic

La prévalence des mouvements de traversée au rouge est manifestement liée à la densité du trafic. Plus il y a de véhicules qui passent à l'endroit de traversée, plus le pourcentage d'infractions commises par des piétons est faible (voir Figure 3). En plus de cette corrélation, nous constatons aussi que des variables spécifiques influencent simultanément le pourcentage d'infractions et le volume de véhicules (voir Figure 5). En fonction du moment de la journée, les feux sont, par exemple, plus respectés aux moments où le trafic est le plus dense, plus précisément vers 8 h, 12 h et 16 h 30. En plus du seul volume de véhicules, plusieurs autres éléments jouent probablement un rôle dans cet effet. Le fait d'avoir déjà vécu une expérience liée aux volumes de véhicules et aux risques pendant les heures de pointe du matin, de midi et (du début) de la soirée peut également avoir un rôle important. Il est également probable qu'il y ait une corrélation avec les horaires scolaires. L'enquête a été réalisée au début de l'année scolaire et les moments où les plus faibles pourcentages d'infractions ont été observés concordent avec les horaires scolaires. Des études étrangères avaient déjà démontré que les piétons adultes ont tendance à plus respecter les règles de circulation lorsqu'ils se trouvent en présence d'enfants (Pfeffer et al., 2010). À côté de cela, les effets de certaines caractéristiques infrastructurelles sont, eux aussi, visiblement liés à la densité du trafic : le pourcentage de mouvements de traversée au rouge est plus faible lorsqu'il y a plusieurs sens de circulation, plusieurs bandes par sens de circulation ou lorsque les piétons doivent franchir une bande réservée aux trams ou aux bus.

La corrélation manifeste avec la densité du trafic illustre un principe évident dans le comportement des piétons à des endroits de traversée avec des feux de signalisation : celui d'éviter les accidents. Les piétons traversent plus souvent au rouge si le risque réel et/ou perçu d'accident diminue. Nous observons également que dans 99,6 % des cas où des piétons traversent au rouge (n=15046), aucun conflit avec des véhicules franchissant l'endroit de traversée n'a lieu. Ces constats correspondent aux principes établis dans le comportement de traversée des piétons, en particulier le modèle appelé « gap acceptance » (cf. Weiss, 1964 ; Koh & Wong, 2014), dont le principe de base est que, pour traverser, les piétons recherchent des ouvertures (« gaps ») *opportunes* dans le trafic. Le piéton décidera de traverser quand une ouverture remplissant un certain nombre de critères de sécurité subjectifs se présentera. Les capacités physiques et la contrainte de temps jouent un rôle primordial pour déterminer ces critères. Lorsque les véhicules franchissent l'endroit de traversée à une fréquence élevée, les piétons doivent automatiquement attendre plus longtemps pour que des ouvertures opportunes se produisent. D'un côté, il y aura, objectivement, moins d'ouvertures et, de l'autre côté, les critères de sécurité subjectifs vont être renforcés sur base d'une perception du risque d'accident plus élevée. Des effets indirects se produisent également dans des situations où le trafic est plus dense : si l'endroit de traversée est plus complexe, notamment parce qu'il y a plus de sens de circulation, plus de bandes par sens de circulation et/ou de bandes réservées aux trams ou aux bus, le nombre de paramètre du modèle de sécurité subjectif augmente et la durée moyenne avant qu'un piéton ne trouve une ouverture acceptable s'allonge.

Ces corrélations observées en fonction de la densité du trafic peuvent être expliquées en supposant simplement qu'un pourcentage considérable de piétons applique les principes de « gap acceptance », mêmes lorsque l'endroit de traversée est réglé par des feux de signalisation. Lorsque d'importants volumes de véhicules franchissent l'endroit de traversée, il y a de grandes chances pour que le piéton qui applique ces principes ne trouve pas d'ouverture opportune tant que le feu pour les piétons est rouge (cf. Yang,

2005). En présence d'un nombre plus important de bandes de circulation, ces piétons doivent aussi prendre davantage de paramètres en compte, ce que fait que, bien souvent, ils ne réussiront pas à traverser avant que le feu ne devienne vert. Une implication importante du modèle de « gap acceptance » est que de plus faibles pourcentages de mouvements de traversée au rouge peuvent être observés sans pour autant que les piétons aient explicitement décidé de mieux respecter les feux de signalisation. Les effets engendrés par les volumes de véhicules sont donc simplement une conséquence de la situation évolutive, et non d'un choix intrinsèque d'adapter son comportement que le piéton aurait fait. Il est intéressant de noter qu'il est possible d'expliquer l'effet probable des horaires scolaires en partant du principe que l'on applique des critères de sécurité plus rigoureux en présence d'autres piétons possédant moins d'expérience et/ou des capacités physiques moins développées.

5.2.2 Densité du trafic piéton

Tout comme le trafic des voitures, le nombre total de piétons est également responsable d'une chute significative dans le pourcentage de mouvements de traversée au rouge (voir Figure 2). Cette observation correspond à des conclusions constatées en dehors de la Belgique, par exemple au Canada (Brosseau et al., 2013) et en Israël (Rosenbloom, 2009). Cet effet est souvent considéré comme étant la conséquence de normes sociales, c.-à-d. que l'individu est, de nature, très sensible à l'acceptation sociale et qu'il va donc se conformer au comportement du groupe (cf. Hirschi, 1969). Cependant, ce phénomène peut aussi s'expliquer à partir des principes de « gap acceptance ». Lorsqu'il repère une ouverture donnée dans le trafic, un piéton se trouvant dans groupe fera également attention au comportement des autres en évaluant s'il peut ou non traverser en toute sécurité. Plus il y a de piétons attendant pour traverser à l'endroit de traversée, plus le piéton va être prudent en prenant sa décision ; en effet, d'autres personnes peuvent avoir une meilleure vue de la situation de trafic. À nouveau, il arrivera bien souvent que le feu pour les piétons soit déjà devenu vert avant que l'on ait pu trouver une ouverture opportune, ce qui a comme conséquence un pourcentage décroissant de mouvements de traversée au rouge. Il faut également noter qu'en fonction de la place occupée dans le groupe de piétons attendant pour traverser, il peut se révéler plus difficile d'obtenir une bonne vue de la situation du trafic. Il est intéressant de noter cette même logique peut servir à expliquer pourquoi, dans certains cas, les piétons décident de suivre une personne du groupe qui a choisi de traverser au rouge (Zhou et al., 2014). Dans ce cas, le piéton est conforté dans sa décision d'avoir repéré une ouverture opportune et le comportement des autres piétons contribue à faire baisser le seuil.

5.2.3 Phases

En règle générale, il ressort du nombre de phases vertes pour les véhicules que la fréquence des infractions augmente au fur et à mesure que le nombre phases augmente (voir Figure 4). À première vue, cette constatation peut paraître étrange puisqu'il a été démontré que lors de temps d'attente plus courts (nombre de phases plus élevé), les piétons traversent moins souvent au rouge (cf. Brosseau et al., 2013 ; Gårder, 1989). Cependant, il est possible que ce phénomène soit dû au fait que les infractions commises par les piétons se produisent le plus souvent au tout début et à la fin des phases rouges pour les piétons (comme pendant les phases où tous les feux sont rouges ; cf. Lipovac et al., 2012 ; Li, 2013). Dès lors, lorsque la fréquence à laquelle les phases se suivent est plus élevée, le pourcentage de mouvements de traversée au rouge a automatiquement tendance à augmenter. Cependant, d'après les résultats, une relation positive entre le nombre de phases et le pourcentage d'infractions se forme également en fonction du nombre de bandes par sens de circulation : plus le nombre de bandes est faible, plus le nombre de phases est élevé et plus on observe d'infractions (voir Figure 5). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que lors de la conception des feux, les phases se suivent en général plus rapidement lorsque la distance à traverser est plus courte.

