Aout 2009
Version finale

ETUDE DES ACCIDENTS ENTRE UN TRAM ET UN PIETON EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE

Institut Belge pour la Sécurité Routière

bruxellesmobilité
mobielbrussel

Auteurs : Isabelle Chalanton et Muriel Jadoul, Institut Belge pour la Sécurité Routière (IBSR)

Avec l'aimable collaboration de :
- Marc Broeckaert, Johan Cloetens, Benoît Dupriez, Yves Englebin, Michèle Guillaume, Arnaud Houdmont, Isabelle Janssens, Wim Toebat, Philip Vaneerdewegh et An Volckaert (département Mobilité et Infrastructure de l'IBSR)

- la Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles (STIB)

Photos : Département Mobilité et Infrastructure (IBSR)

Abréviations utilisées

FAC : Formulaires d'analyse des accidents de la circulation avec tués ou blessés
IBSR : Institut Belge pour la Sécurité Routière
INS : Institut National de Statistique
RBC : Région de Bruxelles-Capitale
STIB : Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles
PV : Procès-verbaux

Table des matières

1. Introduction 5
   1.1. Objectifs de l'étude 5
   1.2. Le tram a priorité sur tous les usagers 5
2. Analyse de la littérature 7
3. Présentation des données et de la méthodologie 9
   3.1. Sources des données 9
   3.2. Démarche suivie 10
4. Analyse des données 12
   4.1. Localisation des accidents tram - piéton 12
   4.2. Nombre d'accidents par ligne de tram 14
   4.3. Gravité des accidents tram -piéton 17
   4.4. Catégories d'usagers impliqués dans un accident avec un tram à Bruxelles 20
   4.5. Accidentologie du réseau bruxellois comparée à celle des réseaux des villes françaises 21
   4.6. Les variables infrastructurelles 23
      4.6.1. Localisation de l'accident 23
      4.6.2. Mouvement du piéton 24
      4.6.3. Traversée avec masque de visibilité 25
      4.6.4. Traversée sur le passage pour piétons 26
   4.7. Les variables comportementales 28
      4.7.1. Piéton moins conscient du danger, moins expérimenté 28
      4.7.2. Piéton avec l'attention détournée 29
      4.7.3. Piéton non conscient du danger et avec l'attention détournée 30
      4.7.4. Piéton qui surprend le chauffeur 30
      4.7.5. Piéton qui traverse au feu rouge 30
      4.7.6. Importance de la variable comportementale 30
5. Analyse de l'infrastructure 31
   5.1. Marquage des traversées piétonnes 31
   5.2. Zones refuges 34
   5.3. Gestion des feux 36
      5.3.1. Maintien du feu piéton pour la traversée du site propre 36
      5.3.2. Phases de feux distinctes pour les traversées situées dans le prolongement du site propre 39
      5.3.3. Phases de feux distinctes pour les traversées piétonnes situées après un virage 41
      5.3.4. Feu de dégagement du carrefour 42
      5.3.5. Remplacement des feux à un carrefour par un panneau clignotant tram 43
   5.4. Masque de visibilité 43
   5.5. Présence de barrières de sécurité sur les sites propres 45
   5.6. Positionnement des arrêts 47
   5.7. Equipement des arrêts 52
   5.8. Tableau de synthèse 54
6. Conclusion 57
   6.1. Limites de l'étude 57
   6.2. Enseignement de l'étude 57
   6.3. Perspectives 59
7. Bibliographie 60
8. Annexes 61
   8.1. Rapport visite de terrain 61
   8.2. Rapport d'accident 70

1. Introduction

1.1. Objectifs de l'étude

A la demande de la Région de Bruxelles-Capitale (RBC), l'Institut Belge pour la Sécurité Routière (IBSR) a réalisé la présente étude portant sur les accidents entre un tram et un piéton survenu en RBC sur la période s'écoulant de 2004 à 2006.

Cette étude vise à évaluer l'ampleur des accidents entre un tram et un piéton en RBC au regard du nombre et de la gravité de ceux-ci. Sur base de l'analyse des facteurs et des circonstances de l'accident, des recommandations en matière d'infrastructure et d'information-sensibilisation seront également formulées, dans le but de réduire le risque d'accidents et la gravité de ceux-ci.

1.2. Le tram a priorité sur tous les usagers

Le tram étant un véhicule sur rails, celui-ci n'est pas soumis au Code de la route. Le législateur avait sans doute justifié cette dérogation par le fait qu'un véhicule sur rails ne peut pas éviter un obstacle et par la grande distance de freinage nécessaire à un tram pour s'arrêter (à 40 km/h, il lui faudra environ 40 mètres pour pouvoir s'arrêter après le déclenchement du frein d'urgence). Il en découle qu'un tram pourra difficilement s'arrêter pour céder le passage à un piéton s'engageant sur un passage pour piétons.

L'article 12.1. du Code de la route dispose d'ailleurs que « tout usager doit céder le passage aux véhicules sur rails ». Le Code de la route est donc clair, le tram a priorité sur tous les usagers. Cette règle leur est cependant trop souvent méconnue. L'article 40.4.2 apporte encore une confusion supplémentaire. Il stipule qu' « aux endroits où la circulation n'est pas réglée par un agent qualifié ou par des signaux lumineux de circulation, le conducteur ne peut s'approcher d'un passage pour piétons qu'à allure modérée. Il doit céder le passage aux piétons qui y sont engagés ou sont sur le point de s'y engager ». Le piéton a donc la priorité absolue sur un passage pour piétons sur l'ensemble des autres usagers… sauf le tram. Le tram a donc toujours la priorité même vis-à-vis d'un piéton sur un passage pour piétons réglés par un agent qualifié ou par des signaux lumineux de circulation.

Suite aux Etats Généraux de la Sécurité Routière en RBC, de nouveaux marquages spécifiques pour les traversées piétonnes sur une ligne de tram ont été définis. Ces marquages attirent l'attention du piéton sur la présence du tram et réciproquement celle du chauffeur sur la traversée de piétons à cet endroit. Depuis 2006, les traversées piétonnes ont progressivement été traitées avec ces nouveaux marquages. Les passages pour piétons ont donc été effacés au travers des sites propres pour être remplacés par ces marquages spécifiques.

Par ailleurs, en septembre 2008, la Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles (STIB) a mené une campagne pour informer les piétons de la priorité absolue du tram. Des affiches ont été apposées sur les flancs des véhicules de la STIB et aux arrêts. Un dépliant explicatif a également été remis aux clients par des agents et l'information a été relayée sur le site Internet.

Nous pouvons espérer que ces différentes mesures permettront aux piétons de prendre davantage conscience de la présence et de la priorité du tram et d'adapter leur comportement en conséquence. Cependant, ces dernières années et encore tout récemment, des accidents dramatiques ont eu lieu.

Figure 1 : Affiche de la campagne de la STIB sur la priorité absolue du tram

Figure 2 : Marquage spécifique des traversées piétonnes sur site propre pour tramways

2. Analyse de la littérature

Les études publiées sur les accidents impliquant un tram sont relativement peu nombreuses. Seules trois études comportant une analyse détaillée des accidents entre les piétons et les trams ont été retenues.

S. Beer et T. Brenac (2006) ont, à l'heure du redéploiement du tramway en France, réalisé une recherche dans la littérature scientifique et technique en langue allemande et auprès de différents organismes de pays germanophones, concernant le lien entre les trams et la sécurité routière, dans le but de pouvoir tirer des enseignements et des recommandations applicables en France.

Cette recherche comporte plusieurs données statistiques intéressantes concernant le nombre et le type d'accidents avec un tram, ainsi que des recommandations concernant l'aménagement des arrêts. Ces informations seront reprises dans plusieurs parties de notre étude.

La recherche de S. Beer et T. Brenac reprend également les conclusions de plusieurs études de pays germanophones. Il nous semble intéressant de les prendre également en considération dans le cadre de notre étude.
L'étude de B. Amon réalisée dans trois villes autrichiennes porte sur les risques liés au tram, tant pour les passagers que pour des tiers. Elle a montré qu'en unité de personnes.kilomètres, le risque général de blessures était 2 à 3 fois inférieur pour le tram que pour tous les modes de déplacement confondus sur les voies urbaines. Cette étude démontre donc qu'en milieu urbain, le tram est un mode de déplacement comparativement plus sûr que les autres modes de déplacement.
Une étude de W. Schnabel et J. Korn dans la ville de Dresde a, quant à elle, examiné la densité de collisions impliquant un tram (le nombre de collisions entre un tram et un autre usager par kilomètre de voie de tram). Cette étude est arrivée à la conclusion que la densité d'accidents corporels, pour tous les types d'usagers confondus, apparaît trois fois supérieure pour les « voies séparées » (tram en site propre) que pour les voies intégrées (tram dans la circulation). Cela pourrait s'expliquer notamment par la vitesse supérieure des trams en site propre et par le maintien des situations de conflit en intersection. Il importe cependant de considérer avec prudence ces résultats, étant donné que d'autres paramètres pourraient influencer la densité d'accidents et qu'ils ne concernent qu'une seule ville.
Enfin, une étude de R. Bauer, réalisée à Stuttgart sur les zones de traversées piétonnes montre que *« le nombre de piétons heurtés et blessés par des trams semble dépendre assez fortement de l'efficacité du système de freinage des trams. L'analyse des accidents avant et après une nette amélioration du système de freinage montre une évolution statistiquement significative : une nette diminution du nombre de blessés à l'extérieur du tram et une légère augmentation du nombre de blessés à l'intérieur du tram ».*

Le lien entre le risque d'accident et la distance de freinage a également été mis en évidence par une équipe du Dutch Accident Research Team du TNO (Netherlands' Organization for Applied Scientific Research) qui a analysé en profondeur douze accidents impliquant un tram, ceci dans les villes d'Amsterdam, de Rotterdam, de La Haye et d'Utrecht entre juin 2001 et août 2002 (Margaritis, 2007). Dans seulement trois accidents sur douze, la victime était un piéton.
Pour chaque accident, un membre de l'équipe visitait les lieux moins de deux heures après l'accident, collectait des données de base et interviewait les principaux acteurs de l'accident (conducteur, victime, témoins). Une reconstitution était également effectuée afin d'identifier les causes possibles de l'accident.
De cette étude, il ressort que tous les accidents sont en partie dus à une erreur humaine ou à une mauvaise interprétation des intentions de l'autre usager. Dans onze cas sur douze, le conducteur du tram n'a pas suffisamment anticipé le danger. Sept accidents auraient même pu être évités. Il s'avère aussi que la vitesse du tram était trop élevée dans la majorité des cas. Celle-ci, conjuguée à la faible décélération et au temps d'activation assez long du système de freinage du tram, augmente fortement la distance de freinage et le risque d'accident.
Dans dix évènements sur douze, l'infrastructure a probablement contribué à l'accident. En effet, le signal annonçant l'arrivée d'un tram fonctionnait mais l'usager ignorait qu'un deuxième tram arrivait dans l'autre sens. De plus, vu qu'il s'agissait d'un signal clignotant, l'usager pensait qu'il pouvait

encore traverser. Un signal lumineux vert et rouge est plus familier et n'engendre pas de confusion. Par ailleurs, dans deux cas, un obstacle masquait l'usager.

Une série de recommandations émanent également de cette étude. Il est, par exemple, préférable d'utiliser des feux traditionnels (bicolores rouge/vert) sur les traversées de sites propres plutôt que des feux « attention tram ». Une autre recommandation porte sur la vitesse des trams, celle-ci devant être adaptée au trafic, aux performances de décélération et aux conditions météorologiques. Une vitesse plus lente permet de réduire la distance de freinage du tram. Elle est surtout recommandée dans les lieux où les usagers faibles (piétons, cyclistes) sont très présents. De plus, le système de ramasse-corps n'est efficace que si la vitesse du tram au moment de l'impact ne dépasse pas les 30 km/h. Il est donc conseillé aux conducteurs de ne pas dépasser cette vitesse à l'approche des arrêts et des traversées piétonnes. Enfin, l'avant des trams devrait être étudié dans le but de réduire la gravité des collisions.

Une limitation de la vitesse à l'approche de l'arrêt et l'adaptation de la géométrie du tram ont également été recommandées par A. Hedelin, U. Björnstiget et B. Brismar (1996) qui ont réalisé une étude à Gothenburg, la seconde ville de Suède (450 000 habitants), sur les accidents impliquant un tram entre 1988 et 1992. Au cours de cette période, sur 54 piétons tués dans un accident de la route, 26 (48 %) l'avaient été dans un accident avec un tram. La plupart des accidents ont eu lieu à proximité d'un arrêt de tram. Suite à cette étude, la société de tram a introduit différentes mesures pour réduire le risque et la gravité des accidents : limitation de 20km/h à l'approche des arrêts, placement d'un ramasse-corps pour éviter que des personnes ne tombent sous le tram ou entre deux trams, et placement de barrières de sécurité à l'arrêt.

De ces 3 études, il ressort différents constats et recommandations auxquels nous ferons référence dans la nôtre :

- en milieu urbain, le tram est un mode de déplacement comparativement plus sûr que les autres modes de déplacement ;
- la distance de freinage importante du tram augmente le risque d'accident; celle-ci peut néanmoins être diminuée par une amélioration du système de freinage ;
- une vitesse plus faible (de l'ordre de 20 à 30 km/h) est recommandée à l'approche des arrêts et des traversées piétonnes ;
- la géométrie des trams doit être étudiée dans le but de diminuer la gravité des accidents ;
- il est préférable d'utiliser des feux traditionnels bicolores pour la traversée des sites propres plutôt que des feux « attention tram ».

En plus de la recherche littéraire, des contacts ont été pris avec différents organismes. La société De Lijn ne disposait pas d'informations à nous communiquer sur les accidents avec les trams en Flandre. Par contre, le Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés (STRMTG) nous a fourni des rapports sur l'accidentologie des tramways en France. Nous avons ainsi obtenu l'analyse des accidents de tramways déclarés pour les années 2004, 2005 et 2006 sur l'ensemble du réseau français. Ces rapports contiennent différentes statistiques sur les types d'accidents, sur les lieux d'accidents et sur les victimes. Celles-ci seront utilisées lors de la comparaison des données (STRMGT, 2006 a, 2006 b, 2008).
Nous avons également en notre possession des rapports d'accidentologie des tramways de Nantes et de Lyon. Cependant, les données n'étant pas suffisamment fournies (petits réseaux, courte étude, peu d'accidents), ces rapports ne nous permettent pas de faire des comparaisons avec la situation bruxelloise (SEMITAN, 2007 ; CETE Lyon).

3. Présentation des données et de la méthodologie

3.1. Sources des données

L'analyse des accidents entre un tram et un piéton porte sur les années 2004, 2005 et 2006. Ces trois années ont été retenues afin de disposer d'une quantité de données suffisantes. Il aurait été préférable de travailler avec des données plus récentes, notamment parce que l'infrastructure évolue vite, mais celles de 2007 n'étaient pas encore disponibles lors du démarrage de l'étude.

Deux sources de données sont à notre disposition. D'une part, la STIB nous a transmis les différents rapports d'accidents qu'elle avait en sa possession. Ces rapports sont complété par le conducteur du véhicule lorsqu'un accident ou un incident survient. La STIB nous a également fourni certains rapports remplis par un contrôleur, ainsi que certains procès-verbaux (PV) d'auditions de conducteurs et de témoins.
Au total, 142 accidents sont répertoriés dans cette base de données. Ces rapports nous permettent de localiser l'accident et d'en connaître les circonstances, notamment sur base d'un croquis. Néanmoins, les informations reflètent essentiellement le point de vue du chauffeur et contiennent peu de renseignements sur la victime.

D'autre part, nous avons reçu les statistiques d'accidents du Service Public Fédéral, Direction Générale Statistiques et Informations Economiques, anciennement appelé Institut National des Statistiques (INS). Ces données sont issues des formulaires d'analyse des accidents de la circulation avec tués ou blessés (FAC). Ces rapports, qui se basent sur le PV d'accident, ne sont pas rédigés sur place et le sont parfois par un autre policier.
Au total, 52 accidents sont encodés dans cette base de données. Celle-ci contient des informations précieuses concernant les victimes, les mouvements des usagers et les circonstances particulières de l'accident. Cependant, ces données ne contiennent pas de croquis d'accident, elles souffrent d'un sous-enregistrement et les informations transmises sont parfois déformées.

Ces deux sources de données présentent donc des limites concernant la fiabilité et la précision des informations. Idéalement, nous aurions dû analyser les PV d'accidents. Comme ceux-ci sont rédigés par un policier directement après l'accident, ils contiennent des informations plus précises que celles contenues dans les FAC. On peut y trouver, notamment, des rapports d'audition de témoins qui peuvent contrebalancer le point de vue du chauffeur. En outre, un croquis de l'accident est inclus dans le PV, ce qui peut aider à la compréhension de l'accident. Cependant, l'analyse de ces PV nécessite une longue procédure d'obtention auprès du Parquet de Police, et des moyens humains importants qui dépassaient le cadre de cette étude.

Idéalement, l'ensemble des accidents de l'INS devrait se retrouver dans la base de données de la STIB. Or 5 accidents de l'INS ne s'y retrouvent pas. Cela nous amène à la conclusion que les données de la STIB ne sont pas complètes. De même, la base de donnée INS est également incomplète. En effet, certains accidents avec blessés sont mentionnés dans les rapports de la STIB alors qu'ils ne sont pas repris dans la base de données INS.

Au final, 147 accidents différents se sont produits lors des trois années d'étude, dont 47 pour lesquels nous avons des informations qui proviennent des deux bases de données. Lors de l'analyse de ces accidents, nous avons constaté que les deux bases de données étaient complémentaires et qu'il n'existe que peu de contradictions entre elles.

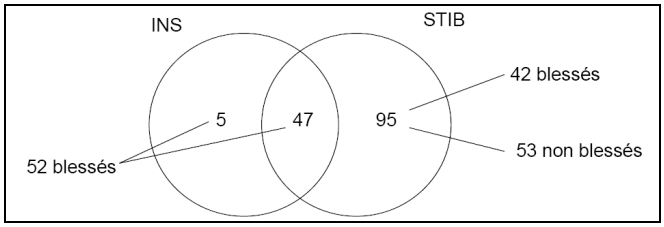


Figure 3 : Sources des données

Sur les 147 accidents analysés, 51 se sont produits en 2004, 41 en 2005 et 55 en 2006. La période d'analyse n'est cependant pas suffisamment longue pour tirer des conclusions sur une éventuelle tendance d'évolution.

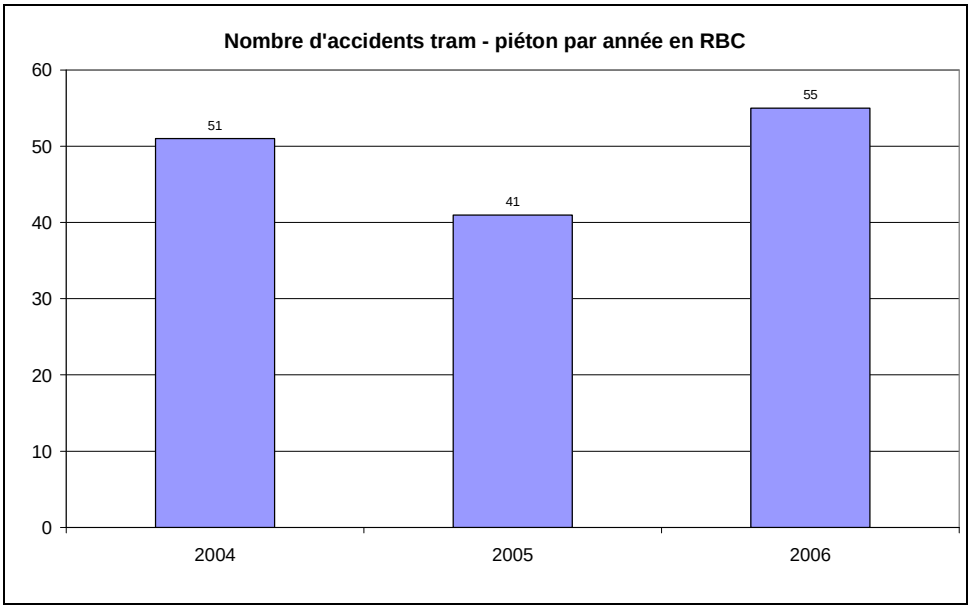


Figure 4

3.2. Démarche suivie

Une première analyse des accidents sera effectuée afin de déterminer quelles sont les voiries et les lignes de tram les plus accidentogènes. Ces informations orienteront nos observations sur le terrain. La gravité des accidents sera également étudiée, puis comparée avec d'autres données d'accidents (bruxelloises et étrangères) dans le but d'objectiver le nombre et la dangerosité des accidents entre un tram et un piéton à Bruxelles.

Une analyse plus détaillées de ces accidents sera ensuite menée afin de déterminer les circonstances et les facteurs de l'accident. Plusieurs variables relatives à l'infrastructure seront d'abord analysées, à savoir l'emplacement de l'accident sur la voirie, le mouvement du piéton, les masques de visibilité et la traversée sur ou hors passage pour piétons. Nous analyserons ensuite les variables comportementales qui émanent en partie de l'ouvrage « Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention » de T. Brenac, C. Nachtergaële et H. Reigner (2004)[1].

---

[1] Dans le cadre de cette recherche, des scénarios types d'accidents ont été établis à posteriori sur base d'un échantillon de 374 accidents corporels impliquant au moins un piéton et ayant eu lieu en France en 1995.
Le concept de scénarios types d'accidents qui a été développé peut être défini comme *« un prototype de déroulement correspondant à un groupe d'accidents présentant des similitudes dans l'enchainement des faits et des relations de causalité, dans les différentes phases conduisant à la collision ».* En d'autres termes, le scénario type englobe un ensemble de cas présentant une ressemblance globale dans leur déroulement, ou autrement dit « un air de famille ».
L'élaboration des scénarios types d'accidents se base sur une méthode inductive et qualitative qui vise à regrouper entre eux des cas jugés similaires. Ensuite pour chaque groupe de cas, un intitulé schématique est formulé reprenant quelques traits, caractéristiques importantes du scénario, comme par exemple :

- Piéton traversant (souvent adulte, adolescent), initialement masqué souvent par un véhicule stationné ou arrêté ;
- Jeune piéton détecté (souvent avec d'autres, attention captée), s'engage en courant ou soudainement, surprenant le chauffeur ;
- Piéton traversant une voirie importante, en général de nuit ou plus, piéton souvent alcoolisé, détecté trop tard.

Un scénario type comportera rarement un trait commun à tous les cas : un trait sera partagé par une grande partie des cas du groupe mais d'autres en seront dépourvus.

Cependant, l'établissement de ces scénarios types nécessite de se baser sur un grand échantillon d'accidents (ils se sont basés sur 374 cas dans cette étude) et de disposer d'information précises et exhaustives[2] sur le déroulement de l'accident. Pour la majorité des accidents, il nous manque une ou plusieurs informations (localisation exacte de l'accident, mouvement du piéton, âge du piéton…) permettant de définir un scénario type d'accident.

Néanmoins, la plupart des caractéristiques de ces scénarios se retrouvent dans l'analyse des données. Nous allons donc établir des catégories de variables comportementales, regroupant des accidents qui présentent une caractéristique commune, mais qui n'ont pas forcément une ressemblance globale. Par ailleurs, un même accident pourra se retrouver dans plusieurs catégories. Les catégories de variables comportementales analysées sont les suivantes : « piéton moins conscient du danger, moins expérimenté », « piéton avec l'attention détournée », « piéton qui surprend le chauffeur », « piéton qui traverse au rouge ».

Après l'analyse de la localisation et des facteurs et circonstances de l'accident, nous procéderons à une visite de terrain. Nous nous focaliserons plus particulièrement sur les voiries présentant un plus grand nombre d'accidents, et sur les lieux d'accidents les plus graves. Notre démarche sera d'essayer de déterminer ce qui a pu mener à l'accident. S'il s'agit d'un problème d'infrastructure encore présent, nous chercherons des pistes de solutions pour le résoudre. Nous analyserons ensuite la situation actuelle pour voir si elle présentait encore un danger.

Enfin, nous analyserons certains problèmes d'infrastructure pouvant générer des conflits entre un tram et un piéton. Certains de ces points ressortent clairement de l'analyse des accidents, tels que les masques de visibilité, l'aménagement des traversées piétonnes et le positionnement des arrêts. D'autres points d'infrastructure ressortent davantage de nos observations lors de la visite de terrain, tels que la gestion des feux, les zones refuges, la présence de barrières de sécurité, la largeur et l'encombrement des quais. Des recommandations seront apportées afin de réduire le risque d'accidents entre un tram et un piéton.

[2] Les scénarios types d'accidents ont été établis sur base des PV et leurs annexes établis par la police ou la gendarmerie. Ces données contiennent beaucoup d'informations (PV de transport, PV d'audition des témoins et des parties impliquées, schéma de l'accident, avis d'expert, certificats médicaux…) permettant d'établir précisément le scénario de l'accident.

4. Analyse des données

L'analyse des 147 accidents survenus entre un tram et un piéton permettra l'évaluation de leur dangerosité, ainsi que la description des circonstances et des facteurs qui ont mené à ces évènements.

4.1. Localisation des accidents tram - piéton

Les accidents sont cartographiés à la figure 5. Notons que

- deux accidents ne sont pas localisés sur cette carte par manque d'informations,
- six accidents ont une localisation approximative (pas de n° de maison dans une rue par exemple), et
- quatre accidents se sont produits sur le réseau de la STIB mais en dehors de la Région de Bruxelles-Capitale. Nous avons néanmoins décidé de maintenir ces accidents dans le cadre de l'étude.

Nous observons que 79 % des accidents se sont produits dans un tunnel, sur un site propre ou sur un site spécial franchissable. Par comparaison, en 2006, 71 % du réseau tram était protégé du trafic automobile (STIB, 2007). Nous ne pouvons donc pas conclure qu'il y a eu proportionnellement plus d'accidents sur les sites protégés qu'en chaussée.

Certaines voiries concentrent un plus grand nombre d'accidents, comme les boulevards Lambermont, Wahis, Louis Schmidt, Général Jacques et Midi, les avenues Brugmann, Churchill, Louise, Charles Woeste, Fonsny, de la Reine et de Tervuren, la rue Stéphanie, et la chaussée d'Alsemberg. Cette observation est à relativiser en fonction de la fréquence de passage d'un tram mais la localisation de ces accidents orientera nos observations sur le terrain.

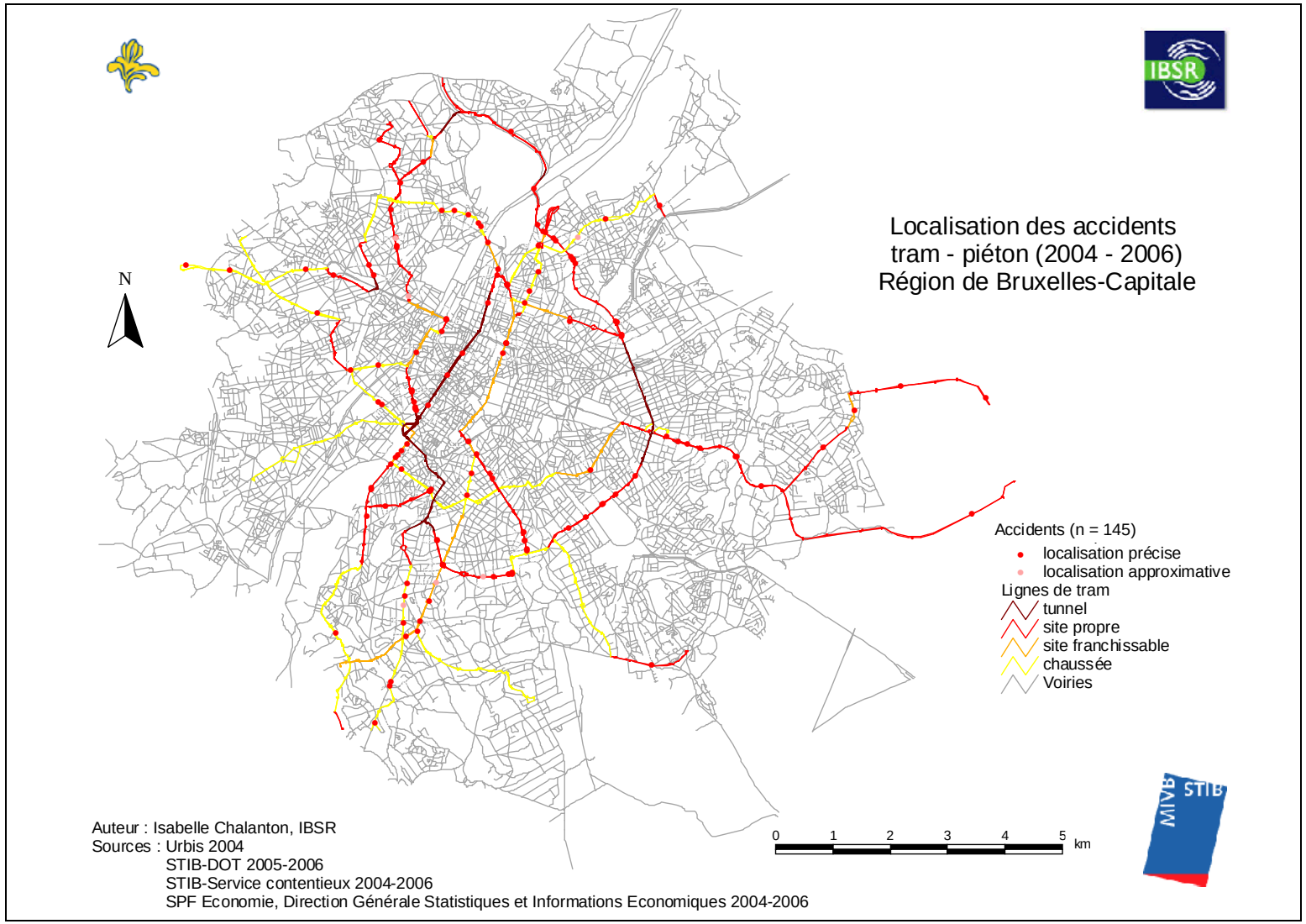

Localisation des accidents
tram - piéton (2004 - 2006)
Région de Bruxelles-Capitale
N
Accidents (n = 145)
localisation précise
localisation approximative
Lignes de tram
tunnel
site propre
site franchissable
chaussée
Voiries
0 1 2 3 4 5 km
Auteur : Isabelle Chalanton, IBSR
Sources : Urbis 2004
STIB-DOT 2005-2006
STIB-Service contentieux 2004-2006
SPF Economie, Direction Générale Statistiques et Informations Economiques 2004-2006

Figure 5

4.2. Nombre d'accidents par ligne de tram

La ligne 18, avec 23 évènements, comptabilise le plus grand nombre d'accidents. Elle est suivie de près par la ligne 23/3, qui comptabilise 22 accidents. A noter qu'il n'y a eu aucun accident sur la ligne 24. Ces chiffres sont bien évidemment à mettre en relation avec le nombre de kilomètres parcourus et le nombre de voyageurs transportés sur chaque ligne.

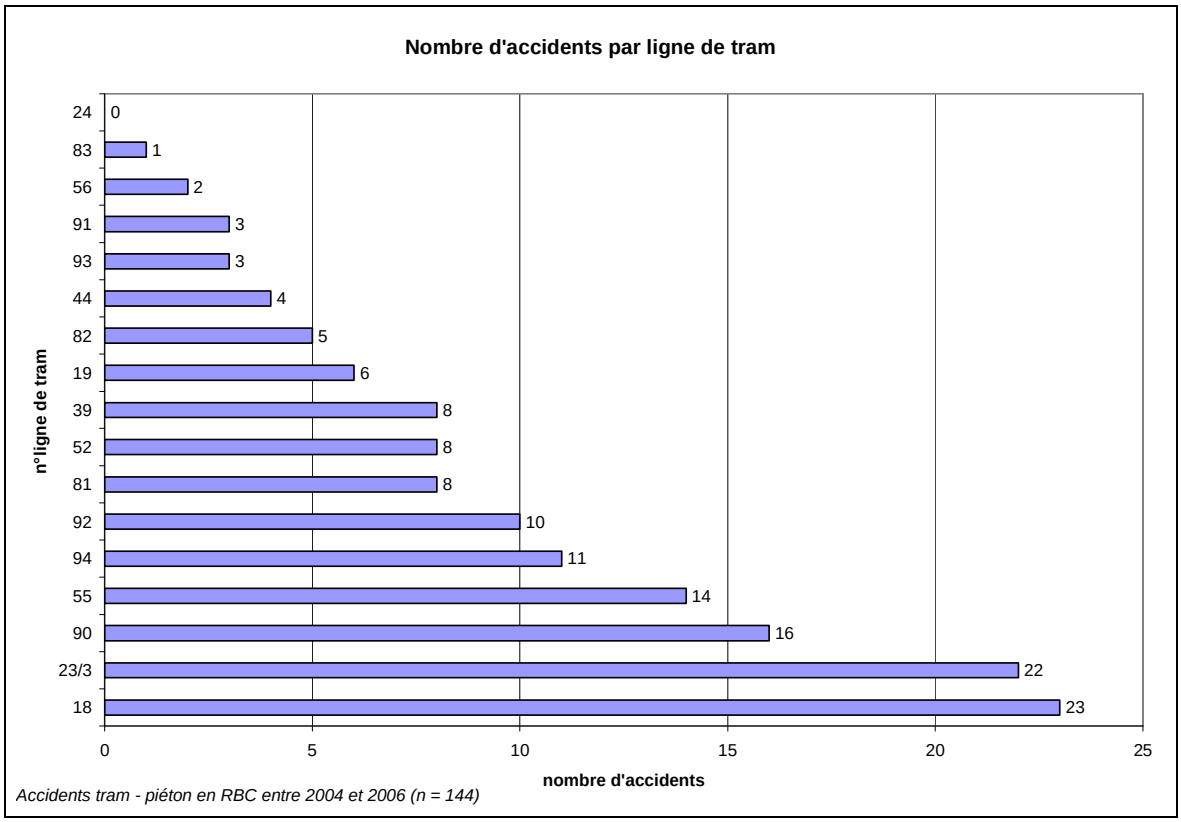


Figure 6

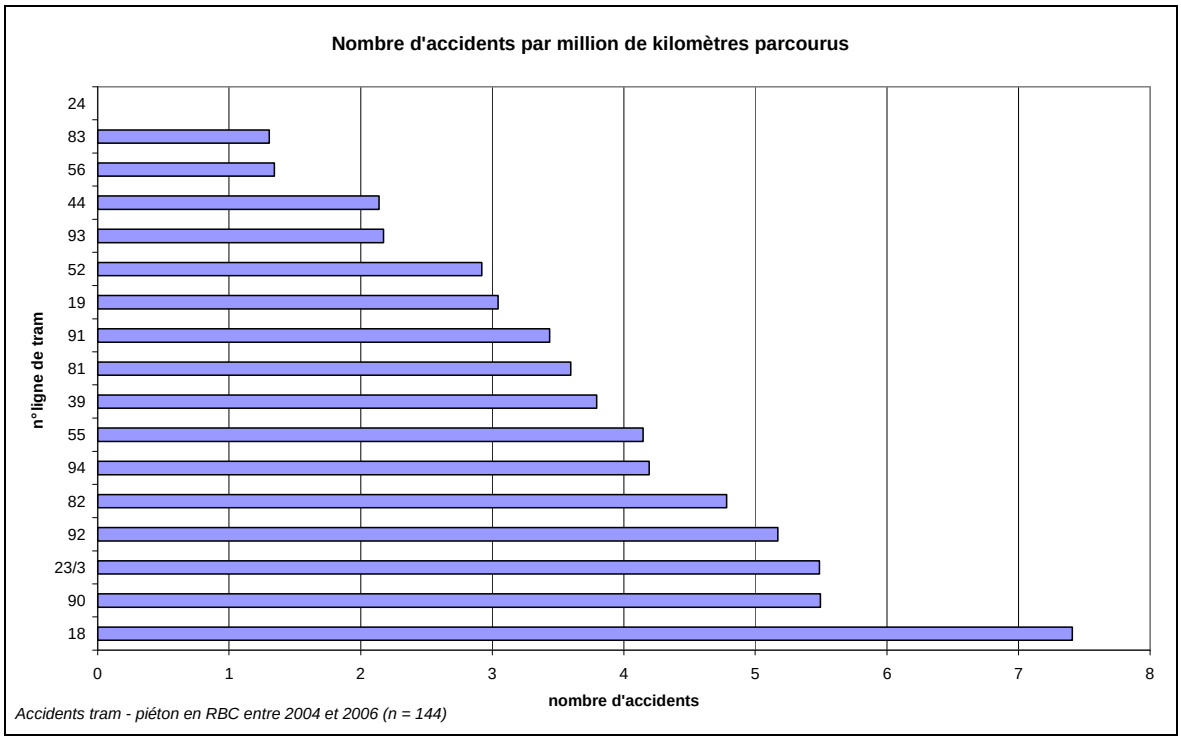


Figure 7

Avec 7,41 évènements par million de kilomètres parcourus, la ligne 18 reste de loin la plus accidentogène. Elle est suivie par les lignes 23/3 et 90, qui totalisent chacune 5,5 accidents, et par la ligne 92, qui en totalise 5,17.

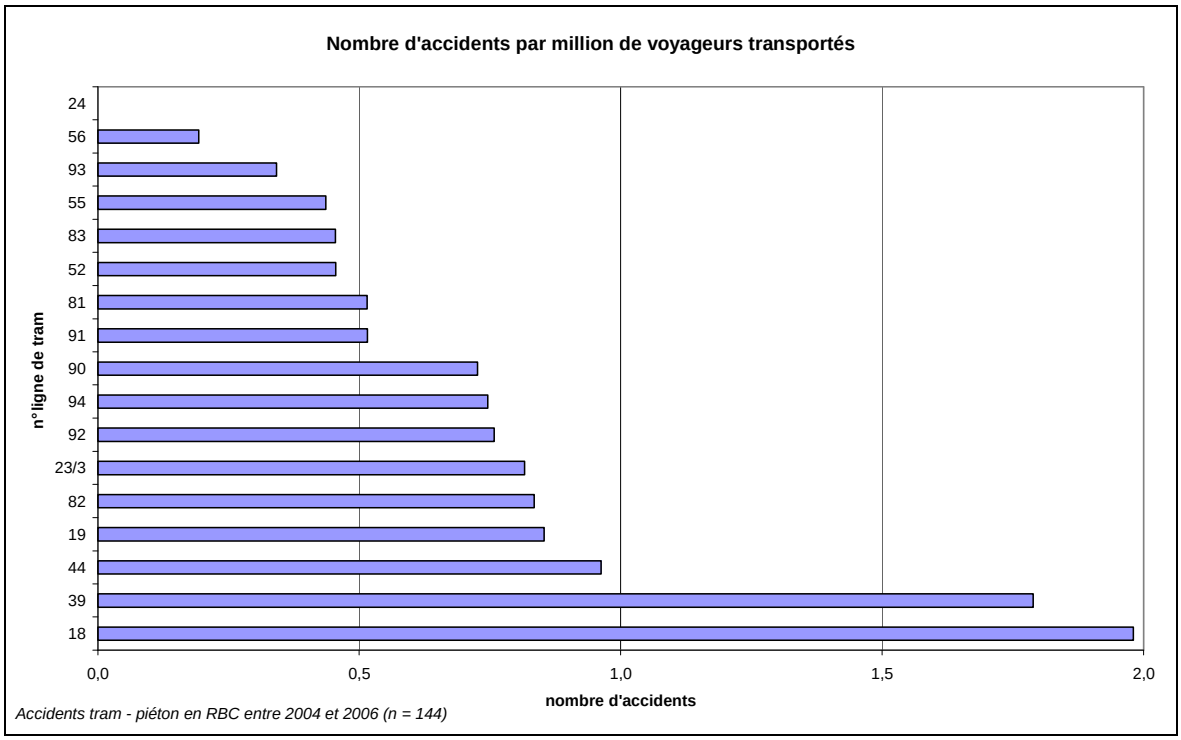


Figure 8

En termes d'accidents par million de voyageurs transportés, c'est à nouveau la ligne 18 qui est la plus accidentogène avec 1,98 évènements. Elle est suivie de près par la ligne 39 avec 1,79 accidents. Les autres lignes ont un nombre d'évènements nettement moins élevé, le nombre d'accidents par million de voyageurs transportés étant inférieur à 1.

Nous pouvons conclure qu'autant en valeur absolue, qu'en termes de kilomètres parcourus et de voyageurs transportés, la ligne 18 est la plus accidentogène. De plus, elle passe par de nombreuses voiries identifiées comme plus à risque : boulevard du Midi, avenues Brugmann, Fonsny et Charles Woeste.
Les lignes 23/3, 90, 92 et 39 devront également retenir notre attention lors de la visite de terrain. Notons que ces cinq lignes partagent la majorité de leur itinéraire avec d'autres lignes de tram. L'accident aurait tout aussi bien pu se produire avec un tram d'une autre ligne, ce qui nous aurait conduit à d'autres conclusions.
Enfin, l'absence d'accidents sur la ligne 24 s'explique par son nombre nettement moins élevé de kilomètres parcourus et de voyageurs transportés, vu qu'elle a été mise en service qu'à partir de 2006.

4.3. Gravité des accidents tram -piéton

Sur les 147 accidents analysés, il n'y a pas eu de lésions corporelles dans 53 cas. Par contre, dans plus de la moitié des accidents, le piéton est légèrement blessé. Dans 12 cas, le piéton est gravement blessé et 2 décès ont été enregistrés dans les 30 jours qui ont suivis l'accident. Au total, il y a eu 94 blessés.

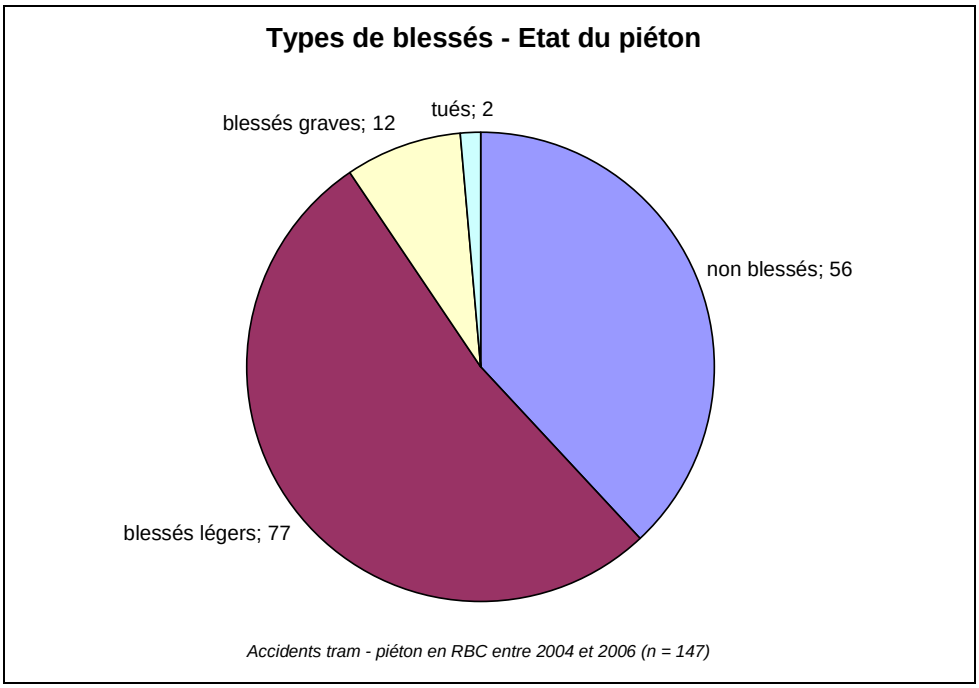


Figure 9

Parmi les 14 accidents les plus graves, 8 se sont produits sur un site protégé et 6 sur la voirie. Ces observations ne nous permettent pas de tirer des conclusions sur la situation des accidents graves.

Lorsque nous comparons ces données avec les accidents impliquant des piétons à Bruxelles, nous constatons que les accidents entre un tram et un piéton représente respectivement 2,1 % des piétons blessés légèrement à Bruxelles (1827), 6,4 % des piétons blessés gravement (188) et 9,5 % des piétons décédés (21).

Tableau 1 : comparaison des accidents impliquant des piétons à Bruxelles entre 2004 et 2006 (INS)

	Accidents tram piéton	Accidents piétons	Pourcentage
Blessés légers	38	1827	2,1 %
Blessés graves	12	188	6,4 %
Décédés	2	21	9,5 %

La part des blessés légers suite à un accident avec un tram atteint 2,1 %, ce qui est relativement faible. Par contre, la part des blessés graves et des tués réunis est de 6,7 %, ce qui est assez conséquent au vu de la faible présence du tram dans la circulation[3]. Cependant, étant donné que

[3] Au total, en 2004, 2005 et 2006, 9,76 milliards de véhicules-km ont été parcourus en Région de Bruxelles-Capitale par une voiture particulière (INS, disponible sur http://www.statbel.fgov.be/figures/d37_fr.asp). En comparaison, durant la même période, les trams ont parcourus seulement 34,5 millions de kilomètres (STIB).

nous travaillons avec des petits chiffres pour les piétons gravement blessés et décédés, ces conclusions doivent être utilisées avec prudence[4].