5.2.4 Boutons-poussoirs

Un pourcentage plus élevé d'infractions est observé lorsque des boutons-poussoirs sont présents (voir Figure 6). Cet effet peut s'expliquer au moyen des caractéristiques spécifiques liées à un endroit de traversée avec un bouton-poussoir. Comme on peut le constater dans les résultats, les boutons-poussoirs sont généralement installés à des endroits où le volume de piétons est plus faible. Simultanément, l'utilisation de boutons-poussoirs se rapporte directement au volume de piétons, du fait que les demandes sont moins fréquentes lorsque le nombre de piétons est moins élevé. Ainsi, la chance d'arriver à un moment où le feu est rouge est généralement plus importante en comparaison avec les endroits de

traversée qui ne sont pas équipés d'un bouton-poussoir, ce qui fait que, pour un même nombre de piétons ne respectant pas un feu rouge, un plus haut pourcentage d'infractions sera automatiquement lié à des endroits de traversée équipés d'un bouton-poussoir. Sur base de cette explication, on peut toutefois s'attendre à un nombre de phases moins élevé aux endroits de traversée équipés d'un bouton-poussoir, ce qui n'a pas été confirmé par les résultats. Il est possible d'autres raisons soient liées au fait que les boutons-poussoirs engendrent (aussi) un pourcentage plus élevé de mouvements de traversée au rouge, par exemple le fait que le fonctionnement du bouton-poussoir n'est souvent pas très clair pour les piétons. Le délai de réponse lorsque l'on appuie sur le bouton-poussoir peut varier fortement d'un endroit de traversée à l'autre, et même d'un moment à l'autre de la journée à un même endroit de traversée (en fonction de la densité du trafic). Ce manque de clarté peut promouvoir des comportements dangereux chez les piétons. Comme nous l'avons déjà précisé, le temps d'attente est un élément visiblement négatif vis-à-vis des comportements de traversée sûrs (cf. Brosseau et al., 2013 ; Gårder, 1989). Simultanément, il a été démontré que lorsque les piétons ne disposent pas d'informations sur le temps d'attente, ils ont plus facilement tendance à commettre des infractions (cf. Eccles et al., 2007 ; Markowitz et al. 2006 ; Schlabbach, 2010).

5.2.5 Signaux de support

La présence de supports visuels et sonores engendre à chaque fois un effet positif (un plus petit pourcentage d'infractions ; voir Figure 6). D'un point de vue cognitif, chaque sensation perceptible qui permet d'accentuer une même information (comme la position du feu) va augmenter la probabilité que le piéton tienne réellement compte de cette information en prenant sa décision. Il semble que les signaux sonores soient plus efficaces (voir Figure 6) car ils fournissent les informations liées aux phases du feu de manière directe et constante, contrairement aux signaux visuels qui ne fournissent des informations que lorsqu'ils sont regardés de manière efficace. Il est important de souligner que la fonctionnalité de la signalisation sonore va plus loin qu'une simple assistance aux piétons aveugles ou malvoyants. La nature précise des signaux visuels n'a pas été enregistrée pendant les observations. En principe, il peut s'agir de sources de lumière additionnelles, de messages situés près des boutons-poussoirs (tels que « votre appel a été enregistré »), de feux pour piétons qui clignotent lors du changement de phase et de décompte-secondes. Ces derniers ont déjà fait l'objet d'une attention considérable dans des études précédentes. Dans la majorité des cas, un effet visiblement positif a été observé sur le respect des feux de signalisation pour les piétons (cf. Eccles et al., 2007 ; Markowitz et al. 2006 ; Schlabbach, 2010).

5.2.6 Passage pour piétons

Le dernier effet de ce rapport est l'effet de la visibilité du passage pour piétons. Dans ce cas, un effet positif est clairement observé : plus la visibilité est élevée, plus le nombre d'infractions commises à l'égard des feux de signalisation pour les piétons est bas. Cet effet est intrigant car il ne peut pas être lié à des différences dans le nombre de piétons ou de véhicules (voir Figure 6). Il pourrait cependant se révéler intéressant d'effectuer une enquête sur l'interaction entre l'espace physique et les normes sociales. Keizer et al. (2008), par exemple, ont démontré différentes formes de ce qu'ils appellent « the spreading of disorder ». L'idée s'apparente à la « Broken window theory », tirée de la littérature criminelle (Wilson & Kelling, 1982), selon laquelle les espaces publiques désordonnés et montrant des traces de dégradation et/ou de criminalité (tels que des graffitis illicites) promeuvent un comportement antisocial et illégal. Un exemple classique est que l'on jette plus facilement ses déchets dans des espaces publics s'ils ne sont pas entretenus. Selon Keizer et al. (2013), ces dynamiques ne se limitent nullement aux espaces considérés comme très mal entretenus et les signaux environnementaux qui peuvent inciter à des comportements sociaux ou antisociaux sont souvent très subtils. Les passages pour piétons peu visibles de l'étude actuelle ne constituent en effet pas seulement un cadre négligé et on pourrait interpréter cet effet plus spécifiquement : si les gestionnaires de voirie font preuve de signes d'investissements limités dans les endroits de traversée, les piétons sont amenés à moins s'investir dans le respect des feux. Une autre explication est que les piétons présument une corrélation négative entre l'investissement des gestionnaires de voirie et la sécurité routière : les investissements limités des gestionnaires de voirie à un endroit donné sont alors perçus comme une indication que la sécurité routière n'est pas primordiale à cet endroit. Selon les principes de « gap acceptance », cet effet peut engendrer une baisse des normes de sécurité subjectives avec, comme conséquence, une augmentation du pourcentage d'infractions.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude montre que 21% des piétons traversent au rouge sur un passage pour piétons ordinaire dans les neuf villes belges les plus peuplées (Anvers, Bruges, Bruxelles, Charleroi, Gand, Louvain, Liège, Mons et Namur). Ce pourcentage varie fortement en fonction de la combinaison d'un certain nombre de caractéristiques de circulation ; des prévalences inférieures à 15 % et supérieures à 30 % ne sont pas une exception (voir Figure 7). Les effets décelés révèlent avant tout que les piétons traversent le plus souvent au rouge lorsque le risque objectif et/ou subjectif de collision est le plus faible. Dès que le volume de trafic (y compris le trafic de piétons) ou la complexité de la situation de trafic augmente, le pourcentage d'infractions chute. Ces effets peuvent s'expliquer par les principes établis des modèles de « gap acceptance ». Selon ces principes, un bon nombre de piétons vont rechercher des ouvertures dans le trafic plutôt que de respecter les feux de signalisation et traversent dès qu'une ouverture répondant à une série de critères de sécurité subjectifs se présente. Ce faisant, ils s'appuient non seulement sur leur propre analyse de la situation de trafic mais aussi sur le comportement des autres piétons. Si l'on en croit ces principes, en cas de trafic plus dense, une ouverture ne se présentera souvent que lorsque le feu est vert pour les piétons. La baisse du pourcentage d'infractions qui en découle est donc une simple conséquence de la situation de trafic et non d'un choix intrinsèque des piétons d'adopter un comportement plus sûr. Il nous est donc impossible de déduire uniquement sur la base d'observations quel est le pourcentage réel de piétons qui ne respecte pas les feux. En effet, le pourcentage observé constituera toujours une sous-estimation du pourcentage réel de piétons traversant au rouge.

Le fait que, sur certains passages piétons, plus de 30 % des mouvements de traversée ont lieu alors que le feu est rouge est un problème majeur de sécurité routière qui montre, une fois de plus, que les piétons ont une grande part de responsabilité au niveau de l'amélioration de leur sécurité dans le trafic. Même si les piétons qui commettent des infractions ne le font pas de manière arbitraire et veulent éviter des accidents et en dépit du fait que les incidents répertoriées lors de cette étude étaient très rares, le non-respect des feux est par définition une pratique dangereuse. Des études nationales et internationales montrent clairement un risque accru d'accident lorsque l'on traverse au rouge. Il importe également de souligner que les observations ont été effectuées à des endroits de traversée fréquemment empruntés tant par les piétons que les véhicules.

Même si, dans une situation spécifique, le fait de traverser au rouge n'entraîne pas d'accident, ce même comportement peut, en raison d'une influence individuelle et sociale, donner lieu à un accident dans une autre situation. Nous pouvons partir du principe que le comportement de chaque usager a une influence sur le comportement des autres usagers. Une décision individuelle de traverser au rouge peut donc influencer les autres usagers et induire d'autres comportements dangereux dans la circulation. Dans ce cadre, le rôle d'exemple des adultes à l'égard des enfants n'est certainement pas à sous-estimer.

Les résultats actuels nous permettent de formuler un certain nombre de recommandations concrètes visant à améliorer la sécurité du comportement de traversée des piétons. Ces recommandations concernent avant tout des caractéristiques liées à l'infrastructure, étant donné que l'étude ne comprend pas d'informations sur les caractéristiques spécifiques des piétons qui respectent ou non les feux de signalisation. Les effets constatés de la densité du trafic nous amènent à formuler une première recommandation générale, à savoir l'importance de tenir compte, lors de l'installation ou de l'évaluation de feux piétons, du volume de trafic attendu et surtout de sa variation. Aux endroits où la densité de trafic est généralement faible, on est en droit de se demander si des feux piétons améliorent effectivement la sécurité routière. On pourrait par exemple y envisager un système de déconnexion des feux de signalisation lorsque le trafic est rare en veillant à ce que tant les piétons que les véhicules en soient informés via une signalisation claire et spécifique (comme des feux orange clignotants). De telles innovations doivent évidemment s'accompagner d'études sur les effets et faire l'objet d'une législation et d'une communication claires.

L'effet négatif des boutons-poussoirs a donné lieu à la recommandation d'évaluer en profondeur le comportement des piétons et leur sécurité aux endroits de traversée équipés de boutons-poussoirs. Bien qu'un pourcentage plus élevé d'infractions puisse se manifester de manière naturelle (voir section 5.2.4), il convient aussi de tenir compte de la caractéristique inhérente aux passages pour piétons équipés de boutons-poussoirs, à savoir que les temps d'attente ne sont par définition pas clairs. En effet, on ignore souvent si quelqu'un a déjà appuyé sur le bouton, et si oui, depuis quand. Par ailleurs, à de nombreux

endroits, la rapidité avec laquelle il est donné suite à une demande dépend fortement du volume de véhicules à un moment donné. Une autre étude avait déjà clairement démontré que le fait d'anticiper un temps d'attente trop long et le manque d'informations concernant ce temps d'attente ont un effet négatif sur la sécurité du comportement de traversée des piétons. Sur la base de ces résultats, on peut vérifier si, aux endroits où des boutons-poussoirs sont indispensables pour la fluidité du trafic, des informations claires sur les temps d'attente restants donnent lieu à un meilleur respect des feux piétons.

Il est intéressant de constater que les résultats actuels montrent que même aux endroits sans boutons-poussoirs, une signalisation additionnelle, soit visuelle soit sonore, peut améliorer la sécurité routière. Nous avons à chaque fois constaté un plus faible pourcentage de traversées au rouge en présence de signaux visuels ou sonores. Il serait bon de mener une étude complémentaire en vue de faire le point sur l'efficacité des différents systèmes en Belgique. Pour ce qui concerne les signaux visuels, l'utilité des décompte-secondes a déjà été démontrée à maintes reprises dans des études internationales. L'implémentation de ce type de systèmes reste toutefois limitée en Belgique. Pour ce qui concerne les signaux sonores, les systèmes sont beaucoup moins variés et nous constatons qu'ils ont l'effet le plus positif. La fonctionnalité de la signalisation sonore va donc plus loin qu'une simple assistance aux piétons aveugles ou malvoyants.

Signalons pour terminer que les gestionnaires de voiries peuvent eux aussi influencer le comportement des piétons de manière positive en accordant l'attention nécessaire à l'usure des marquages routiers. Le fait que les piétons traversent plus fréquemment au rouge sur des passages piétons peu visibles présente des similitudes avec le constat plus vaste qu'un espace public bien ordonné incite à l'adoption d'un comportement conforme aux normes sociétales. Un comportement de traversée sûr peut donc également être lié à de plus larges investissements au niveau de l'aménagement du territoire.

Quels que soient les investissements réalisés au niveau de l'infrastructure, la décision finale de respecter ou non les feux revient au piéton. Comme déjà précisé, les résultats ne contiennent pas d'informations sur les caractéristiques personnelles des piétons commettant des infractions. Il faudrait, pour cela, d'utiliser d'autres techniques de recherche, comme l'étude par questionnaire et l'analyse d'enregistrements vidéo. Sur la base des principes du « gap acceptance », il convient d'opter pour l'étude par questionnaire, étant donné que l'observation ne permettra jamais à elle seule d'identifier la population de piétons concernée. Dans l'attente d'une telle étude en Belgique, des actions ciblées peuvent d'ores et déjà être mises en place pour attirer l'attention des piétons (a) sur leur propre responsabilité au niveau de l'amélioration de leur sécurité dans le trafic et (b) leur rôle d'exemple à l'égard des autres usagers en matière de respect des règles de circulation.

Comme pour la plupart des domaines de sécurité routière, l'augmentation unilatérale des risques de se faire contrôler ne suffit pas. De surcroît, ceci est très difficilement réalisable à grande échelle et de manière permanente. C'est pourquoi, la sensibilisation est indispensable. Les piétons doivent être conscients du fait que, de tous les usagers, ils sont les moins concernés par les limites de l'espace physique et des règles de priorité. C'est pourquoi il est crucial qu'ils respectent effectivement le peu de restrictions qui leur sont imposées, et ce, tant pour leur propre sécurité que pour celle des autres usagers. Paradoxalement, il est fort probable que c'est justement ce sentiment général de liberté qui fait que les piétons ont moins tendance à respecter les règles de circulation. Les campagnes de sensibilisation doivent rebondir là-dessus en jouant par exemple sur le fait que « piéton » et « conducteur » désignent souvent un même individu et que, lorsque l'on se déplace en tant que piéton, il faudrait à chaque fois avoir l'honnêteté de comparer son propre comportement à l'expérience que l'on a du comportement à risque des piétons en tant qu'autre usager.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Évolution du nombre de piétons tués en Belgique (source : SPF Économie ; infographie: IBSR). 13

Figure 2. Corrélation entre le nombre de piétons traversant au vert et au rouge. 20

Figure 3. Corrélation entre le nombre de véhicules et le nombre de piétons traversant au vert et au rouge. 21

Figure 4. Corrélation entre le nombre de phases vertes pour les véhicules et le nombre de piétons traversant au rouge. 21

Figure 5. Caractéristiques situationnelles avec un effet significatif différent sur le nombre de mouvements de traversée au vert et au rouge, où le volume de trafic joue un rôle modérateur. 23

Figure 6. Caractéristiques techniques des endroits de traversée, avec un effet significatif différent sur le nombre de mouvements de traversée au vert et au rouge. 24

Figure 7. Répartition des pourcentages de mouvements de traversée au rouge dans l'échantillonnage selon le modèle multivarié. 25

Figure 8. Exemple d'un endroit de traversée où le passage pour piéton est peu visible. 25

REFERENCES

Brosseau, M., Zangenehpour, S., Saunier, N., & Miranda-Moreno, L. F. (2013). The impact of traffic lights on dangerous pedestrian crossings and violations: A case study in Montreal. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 21, 159-172.