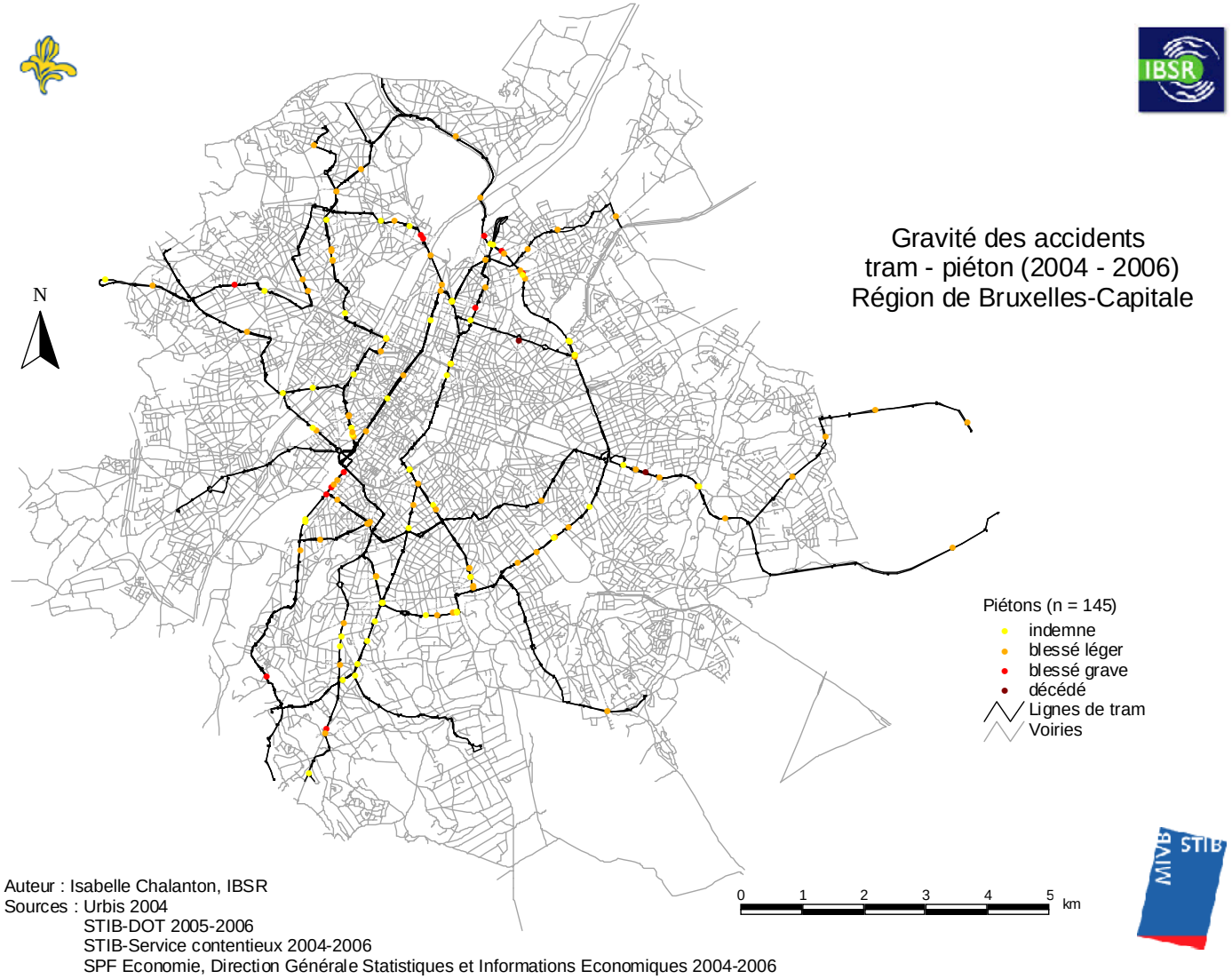
La figure 10 nous permet d'observer la gravité des accidents. Pour pouvoir tenir compte de la gravité de l'ensemble des accidents d'une voirie, une pondération a été effectuée sur base du type d'accidents. Nous nous sommes basés, pour ce faire, sur le coefficient de pondération de l'étude sur les points dangereux de la RBC (Iris Safe, 2006). Cette étude appliquait un coefficient de 1 pour les blessés légers, de 3 pour les blessés graves et de 5 pour les tués. De plus, un coefficient de 0,5 a été appliqué pour les accidents sans lésion corporelle. Le tableau 2 présente, pour les voiries identifiées comme plus accidentogènes, l'indicateur de la gravité des accidents.

Tableau 2 : Indicateur de la gravité des accidents pour les voiries identifiées comme plus accidentogènes. (Accidents tram piéton en RBC entre 2004 et 2006)

Voirie	Nombre d'accidents	Types d'accidents				Indicateur gravité
		Sans lésion corporelle	Blessés légers	Blessés graves	Tués	
Bv Lambermont Wahis et Reyers	13	6	5	2	0	14
Av Fonsny	5	0	2	3	0	11
Av de Tervuren	8	2	5	0	1	11
Av de la Reine et rue Stéphanie	6	2	2	2	0	9
Av Louise	11	5	6	0	0	8,5
Ch d'Alsemberg	7	3	3	1	0	7,5
Av Winston Churchill	8	5	3	0	0	5,5
Bv G Jacques et L Schmidt	6	2	4	0	0	5
Place des Bienfaiteurs	1	0	0	0	1	5
Av Ch Woeste	5	2	3	0	0	4
Boulevard du Midi	4	2	2	0	0	3
Avenue Brugmann	6	6	0	0	0	3

Lors de nos observations de terrain, nous étudierons en priorité les voiries obtenant les scores les plus élevés.

[4] A titre de comparaison, à Gothenburg en Suède, près de la moitié des piétons décédés entre 1988 et 1992 l'a été suite à un accident de tram, ce qui est nettement plus important que chez nous (Hedelin *et al*., 1996).



Auteur : Isabelle Chalanton, IBSR
Sources : Urbis 2004
STIB-DOT 2005-2006
STIB-Service contentieux 2004-2006
SPF Economie, Direction Générale Statistiques et Informations Economiques 2004-2006

Figure 10

4.4. Catégories d'usagers impliqués dans un accident avec un tram à Bruxelles

Pour les années 2004, 2005 et 2006, il y a eu 229 victimes (données INS) d'un accident entre un tram et un tiers à Bruxelles. 24 % de ces victimes sont des piétons et 36 % d'entre elles sont des occupants d'une voiture (cf. figure 11). Remarquons que 17% des blessés se trouvaient dans une rame de tram au moment de l'accident. De même, 17 % se trouvaient dans un bus (seulement deux accidents ont eu lieu avec un bus, dont un qui a fait 23 blessés).

Si le nombre d'accidents impliquant un piéton est moins important, ces accidents sont généralement plus graves. En effet, il y a eu 17 blessés graves suite à un accident avec un tram et parmi ceux-ci 12 étaient des piétons. De même, les deux personnes décédées suite à un accident avec un tram étaient des piétons.
Selon Beer et Brenac (2006), dans les villes autrichiennes de Vienne, Linz et Innsbrick, les piétons ne représentent que 16 % des blessés légers suite à un accident avec un tram (18 % à Bruxelles), mais 45 % des blessés graves (70 % à Bruxelles) et 83 % des tués (100 % à Bruxelles).

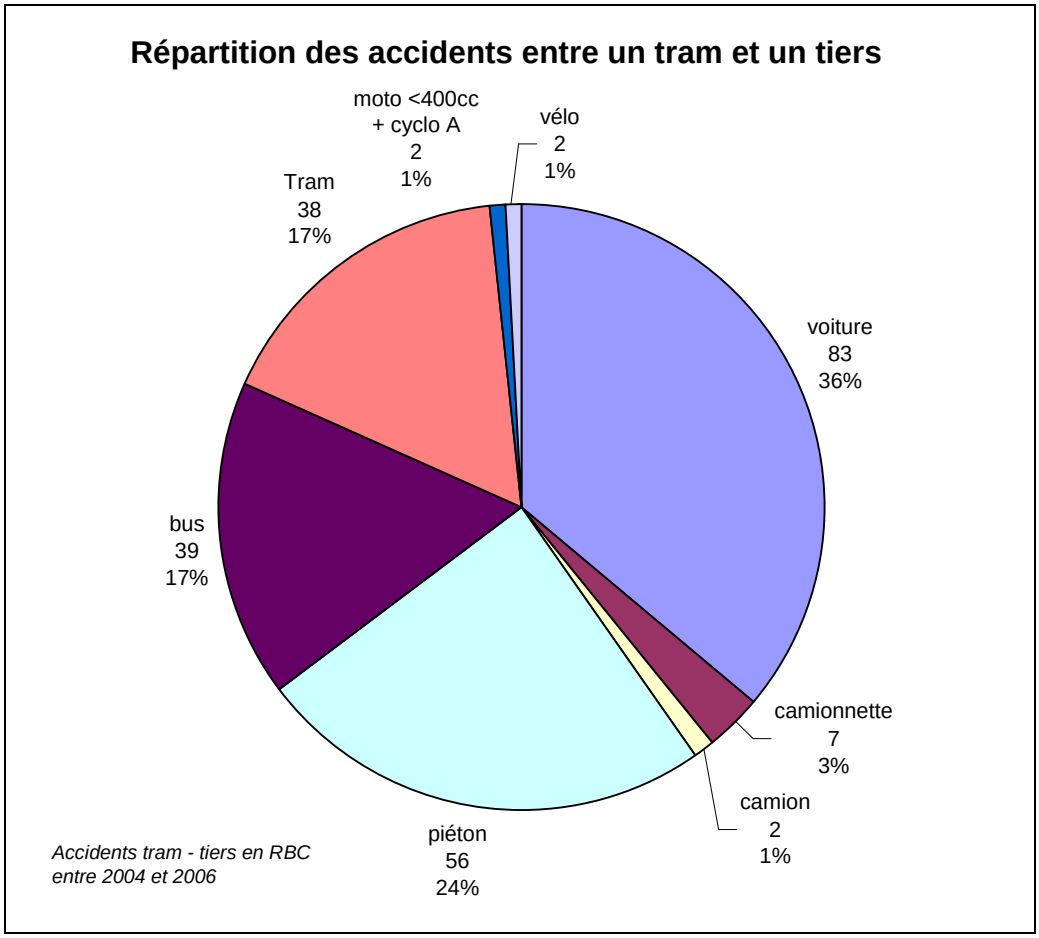


Figure 11

Le tableau ci-dessous reprend les mêmes données pour trois villes autrichiennes.

Tableau 3 : répartition des usagers impliqués dans un accident avec tram (Beer et Brenac, 2006)

Catégories d'usagers impliqués	(en % du total des accidents avec trams)		
	Vienne	**Linz**	**Innsbruck**
Tram seul	1,7	7,9	32,1
Tram – véhicule particulier	48,2	40,6	31,0
Tram – piéton	30,0	31,5	9,5
Tram – cycliste	3,8	4,2	11,9
Tram – deux-roues à moteur	1,7	1,8	0,0
Tram – autre (poids-lourds, bus, tram, etc.)	7,5	11,0	9,5
Tram – plusieurs protagonistes	7,1	3,0	6,0
Total	100 % n = 1013	100 % n = 165	100 % n = 84

Les véhicules particuliers (voitures, camionnettes) sont plus souvent impliqués dans un accident avec un tram que les autres usagers. Néanmoins, les accidents entre un tram et un piéton représentent près d'un tiers des accidents de tram à Vienne et à Linz, ce qui est plus important qu'à Bruxelles. Notons que le pourcentage d'accidents suite à un freinage ou un redémarrage du tram entraînant la chute de voyageurs à l'intérieur du tram est très élevé à Innsbruck. Selon les auteurs (Beer et Brenac, 2006), cela pourrait s'expliquer par un encodage plus complet des accidents peu ou pas graves, ainsi que par certaines différences liées aux réseaux ou au système de freinage.

4.5. Accidentologie du réseau bruxellois comparée à celle des réseaux des villes françaises

Une comparaison entre les données bruxelloises et les données de plusieurs villes françaises a été effectuée. Notons que les réseaux français sont plus récents et comportent presque exclusivement des lignes en site propre. Nous avons néanmoins observé qu'il n'y avait proportionnellement pas plus d'accidents sur site propre que sur voirie à Bruxelles. Nous avons donc supposé que nous pouvions comparer ces données.

Sur les réseaux des villes françaises, les accidents ayant eu lieu entre un tram et un piéton de 2004 à 2006 ont causé 342 victimes, dont 5 tués (STRMTG, 2006 a, 2006 b, 2008). A Bruxelles, pour rappel, ces accidents ont engendré 94 victimes (avec lésions corporelles), dont 2 tués. Ces chiffres sont à mettre en relation avec le nombre de kilomètres parcourus et le nombre de voyageurs transportés sur l'ensemble du réseau.

Tableau 4 : taux de victimes et de tués dans un accident de tram, comparaison Bruxelles – France (INS et STRMTG, 2006 a, 2006 b, 2008)

	Bruxelles	**France**
Nombre de victimes	94	342
Nombre de tués	2	5
Millions de km parcourus	34,45	79,58
Millions de voyageurs transportés	202,73	1061,96
Nb victimes / millions km parcourus	2,73	3,22
Nb victimes / millions voyageurs transportés	0,46	0,24
Nb tués / millions km parcourus	0,06	0,06
Nb tués / millions voyageurs transportés	0,010	0,005

Le nombre de victimes par millions de kilomètres parcourus est plus important sur les réseaux français, alors que le nombre de tués par millions de kilomètres parcourus est égal sur les deux réseaux. Par contre, à Bruxelles, le nombre de victimes et de tués par millions de voyageurs transportés est plus élevé. Cela peut s'expliquer par le fait que les réseaux des villes françaises est moins étendu et possède des véhicules à plus grande capacité que le réseau bruxellois[5].

[5] A titre de comparaison, à Gothenburg en Suède, le nombre de victimes d'accidents de tram par millions de kilomètres parcourus est de 3, ce qui est du même ordre de grandeur que pour Bruxelles ou la France. Par contre, le nombre de tués par millions de kilomètres parcourus est de 0,2, ce qui est trois fois moins important qu'à Bruxelles ou en France (Hedelin *et al*., 1996).

4.6. Les variables infrastructurelles

4.6.1. Localisation de l'accident

L'analyse de la localisation des accidents montre que 52 % de ceux-ci se sont déroulés à un arrêt ou à proximité immédiate de celui-ci (cf. figure 12), 30 % à un carrefour et 14 % en section courante. Dans 4 % des cas, la localisation est indéterminée.
Parmi les 14 accidents les plus graves, 5 sont situés à un carrefour, 4 en section et 5 à un arrêt.

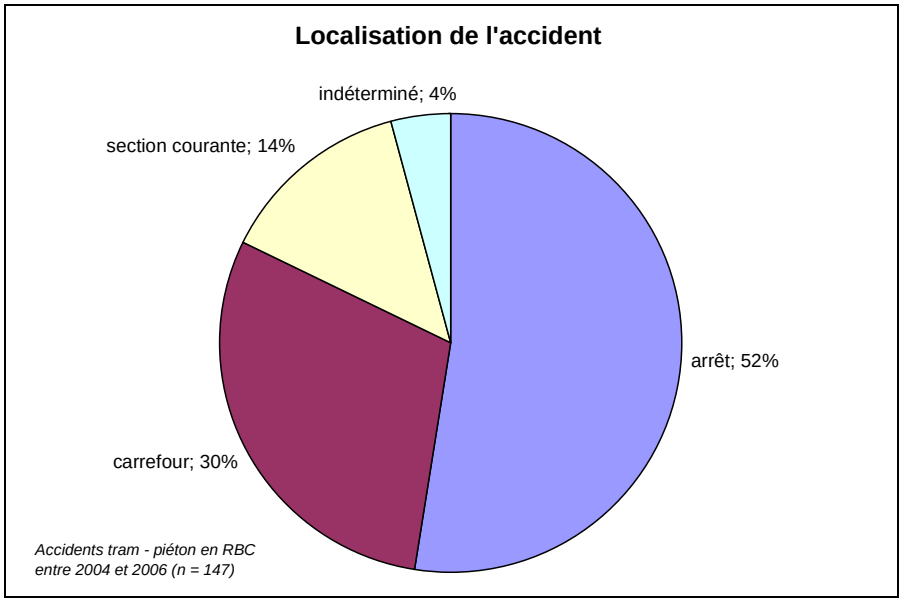


Figure 12

En comparaison, la figure 13 montre la localisation de l'accident entre un tram et un piéton sur le réseau tramway français. 55 % de ces accidents se sont déroulés à un arrêt (alors qu'à Bruxelles, cette part s'élève à 52 %), 27 % à un carrefour (30 % à Bruxelles) et 17 % en section (14 % à Bruxelles). La répartition de la localisation des accidents est donc quasiment identique sur les réseaux français et bruxellois.

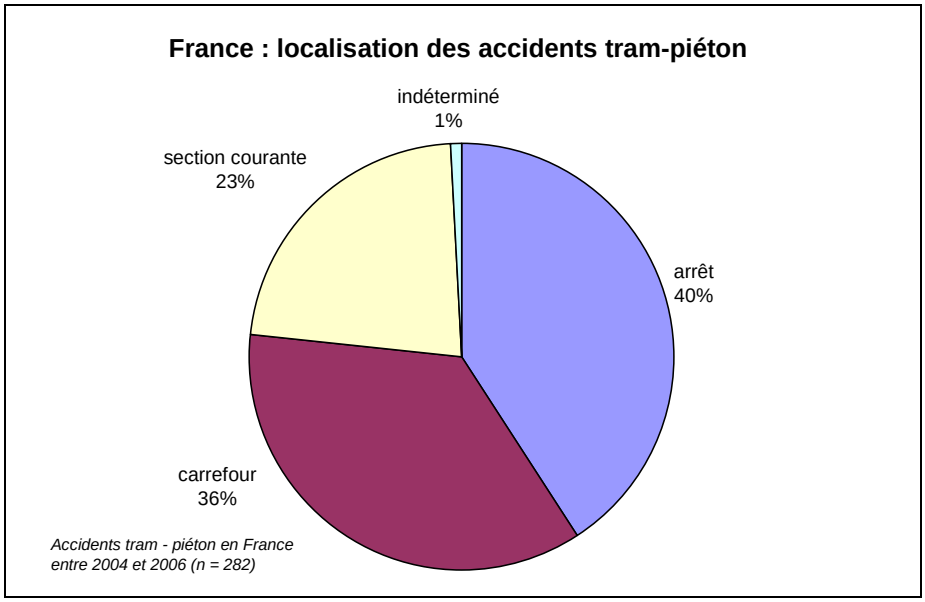


Figure 13

Il ressort également de la littérature germanophone que la grande majorité des accidents de tram impliquant des piétons surviennent près des arrêts. Les zones de traversées des voies de tram, qui se font principalement en carrefour, sont également des endroits problématiques (Beer et Brenac, 2006). De même, à Gothenburg en Suède, 76 % des accidents ont eu lieu à ou à proximité d'un arrêt (Hedelin *et al*., 1996).

4.6.2. Mouvement du piéton

La figure 14 illustre le mouvement du piéton pour l'ensemble des accidents. Dans 75 % des accidents, le piéton traversait la voirie ou le site propre. Dans 14 % des évènements, le piéton était positionné sur le quai ou le terre-plein central du site propre. Il a, dans ce cas, été heurté ou simplement frôlé par le tram. Dans 3 % des cas, le piéton a trébuché en voulant monter ou descendre du tram ou encore, il a chuté depuis le quai. La catégorie 'divers', qui totalise 4 % des accidents, comprend trois personnes qui travaillaient (balayeurs de rue, ouvriers), deux adolescents qui jouaient avec une planche à roulettes sur un terre-plein à proximité des rails de tram et une personne ivre qui a sauté sur les voies. Enfin, le mouvement du piéton n'était pas mentionné pour 4 % des accidents.

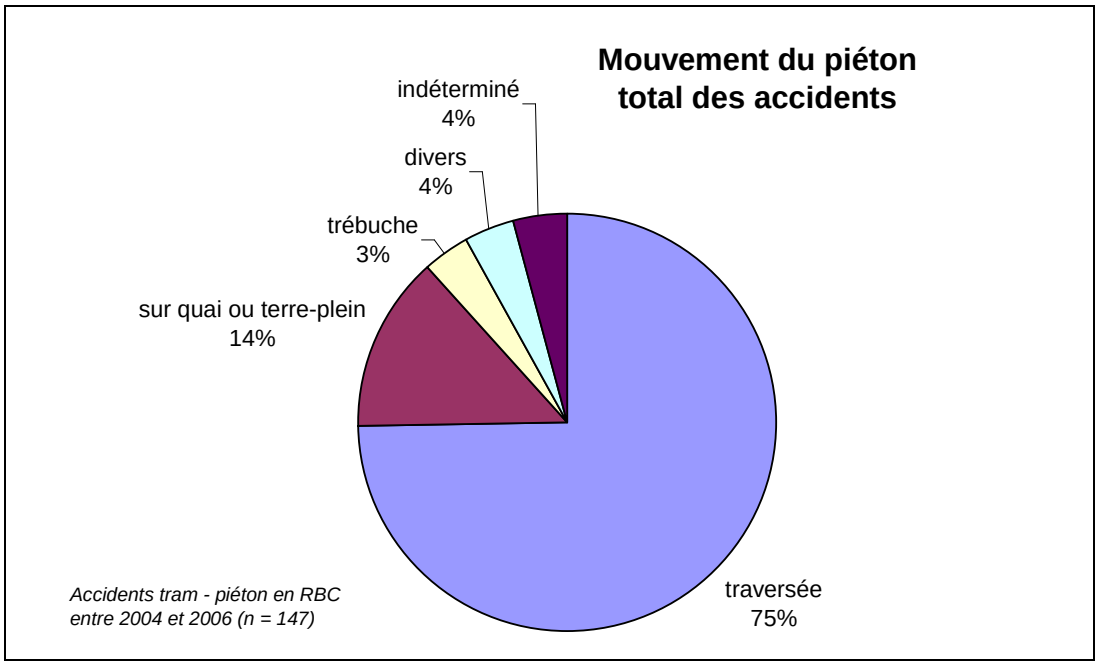


Figure 14

La figure 15 présente les mouvements du piéton pour les accidents ayant causé des lésions corporelles (blessés légers, blessés graves ou tués). Nous constatons que les pourcentages sont similaires à ceux de l'ensemble des accidents. Il n'y a donc pas de lien entre le mouvement du piéton et la gravité de l'accident.

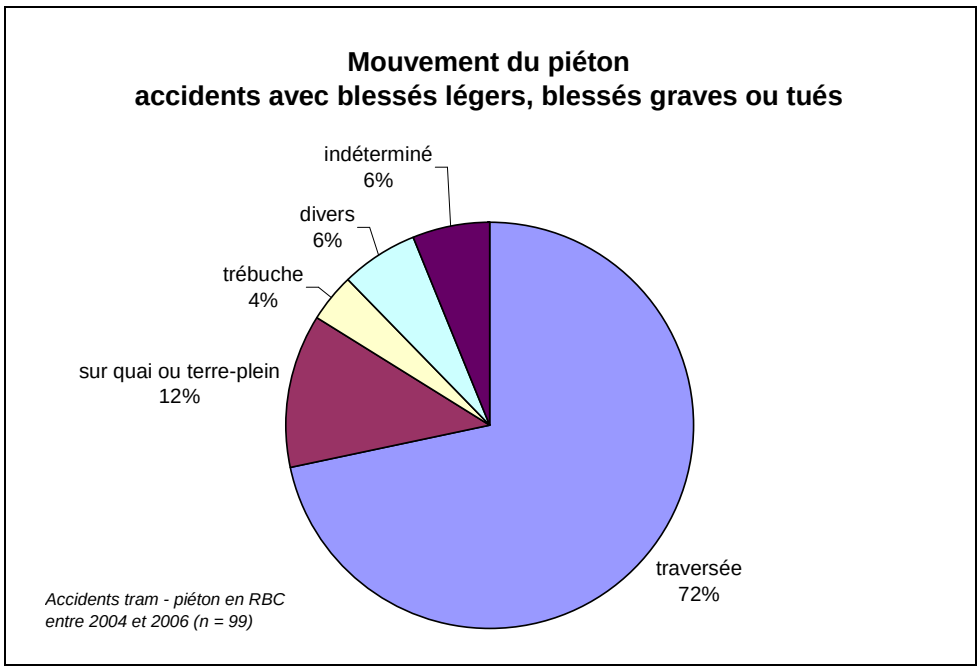


Figure 15

4.6.3. Traversée avec masque de visibilité

Sur le total des 110 traversées, un masque de visibilité était existant sur 25 d'entre-elles, soit 23 %. La figure 16 présente les différents masques de visibilité.

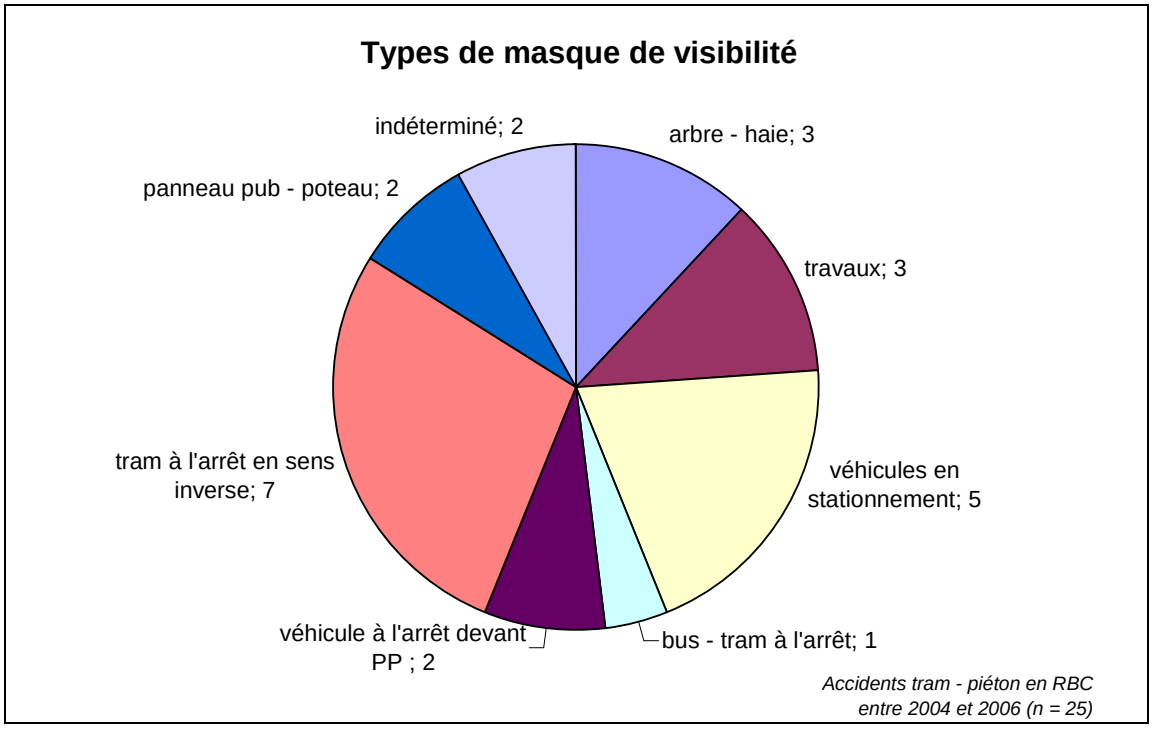


Figure 16

Il nous semble utile de distinguer les masques de visibilité temporaires des masques de visibilité permanents.

Les masques de visibilité permanents sont les suivants : un arbre ou une haie dans trois accidents, un panneau de publicité ou un poteau dans deux accidents. Lors de la visite de terrain, nous nous rendrons sur place pour vérifier si la situation actuelle est toujours problématique et pourrait être éventuellement améliorée

Dans cinq accidents, le piéton était masqué par un véhicule en stationnement. Celui-ci constitue à la fois un masque de visibilité permanent et provisoire. Dans la plupart des cas, le piéton s'est faufilé entre des voitures stationnées légalement.

En ce qui concerne les masques de visibilité provisoires, un tram arrêté en sens inverse masquait le piéton dans sept accidents. Dans cette situation, le piéton a traversé derrière un tram à l'arrêt, il était donc masqué pour le tram arrivant en sens inverse. Dans deux cas, le piéton était masqué par un véhicule à l'arrêt devant le passage pour piétons. Dans cette situation, un véhicule s'était arrêté pour laisser traverser le piéton sur le passage pour piétons. Le piéton a ensuite traversé le site propre mais était masqué par la voiture. Enfin, dans trois cas, le piéton était masqué par des travaux, ce qui amène à penser qu'il est indispensable de veiller à une bonne gestion et au contrôle des chantiers.

4.6.4. Traversée sur le passage pour piétons

Sur les 110 traversées, 37 % ont eu lieu sur un passage pour piétons et 31 % ont eu lieu en dehors. Enfin, cette information est inconnue dans 32 % des cas.
Cela signifie que pour au moins 37 % des traversées, le piéton traversait à un endroit où il est prioritaire sur tous les usagers hormis le tram. Pour au moins 31 % des traversées, le piéton a traversé hors du passage pour piétons, ce qui signifie que soit il n'y avait pas de passage pour piétons à moins de 30 mètres, soit le piéton est en faute.

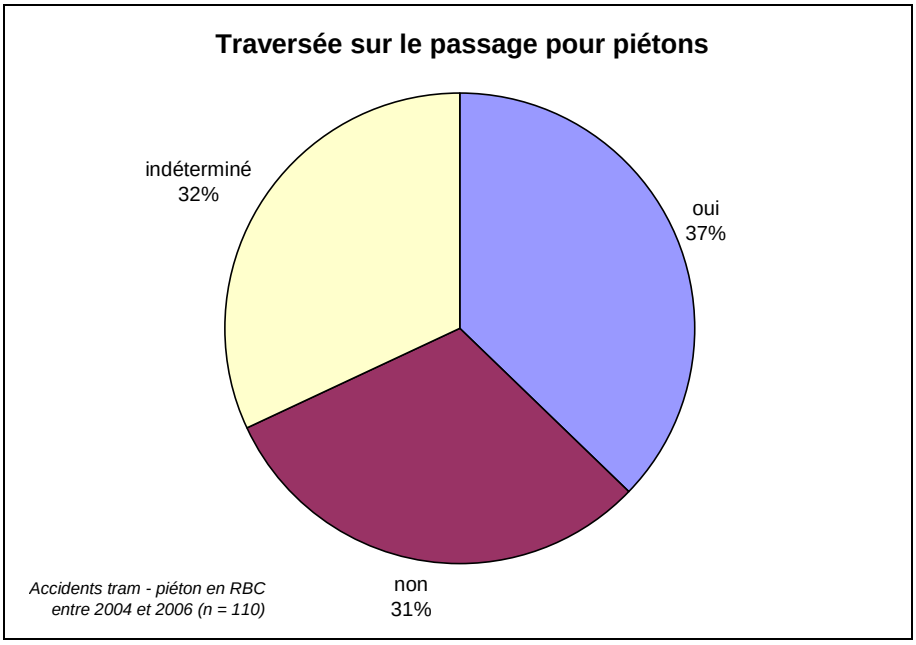


Figure 17

Si nous observons la localisation des accidents qui ont eu lieu sur un passage pour piétons (cf. figure 18), nous remarquons que 16 accidents ont eu lieu à un arrêt, 22 en carrefour et 4 en section.

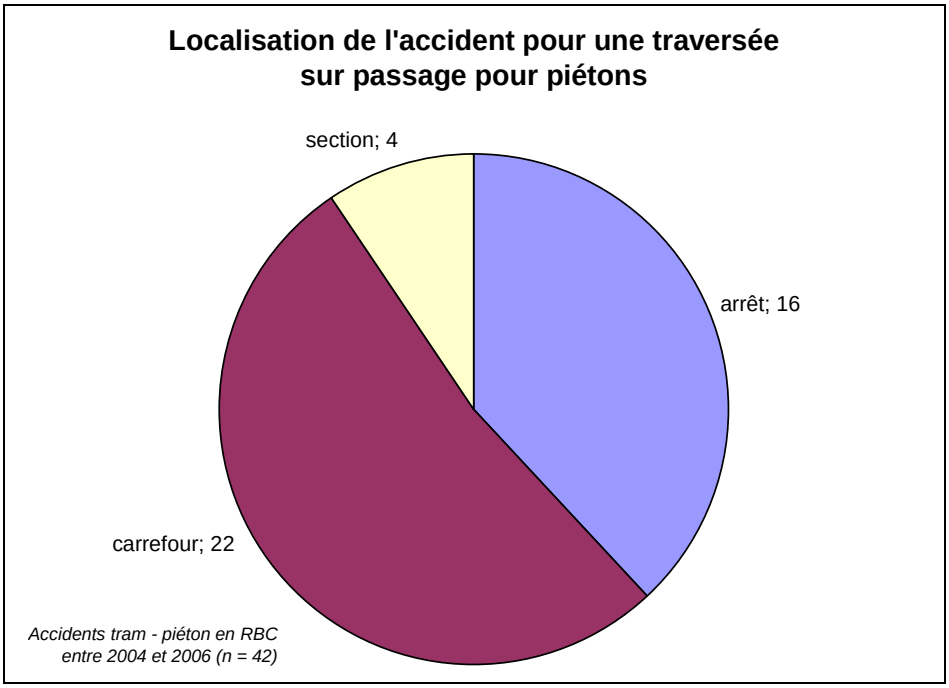


Figure 18

Pour les accidents qui ont eu lieu hors d'un passage pour piétons (cf. figure 19), nous constatons que 24 accidents ont eu lieu à l'arrêt et que 8 accidents ont eu lieu en carrefour. Or, ce sont des endroits où il y a presque toujours des passages pour piétons. Le piéton a donc probablement traversé de manière non réglementaire à moins de 30 mètres du passage.

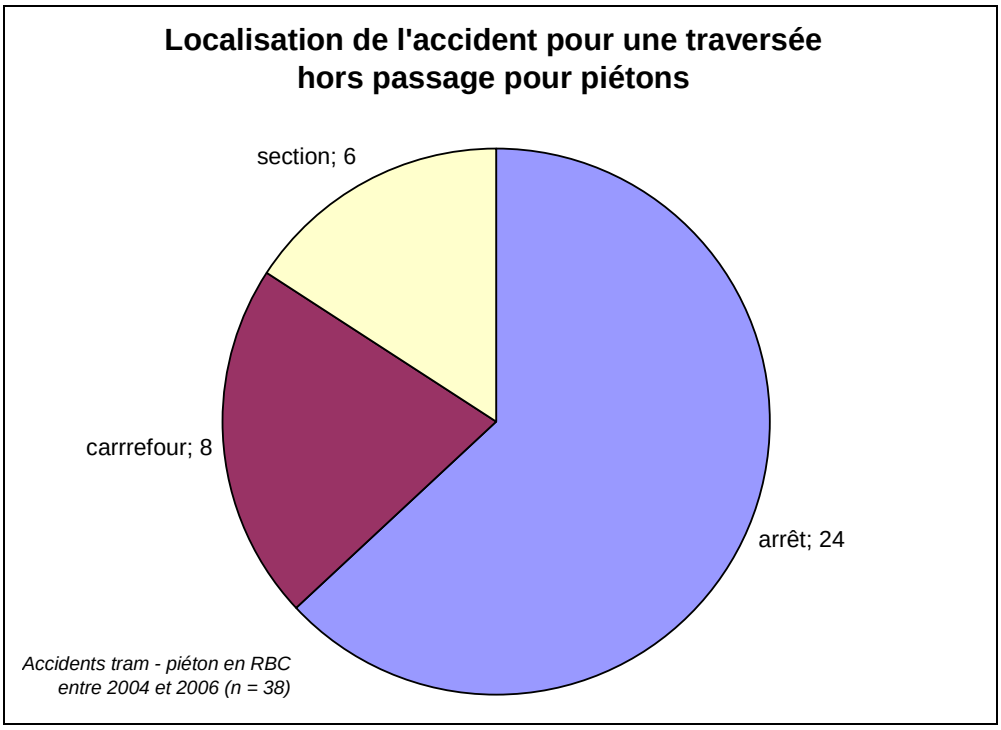


Figure 19

4.7. Les variables comportementales

Il importe de relever que, mis à part pour la catégorie « piéton non conscient du danger, moins expérimenté » pour laquelle nous avons pu nous baser sur les données de l'INS, nous nous sommes basés quasiment exclusivement sur les données des rapports des conducteurs de tram pour les autres catégories. Le conducteur, comme tout être humain, aura tendance à se déculpabiliser et à mettre la responsabilité sur le piéton. Il y a donc un risque que certaines variables soient surreprésentées par rapport à la réalité. Ce risque est relativement important pour les variables « piéton traverse sans regarder » et « piéton traverse subitement ». Il y a également un risque mais moindre pour la variable « piéton qui court ».

4.7.1. Piéton moins conscient du danger, moins expérimenté

Pour 25 accidents, soit 17 % du total des accidents, le piéton n'était pas pleinement conscient du danger.

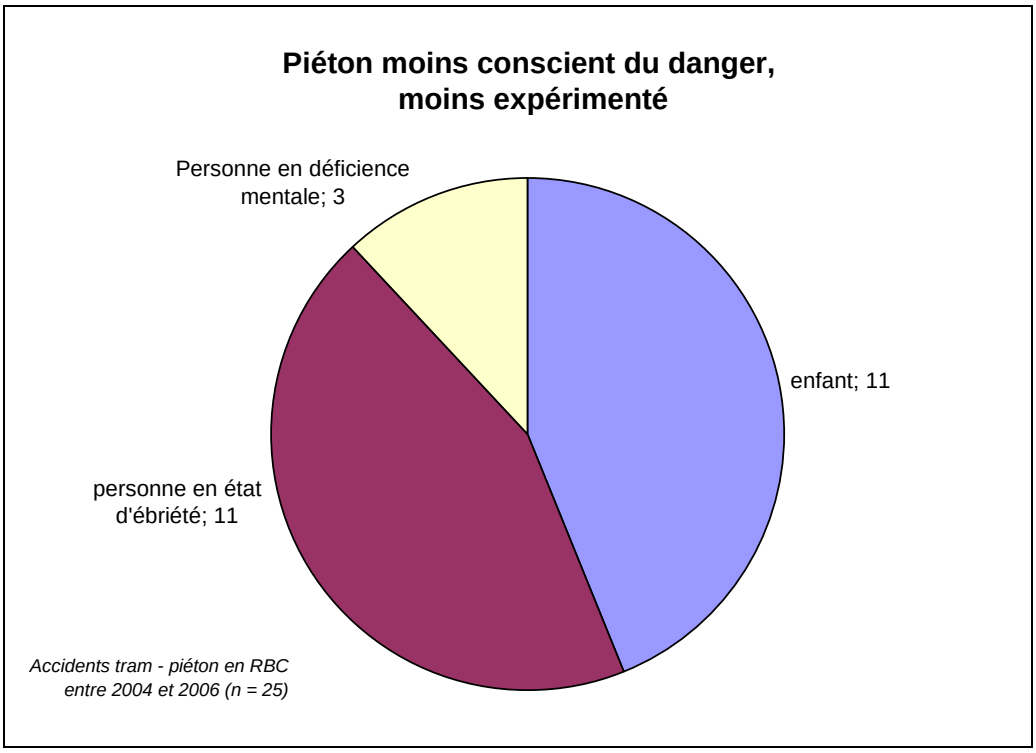


Figure 20

Nous avons défini trois catégories de piétons moins conscients du danger ou selon les cas moins expérimentés.
La catégorie des enfants (de 0 à 12 ans), dont certains non accompagnés, comprend 11 cas. La plupart des études montrent qu'avant l'âge de 10-12 ans, un enfant ne sera pas toujours capable de faire face à toutes les situations qu'il peut rencontrer dans la circulation (INRETS, 1993).

Ensuite, la catégorie des personnes en état d'ébriété comprend elle aussi 11 cas, soit 7,5 % des accidents[6]. Une personne sous l'influence de l'alcool ne dispose pas de toutes ses facultés mentales pour pouvoir se déplacer dans la circulation et a tendance à prendre des risques démesurés. Enfin, la catégorie des personnes en déficience mentale comprend 3 cas.

[6] Notons qu'à Gothenburg en Suède, dans 21 % des accidents impliquant un tram et un piéton, ce dernier était sous l'influence de l'alcool (Hedelin *et al.*, 1996).

Par ailleurs, une autre catégorie largement représentée (17 cas) est celle des adolescents. Un adolescent est quant à lui apte à se déplacer seul dans la circulation. Par contre, un adolescent est, selon la littérature (Chauffaut *et al.*, 2005), victime d'un optimisme irréaliste ; ce qui signifie qu'il a le sentiment que rien ne peut lui arriver. Il aura donc tendance à traverser en se disant qu'il a encore le temps ou que les voitures ou le tram vont s'arrêter, alors que ce n'est en réalité pas le cas. Il est également sujet au phénomène de groupe. Il sera enclin à suivre un groupe sans se poser de question ; son comportement est donc moins individuel que celui d'un adulte.

4.7.2. Piéton avec l'attention détournée

Nous pouvons estimer que le piéton avait l'attention détournée dans 56 accidents, soit 31 % des cas. Notons que pour 7 accidents, plusieurs facteurs détournaient l'attention du piéton (exemple : le piéton court pour attraper le tram en sens inverse).

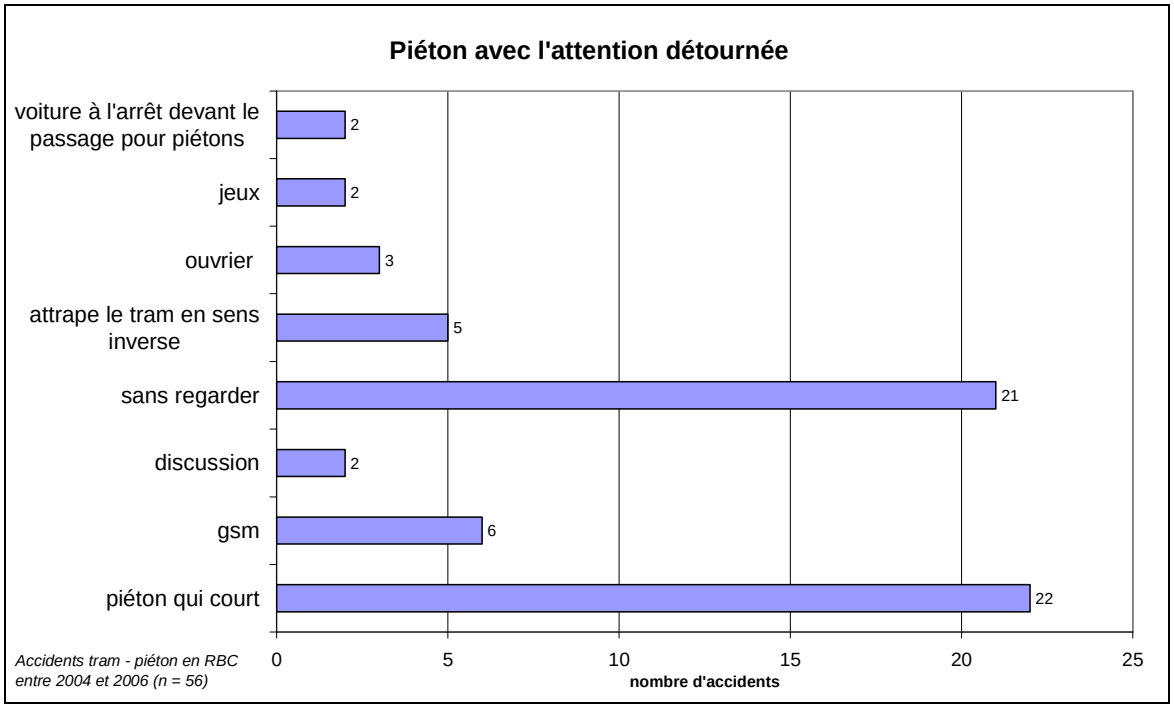


Figure 21

Dans 22 évènements, le piéton courait. Un piéton qui court a son attention focalisée sur le but à atteindre dans le temps imparti. Dans 21 cas, le piéton a traversé sans regarder (soit en ne regardant pas du tout, soit en ne regardant pas dans la direction du tram). Comme expliqué précédemment, ces données sont issues de la vision du chauffeur. Il importe donc de relativiser leur importance, tout particulièrement pour la variable « traverse sans regarder ».
Les variables qui suivent étant plus précises, elles nous semblent moins enclines à être surévaluées. Dans deux cas, le piéton discutait avec un autre piéton et dans six cas, il était occupé avec son téléphone portable. Dans deux accidents, le piéton jouait avec une planche à roulettes sur un terre-plein à proximité des rails. Dans trois cas, le piéton travaillait (ouvriers des plantations, balayeurs de rue) et avait donc son attention accaparée par son travail. Dans deux évènements, le piéton a traversé sur un passage pour piétons devant lequel un véhicule s'était arrêté pour le laisser traverser. Son attention était captée par la traversée de la voirie lorsqu'il a entamé la traversée du site propre. Enfin, dans cinq cas, le piéton voulait prendre un tram en sens inverse se trouvant déjà à l'arrêt ou sur le point d'y arriver ; il avait donc également son attention focalisée sur son but à atteindre.