Cambon de Lavalette, B., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Bergeron, J., et al. (2009). Pedestrian crossing decision-making: A situational and behavioural approach. Safety Science, 47, 1248-1253.

Eccles, K. A., Tao, R., & Mangum, B. C. (2007). Evaluation of pedestrian signals in Montgomery County, Maryland. Transportation Research Record, 1878, 36-41.

Gårder, P. (1989). Pedestrian safety at traffic signals: A study carried out with the help of a traffic conflicts technique. Accident Analysis and Prevention 21(5), 435-444.

Hadfield, J. D. (2010). MCMC methods for multi-response generalized linear mixed models: The MCMCglmm R Package. Journal of Statistical Software, 33(2), 1-22.

Hirschi, T. (1969). Causes of delinquency. Berkeley, CA: University of California Press.

Huguenin-Richard, F. (2010). Comportements, tactiques et conduites déviantes des piétons en situation de traversée complexe. Le cas du franchissement de voies en site propre à Paris. Actes du colloque « Le piéton : nouvelles connaissances, nouvelles pratiques et besoins de recherche », sous la coordination de M.-A. Granié et J.-M. Auberlet, INRETS, 91-107.

Ismail, K., Sayed, T., & Saunier, N. (2010). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts : A context for before-and-after studies. Journal of the Transportation Research Board, 2198, 52-64.

Keizer, K. Lindenberg, S., & Steg, L. (2013). The Importance of Demonstratively Restoring Order. PLoS ONE 8(6): e65137. doi:10.1371/journal.pone.0065137.

Keizer, K., Lindenberg, S., & Steg, L. (2008). The spreading of disorder. Science, 322(5908), 1681-1685.

Kelling, G. L., & Wilson, J. Q. (1982). Broken windows: The police and neighborhood safety. The Atlantic, March 1st.

King, M. J., Soole, D. W., & Ghafourian, A. (2009). Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: Incidence and relative risk. Accident Analysis and Prevention, 41(3). 485-490.

Koh, P.P., Wong, Y.D. (2014). Gap acceptance of violators at signalised pedestrian crossings. Accident Analysis and Prevention, 62, 178-185.

Li, B. (2013). A model of pedestrians' intended waiting times for street crossings at signalized intersections. Transportation Research Part B: Methodological, 51, 17-28.

Lipovac, K., Vujanic, M., Maric, B., & Nesic, M. (2013). Pedestrian behavior at signalized pedestrian crossings. Journal of Transportation Engineering, 139(2), 165-172.

Markowitz, F., Sciortino, S., Fleck, J. L., & Yee, B. M. (2006). Pedestrian countdown signals: Experience with an extensive pilot installation. ITE Journal, 76, 43-48.

Mullen, B., Cooper, C., & Driskell, J.E. (1990). Jaywalking as a function of model behaviour. Personality and Social Psychology Bulletin, 16(2), 320-330.

Pfeffer, K., Fagbemia, H. P., & Stenneta, S. (2010). Adult pedestrian behavior when accompanying children on the route to school. Traffic Injury Prevention, 11(2), 188-193.

Populer, M. (2014). Accidents de piétons sur/à proximité de passages gérés par feux. Analyse détaillée d'accidents (2008-2011) en Région de Bruxelles-Capitale. A paraître – Service public régional de Bruxelles.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rosenbloom, T. (2009). Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 12(5), 389-394.

Schlabbach, K. (2010). Countdown signals for pedestrians in Germany. European Transport Conference, 2010. Proceedings. Association for European Transport, London.

Weiss, G. H. (1964). Effects of a distribution on gap acceptance functions on pedestrian queues. Journal of Research of the National Bureau of Standards-B. Mathematics and Mathematical Physics, 68B (1), 31-33.

Wood, S.N. (2003). Thin plate regression splines. Journal of the Royal Statistical Society Series B (Statistical Methodology), 65, 95-114.

Yang, J., Deng, W., Wang, J., Li, Q., & Wang, Z. (2006). Modeling pedestrians' road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 40(3), 280-290.

Zhou, Z., Hu, Q., & Wang, W. (2014). Modeling pedestrian's conformity violation behavior: A complex network based approach. Computational Intelligence and Neuroscience, Article ID 865750, doi:10.1155/2014/865750.

ANNEXE : SITES ET SCHEMA DES OBSERVATIONS

Ville	Date	Début	Carrefour		
Anvers	10/09/2014	08:45	Van Ertbornstraat / Osystraat	X	Franklin Rooseveltplaats
		11:15	Sint-Jansplein / Van Maerlantstraat	X	Vondelstraat / Sint-Jansplein
		14:00	Lange Koepoortstraat / Klapdorp	X	Sint Paulusstraat / Minderbroedersrui
		16:30	Nationalestraat	X	Kammenstraat
	11/09/2014	12:30	Vlaamsekaai	X	Scheldestraat
		15:00	Bourlastraat / Maria-Henriettalei	X	Frankrijklei
		17:30	Belgielei	X	Lange Leemstraat
	12/09/2014	09:00	Kroonstraat / Helmstraat	X	Turnhoutsebaan
		11:30	Van Ertbornstraat / Osystraat	X	Franklin Rooseveltplaats
		13:45	Nationalestraat	X	Kammenstraat
		16:15	Vlaamsekaai	X	Scheldestraat
	13/09/2014	09:30	Belgielei	X	Lange Leemstraat
		11:45	Bourlastraat / Maria-Henriettalei	X	Frankrijklei
		14:00	Nationalestraat	X	Kammenstraat
		16:30	Lange Koepoortstraat / Klapdorp	X	Sint Paulusstraat / Minderbroedersrui
	15/09/2014	07:30	Bourlastraat / Maria-Henriettalei	X	Frankrijklei
		10:15	Kroonstraat / Helmstraat	X	Turnhoutsebaan
		15:15	Van Ertbornstraat / Osystraat	X	Franklin Rooseveltplaats
		17:45	Sint-Jansplein / Van Maerlantstraat	X	Vondelstraat / Sint-Jansplein
	16/09/2014	07:45	Nationalestraat	X	Kammenstraat
		10:00	Lange Koepoortstraat / Klapdorp	X	Sint Paulusstraat / Minderbroedersrui
		12:45	Sint-Jansplein / Van Maerlantstraat	X	Vondelstraat / Sint-Jansplein
	18/09/2014	10:00	Kroonstraat / Helmstraat	X	Turnhoutsebaan
		12:45	Belgielei	X	Lange Leemstraat
		15:15	Bourlastraat / Maria-Henriettalei	X	Frankrijklei
		17:45	Vlaamsekaai	X	Scheldestraat
	19/09/2014	07:30	Belgielei	X	Lange Leemstraat
		10:15	Van Ertbornstraat / Osystraat	X	Franklin Rooseveltplaats
		13:30	Kroonstraat / Helmstraat	X	Turnhoutsebaan
	20/09/2014	09:30	Sint-Jansplein / Van Maerlantstraat	X	Vondelstraat / Sint-Jansplein
		11:45	Van Ertbornstraat / Osystraat	X	Franklin Rooseveltplaats
		14:00	Lange Koepoortstraat / Klapdorp	X	Sint Paulusstraat / Minderbroedersrui
		16:30	Vlaamsekaai	X	Scheldestraat