4.7.3. Piéton non conscient du danger et avec l'attention détournée

Dans dix accidents, le piéton était à la fois non conscient du danger et avait l'attention détournée. C'est le cas, par exemple, de l'enfant qui traverse en courant ou d'une personne en état d'ébriété qui traverse sans regarder.

4.7.4. Piéton qui surprend le chauffeur

Dans 38 accidents, nous avons estimé que le piéton a surpris le chauffeur. Dans 22 cas, le piéton a traversé en courant et dans 16 cas, le piéton a traversé de manière subite.
Il importe à nouveau de relativiser la variable « traverse de manière subite » qui pourrait être exagérée par le conducteur.

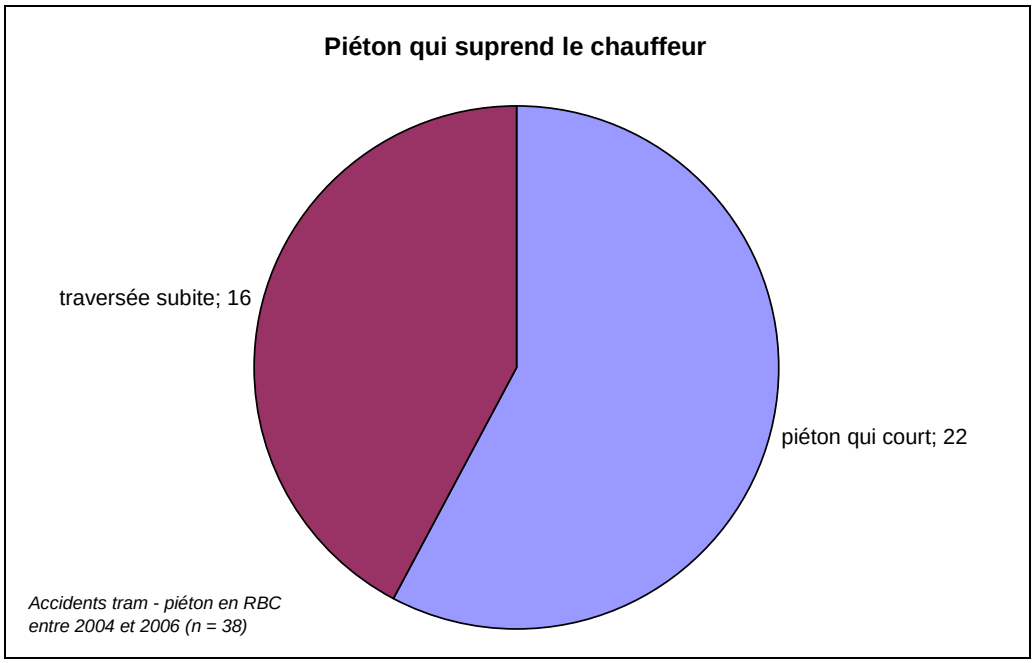


Figure 22

4.7.5. Piéton qui traverse au feu rouge

Dans 14 cas, soit 9,5 % des accidents, le piéton a traversé au feu rouge pour piéton ou au feu vert pour le tram. Nous déduisons, pour les cas où le feu était vert pour le tram, que le feu était rouge pour le piéton. Cependant, cette variable pourrait être exagérée par le chauffeur. De plus, il se pourrait que le feu soit peu visible ou mal réglé. Comme nous le verrons dans la partie 6.3., il existe effectivement certains cas où les phases vertes des feux trams et piétons sont simultanées. Le piéton n'était pas donc forcément en infraction.

4.7.6. Importance de la variable comportementale

En analysant pour chaque accident le type et le nombre de variables comportementales présentes, en tenant compte également du fait que certaines variables risquent d'être surestimées, nous pouvons conclure que la variable comportementale a vraisemblablement joué un rôle important dans 55 accidents, soit 36 % du nombre total des accidents. Dans 40 autres cas, la variable comportementale peut être considérée comme un facteur contributif de l'accident.

5. Analyse de l'infrastructure

L'analyse des données a montré que certains problèmes d'infrastructure étaient à la base de plusieurs accidents entre un tram et un piéton, tels que les masques de visibilité, l'aménagement des traversées piétonnes et le positionnement des arrêts. D'autres points d'infrastructure ressortent davantage de nos observations sur le terrain, tels que la gestion des feux, les zones refuges, la présence de barrières de sécurité, la largeur et l'encombrement des quais.

5.1. Marquage des traversées piétonnes

Suite à la modification de l'article 40 du Code de la route en 1996, les piétons traversant sur un passage pour piétons non réglé par un agent qualifié ou par des signaux lumineux de circulation ont la priorité absolue sur tous les véhicules, à l'exception des véhicules ferrés. Cette exception semble trop souvent méconnue des piétons. Dès lors, depuis 2006, les traversées piétonnes traversant des rails de tram en RBC sont progressivement traitées avec un marquage spécifique (Caelen, 2002).

Lorsque le passage pour piétons traverse un site propre pour tramway, les bandes blanches sont remplacées par des lettres blanches formant le mot TRAM sur fond rouge, accompagnées d'un signal d'attention indiquant la nature du danger.

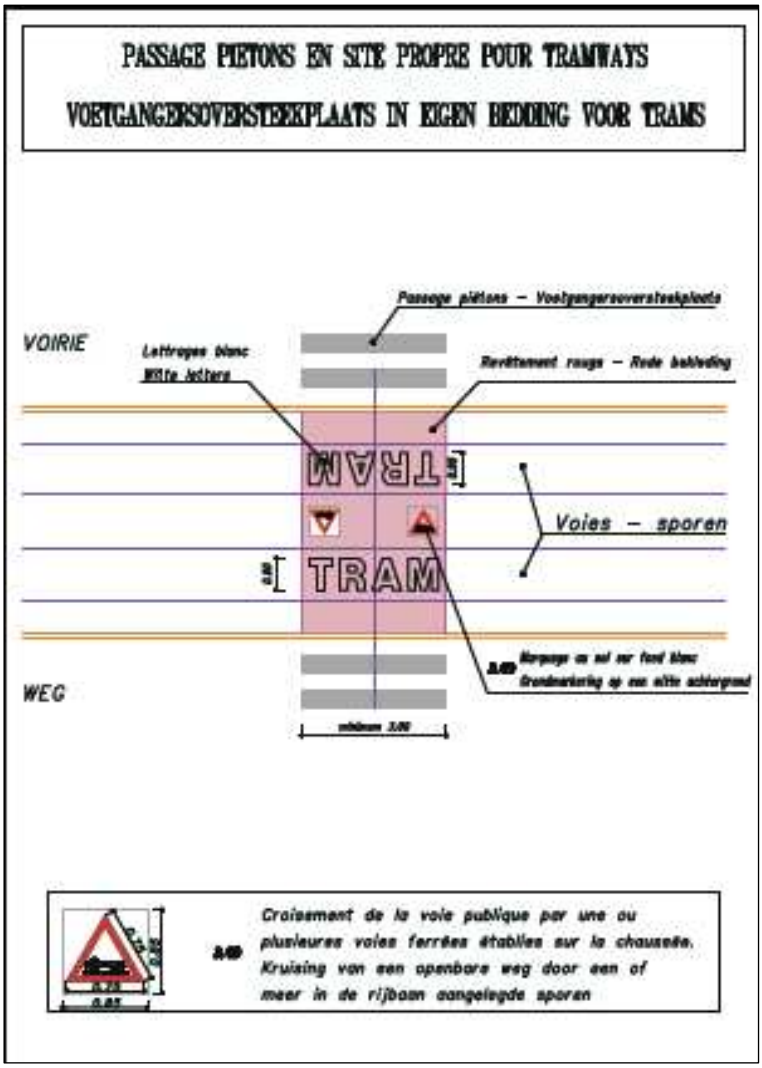


Figure 23 a : Marquage spécifique passage pour piétons en site propre pour tramway (STIB, 2006)

Lorsque le passage pour piétons traverse un site franchissable ou un site propre mixte, les bandes blanches du passage pour piétons sont encadrées par deux lignes rouges accompagnées d'un signal d'attention indiquant la nature du danger. Ces lignes rouges ne sont tracées que sur la largeur du site propre.

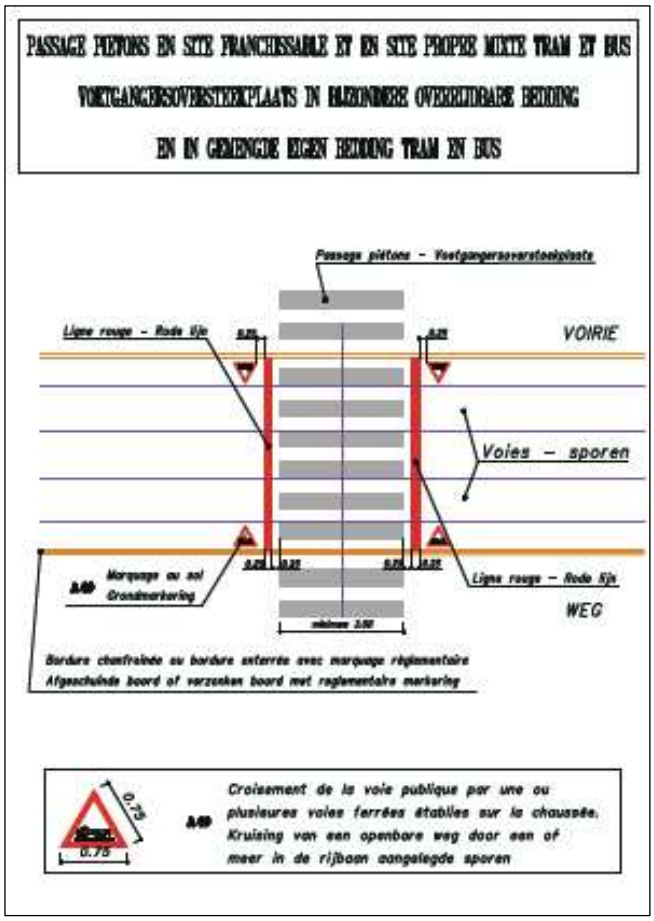


Figure 23 b : Marquage spécifique passage pour piéton en site franchissable et en site propre mixte tram et bus (STIB, 2006)

Lorsque le passage pour piétons traverse une voirie avec des rails de tram, les lignes rouges sont tracées sur toute la largeur de la chaussée et accompagnées d'un signal d'attention indiquant la nature du danger.

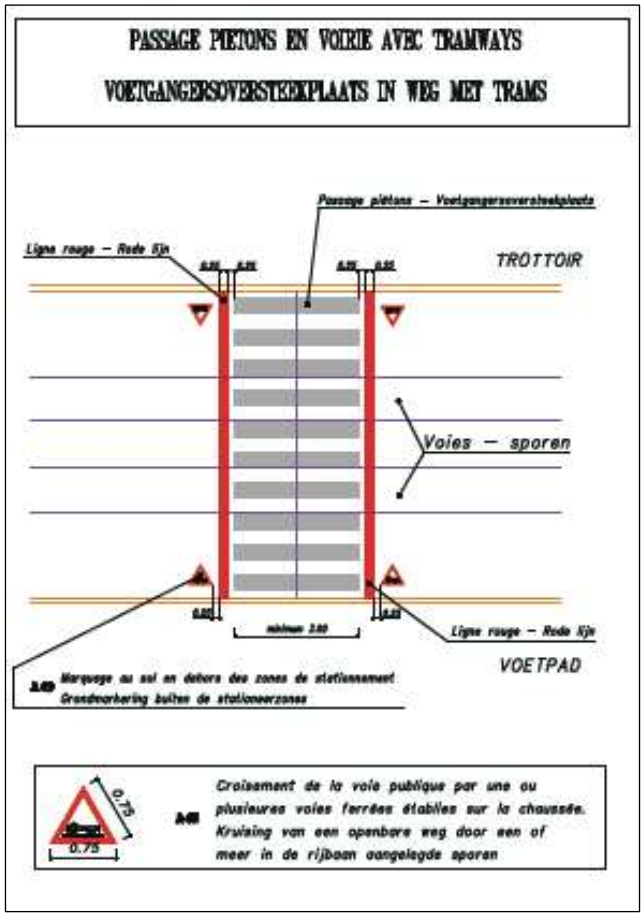


Figure 23 c : Marquage spécifique passage pour piétons en voirie avec tramway (STIB, 2006)

L'attention du piéton est ainsi attirée sur le fait qu'il n'est pas prioritaire par rapport aux trams. Les conducteurs de tram identifient également mieux les traversées piétonnes.

Nous pensons que les marquages contribuent à une meilleure prise de conscience du caractère prioritaire du tram par les piétons. A condition qu'ils soient bien entretenus, ils attirent leur attention avant la traversée. Dès lors, il est nécessaire d'apposer le marquage tram précité sur les passages pour piétons, et ce prioritairement sur les traversées qui ne sont pas réglées par un feu, et où la priorité du tram n'est pas clairement perçue (exemple : lorsque le tram et le piéton ont tous les deux la phase de feu verte mais que le tram tourne). De plus, il est indispensable de supprimer au plus vite les passages pour piétons sur les sites propres, vu qu'ils donnent la fausse impression au piéton qu'il a priorité.

Il est encore trop tôt pour l'envisager mais une évaluation de ces marquages devra être réalisée afin de déterminer s'ils réduisent réellement le nombre d'accidents sur les passages pour piétons. Il serait également intéressant d'évaluer si les piétons (en ce compris les personnes malvoyantes) perçoivent correctement le message porté par ces marquages et s'il est nécessaire de le modifier. De nouveaux types de marquages pourraient aussi être testés, tels que le placement de deux bandes rouges parallèles aux bandes blanches du passage pour piétons et situées de part et d'autre des rails de tram. Celles-ci auraient un effet de barrière pour le piéton qui traverse (alors que les deux bandes rouges de part et d'autre du passage pour piétons ont plus un effet couloir) et augmenteraient son attention sur la présence du tram, les deux types de bandes pouvant être placés conjointement.

Figure 24 : Marquage spécifique passage pour piétons en site propre pour tramways

5.2. Zones refuges

Une zone refuge est un espace situé entre plusieurs voies de circulation ou dans le cas spécifique du tram, entre les rails de tram et les voies de circulation, sur lequel un piéton peut s'arrêter en milieu de traversée. Une zone refuge permet au piéton d'effectuer sa traversée en plusieurs temps. Elle doit être une zone dégagée de tout obstacle afin d'assurer aux piétons et aux conducteurs une visibilité réciproque optimale. Une zone refuge devra avoir une largeur d'au moins 1,50 m[7] et être protégée de la circulation automobile par une bordure et éventuellement des potelets ou des barrières de sécurité.

Avenue Fonsny, un piéton a été masqué par un véhicule arrêté devant le passage pour piétons afin de le laisser traverser. Ce type d'accident pourrait être facilement évité par la création d'une zone refuge entre la voirie et les rails de tram. De manière générale, la traversée d'une voirie et d'un site propre sans zone refuge ni feux est dangereuse pour le piéton. Le piéton a son attention attirée par la traversée de la voirie, et il peut difficilement anticiper en début de traversée à la fois les mouvements du tram et les mouvements des véhicules sur les différentes voies à traverser.

Nous recommandons d'aménager une zone refuge sur toutes les traversées de site propre non protégées par des feux. Si la configuration des lieux ne permet par l'aménagement d'une zone refuge, des feux devraient alors être installés. Lors d'une traversée d'un site propre protégé par des feux, l'aménagement d'une zone refuge est toujours souhaitable (particulièrement utile dans le cas où les feux tomberaient en panne) mais n'est requis que lorsque la phase de feux ne permet pas au piéton de traverser en une seule fois les voies de circulation et le site propre.

Figure 25 : Avenue Fonsny, site propre mixte tram-bus-taxi : il n'y a pas de feux sur toute la longueur de l'avenue. Les véhicules circulent à une vitesse élevée sur le site propre. Le trafic est dense en journée et circule à vitesse élevée la nuit. Les piétons doivent traverser 1 bande de circulation, le site propre et puis encore 2 bandes de circulation sans zone refuge, ni feux. La traversée piétonne est donc dangereuse. 5 accidents avec blessés, dont 3 avec des blessés graves, ont eu lieu sur des traversées à cet endroit. La traversée pourrait être sécurisée par l'aménagement d'une zone refuge en supprimant une bande de circulation. Une autre possibilité serait de placer des feux.

Lorsque c'est possible, les zones refuge sur des traversées en section devraient être « en baïonnette ». Le piéton se retrouve ainsi face au tram avant de traverser. Cependant, lorsque qu'il se dirige vers la voirie, il se retrouve dos au trafic circulant sur celle-ci. Idéalement, une double baïonnette devrait être créée. Le piéton ferait ainsi constamment face au trafic qu'il désire traverser (cf. figure 26). Le principe de la double baïonnette est opposé au flux naturel des piétons (ils ont tendance à se diriger vers la droite), mais présente l'avantage de stopper clairement le cheminement du piéton aux endroits de conflits et permet au piéton de choisir le sens de cheminement le positionnant à chaque fois face au trafic. A l'inverse, la simple baïonnette oblige le piéton à être dos une fois sur deux au trafic. Une attention particulière devra être apportée lors de la réalisation de la double baïonnette afin de s'assurer que les largeurs de passage soient suffisantes pour un chaisard.

[7] Il est néanmoins préférable d'avoir une zone refuge plus réduite (minimum 1,20 m) que pas de zone refuge.

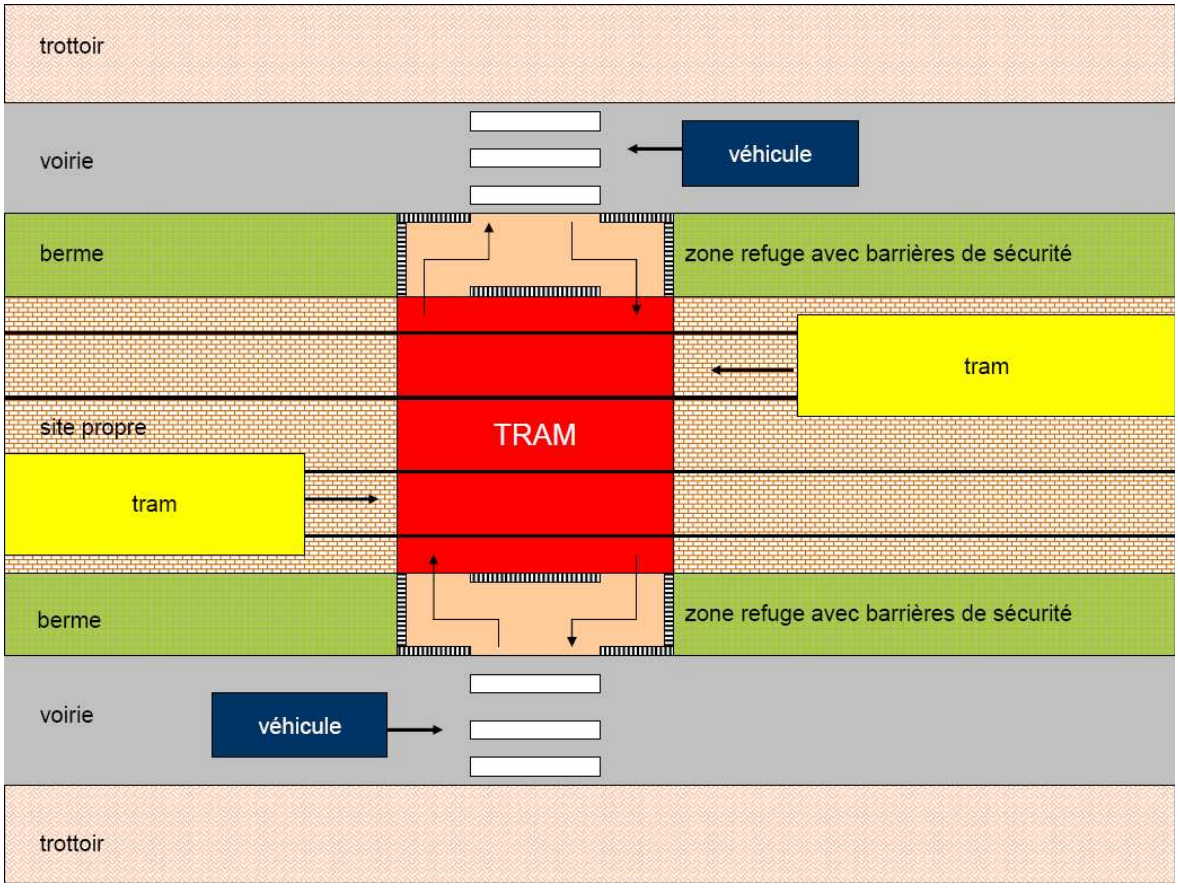


Figure 26 : Double baïonnette

Figure 27 : Traversée du site propre avenue Winston Churchill : deux accidents se sont produits sur cette traversée en section du site propre avenue Winston Churchill. Depuis les faits, la traversée a été réaménagée. La traversée en baïonnette et le marquage rouge tram offre actuellement un bon niveau de sécurité aux piétons qui traversent le site propre. Cependant, une double baïonnette aurait été préférable pour également sécuriser la traversée de la voirie.

5.3. Gestion des feux

Lors de notre visite de terrain, nous avons relevé plusieurs situations concernant la gestion des feux qui nous semblaient présenter un risque d'accident.

5.3.1. Maintien du feu piéton pour la traversée du site propre

Pour les traversées piétonnes protégées par des feux, la règle semble être désormais de supprimer le feu piéton de la traversée du site propre. Dans la plupart des cas, le marquage rouge spécifique tram a été placé conjointement à la suppression des feux. Mais il existe encore plusieurs endroits, notamment avenue de Jette et avenue de Tervuren, où le passage pour piétons sur le site propre a été maintenu malgré la suppression des feux. Cette situation apporte deux messages contradictoires au piéton, d'une part le passage pour piétons lui donnant la priorité et d'autre part la présence du tram qui est prioritaire sur tous les usagers. En l'absence de feux de signalisation, il est donc indispensable de supprimer les passages pour piétons et de les remplacer par le marquage spécifique tram. Comme déjà expliqué dans le point sur les zones refuge, il est également primordial de prévoir une zone refuge entre le site propre et les voies de circulation, de préférence avec une double baïonnette (cf. figure 26).

Figure 28 : Avenue de Jette : maintien du passage pour piétons et suppression des feux piétons sur le site propre.

De manière générale, l'absence de feux piétons pour la traversée du site propre apporte une certaine confusion pour le piéton qui voit la phase verte ou rouge de la traversée de la voirie et qui ne sait pas si ce feu est d'application pour la traversée du site propre. Si le carrefour est géré par des feux, le tram, même prioritaire, doit respecter les feux de signalisation, et s'arrêter au feu rouge. Lors d'une traversée piétonne à un carrefour réglé par des feux, nous recommandons de maintenir un feu piéton pour la traversée du site propre. Le feu piéton permet de clarifier la situation en indiquant précisément au piéton s'il dispose de la phase verte ou rouge pour traverser le site propre.

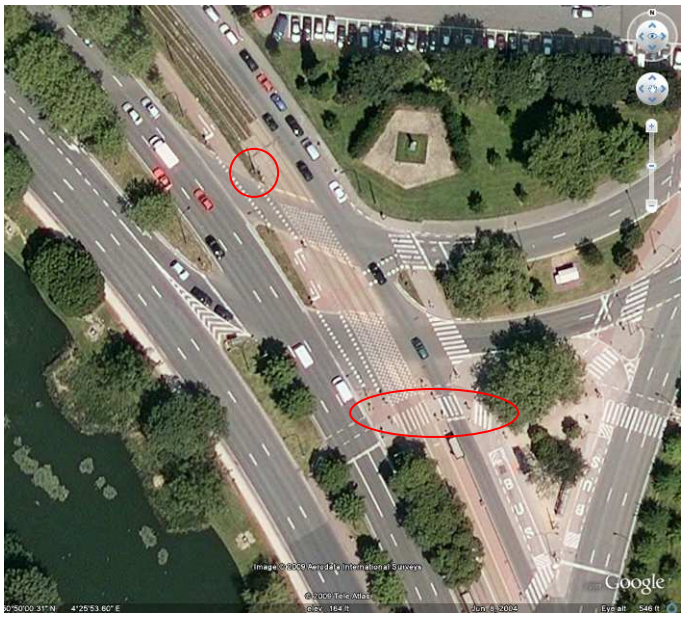
L'utilisation de feux bicolores pour la traversée du site propre avait par ailleurs été recommandée par l'équipe du Dutch Accident Research Team du TNO (Margaritis, 2007). En outre, les feux bicolores accompagnés d'un système acoustique ou tactile permettent d'assurer la traversée sécurisée des sites propres pour les personnes aveugles et malvoyantes.

Figure 29 : Boulevard Lambermont : le piéton qui traverse le site propre a son attention attirée par le feu de la traversée de la voirie.

Lors d'une traversée piétonne en section, la suppression du feu piéton permettra au tram d'éviter de devoir s'arrêter et de gagner ainsi de la vitesse commerciale. Cependant, si les feux piétons sont maintenus pour la traversée de la voirie, le risque est important que le piéton interprète le feu de la traversée de la voirie comme le feu du site propre. Cette situation n'est donc pas recommandable. Pour y remédier, des feux piétons détectant la présence de trams pourraient être installés. Ceux-ci passeraient au vert sur demande du piéton à condition qu'aucun tram n'arrive. Si cette solution n'est pas envisageable, une zone refuge avec une « double baïonnette » (cf. figure 26) devrait être installée. Le piéton serait ainsi bloqué dans sa traversée et incité à regarder si un tram arrive avant de traverser.

Figures 30 et 31 : Avenue de Tervuren – Boulevard de la Woluwe
Arrêt Woluwe

Absence de feux piétons pour la traversée du site propre mais maintien du passage pour piétons.



En direction de Tervuren, une soixantaine de mètres séparent le passage pour piétons du feu tram.

Dans cette situation, où la traversée du site propre est marquée par un passage pour piétons mais non réglée par des feux, trois cas de figure sont possibles. Soit le piéton peut penser que le passage pour piétons lui donne la priorité y compris vis-à-vis du tram, soit il se réfère au feu de la traversée de la voirie ou bien encore il se réfère au feu cycliste de la traversée du site propre qui dispose généralement d'une phase de dégagement plus courte que le feu piéton. Il y a donc peu de chance qu'il soit conscient de la priorité du tram. La situation est donc pour le moins confuse.
Deux accidents (un avec blessés légers et l'autre sans blessé) ont eu lieu sur des traversées à hauteur de cet arrêt. De plus, un accident mortel a eu lieu sur cette traversée en octobre 2008 ; le tram circulait en direction de Tervuren. L'enquête n'a pas pu déterminer si le feu était vert ou rouge pour le tram. Lors de l'observation des phases de feux sur place, nous avons pu constater que lorsque le feu tram passe au rouge en direction de Tervuren, à peine une seconde plus tard le feu piéton passe au vert en voirie. Or le tram qui franchit le feu doit encore parcourir une soixantaine de mètres avant la traversée piétonne, ce qui lui prend entre 6 et 8 secondes. Il est donc possible qu'un tram franchisse le passage pour piétons alors que le feu de la traversée piétonne de la voirie est au vert. Cette situation est dangereuse car le piéton risque de traverser en voyant le feu piéton de la voirie passer au vert. Le feu cycliste passe quant à lui au vert 2 à 3 seconde après le feu rouge du tram ; un problème similaire se pose donc également pour les cyclistes.

Figure 32 : Place Bockstael, site propre mixte tram et bus : les différentes lignes de bus circulent à gauche du tram. Le feu piéton pour la traversée du site propre a été supprimé. Or, la traversée du site propre est fort longue et la visibilité des piétons sur les bus peut être masquée par un tram. Le feu de la traversée piétonne devrait être remis en fonctionnement et intégré dans la gestion du carrefour à feu.

5.3.2. Phases de feux distinctes pour les traversées situées dans le prolongement du site propre

Comme déjà expliqué, il se peut qu'un piéton traversant un site propre interprète le feu de la voirie comme le feu du site propre. En présence d'un feu piéton dans le prolongement de la traversée du site propre, il est donc indispensable que la phase verte du tram soit distincte de la phase verte piétonne. D'après nos observations, c'est la situation généralement rencontrée. Cependant, dans certains cas, notamment lorsque le feu piéton est éloigné du feu tram, nous avons pu observer des moments où les phases vertes du tram et du piéton étaient simultanées. Cette situation présente un risque de collision entre le piéton et le tram. Pour rappel, dans 14 cas, soit 9,5 % des accidents, le piéton a traversé au feu rouge (ou au feu vert pour le tram). Nous en avions déduit que si le feu était vert pour le tram, le feu était rouge pour les piétons. Mais vu le problème de l'arrêt de la Woluwe et les exemples ci-dessous, ce n'était pas forcément le cas.

Figures 33 et 34 : Boulevard Lambermont – Boulevard Léopold III
Arrêt Léopold III

Pendant quelques secondes, les phases vertes des feux sont simultanées pour le tram et pour la traversée piétonne de la voirie.

Le piéton qui traverse a son attention attirée par le feu vert de la traversée de la voirie. Il risque de traverser sans regarder et de se faire percuter par un tram.

Figures 35 et 36 : Avenue Albert
Arrêt Vanderkindere

Avenue Albert, arrêt Vanderkindere, les feux de la traversée du site propre ont été supprimés ainsi que le feu de la première partie de la traversée de la voirie. Cependant comme nous le voyons sur les photos, le piéton a toujours son attention attirée par le feu vert de la deuxième partie de la traversée
Le tram n°4 venant de Brugmann franchit le feu vert de cette traversée piétonne. Le piéton doit s'arrêter dans sa traversée et laisser passer le tram.
De plus, cette situation pénalise le piéton qui ne dispose plus de feux pour la traversée de la voirie à un endroit où le flux de circulation est particulièrement important et provient de différentes directions. Afin de sécuriser la traversée piétonne, des phases de feux séparées pour le tram et les piétons devraient être programmées. Cependant vu la complexité du carrefour, cela n'est peut-être pas techniquement faisable. Une solution alternative serait de rétablir le feu piéton pour la traversée de la voirie et de prévoir un signal clignotant attention tram pour la traversée du site propre. Idéalement, ce signal devrait clignoter uniquement à l'approche d'un tram cela afin d'avoir une efficacité optimale.

5.3.3. Phases de feux distinctes pour les traversées piétonnes situées après un virage

A plusieurs endroits du réseau de tram, la traversée piétonne se situe juste après un virage. Dans ce cas, il n'y a pas une bonne visibilité réciproque entre le piéton et le tram. Afin d'éviter le risque de conflit[8], il nous semble nécessaire de rétablir le feu pour la traversée piétonne du site propre, réglé avec des phases de feux distinctes de celles du tram.

Figure 37 : Chaussée de Waterloo – Avenue Winston Churchill, Arrêt Longchamps : le passage pour piétons étant situé après un virage, le piéton qui traverse n'a pas une bonne visibilité sur le tram venant de la chaussée de Waterloo (de plus des arbres obstruent la visibilité). Le feu de la traversée piétonne de la voirie est activé par un bouton poussoir ne s'appliquant pas au tram. Le feu de la traversée du site propre a quant à lui été supprimé.
Vu la mauvaise visibilité et le maintien du passage pour piétons sur le site propre, l'attention du piéton est faiblement attirée par le tram, surtout s'il voit le feu vert de la traversée piétonne. Pour assurer la sécurité du piéton, il serait nécessaire d'installer un feu pour la traversée piétonne du site propre avec une phase distincte de celle du tram.

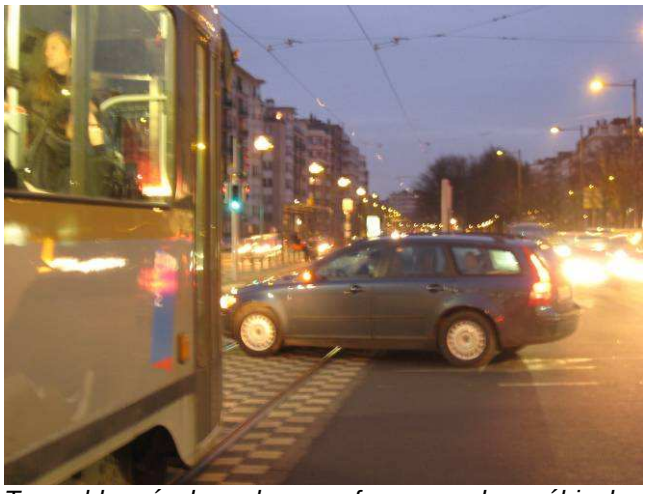
Figure 38 : Arrêt Yser : phases vertes des feux simultanées pour le piéton qui traverse et le tram qui tourne. De plus, aucun marquage spécifique tram n'est tracé. D'après nos observations, le tram cède la priorité au piéton

[8] L'article 1er du Code de la route indique que le tram n'est pas soumis au Code de la route. De plus, l'article 12.1 indique que tout usager doit céder le passage aux véhicules sur rails et qu'à cette fin, il doit s'écarter de la voie ferrée dès que possible. Néanmoins, L'article 42.4.6 du Code de la route, indique qu'un piéton peut traverser des rails de tram lorsqu'un tram approche s'il y est autorisé par des feux de signalisation. Cet article fait exception à l'article 12.1 et donne donc le droit aux piétons de s'engager à l'approche d'un tram sur le passage pour piétons si les feux de signalisation le permettent. Néanmoins, il est vrai que réglementairement, le tram n'a pas l'obligation de céder la priorité au piéton lorsqu'il tourne à gauche ou à droite et que le piéton traverse sous le couvert de la phase verte piétonne. Il semblerait donc que le Code de la route donne la priorité à deux usagers différents (tram et piéton) au même endroit (passage pour piétons réglé par des feux de signalisation). Cependant, selon l'Arrêté Royal du 15.09.1976, le conducteur de tram est tenu de ralentir ou d'arrêter son véhicule lorsqu'il y a danger, notamment lorsqu'un piéton est engagé régulièrement sur la chaussée. De plus, l'article 4.11 de l'IRET (Instructions relatives à l'exploitation tramway) (STIB, 2003) stipule que les conducteurs de tram doivent redoubler de prudence lorsque des piétons traversent les voies.

5.3.4. Feu de dégagement du carrefour

Dans certains carrefours complexes, un tram ayant le feu vert pour traverser le carrefour peut être bloqué dans celui-ci par des véhicules effectuant une manœuvre de tourne à gauche. Lorsque le carrefour est dégagé, il se peut que le tram n'ait plus la phase verte. Le tram se trouve alors dans une situation délicate, il lui est interdit de faire marche arrière et s'il avance, il doit alors céder la priorité aux piétons qui bénéficient à leur tour de la phase verte (à condition que des feux piétons ont été maintenu pour la traversée du site propre)[9]. Afin d'éviter ce type de situation, le chauffeur doit veiller à ce que le carrefour soit dégagé avant de s'y engager. Il est également nécessaire de gérer les feux de manière à ce que la phase verte du feu du tram soit distincte des phases de feux de tourne à gauche. Si le chauffeur doit néanmoins franchir une traversée piétonne à une phase rouge, il devra redoubler de prudence et céder la priorité au piéton. Une zone refuge et le marquage rouge spécifique au tram, permettra néanmoins au piéton d'avoir son attention attirée et de s'arrêter le cas échéant.

Figures 39 et 40 : Boulevard Général Jacques – Chaussée de Wavre
Arrêt Arsenal



Tram bloqué dans le carrefour par des véhicules tournant dans la chaussée de Wavre

Traversée piétonne sans zone de refuge alors qu'il y aurait la place pour en aménager une

Le carrefour boulevard G. Jacques - chaussée de Wavre est particulièrement complexe. Un accident (avec blessés légers) s'est produit à cet endroit en 2004. Un tram était bloqué dans le carrefour par des véhicules virant à gauche dans la chaussée de Wavre. Une fois le carrefour dégagé, le feu était au vert pour les véhicules venant de la chaussée de Wavre et pour la traversée piétonne. Le tram a alors heurté le piéton sur la traversée. A l'époque, un passage pour piétons et des feux étaient vraisemblablement présents pour la traversée du site propre. Le tram était donc vraisemblablement en tort. Actuellement, le marquage rouge a été apposé sur la traversée piétonne du site propre, les feux piétons ont été maintenus en raison de l'absence de zone refuge. Le marquage rouge attire davantage l'attention des piétons sur la présence du tram. Lors de nos observations à l'heure de pointe du soir, la majorité des trams en direction de Montgomery ont été coincés dans le carrefour et ont pourtant franchi le feu vert piéton sans céder la priorité aux piétons. Afin d'éviter ce type de situation, il serait utile d'étudier le règlement des feux et la configuration du carrefour afin d'éviter au tram d'être systématiquement bloqué dans le carrefour. Il serait également possible d'aménager une zone refuge et de placer comme proposé avenue Albert un feu avec un clignotant tram.

[9] Dans les cas où le tram est bloqué dans un carrefour et qu'il redémarre alors qu'un piéton traverse au feu vert, l'article 27 §2 de l'Arrêté Royal du 15.09.1976 contraint le conducteur d'un tram à ralentir et au besoin s'arrêter quand par suite d'un encombrement de circulation il est dangereux de maintenir sa vitesse ou de continuer à rouler.

5.3.5. Remplacement des feux à un carrefour par un panneau clignotant tram

Au carrefour avenue Legrand – avenue Louise, les feux de circulation ont été supprimés et ont été remplacés par un panneau tram clignotant en permanence. Ce dispositif permet au tram traversant l'avenue Louise de ne plus devoir s'arrêter au carrefour à feux comme précédemment. Cependant, cette suppression de feux a eu comme conséquence de supprimer également les feux piétons de l'avenue Legrand. Les piétons ne sont donc plus protégés par des feux et ce, tant vis à vis du tram que des autres véhicules. De plus, ce type de panneau à message variable perd de son efficacité s'il clignote en permanence. Pour être réellement efficace, le panneau devrait clignoter uniquement à l'arrivée d'un tram.

L'équipe du Dutch Accident Research Team du TNO (Margaritis, 2007) avait par ailleurs conseillé d'utiliser un feu bicolore plutôt qu'un signal clignotant à l'arrivée du tram. En effet, les usagers n'étaient pas suffisamment conscients par ce dispositif de l'arrivée possible d'un tram dans l'autre sens et certains pensaient qu'ils pouvaient traverser.

En conclusion, s'il peut être favorable à la vitesse commerciale des trams, ce dispositif, tel quel, engendre davantage de conflits entre le tram et les autres usagers qu'un carrefour à feux. Il n'est pas donc bénéfique à la sécurité routière et ne devrait pas être appliqué à d'autres carrefours bruxellois.

Figure 41 : Avenue Legrand- Avenue Louise : feu tram clignotant.

5.4. Masque de visibilité

Dans cette partie, nous allons exposer différentes solutions pour réduire le nombre d'accidents où le piéton a été masqué.

Dans trois cas, un arbre ou un poteau masquait le piéton qui traversait. Il est évidemment impossible de supprimer tous les obstacles présents aux abords des voies de tram. Cependant, des mesures peuvent être prises pour dissuader les traversées piétonnes à des endroits où la visibilité est entravée, telles que la plantation de haies denses ou la mise en place de barrières de sécurité.

Figure 42 : Avenue Louise, arrêt Abbaye : un accident a eu lieu alors qu'un piéton traversait à hauteur de l'arrêt entre des arbres. Depuis lors, des barrières empêchent la traversée à cet endroit.

Un autre accident a eu lieu avenue Van Volxem suite à la traversée d'un piéton à travers les haies. Dans son rapport, le conducteur mentionne que les haies sont trop hautes à cet endroit et que les piétons savent passer entre. Des travaux d'entretien sont bien évidemment à effectuer (taille, densification, grillage …) (cf. partie 6.5.).
De nombreux accidents ont également eu lieu suite à la traversée d'un piéton entre des véhicules en stationnement. Des solutions peuvent difficilement être apportées sauf si le stationnement est illicite (sur le trottoir, à moins de cinq mètres en deçà d'un passage pour piétons, …). Des contrôles réguliers, ainsi que des aménagements empêchant le stationnement illicite doivent être mis en œuvre.
Dans certains cas, le piéton est aussi masqué par un véhicule qui s'arrête devant le passage pour piétons afin de le laisser passer. Ces accidents peuvent facilement être évités par la création d'une zone refuge entre la voirie et les voies de tram (cf. partie 6.2.).

Dans sept cas, le piéton sort d'un tram venant en sens inverse et traverse derrière celui-ci. Un évènement supplémentaire est provoqué par la traversée d'un piéton derrière un bus stationné à un arrêt. Ces accidents pourraient être évités si les traversées piétonnes étaient aménagées devant l'arrêt du tram ou suffisamment derrière celui-ci (cf. partie 6.6.).

Figures 43 et 44 : Boulevard Lambermont, arrêt Hôpital Schaerbeek

Le piéton traverse sur l'ancien passage pour piétons alors qu'une nouvelle traversée sécurisée a été aménagée une dizaine de mètres plus loin. Celle-ci ne se situe cependant pas sur le cheminement logique du piéton qui préfère prendre un risque plutôt que de faire le détour.

Nouvelle traversée aménagée avec abaissements de bordures et marquage spécifique tram

Les traversées piétonnes ont été reculées par rapport à l'arrêt mais rien n'empêche les piétons de traverser à l'endroit initial. Dans ce cas, il aurait été préférable de déplacer l'arrêt d'une manière telle qu'il soit en amont de la traversée.

Enfin, une attention particulière doit être apportée à l'équipement des arrêts. Les différents panneaux, que ce soit pour l'affichage fonctionnel ou publicitaire, ne doivent pas masquer les piétons se trouvant sur les quais d'embarquement. En effet, un accident a eu lieu à un arrêt alors que le piéton traversait derrière un panneau publicitaire.

5.5. Présence de barrières de sécurité sur les sites propres

L'installation de barrières de sécurité à l'arrêt et le long du site propre reste un des moyens les plus efficaces pour éviter les traversées piétonnes en dehors des traversées aménagées.

Figure 45 : Avenue de Tervuren, arrêt Woluwe : la disposition des barrières de sécurité incite les piétons à traverser sur les passages pour piétons situés de part et d'autre de l'arrêt.

De plus, les barrières de sécurité installées de part et d'autre d'un site propre dissuadent les piétons de marcher le long de ce dernier. Par exemple, deux accidents ont lieu boulevard du Midi alors que le piéton marchait sur l'accotement entre le site propre et la voirie. De même, un piéton s'est fait heurter boulevard Général Jacques alors qu'il marchait sur le site propre, entre les rails de tram et la voirie. Si des barrières de sécurité avaient été présentes entre le site propre et les bandes de circulation, ces accidents auraient pu être évités. Notons que, dans ces trois cas, le tram a ralenti et a averti le piéton de sa présence grâce à son gong. En outre, les piétons n'étaient pas autorisés à circuler à cet endroit.

Deux accidents auraient également pu être évités au carrefour entre l'avenue Louise et l'avenue Emile De Mot. A cet endroit, un terre-plein a été construit en bordure du site propre. Des jeunes y jouent avec des planches à roulettes et, par deux fois, un jeune a reculé vers le site propre et a été percuté par un tram. Si des barrières de sécurité avaient été placées le long du site propre, les accidents auraient pu être évités. Notons cependant que ce type d'endroit ne constitue pas un terrain de jeux et que les jeunes savent à quel risque ils s'exposent en y jouant.

Figure 46 : Placette avenue Louise

Néanmoins, il n'est pas envisageable d'installer des barrières de sécurité partout, les piétons devant aussi être conscients du risque qu'ils prennent en marchant ou en traversant n'importe où. En outre, la pose de ces barrières le long des sites propres engendrerait des corridors, où le tram serait coupé du reste de la ville. Le tram doit rester en interaction avec les piétons afin que ceux-ci prennent bien conscience de la présence du tram dans la ville et de ses spécificités en matière de déplacement.

Avenue Fonsny, les barrières de sécurité obligent le piéton à traverser à hauteur des passages pour piétons. Le fait qu'elles soient situées au milieu du site propre, et non de part et d'autre, permet les interactions entre le tram et les autres usagers. Ces barrières, par leur taille et leur simplicité s'intègrent bien dans l'espace urbain et n'engendrent pas de coupure au sein du quartier.
Cependant, elles peuvent s'avérer dangereuses en cas de collision par un véhicule (les bus, les taxis et les véhicules d'intervention pouvant emprunter le site propre).