Ville	Date	Début	Carrefour		
Bruges	10/09/2014	08:45	Stationsplein	X	Buiten Begijnenvest
		11:15	Smedenstraat	X	Guido Gezellelaan / Hendrik Consciencelaan
		14:00	Karel de Stoutelaan / Beenhouwersstraat	X	Gulden-Vlieslaan
		16:30	Scheepsdalelaan / Ezelstraat	X	Gulden-Vlieslaan / Koningin Elisabethlaan
	11/09/2014	12:30	Assebroeklaan / Prins Leopoldstraat	X	Maalsesteenweg
		15:00	Buiten Katelijnevest / Buiten Gentpoortvest	X	Katelijnestraat / Baron Ruzettelaan
		17:30	Gistelsesteenweg	X	Torhoutse Steenweg / Stationslaan
	12/09/2014	09:00	Scheepsdalelaan	X	Leopold I-Laan / Leopold II-Laan
		11:30	Scheepsdalelaan / Ezelstraat	X	Gulden-Vlieslaan / Koningin Elisabethlaan
		13:45	Karel de Stoutelaan / Beenhouwersstraat	X	Gulden-Vlieslaan
		16:15	Smedenstraat	X	Guido Gezellelaan / Hendrik Consciencelaan
	13/09/2014	09:30	Buiten Katelijnevest / Buiten Gentpoortvest	X	Katelijnestraat / Baron Ruzettelaan
		11:45	Gistelsesteenweg	X	Torhoutse Steenweg / Stationslaan
		14:00	Karel de Stoutelaan / Beenhouwersstraat	X	Gulden-Vlieslaan
		16:30	Assebroeklaan / Prins Leopoldstraat	X	Maalsesteenweg
	15/09/2014	07:30	Scheepsdalelaan / Ezelstraat	X	Gulden-Vlieslaan / Koningin Elisabethlaan
		10:15	Smedenstraat	X	Guido Gezellelaan / Hendrik Consciencelaan
		15:15	Gistelsesteenweg	X	Torhoutse Steenweg / Stationslaan
		17:45	Stationsplein	X	Buiten Begijnenvest
	16/09/2014	07:45	Assebroeklaan / Prins Leopoldstraat	X	Maalsesteenweg
		10:00	Scheepsdalelaan / Ezelstraat	X	Gulden-Vlieslaan / Koningin Elisabethlaan
		12:45	Scheepsdalelaan	X	Leopold I-Laan / Leopold II-Laan
	18/09/2014	10:00	Gistelsesteenweg	X	Torhoutse Steenweg / Stationslaan
		12:45	Stationsplein	X	Buiten Begijnenvest
		15:15	Buiten Katelijnevest / Buiten Gentpoortvest	X	Katelijnestraat / Baron Ruzettelaan
		17:45	Assebroeklaan / Prins Leopoldstraat	X	Maalsesteenweg
	19/09/2014	07:30	Scheepsdalelaan	X	Leopold I-Laan / Leopold II-Laan
		10:15	Stationsplein	X	Buiten Begijnenvest
		13:30	Buiten Katelijnevest / Buiten Gentpoortvest	X	Katelijnestraat / Baron Ruzettelaan
	20/09/2014	09:30	Scheepsdalelaan	X	Leopold I-Laan / Leopold II-Laan
		11:45	Stationsplein	X	Buiten Begijnenvest
		14:00	Smedenstraat	X	Guido Gezellelaan / Hendrik Consciencelaan
		16:30	Karel de Stoutelaan / Beenhouwersstraat	X	Gulden-Vlieslaan

Ville	Date	Début	Carrefour		
Bruxelles A	10/09/2014	08:45	Boulevard Anspach	X	Place de la Bourse
		11:15	Rue Antoine Dansaert	X	Rue du Rempart des Moines
		14:00	Blvd du Jardin Botanique / Av. Galilée / Blvd Bisschoffsheim	X	Rue Royale
		16:30	Chaussée d'Haecht	X	Rue Rogier
	11/09/2014	12:30	Boulevard Leopold II	X	Rue Houzeau de Lehaie / Rue Vandenboogaerde
		15:00	Avenue du Karreveld / Avenue Brigade Prion	X	Chaussée de Gand
		17:30	Rue Antoine Dansaert	X	Rue du Rempart des Moines
	12/09/2014	09:00	Blvd du Jardin Botanique / Av. Galilée / Blvd Bisschoffsheim	X	Rue Royale
		11:30	Boulevard Anspach	X	Place de la Bourse
		13:45	Rue Van Artevelde	X	Rue des Six Jetons
		16:15	Chaussée de Mons	X	Rue Ropsy Chaudron / Avenue Clemenceau
	13/09/2014	09:30	Chaussée d'Haecht	X	Rue Rogier
		11:45	Blvd du Jardin Botanique / Av. Galilée / Blvd Bisschoffsheim	X	Rue Royale
		14:00	Boulevard Anspach	X	Place de la Bourse
		16:30	Rue Van Artevelde	X	Rue des Six Jetons
	15/09/2014	07:30	Boulevard Anspach	X	Place de la Bourse
		10:15	Blvd du Jardin Botanique / Av. Galilée / Blvd Bisschoffsheim	X	Rue Royale
		15:15	Boulevard Leopold II	X	Rue Houzeau de Lehaie / Rue Vandenboogaerde
		17:45	Avenue du Karreveld / Avenue Brigade Prion	X	Chaussée de Gand
	16/09/2014	07:45	Chaussée de Mons	X	Rue Ropsy Chaudron / Avenue Clemenceau
		10:00	Avenue du Karreveld / Avenue Brigade Prion	X	Chaussée de Gand
		12:45	Boulevard Leopold II	X	Rue Houzeau de Lehaie / Rue Vandenboogaerde
	18/09/2014	10:00	Rue Antoine Dansaert	X	Rue du Rempart des Moines
		12:45	Chaussée de Mons	X	Rue Ropsy Chaudron / Avenue Clemenceau
		15:15	Rue Van Artevelde	X	Rue des Six Jetons
		17:45	Boulevard Anspach	X	Place de la Bourse
	19/09/2014	07:30	Avenue du Karreveld / Avenue Brigade Prion	X	Chaussée de Gand
		10:15	Chaussée d'Haecht	X	Rue Rogier
		13:30	Rue Antoine Dansaert	X	Rue du Rempart des Moines
	20/09/2014	09:30	Chaussée de Mons	X	Rue Ropsy Chaudron / Avenue Clemenceau
		11:45	Rue Van Artevelde	X	Rue des Six Jetons
		14:00	Boulevard Leopold II	X	Rue Houzeau de Lehaie / Rue Vandenboogaerde
		16:30	Chaussée d'Haecht	X	Rue Rogier