Figure 47 : Barrières de sécurité avenue Fonsny

Les barrières de sécurité installées récemment avenue Van Volxem, de par leur hauteur, séparent réellement le tram du reste du trafic, mais elles coupent également un quartier en deux. Il y a moins d'échanges sociaux entre les deux côtés du site propre, les contacts se font plus difficilement.

Figure 48 : Barrières de sécurité avenue Van Volxem

La pose de ces barrières d'une manière continue impose au piéton de devoir faire un important détour s'il désire simplement traverser sa rue. Des traversées « en baïonnette » ont été prévues dans le haut de l'avenue Van Voxem pour pallier ce problème. Ce type de traversée est plus sécurisant car le piéton se retrouve face au tram avant de traverser. Le marquage spécifique tram devrait néanmoins être installé afin d'attirer l'attention du conducteur sur la présence de piétons à cet endroit. De plus, une zone refuge et un passage pour piétons sur la voirie devraient être créés.

Figure 49 : Traversée en baïonnette d'un site propre

Place des Bienfaiteurs, à hauteur des deux arrêts de tram, les barrières de sécurité forment un obstacle continu que les piétons ne peuvent franchir. Ceux-ci sont dès lors obligés de faire un détour assez important pour rejoindre l'arrêt de tram ou pour traverser la place d'un bout à l'autre.

Figure 50 : Les barrières de sécurité obstruent le cheminement naturel du piéton

En conclusion, vu les effets négatifs des barrières (coupure d'un quartier, dangerosité en cas de collision), la solution qui nous semble optimale pour éviter les traversées piétonnes en dehors des passages aménagés sur les sites propres est la plantation de haies basses (60 cm maximum) et denses. Celles-ci s'intègrent bien dans le paysage urbain. Il pourra être néanmoins nécessaire de placer conjointement un grillage lors de la plantation de la haie afin d'empêcher les traversées tant que la haie n'est pas suffisamment dense. Il est également indispensable que les cheminements piétons naturels ne soient pas coupés par des barrières de sécurité. Enfin, il convient de déterminer si la traversée du site propre à cet endroit est réellement dangereuse et s'il faut l'interdire physiquement par des haies ou des barrières de sécurité.

Figure 51 : Haies basses et denses

Figure 52 : Haies avec grillage

5.6. Positionnement des arrêts

Dans cette section, nous apporterons une réflexion sur le positionnement des arrêts les uns par rapport aux autres, et par rapport aux autres éléments de la voirie.

La majorité des sites protégés étant situés **au centre de la voirie**, la plupart des arrêts de tram sont au centre de la chaussée. Il s'agit généralement de quais latéraux qui sont, dans certains cas, positionnés face à face, et dans d'autres, décalés.

La plupart des arrêts sont également positionnés aux carrefours. Ils peuvent être soit situés en amont de ce dernier (cf. figure 53), soit en aval (cf. figure 54). Les deux situations présentent des avantages et des inconvénients.

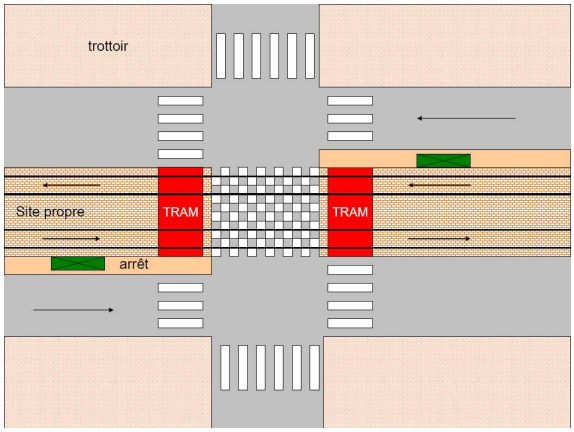


Figure 53 : arrêts en amont du carrefour sur site propre ou site partagé

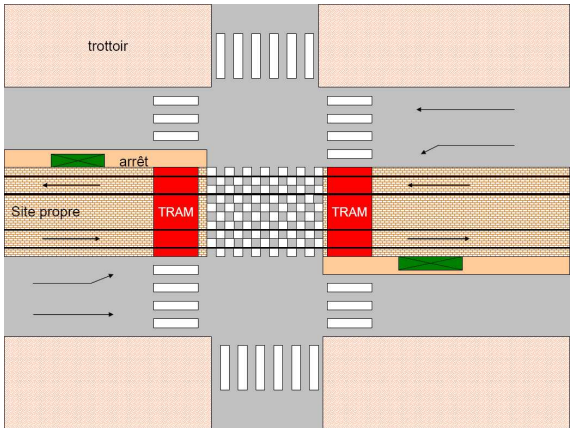


Figure 54 : arrêts en aval du carrefour sur site propre ou site partagé

Dans la mesure du possible, lorsque la ligne de tram bénéficie d'un système de priorité aux feux, la STIB place, les arrêts **en aval des carrefours** afin de permettre aux trams de ne s'arrêter qu'une seule fois, à l'arrêt (STIB, 2007). De plus, cette configuration permet de créer une bande de tourne à gauche. Les véhicules faisant cette manœuvre ne sont donc pas obligés d'avancer sur les voies de tram et de bloquer le reste du trafic automobile.
Dans cette situation, les traversées piétonnes se font derrière le tram à l'arrêt. Le piéton qui traverse le site propre est donc masqué vis-à-vis des autres véhicules venant en sens inverse sur le site propre. Il convient donc d'éloigner d'une dizaine de mètres la traversée piétonne et de bien la signaler. Si le carrefour est équipé de feux, nous recommandons de maintenir les feux piétons pour la traversée du site propre (cf. partie 6.3.1.). En effet, si le feu est vert pour le tram, il est indispensable que le piéton sache que le feu est rouge pour lui.
Lorsque les arrêts sont situés **en amont du carrefour**, les piétons traversent le site propre devant le tram à l'arrêt. Dès lors, ils sont masqués par ce dernier vis-à-vis des véhicules qui le dépasseraient (dans le cas d'un site mixte), ce qui est relativement rare. De plus, le piéton qui traverse juste devant le tram peut ne pas être vu par le conducteur. Dans ce cas, il convient également de séparer d'une dizaine de mètres l'arrêt de la traversée piétonne. Par contre, cette configuration offre l'avantage que les piétons ne sont pas masqués par le tram à l'arrêt vis-à-vis des véhicules venant en sens inverse. Notons que pour cette raison, les personnes à mobilité réduite préfèrent traverser devant le tram. Si le carrefour est équipé de feux, il est également nécessaire que les feux piétons soient coordonnés avec les feux trams.

Lorsque le tram circule sur un site propre ou un site mixte, le positionnement des arrêts en amont ou en aval du carrefour dépendra de la priorité ou non du tram pour le franchissement du carrefour à feu, mais également du gabarit de la voirie à hauteur des arrêts et des pôles d'activités (écoles, commerces, centres culturels ou sportifs, …) présents à proximité. Dans les deux cas, il convient néanmoins d'éloigner d'une dizaine de mètres les traversées piétonnes des arrêts afin d'éviter que le piéton ne soit masqué par le tram à l'arrêt et qu'il soit bien visible du conducteur.

Lorsque l'arrêt est en section, il est préférable que les quais soient l'un en face de l'autre. En effet, comme les trams ralentissent à l'approche de leur arrêt, les accidents s'y font à vitesse réduite, ce qui peut en diminuer la gravité. Cependant, dans cette configuration, les piétons sont tentés de traverser n'importe où pour rejoindre l'arrêt d'en face. L'aménagement d'un quai central apporte une solution optimale, à condition que des traversées piétonnes soient correctement aménagées. Idéalement, elles devraient être placées en bout de quai, à chaque fois derrière le tram à l'arrêt. Le piéton qui souhaite traverser ne sera de la sorte jamais masqué. De plus, il fera face au trafic avant de traverser. Il est également nécessaire de rendre impossible la traversée à un autre endroit que celui aménagé.

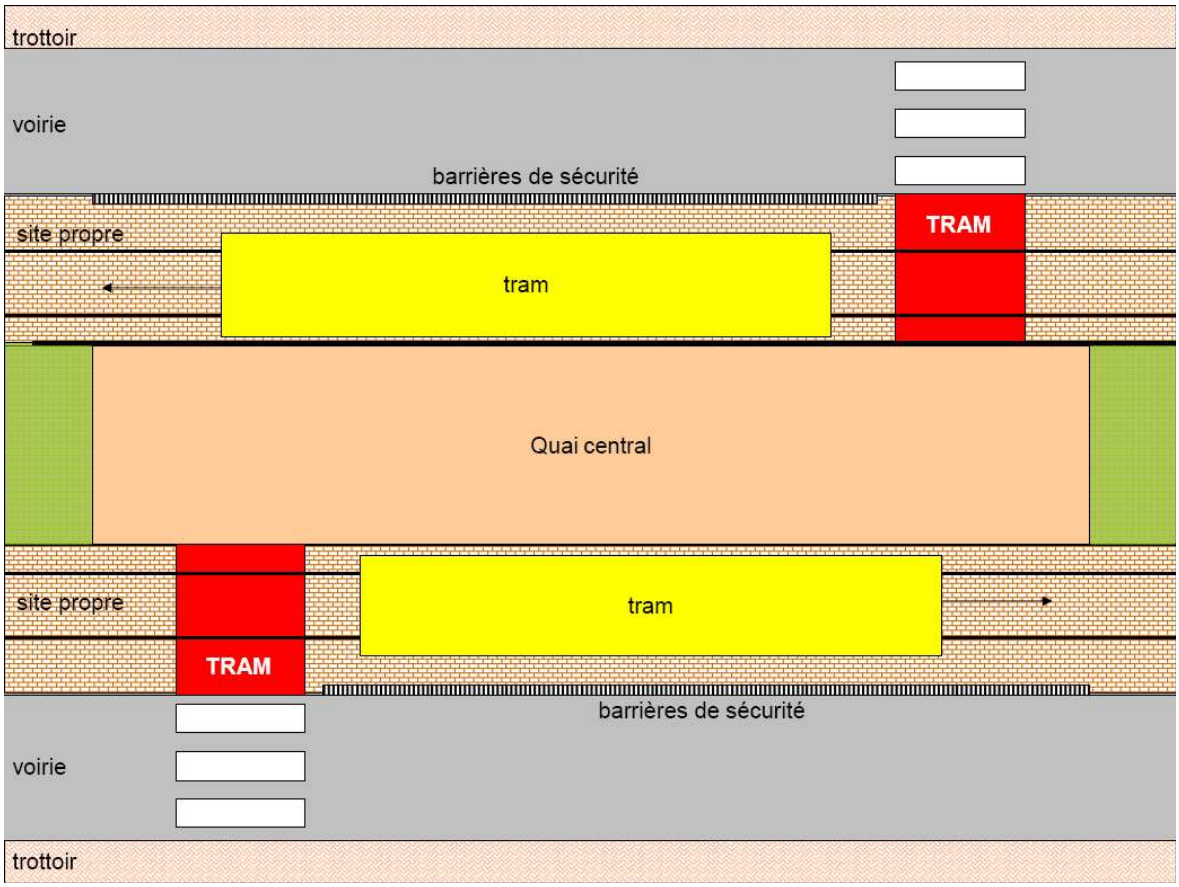


Figure 55 : Aménagement d'un arrêt en section avec quai central

Le positionnement des arrêts lorsque **le tram circule sur la voirie**, qu'il soit en amont ou en aval d'un carrefour, présente également des avantages ou des inconvénients.

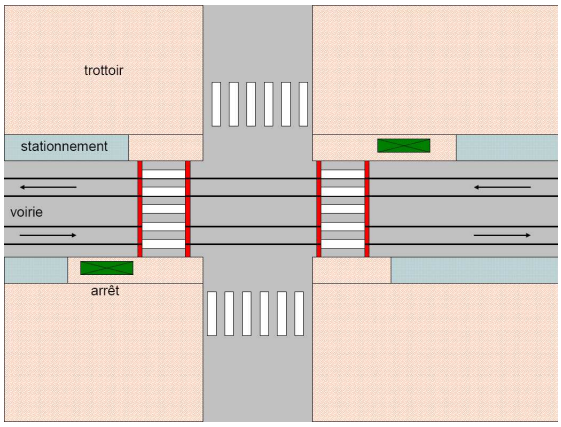


Figure 56 : arrêts en amont du carrefour sur voirie

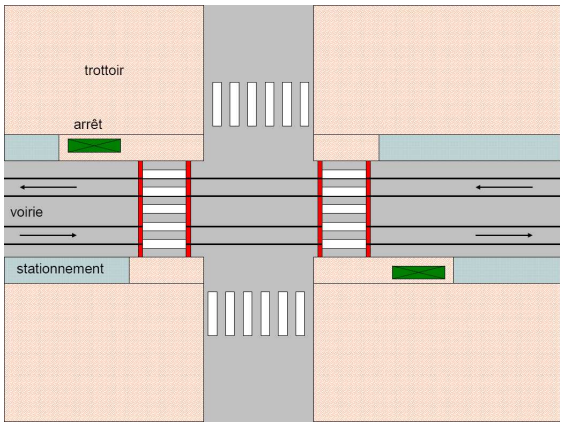


Figure 57 : arrêts en aval du carrefour sur voirie

Lorsque les arrêts sont situés **en amont du carrefour** (cf. figure 56), les piétons traversent la voirie devant le tram à l'arrêt. Dès lors, ils sont masqués par le tram à l'arrêt vis-à-vis des véhicules dépassant le tram, ce qui assez fréquent en voire. De plus, le piéton qui traverse juste devant le tram peut ne pas être vu par le conducteur. Dans ce cas, il convient de séparer d'une dizaine de mètres l'arrêt de la traversée piétonne. Par contre, cette situation présente l'avantage que les piétons ne sont pas masqués par le tram à l'arrêt vis-à-vis des véhicules venant en sens inverse.

Lorsque les arrêts sont situés **en aval du carrefour** (cf. figure 57), les piétons traversent la voirie derrière le tram à l'arrêt. Ils sont donc masqués par ce dernier vis-à-vis des véhicules venant en sens inverse. Il convient donc d'éloigner d'une dizaine de mètres la traversée piétonne et de bien

la signaler. De plus, lorsque l'arrêt de tram se fait après le carrefour, il y a un risque d'encombrement de celui-ci. Par contre, cette situation offre l'avantage que le piéton n'est pas masqué vis-à-vis des véhicules qui dépassent le tram à l'arrêt. Notons que pour cette raison, les personnes à mobilité réduite préfèrent traverser devant le tram.

Lorsque le tram circule sur la voirie, le positionnement des arrêts en amont ou en aval du carrefour dépendra essentiellement de l'espace disponible pour implanter les arrêts et des pôles d'activités (écoles, commerces, centres culturels ou sportifs, …) présents à proximité. Dans les deux cas, il convient néanmoins d'éloigner d'une dizaine de mètres les traversées piétonnes des arrêts afin d'éviter que le piéton ne soit masqué par le tram à l'arrêt et qu'il soit bien visible du conducteur.

Plusieurs études, dont celles de Beer et Brenac (2006), concluent que les quais situés au centre de la chaussée présentent des risques plus élevés pour les voyageurs que les arrêts en bord de chaussée. En effet, dans le premier cas, les voyageurs doivent obligatoirement traverser la voirie pour rejoindre le quai d'embarquement ou le trottoir. Les voyageurs pressés choisissant généralement de prendre le chemin le plus court et le plus direct, les traversées piétonnes sécurisées doivent donc être positionnées par rapport aux arrêts d'une manière telle que le piéton ne doit pas faire un grand détour pour rejoindre l'un ou l'autre trottoir.

Figures 58 et 59 : Arrêt 92 Vanderkindere vers ville

Arrêt Vanderkindere du tram 92 vers le centre, le piéton qui descend du tram et qui veut rejoindre le trottoir de gauche doit d'abord rejoindre celui de droite et effectuer un total de trois traversées. En pratique, les piétons traversent derrière le tram pour rejoindre le trottoir de gauche.

Dans le cas où le tram circule sur la chaussée, le voyageur attend sur le trottoir. De même, les voyageurs débarquent directement sur le trottoir. Si une bande de stationnement est présente, il est nécessaire de la supprimer à hauteur de l'arrêt et de prévoir une avancée de trottoir rehaussée pour que l'embarquement et le débarquement des passagers se fassent en toute sécurité. En outre, ce type d'aménagement permet d'assurer une bonne visibilité réciproque entre les piétons, le tram et le trafic automobile.

Figure 60 : Chaussée de Charleroi, arrêt Janson : le tram est sur un site spécial franchissable central unidirectionnel à l'approche du carrefour. Les passagers qui débarquent ou qui embarquent doivent traverser une bande de circulation, sans protection. Le risque de collision avec une voiture qui double par la droite est assez élevé.

S'il n'est pas possible d'aménager une avancée de trottoir jusqu'aux rails de tram, une surélévation de la chaussée à cet endroit peut être prévue. Elle aura pour effet de ralentir le trafic automobile et de mieux marquer la zone d'embarquement. De plus, la surélévation permet de faciliter la montée et la descente des voyageurs. Une autre possibilité est de créer un « îlot temps » c'est-à-dire une protection temporaire par des feux tricolores. Ce système consiste à placer des feux de part et d'autre de l'arrêt qui passent à la phase rouge lorsque le tram arrive, permettant aux voyageurs de descendre et monter du tram en toute sécurité (Beer et Brenac, 2006).

Figure 61 : Rue Royale, le tram circule sur un site spécial franchissable au centre de la chaussée. Par manque de place, il n'a pas été possible de mettre les quais au centre de la voirie. Les voyageurs attendent donc le tram sur le trottoir. Quand celui-ci arrive, le feu pour les automobiles passe au rouge, permettant l'embarquement et le débarquement des voyageurs en toute sécurité. Une surélévation de la voirie pourrait être créée à hauteur de l'arrêt pour qu'elle soit de plain-pied avec le trottoir, ce qui faciliterait la montée et la descente des voyageurs.

La surélévation de la voirie, combinée à un îlot temps, a été mise en œuvre notamment à Genève et semble bien fonctionner.
Cet aménagement est particulièrement intéressant pour les personnes à mobilité réduite car l'ensemble de l'espace entre le trottoir et le tram est de plain-pied.

Figure 62 : arrêts de tram à Genève

Dans la mesure du possible, il est préférable que les arrêts soient en ligne droite plutôt qu'en courbe. En effet, l'embarquement et le débarquement des voyageurs sont plus aisés. De plus, le conducteur a une bonne visibilité des mouvements des passagers. S'il n'est pas possible d'avoir un arrêt en ligne droite, il est indispensable que le quai soit côté intérieur de la courbe pour garantir la visibilité des passagers vis-à-vis du conducteur.

Figure 63 : Place des Bienfaifeurs. L'arrêt est en courbe et le quai est à l'intérieur. Le conducteur a ainsi une bonne visibilité sur l'embarquement et le débarquement des voyageurs.

5.7. Equipement des arrêts

Selon le manuel de la STIB (STIB, 2007), les quais latéraux doivent avoir une largeur minimale de 3 m et le cheminement piéton doit être libre et franchissable sur une largeur de 1,50 m sur toute la longueur en bordure de quai. Certains arrêts ne respectent pas ces dispositions minimales.
Par exemple, certains arrêts aménagés le long du boulevard Général Jacques ne sont pas suffisamment larges pour accueillir un nombre important de voyageurs. Ceux-ci courent un risque élevé de se faire frôler par un tram.

Figure 64 : Boulevard Général Jacques, arrêt Boondael. Le quai est particulièrement étroit au vu du nombre important de voyageurs qui y patiente, principalement des étudiants.

La solution idéale serait d'élargir les quais au détriment d'une bande de circulation. L'aménagement d'un quai central (au lieu de deux quais latéraux) pourrait également être étudié.

A l'arrêt Meiser, le bout du quai est réduit et encombré par des éléments de signalisation. Les piétons sont ainsi obligés de marcher sur les voies pour rejoindre l'arrêt. De plus, aucun abaissement de bordures n'a été effectué à cet endroit pour faciliter la traversée de personnes à mobilité réduite. Dans le cadre du réaménagement de la place Meiser, une attention particulière devrait être portée aux arrêts de tram.

Figure 65 : Arrêt Meiser vers le Heysel

Certains arrêts sont également plantés, comme les arrêts Legrand (avenue Louise) et Longchamps (avenue Winston Churchill). Les arbres prenant toute la largeur du quai, les piétons sont obligés de descendre sur les voies pour les contourner.

Figure 66 : arrêt Legrand

Figure 67 : arrêt Longchamps

Dans ces cas, l'élargissement des quais ou la suppression de tous les obstacles gênants serait à envisager. Par exemple, à l'arrêt Vanderkindere de l'avenue Winston Churchill, les arbres ont été récemment abattus et des plus petits ont été replantés. Les panneaux de publicité devraient idéalement être placés dans les zones non utilisées (en bout de quai) et descendre jusqu'au sol pour qu'ils soient détectés par une personne aveugle ou malvoyante avec une canne.

5.8. Tableau de synthèse

Observations	Nature du danger	Recommandations
Marquages traversées piétonnes		
Depuis 2006, le marquage spécifique tram est apposé progressivement sur les traversées piétonnes.	Sur un passage pour piétons, le piéton peut avoir l'impression d'être prioritaire sur le tram ➔ utilité du marquage tram.	Remplacement des passages pour piétons par le marquage tram, et ce en priorité sur les traversées non réglées par des feux et où la priorité du tram n'est pas clairement perçue.
	Le marquage tram des sites franchissables et des sites propres mixtes (passage pour piétons entouré de bandes rouge) indique moins clairement la priorité du tram que le marquage du site propre (revêtement rouge).	Tester d'autres types de marquage, tels que le placement de deux bandes rouges parallèles aux bandes blanches du passage pour piétons et situées de part et d'autre des rails de tram.
Zone refuges		
Certaines traversées sur site propre, non protégées par des feux, ne sont pas pourvues d'une zone refuge.	Le piéton engagé dans sa traversée doit céder la priorité au tram mais n'a pas la possibilité d'attendre sur une zone refuge.	Aménagement obligatoire d'une zone refuge sur toutes les traversées de site propre non protégée par des feux Si la configuration des lieux ne permet pas l'aménagement d'une zone refuge ➔ installation de feux Sur une traversée protégée par des feux, aménagement souhaité d'une zone refuge mais requise uniquement si le feu ne permet pas aux piétons de traverser en une seule fois les voies de circulation et le site propre.