Ville	Date	Début	Carrefour		
Bruxelles B	10/09/2014	08:45	Rue Rogier Van der Weyden	X	Rue de Stalingrad
		11:15	Rue de l'Etuve	X	Rue du Lombard
		14:00	Rue Infante Isabella / Mont des Arts	X	Rue de la Chapelle / Cantersteen
		16:30	Rue des Colonies / Rue de la Loi	X	Rue Royale
	11/09/2014	12:30	Rue Belliard	X	Rue Froissart
		15:00	Chaussée de Wavre	X	Avenue des Casernes / Avenue de la Chasse
		17:30	Rue du Trone	X	Place de Londres / Rue Caroly
	12/09/2014	09:00	Chaussée de Waterloo	X	Avenue Brugmann / Chaussée de Charleroi
		11:30	Rue du Trone	X	Place de Londres / Rue Caroly
		13:45	Rue des Colonies / Rue de la Loi	X	Rue Royale
		16:15	Rue de l'Etuve	X	Rue du Lombard
	13/09/2014	09:30	Rue Rogier Van der Weyden	X	Rue de Stalingrad
		11:45	Rue de l'Etuve	X	Rue du Lombard
		14:00	Rue Infante Isabella / Mont des Arts	X	Rue de la Chapelle / Cantersteen
		16:30	Rue des Colonies / Rue de la Loi	X	Rue Royale
	15/09/2014	07:30	Rue des Colonies / Rue de la Loi	X	Rue Royale
		10:15	Rue Belliard	X	Rue Froissart
		15:15	Chaussée de Wavre	X	Avenue des Casernes / Avenue de la Chasse
		17:45	Rue du Trone	X	Place de Londres / Rue Caroly
	16/09/2014	07:45	Rue Belliard	X	Rue Froissart
		10:00	Rue du Trone	X	Place de Londres / Rue Caroly
		12:45	Chaussée de Waterloo	X	Avenue Brugmann / Chaussée de Charleroi
	18/09/2014	10:00	Rue Infante Isabella / Mont des Arts	X	Rue de la Chapelle / Cantersteen
		12:45	Rue Belliard	X	Rue Froissart
		15:15	Chaussée de Wavre	X	Avenue des Casernes / Avenue de la Chasse
		17:45	Chaussée de Waterloo	X	Avenue Brugmann / Chaussée de Charleroi
	19/09/2014	07:30	Rue Rogier Van der Weyden	X	Rue de Stalingrad
		10:15	Rue des Colonies / Rue de la Loi	X	Rue Royale
		13:30	Rue Infante Isabella / Mont des Arts	X	Rue de la Chapelle / Cantersteen
	20/09/2014	09:30	Rue de l'Etuve	X	Rue du Lombard
		11:45	Rue Rogier Van der Weyden	X	Rue de Stalingrad
		14:00	Chaussée de Waterloo	X	Avenue Brugmann / Chaussée de Charleroi
		16:30	Chaussée de Wavre	X	Avenue des Casernes / Avenue de la Chasse

Ville	Date	Début	Carrefour		
Charleroi	10/09/2014	08:45	Rue des Rivages / Rue Dagnelies	X	Rue du Grand Central
		11:15	Rue Vital Francoisse / Rue de la Vilette	X	Avenue Paul Pastur
		14:00	Rue de la Villette / Route de Philippeville	X	Avenue Marius Meurée
		16:30	Avenue Eugène Mascaux	X	Rue de l'Ange
	11/09/2014	12:30	Rue Emile Tumelaire	X	Avenue du Général Michel
		15:00	Rue Emile Tumelaire	X	Rue de la Paix
		17:30	Rue de la Villette / Route de Philippeville	X	Avenue Marius Meurée
	12/09/2014	09:00	Grand'Rue	X	Rue de la Cayauderie / Rue Sainte-Barbe
		11:30	Grand'Rue	X	Rue Alexandre Ansaldi
		13:45	Rue Emile Tumelaire	X	Avenue du Général Michel
		16:15	Rue Emile Tumelaire	X	Rue de la Paix
	13/09/2014	09:30	Rue des Rivages / Rue Dagnelies	X	Rue du Grand Central
		11:45	Rue Emile Tumelaire	X	Avenue du Général Michel
		14:00	Rue de la Villette / Route de Philippeville	X	Avenue Marius Meurée
		16:30	Avenue Eugène Mascaux	X	Rue de l'Ange
	15/09/2014	07:30	Grand'Rue	X	Rue de la Cayauderie / Rue Sainte-Barbe
		10:15	Grand'Rue	X	Rue Alexandre Ansaldi
		15:15	Rue Emile Tumelaire	X	Rue de la Paix
		17:45	Rue des Rivages / Rue Dagnelies	X	Rue du Grand Central
	16/09/2014	07:45	Avenue Eugène Mascaux	X	Rue de l'Ange
		10:00	Rue Vital Francoisse / Rue de la Vilette	X	Avenue Paul Pastur
		12:45	Rue des Rivages / Rue Dagnelies	X	Rue du Grand Central
	18/09/2014	10:00	Rue des Rivages / Rue Dagnelies	X	Rue du Grand Central
		12:45	Rue Emile Tumelaire	X	Avenue du Général Michel
		15:15	Grand'Rue	X	Rue de la Cayauderie / Rue Sainte-Barbe
		17:45	Grand'Rue	X	Rue Alexandre Ansaldi
	19/09/2014	07:30	Grand'Rue	X	Rue Alexandre Ansaldi
		10:15	Grand'Rue	X	Rue de la Cayauderie / Rue Sainte-Barbe
		13:30	Rue Vital Francoisse / Rue de la Vilette	X	Avenue Paul Pastur
	20/09/2014	09:30	Rue de la Villette / Route de Philippeville	X	Avenue Marius Meurée
		11:45	Avenue Eugène Mascaux	X	Rue de l'Ange
		14:00	Rue Vital Francoisse / Rue de la Vilette	X	Avenue Paul Pastur
		16:30	Rue Emile Tumelaire	X	Rue de la Paix

Ville	Date	Début	Carrefour		
Gand	10/09/2014	08:45	Antonius Triestlaan / Martelaarslaan	X	Charles Andrieslaan / Rozemarijnstraat
		11:15	Hoogstraat	X	Holstraat / Peperstraat
		14:00	Antoon Sanderusstraat / Doornzelestraat	X	Sint Salvatorstraat / Sleepstraat
		16:30	Lammerstraat / Woodrow Wilsonplein	X	Kuiperskaai / Franklin Rooseveltlaan
	11/09/2014	12:30	IJzerlaan / Charles de Kerckhovelaan	X	Kortrijksesteenweg / Kortrijksepoortstraat
		15:00	Charles de Kerckhovelaan / Citatellaan	X	Overpoortstraat / Normaalschoolstraat
		17:30	Zwijnaardsesteenweg	X	De Pintelaan
	12/09/2014	09:00	Zwijnaardsesteenweg	X	De Pintelaan
		11:30	Charles de Kerckhovelaan / Citatellaan	X	Overpoortstraat / Normaalschoolstraat
		13:45	Lammerstraat / Woodrow Wilsonplein	X	Kuiperskaai / Franklin Rooseveltlaan
		16:15	Louis Schuermanstraat / Heirnisplein	X	Dendermondsesteenweg
	13/09/2014	09:30	IJzerlaan / Charles de Kerckhovelaan	X	Kortrijksesteenweg / Kortrijksepoortstraat
		11:45	Lammerstraat / Woodrow Wilsonplein	X	Kuiperskaai / Franklin Rooseveltlaan
		14:00	Louis Schuermanstraat / Heirnisplein	X	Dendermondsesteenweg
		16:30	Antoon Sanderusstraat / Doornzelestraat	X	Sint Salvatorstraat / Sleepstraat
	15/09/2014	07:30	Zwijnaardsesteenweg	X	De Pintelaan
		10:15	Charles de Kerckhovelaan / Citatellaan	X	Overpoortstraat / Normaalschoolstraat
		15:15	IJzerlaan / Charles de Kerckhovelaan	X	Kortrijksesteenweg / Kortrijksepoortstraat
		17:45	Antonius Triestlaan / Martelaarslaan	X	Charles Andrieslaan / Rozemarijnstraat
	16/09/2014	07:45	Antonius Triestlaan / Martelaarslaan	X	Charles Andrieslaan / Rozemarijnstraat
		10:00	Hoogstraat	X	Holstraat / Peperstraat
		12:45	Antoon Sanderusstraat / Doornzelestraat	X	Sint Salvatorstraat / Sleepstraat
	18/09/2014	10:00	Louis Schuermanstraat / Heirnisplein	X	Dendermondsesteenweg
		12:45	Antoon Sanderusstraat / Doornzelestraat	X	Sint Salvatorstraat / Sleepstraat
		15:15	Hoogstraat	X	Holstraat / Peperstraat
		17:45	Antonius Triestlaan / Martelaarslaan	X	Charles Andrieslaan / Rozemarijnstraat
	19/09/2014	07:30	Hoogstraat	X	Holstraat / Peperstraat
		10:15	Antonius Triestlaan / Martelaarslaan	X	Charles Andrieslaan / Rozemarijnstraat
		13:30	Charles de Kerckhovelaan / Citatellaan	X	Overpoortstraat / Normaalschoolstraat
	20/09/2014	09:30	Zwijnaardsesteenweg	X	De Pintelaan
		11:45	IJzerlaan / Charles de Kerckhovelaan	X	Kortrijksesteenweg / Kortrijksepoortstraat
		14:00	Lammerstraat / Woodrow Wilsonplein	X	Kuiperskaai / Franklin Rooseveltlaan
		16:30	Louis Schuermanstraat / Heirnisplein	X	Dendermondsesteenweg

Ville	Date	Début	Carrefour		
Liège	10/09/2014	08:45	Rue Léopold	X	Rue Gérardrie / Rue Grande Tour
		11:15	Rue Léopold	X	Rue de la Cathédrale / Rue de la Cité
		14:00	Pont des Arches / Rue Saint Pholien	X	Quai de Gaulle / Quai des Tanneurs
		16:30	Rue Puits-en-Sock	X	Rue Jean d'Outremeuse
	11/09/2014	12:30	Boulevard d'Avroy	X	Rue Saint-Gilles / Rue Pont d'Avroy
		15:00	Boulevard d'Avroy	X	Avenue Maurice Destenay
		17:30	Rue des Guillemins	X	Rue Dartois / Rue Sohet
	12/09/2014	09:00	Rue des Guillemins	X	Rue Dartois / Rue Sohet
		11:30	Boulevard d'Avroy	X	Avenue Maurice Destenay
		13:45	Boulevard d'Avroy	X	Rue Saint-Gilles / Rue Pont d'Avroy
		16:15	Rue de l'Université	X	Rue de la Cathédrale
	13/09/2014	09:30	Rue de l'Université	X	Rue de la Cathédrale
		11:45	Rue Léopold	X	Place Saint Lambert / Rue de Bex
		14:00	Rue Léopold	X	Rue de la Cathédrale / Rue de la Cité
		16:30	Pont des Arches / Rue Saint Pholien	X	Quai de Gaulle / Quai des Tanneurs
	15/09/2014	07:30	Boulevard d'Avroy	X	Avenue Maurice Destenay
		10:15	Boulevard d'Avroy	X	Rue Saint-Gilles / Rue Pont d'Avroy
		15:15	Rue Léopold	X	Rue de la Cathédrale / Rue de la Cité
		17:45	Rue Léopold	X	Rue Gérardrie / Rue Grande Tour
	16/09/2014	07:45	Rue des Guillemins	X	Rue Dartois / Rue Sohet
		10:00	Boulevard d'Avroy	X	Avenue Maurice Destenay
		12:45	Rue Puits-en-Sock	X	Rue Jean d'Outremeuse
	18/09/2014	10:00	Pont des Arches / Rue Saint Pholien	X	Quai de Gaulle / Quai des Tanneurs
		12:45	Rue Léopold	X	Place Saint Lambert / Rue de Bex
		15:15	Rue de l'Université	X	Rue de la Cathédrale
		17:45	Rue Puits-en-Sock	X	Rue Jean d'Outremeuse
	19/09/2014	07:30	Rue Léopold	X	Rue Gérardrie / Rue Grande Tour
		10:15	Rue Léopold	X	Rue de la Cathédrale / Rue de la Cité
		13:30	Rue des Guillemins	X	Rue Dartois / Rue Sohet
	20/09/2014	09:30	Boulevard d'Avroy	X	Rue Saint-Gilles / Rue Pont d'Avroy
		11:45	Rue de l'Université	X	Rue de la Cathédrale
		14:00	Pont des Arches / Rue Saint Pholien	X	Quai de Gaulle / Quai des Tanneurs
		16:30	Rue Puits-en-Sock	X	Rue Jean d'Outremeuse

Ville	Date	Début	Carrefour		
Louvain	10/09/2014	08:45	Geldenaaksevest / Tiensevest	X	Tiensesteenweg / Tiensestraat / Blijde Inkomstraat
		11:15	Tiensestraat	X	Andreas Vesaliusstraat / Maria Theresiastraat
		14:00	Monseigneur van Waeyenberghlaan / Sint-Hubertusstraat	X	Tervuursestraat / Goudsbloemstraat
		16:30	Tervuursesteenweg / Tervuursestraat	X	Rennessingel / Tervuursevest
	11/09/2014	12:30	Blijde Inkomststraat	X	Maria Theresiastraat
		15:00	Erasme Ruelensvest - Geldenaaksevest	X	Parkstraat / Geldenaaksebaan
		17:30	Tervuursevest / Naamsevest	X	Naamsesteenweg / Naamsestraat
	12/09/2014	09:00	Geldenaaksevest / Tiensevest	X	Tiensesteenweg / Tiensestraat / Blijde Inkomstraat
		11:30	Ijzerenwegstraat / Leuvensestraat	X	Diestsesteenweg
		13:45	Tervuursevest / Naamsevest	X	Naamsesteenweg / Naamsestraat
		16:15	Erasme Ruelensvest / Geldenaaksevest	X	Parkstraat / Geldenaaksebaan
	13/09/2014	09:30	Tervuursesteenweg / Tervuursestraat	X	Rennessingel / Tervuursevest
		11:45	Monseigneur van Waeyenberghlaan / Sint-Hubertusstraat	X	Tervuursestraat / Goudsbloemstraat
		14:00	Blijde Inkomststraat	X	Maria Theresiastraat
		16:30	Tervuursevest / Naamsevest	X	Naamsesteenweg / Naamsestraat
	15/09/2014	07:30	Blijde Inkomststraat	X	Maria Theresiastraat
		10:15	Ijzerenwegstraat / Leuvensestraat	X	Diestsesteenweg
		15:15	Monseigneur van Waeyenberghlaan / Sint-Hubertusstraat	X	Tervuursestraat / Goudsbloemstraat
		17:45	Tiensestraat	X	Andreas Vesaliusstraat / Maria Theresiastraat
	16/09/2014	07:45	Tervuursesteenweg / Tervuursestraat	X	Rennessingel / Tervuursevest
		10:00	Tiensestraat	X	Andreas Vesaliusstraat / Maria Theresiastraat
		12:45	Geldenaaksevest / Tiensevest	X	Tiensesteenweg / Tiensestraat / Blijde Inkomstraat
	18/09/2014	10:00	Blijde Inkomststraat	X	Maria Theresiastraat
		12:45	Tervuursevest / Naamsevest	X	Naamsesteenweg / Naamsestraat
		15:15	Ijzerenwegstraat / Leuvensestraat	X	Diestsesteenweg
		17:45	Monseigneur van Waeyenberghlaan / Sint-Hubertusstraat	X	Tervuursestraat / Goudsbloemstraat
	19/09/2014	07:30	Geldenaaksevest / Tiensevest	X	Tiensesteenweg / Tiensestraat / Blijde Inkomstraat
		10:15	Tiensestraat	X	Andreas Vesaliusstraat / Maria Theresiastraat
		13:30	Erasme Ruelensvest - Geldenaaksevest	X	Parkstraat / Geldenaaksebaan
	20/09/2014	09:30	Ijzerenwegstraat / Leuvensestraat	X	Diestsesteenweg
		11:45	Tervuursesteenweg / Tervuursestraat	X	Rennessingel / Tervuursevest
		14:00	Erasme Ruelensvest / Geldenaaksevest	X	Parkstraat / Geldenaaksebaan
		16:30	Geldenaaksevest / Tiensevest	X	Tiensesteenweg / Tiensestraat / Blijde Inkomstraat

Ville	Date	Début	Carrefour		
Mons	10/09/2014	08:45	Boulevard Fulgence Masson / Boulevard Dolez	X	Avenue Baudouin de Constantinople / Avenue Reine Astrid
		11:15	Rue d'Harvré / Avenue Baudouin de Constantinople	X	Rue des Archers / Rue des Arbalestriers
		14:00	Avenue d'Hyon	X	Rue des Arquebusiers
		16:30	Avenue d'Hyon	X	Boulevard Albert-Elisabeth / Boulevard Dolez
	11/09/2014	12:30	Boulevard Winston Churchill	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Avenue Victor Maistriau
		15:00	Rue du Grand Jour	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Rue de Nimy
		17:30	Rue d'Egmont / Rue des Barbelés	X	Place Warocqué / Rue du Parc
	12/09/2014	09:00	Rue d'Harvré / Avenue Baudouin de Constantinople	X	Rue des Archers / Rue des Arbalestriers
		11:30	Avenue d'Hyon	X	Rue des Arquebusiers
		13:45	Rue André Masquelier	X	Boulevard Gendebien / Rue des Canonniers
		16:15	Rue d'Egmont / Rue des Barbelés	X	Place Warocqué / Rue du Parc
	13/09/2014	09:30	Rue André Masquelier	X	Boulevard Gendebien / Rue des Canonniers
		11:45	Avenue d'Hyon	X	Boulevard Albert-Elisabeth / Boulevard Dolez
		14:00	Boulevard Fulgence Masson / Boulevard Dolez	X	Avenue Baudouin de Constantinople / Avenue Reine Astrid
		16:30	Rue du Grand Jour	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Rue de Nimy
	15/09/2014	07:30	Boulevard Winston Churchill	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Avenue Victor Maistriau
		10:15	Rue d'Egmont / Rue des Barbelés	X	Place Warocqué / Rue du Parc
		15:15	Rue d'Harvré / Avenue Baudouin de Constantinople	X	Rue des Archers / Rue des Arbalestriers
		17:45	Avenue d'Hyon	X	Rue des Arquebusiers
	16/09/2014	07:45	Boulevard Fulgence Masson / Boulevard Dolez	X	Avenue Baudouin de Constantinople / Avenue Reine Astrid
		10:00	Rue du Grand Jour	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Rue de Nimy
		12:45	Rue André Masquelier	X	Boulevard Gendebien / Rue des Canonniers
	18/09/2014	10:00	Boulevard Fulgence Masson / Boulevard Dolez	X	Avenue Baudouin de Constantinople / Avenue Reine Astrid
		12:45	Avenue d'Hyon	X	Boulevard Albert-Elisabeth / Boulevard Dolez
		15:15	Boulevard Winston Churchill	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Avenue Victor Maistriau
		17:45	Rue d'Egmont / Rue des Barbelés	X	Place Warocqué / Rue du Parc
	19/09/2014	07:30	Boulevard Winston Churchill	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Avenue Victor Maistriau
		10:15	Avenue d'Hyon	X	Rue des Arquebusiers
		13:30	Boulevard Fulgence Masson / Boulevard Dolez	X	Avenue Baudouin de Constantinople / Avenue Reine Astrid
	20/09/2014	09:30	Avenue d'Hyon	X	Boulevard Albert-Elisabeth / Boulevard Dolez
		11:45	Rue André Masquelier	X	Boulevard Gendebien / Rue des Canonniers
		14:00	Rue du Grand Jour	X	Rue Pierre-Joseph Duménil / Rue de Nimy
		16:30	Rue d'Harvré / Avenue Baudouin de Constantinople	X	Rue des Archers / Rue des Arbalestriers

Ville	Date	Début	Carrefour		
Namur	10/09/2014	08:45	Place de la Station	X	Rue Godefroid
		11:15	Avenue des Combattants	X	Avenue de Stassart / Boulevard Ernest Mélot
		14:00	Avenue des Combattants / Rue de Bruxelles	X	Rampart de la Vièrge / Place d'Omalius
		16:30	Place Kegeljan	X	Avenue Baron Louis Huart
	11/09/2014	12:30	Place Kegeljan	X	Avenue Baron Louis Huart
		15:00	Rue Saint-Nicolas	X	Rue Jean-Baptiste Brabant
		17:30	Place de l'école des Cadets / Avenue Albert 1er	X	Boulevard Cauchy
	12/09/2014	09:00	Place de la Station	X	Rue Godefroid
		11:30	Place de l'école des Cadets / Avenue Albert 1er	X	Boulevard Cauchy
		13:45	Rue Saint-Nicolas	X	Rue Jean-Baptiste Brabant
		16:15	Avenue du Bourgmestre Jean Materne	X	Rue de Dave / Avenue du Gouverneur Bovesse
	13/09/2014	09:30	Avenue du Bourgmestre Jean Materne	X	Rue de Dave / Avenue du Gouverneur Bovesse
		11:45	Avenue Baron de Moreau / Avenue Baron Louis Huart	X	Pont de Jambes
		14:00	Avenue des Combattants / Rue de Bruxelles	X	Rampart de la Vièrge / Place d'Omalius
		16:30	Avenue des Combattants	X	Avenue de Stassart / Boulevard Ernest Mélot
	15/09/2014	07:30	Place de la Station	X	Rue Godefroid
		10:15	Rue Saint-Nicolas	X	Rue Jean-Baptiste Brabant
		15:15	Place Kegeljan	X	Avenue Baron Louis Huart
		17:45	Avenue Baron de Moreau / Avenue Baron Louis Huart	X	Pont de Jambes
	16/09/2014	07:45	Avenue des Combattants	X	Avenue de Stassart / Boulevard Ernest Mélot
		10:00	Avenue des Combattants / Rue de Bruxelles	X	Rampart de la Vièrge / Place d'Omalius
		12:45	Place de l'école des Cadets / Avenue Albert 1er	X	Boulevard Cauchy
	18/09/2014	10:00	Avenue du Bourgmestre Jean Materne	X	Rue de Dave / Avenue du Gouverneur Bovesse
		12:45	Avenue Baron de Moreau / Avenue Baron Louis Huart	X	Pont de Jambes
		15:15	Place Kegeljan	X	Avenue Baron Louis Huart
		17:45	Rue Saint-Nicolas	X	Rue Jean-Baptiste Brabant
	19/09/2014	07:30	Place de l'école des Cadets / Avenue Albert 1er	X	Boulevard Cauchy
		10:15	Avenue des Combattants	X	Avenue de Stassart / Boulevard Ernest Mélot
		13:30	Place de la Station	X	Rue Godefroid
	20/09/2014	09:30	Avenue du Bourgmestre Jean Materne	X	Rue de Dave / Avenue du Gouverneur Bovesse
		11:45	Avenue Baron de Moreau / Avenue Baron Louis Huart	X	Pont de Jambes
		14:00	Place de la Station	X	Rue Godefroid
		16:30	Avenue des Combattants / Rue de Bruxelles	X	Rampart de la Vièrge / Place d'Omalius



Institut Belge pour la Sécurité Routière
1405 Chaussée de Haecht
B-1130 Brussels
info@ibsr.be

Tél. : 0032 2 244 15 11
Fax : 0032 2 216 43 42