Observations	Nature du danger	Recommandations
Gestion des feux		
Absence des feux piétons (suite à leur suppression) pour la traversée des sites propres dans la prolongation du feu piéton de la voirie.	Confusion pour le piéton qui ne sait pas si la phase verte ou rouge de la traversée de voirie est d'application pour la traversée du site propre.	Maintien ou réinstallation des feux piétons de la traversée du site propre (avec système acoustique ou tactile pour les personnes malvoyantes). En l'absence de feux, placement du marquage spécifique tram et aménagement d'une zone refuge.
Phases conflictuelles entre le tram et le piéton : - feux mal réglés - tram changeant de direction - distance importante entre le feu tram et la traversée piétonne - tram bloqué dans le carrefour et redémarrant au rouge.	Conflit important entre tram et piéton, (s'engageant simultanément à leur phase verte).	Réglage des feux afin d'avoir des phases de feux distinctes pour le tram et la traversée piétonne. Si techniquement impossible, placement de feux tram clignotants à l'approche du tram pour la traversée du site propre (avec système acoustique ou tactile pour les personnes malvoyantes).
Remplacement des feux à un carrefour par un panneau clignotant tram	Génère davantage de conflits entre les usagers qu'un carrefour à feux. Panneau à message variable fonctionnant en permanence perd de son efficacité.	Maintien des carrefours à feux.
Présence de barrières de sécurité sur le site propre		
Les piétons traversent les sites propres hors des traversées aménagées ou ils circulent le long des voies sur le site propre.	Les piétons risquent de se faire heurter par un tram dont le conducteur ne s'attend pas à voir un piéton à cet endroit.	Placement de barrières de sécurité aux arrêts. Placement de barrières de sécurité ou de préférence des haies basses et denses le long des sites propres où le risque de traversée en dehors des passages aménagés est élevé. En veillant à ni entraver le cheminement naturel du piéton et ni créer un effet couloir qui coupe un quartier en deux.

Observations	Nature du danger	Recommandations
Positionnement des arrêts		
Traversées piétonnes juste devant ou derrière le tram à l'arrêt.	Piéton masqué par le tram dans sa traversée : - pour un tram ou un véhicule circulant en sens inverse si traversée derrière le tram (cas des arrêts après le carrefour ou en section) - pour le tram qui redémarre et pour un véhicule qui dépasserait le tram si traversée devant le tram (cas des arrêts avant le carrefour ou en section)	Eloigner la traversée piétonne d'une dizaine de mètres par rapport à l'arrêt. Maintien ou réinstallation du feu de la traversée piétonne du site propre si carrefour à feux. En section, aménagement d'un quai central avec des traversées placées en bout de quai, à chaque fois derrière le tram à l'arrêt.
Embarquement et débarquement des passagers sur la chaussée suite à une absence d'avancée de trottoir.	Risque d'être heurté par un véhicule qui dépasse le tram par la droite.	Généralisation des avancées de trottoir. Si impossible, prévoir une surélévation de la chaussée à hauteur des arrêts ou une protection par des feux.
Aux arrêts en courbe, mauvaise visibilité du conducteur sur les passagers, si le quai est à l'extérieur de la courbe.	Risque que le tram redémarre alors qu'un passager est en train d'embarquer ou de débarquer.	Privilégier des arrêts en ligne droite ou placer le quai à l'intérieur de la courbe.
Equipement des arrêts		
Certains arrêts trop étroits ou encombrés par des arbres ou du mobilier urbain.	Risque que le piéton soit frôlé par le tram, surtout aux arrêts très fréquentés.	Quai d'une largeur minimale de 3 m et cheminement piéton libre sur une largeur de 1,5 m. Moyens : - Elargissement des quais par la suppression d'une bande de circulation - Remplacement des arbres par des plus petits - Déplacement de panneaux publicitaires…

6. Conclusion

6.1. Limites de l'étude

Comme mentionné dans la partie 3, nos données proviennent d'une part de la STIB, et d'autre part de l'INS. Ces deux bases de données ont chacune leurs avantages et leurs inconvénients. La complémentarité des informations a permis, pour la plupart des accidents, de retracer les mouvements effectués par les différents usagers au moment de l'accident.

Néanmoins, certaines informations étant manquantes, il a été difficile de localiser précisément plusieurs accidents. Par exemple, pour 32 % des accidents, nous n'avons pas pu déterminer si le piéton se trouvait sur ou hors du passage pour piétons. L'analyse des facteurs de l'accident est pourtant différente selon que le piéton se trouvait sur le passage pour piéton ou en dehors de celui-ci. Par ailleurs, les données de l'accident ne nous ont pas permis de déterminer le niveau d'obscurité dans lequel s'est produit l'accident ou les conditions météorologiques. Les conditions de visibilité sont cependant différentes selon qu'il fait jour ou nuit ou s'il pleut. De même, nous n'avons pas pu définir s'il s'agissait d'une personne âgée ou pas. Or, selon Beer et Brenac (2006), les personnes âgées constituent un groupe fréquemment impliqué dans les accidents avec un tram.

De plus, les descriptions des accidents proviennent uniquement du chauffeur. Celui-ci, comme tout être humain, aura tendance à se déculpabiliser et à rejeter la faute sur le piéton. Nous n'avons que trop rarement eu à notre disposition des PV d'audition de la victime ou de témoins qui auraient permis d'avoir un autre point de vue que celui du chauffeur. Par exemple, suite à un accident avec un ouvrier travaillant sur le site propre, le chauffeur affirme qu'aucune signalisation n'indiquait la présence d'ouvriers sur les voies. Lors de son audition, la victime affirme que la signalisation était bien mise en place et qu'il portait des vêtements de travail fluorescents. Cet exemple nous montre bien que nous ne pouvons pas nous fier totalement aux déclarations du chauffeur pour établir les causes de l'accident. Idéalement, nous aurions dû pouvoir analyser les PV d'accidents afin d'obtenir des informations plus fiables et plus précises. Cependant comme déjà expliqué, leur examen n'était pas réalisable dans le cadre de cette étude.

Le fait que nous ne disposions que de la version du conducteur ne nous permet pas non plus de remettre son comportement en cause. Or, d'après l'étude menée aux Pays-Bas (Margaritis, 2007), celui-ci n'est pas toujours adapté à la situation (vitesse trop élevée par exemple). En outre, dans bon nombre d'accidents, le conducteur du tram aurait pu anticiper le danger et ainsi réduire la gravité de l'accident, voire l'éviter.

Une autre difficulté rencontrée lors de nos visites sur le terrain est le changement de configuration des lieux entre le moment de l'accident et le moment de notre visite. En effet, plus de quatre ans se sont écoulés depuis les premiers accidents étudiés, et nous n'avons pas pu obtenir une liste précise des aménagements réalisés depuis lors. Il n'a donc pas toujours été possible de déterminer si l'infrastructure posait un problème au moment de l'accident.

6.2. Enseignement de l'étude

Les objectifs de cette étude étaient d'étudier les accidents entre un tram et un piéton en Région de Bruxelles-Capitale dans le but d'objectiver la dangerosité de ceux-ci.
Sur les 147 accidents analysés, il n'y a pas eu de blessés dans 53 cas. Par contre, dans plus de la moitié des accidents, le piéton est légèrement blessé. Dans 12 cas, le piéton est blessé gravement et dans 2 cas, il est décédé. Au total, il y a eu 94 blessés ou tués.

Nous avons constaté que les piétons impliqués dans un accident avec un tram représentent 2,1 % du total des piétons légèrement blessés en Région de Bruxelles-Capitale, ce qui est relativement faible. Par contre, ils représentent 6,7 % des piétons gravement blessés ou tués, ce qui est assez

conséquent au vu de la faible présence du tram dans la circulation. Par ailleurs, en ce qui concerne uniquement les accidents impliquant un tram en Région de Bruxelles-Capitale, nous avons constaté que seuls 24 % des accidents impliquaient des piétons, mais ces derniers sont les plus gravement blessés. Néanmoins, le réseau de tram bruxellois ne semble pas plus dangereux que celui d'autres pays. En effet, le nombre de blessés par kilomètres parcourus est moins important sur le réseau bruxellois que sur les réseaux des villes françaises, alors que le nombre de tués par kilomètres parcourus est égal sur les deux réseaux. Par contre, à Bruxelles, le nombre de blessés et de tués par millions de voyageurs transportés est plus élevé. Globalement, il ne nous semble pas que le réseau bruxellois de tram soit particulièrement dangereux.

En appliquant à la cartographie des accidents un coefficient de pondération en fonction de la gravité de l'accident, nous avons identifié les voiries suivantes comme plus accidentogènes : boulevards Lambermont, Wahis, Louis Schmidt, Général Jacques et Midi, les avenues Brugmann, Churchill, Louise, Charles Woeste, Fonsny, de la Reine et de Tervuren, la rue Stéphanie, et la chaussée d'Alsemberg. Certaines lignes de tram sont également plus accidentogènes, tant en valeur absolue, qu'en termes de kilomètres parcourus et de voyageurs transportés. Il s'agit des lignes 18, 23/3, 90, 92 et 39.
Une analyse plus détaillée des accidents a ensuite été menée afin de déterminer les circonstances et les facteurs de l'accident. Plusieurs variables relatives à l'infrastructure ont d'abord été étudiées. Cette analyse nous a permis d'obtenir entre autres les informations suivantes. 52 % des accidents se sont déroulés à l'arrêt ou à proximité de celui-ci. Dans 75 % des accidents, le piéton traversait le site propre ou la voirie. Dans 23 % de ces traversées, le piéton était masqué. Enfin, au moins 37 % de ces traversées ont eu lieu sur un passage pour piétons et au moins 31 % en dehors d'un passage pour piétons. Nous avons ensuite analysé des variables comportementales telles que « piéton moins conscient du danger, moins expérimenté », « piéton avec l'attention détournée », « piéton qui surprend le chauffeur », « piéton qui traverse au rouge ». Nous sommes arrivés à la conclusion que dans 55 accidents, soit 36 % du nombre total des accidents, le comportement du piéton a joué un rôle important. Dans 40 autres cas, la variable comportementale peut être considérée comme un facteur contributif de l'accident.

Après cette analyse des données, nous avons procédé à une visite de terrain au cours de laquelle nous nous sommes focalisés plus particulièrement sur les voiries présentant un plus grand nombre d'accidents, et sur les lieux d'accidents les plus graves.

Lors de cette visite de terrain, nous avons pu observer les nombreuses réalisations de la STIB pour améliorer la sécurité des piétons. A titre d'exemple, lors d'un réaménagement, des barrières de sécurité sont systématiquement placées sur les arrêts en site propre. Le marquage spécifique tram est progressivement apposé sur toutes les traversées piétonnes franchissant des rails de trams. De même, des avancées de trottoirs sont réalisées aux arrêts où le tram est en voirie. Enfin, les arbres sur les quais de l'arrêt Vanderkindere avenue Winston Churchill ont récemment été abattus et remplacés par des plus petits.

Malgré ces efforts continus de la STIB, nous avons constaté plusieurs endroits où l'infrastructure actuelle génère encore des conflits, qui auraient pu ou pourraient mener à l'accident. **Nous avons donc émis une série de recommandations afin de limiter ces problèmes liés à l'infrastructure (cf. 5.8. Tableau de synthèse).**

Enfin, nous aimerions attirer l'attention sur le fait que toutes les situations de conflits ayant mené à l'accident ne peuvent être résolues par l'infrastructure. En effet, dans un bon nombre d'accidents, le comportement du piéton a joué un rôle important. **Il est donc nécessaire de poursuivre la mise en place du marquage spécifique tram aux traversées piétonnes**. Celui-ci rappelle aux piétons que le tram reste prioritaire et il attire l'attention du conducteur sur la présence de piéton à cet endroit. **Des campagnes d'affichages, comme celle menée en septembre 2008, devraient être poursuivies, surtout aux arrêts et sur les flancs des tra**ms. Des dépliants, rappelant les règles de bonne conduite vis-à-vis des trams, pourraient être édités spécifiquement pour certains publics cibles (enfants, personnes âgées, personnes à mobilité réduite) et distribués dans les lieux de rencontre (écoles, associations). **Il importe que les campagnes expliquent les raisons pour lesquelles un tram a toujours priorité (longue distance de freinage, véhicule sur rail…).**

Il est également nécessaire de sensibiliser les conducteurs de tram aux différents conflits qu'ils peuvent rencontrer avec des piétons. L'article 4.11.1 de l'IRET (Instructions relatives à l'exploitation tramway) (STIB, 2003) concernant le comportement des conducteurs de tram à l'égard des piétons prévoit d'ailleurs que les conducteurs doivent être particulièrement prudents en présence de piétons traversant ou longeant les voies.
L'utilisation de l'avertisseur sonore à hauteur des arrêts est également recommandée dans l'IRET, ainsi que la modération des vitesses à l'approche des arrêts et des traversées piétonnes. Dans un bon nombre d'accidents, le conducteur a effectué un freinage d'urgence mais la trop grande distance de freinage du tram ne lui a pas permis d'éviter l'accident. Une vitesse moins élevée permettrait de réduire la distance de freinage et donc de réduire le risque et la gravité des accidents. En outre, elle permettrait également de réduire le risque de chutes dans le tram suite à un freinage d'urgence. **Dès lors, nous recommandons une vitesse de l'ordre 20 à 30 km/h à hauteur de ces endroits sensibles.**

6.3. Perspectives

Une étude approfondie du scénario et des facteurs de l'accident ainsi que la mise en cause de l'infrastructure nécessiteraient de se rendre directement sur place au moment de l'accident. L'équipe d'experts dépêchée sur place pourrait ainsi recueillir un grand nombre d'informations concernant le lieu et les circonstances de l'accident (audition du conducteur, de la victime, des témoins, analyse de l'infrastructure, contrôle technique du tram). Elle pourrait également récolter certaines variables qui pourraient être utiles à la compréhension de l'accident (conditions météorologiques, degré d'obscurité…). Une analyse en chambre même basée sur des PV d'accidents ne permettra pas in fine d'avoir une qualité d'informations aussi précise et fiable qu'une analyse des accidents sur le terrain au moment des faits.

Il serait également intéressant d'étudier les accidents de voyageurs à l'intérieur de la rame de tram. En France, plus des trois-quarts des accidents impliquant un voyageur est lié à une chute dans la rame. Ces chutes sont généralement liées à un freinage d'urgence (STRMTG, 2006 a, 2006 b, 2008). De même, en Autriche, les occupants d'un tram sont les personnes le plus souvent blessées dans un accident avec un tram. Néanmoins, la toute grande majorité de celles-ci ne le sont que légèrement (Beer et Brenac, 2006).

L'étude des cas où le tram est indirectement impliqué dans l'accident devrait aussi être menée. Par exemple, un piéton traverse en étant masqué par le tram et se fait renverser par un autre véhicule, ou un piéton qui court pour attraper son tram et qui se fait heurter par un autre véhicule. Selon Beer et Brenac (2006), ces accidents sont à peu près aussi nombreux que les accidents directs entre un tram et un piéton.

Enfin, il serait intéressant de comparer les accidents entre un tram et un piéton avec les accidents entre un bus et un piéton. Nous aurions ainsi pu mieux considérer le caractère spécifique du tram (véhicule ferré circulant en milieu urbain) dans le déroulement d'un accident. Cette comparaison aurait néanmoins nécessité l'encodage de tous les rapports d'accidents avec un bus de la STIB, ce qui aurait représenté un travail trop important pour le cadre de cette étude. Il n'était pas non plus envisageable de se procurer les données de l'INS, celles-ci ne faisant pas la distinction entre un bus de la STIB et un bus d'une autre compagnie.

7. Bibliographie

BEER S. et BRENAC T. (2006). *Tramways et sécurité routière, l'expérience des pays germanophones*. Transport, Environnement et Circulation, n°190, pp 40-46.

BRENAC T., NACHTERGAËLE C. et REIGNER H. (2004). *Scénario types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention.* Les collections de l'INRETS, rapport n°256, France.

CAELEN E. (2002). *Gestion de carrefours et conflits de priorité entre un tram et piéton : analyse d'un nouveau type de signalisation et test sur une voirie régionale*. Bruxelles.

CETE de Lyon, *Bilan Loti des lignes de tramway T1 et T2 de l'agglomération lyonnaise. Impact des lignes de tramway sur l'environnement. La sécurité routière*. Fiches n°12 à 16. France.

CHAFFAUT D., DAVID E. et OLM C. (2005). *L'éducation au risque routier.* Synthèse de l'étude menée pour la Prévention Routière et la Fédération Française des Sociétés d'Assurance par le CREDOC.

HEDELIN A., BJÖRNSTIG U. et BRISMAR B. (1996). "Tram – A risk factor for pedestrians." *Accident Analysis and Prevention*, vol 28, n°6, pp 733-738.

IRIS SAFE (2006), *Sécurité routière sur les voiries régionales en Région de Bruxelles-Capitale. Etude des points dangereux*. Bruxelles.

INRETS (1993). *Les accidents d'enfants piétons, leur prévention, et l'éducation de l'enfant piéton*, France.

MARGARITIS D. (2007). *Accident analysis into the primary and secondary safety of city trams in The Netherlands*. Association for European Transport and contributors, Leiden, The Netherlands.

SEMITAN (2007). *Sécurité et accidentologie Tramway*. Dossier de presse, France.

SERVICE TECHNIQUE DES REMONTEES MECANIQUES ET DES TRANSPORTS GUIDES (STRMTG) (2006 a). *Accidentologie des tramways, analyse des évènements déclarés pour l'année 2004*. France.

SERVICE TECHNIQUE DES REMONTEES MECANIQUES ET DES TRANSPORTS GUIDES (STRMTG) (2006 b). *Accidentologie des tramways, analyse des évènements déclarés pour l'année 2005*. France.

SERVICE TECHNIQUE DES REMONTEES MECANIQUES ET DES TRANSPORTS GUIDES (STRMTG) (2008). *Accidentologie des tramways, analyse des évènements déclarés pour l'année 2006*. France.

STIB (2003). *IRET – Circulation en surface – comportement à l'égard des piétons*. STIB, Direction tram, Centre de formation, Trafic tram.

STIB (2006). *Plan norme – Passages pour piétons*. Bruxelles, Belgique.

STIB (2007). *Trams, Bus : manuel de bonne pratiques pour un réseau performant*. Bruxelles, Belgique.

8. Annexes

8.1. Rapport visite de terrain

La visite de terrain s'est organisée en fonction de la localisation des accidents entre un tram et un piéton. Nous nous sommes plus particulièrement focalisés sur les voiries présentant un plus grand nombre d'accidents, et sur les accidents les plus graves. Notre démarche a d'abord été d'essayer de déterminer ce qui avait pu mener à l'accident. S'il s'agissait d'un problème d'infrastructure encore présent, nous avons cherché des pistes de solutions pour le résoudre. Nous avons ensuite analysé la situation actuelle pour voir si elle présentait encore un danger. Le présent rapport expose les différents problèmes identifiés sur les divers lieux visités.

- **Boulevard Général Jacques - arrêt Arsenal**

Un accident a eu lieu alors qu'un tram était bloqué dans le carrefour. Quand le carrefour s'est dégagé, le feu était vert pour les piétons traversant le boulevard. Le tram a percuté un piéton. A l'époque, un passage pour piétons et des feux étaient vraisemblablement présents pour la traversée du site propre. Le tram était donc clairement en tort au moment de l'accident. Actuellement, le marquage rouge a été apposé sur la traversée piétonne du site propre mais les feux piétons ont été maintenus en raison de l'absence de zone refuge (alors qu'il y aurait la place pour en aménager une). Lors de nos observations à l'heure de pointe du soir, 2 trams sur 3 en direction de Montgomery ont franchi le feu vert piéton sans céder la priorité aux piétons.

- **Boulevard Général Jacques - arrêt Etterbeek, Boondael**

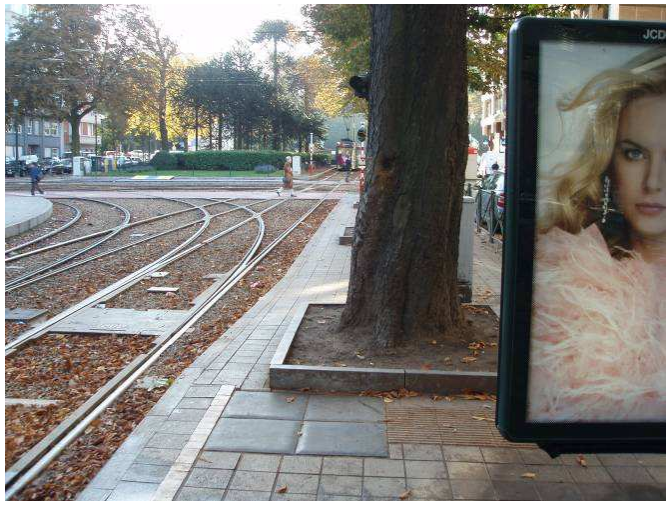
Les quais sont trop étroits, surtout au vu du nombre de voyageurs. Le risque qu'un voyageur soit frôlé par un tram est élevé.

- **Carrefour avenue Legrand – avenue Louise**

Les feux de signalisation du carrefour ont été supprimés et ont été remplacés par un signal tram clignotant en permanence. Vu son caractère permanent, ce signal perd de son efficacité. De plus, la suppression des feux de signalisation s'applique également aux traversées piétonnes. Il y a donc un risque accru de conflits entre les piétons et les autres usagers.

- **Avenue Louise – arrêt Legrand**

Des arbres, ainsi que le panneau publicitaire, obstruent toute la largeur du quai ; les piétons sont dès lors obligés de descendre sur les voies de tram pour les contourner.



- **Avenue Louise – arrêt Abbaye**

Un accident a eu lieu suite à la traversée d'un piéton entre les arbres. Depuis, des barrières ont été placées, empêchant la traversée en dehors des passages pour piétons.

- **Carrefour avenue Louise - avenue Emile De Mot**

Deux accidents ont eu lieu au carrefour entre l'avenue Louise et l'avenue Emile De Mot. A cet endroit, un terre-plein a été construit en bordure du site propre. De nombreux jeunes y jouent avec des planches à roulettes et, par deux fois, un jeune a reculé vers le site propre et a été percuté par un tram.

- **Avenue Churchill – arrêt Longchamp**

Deux accidents ont eu lieu à hauteur de l'arrêt alors que le piéton traversait le site propre pour attraper un autre tram roulant en sens inverse. La traversée piétonne du site propre est marquée par un passage pour piétons et elle n'est pas réglée par des feux de signalisation. En outre, elle est située après un virage. Dans un des cas, le piéton n'a pas vu le tram venant de Rogier car celui-ci arrivait dans son dos. De plus, les arbres présents à cet endroit constituent un masque de visibilité important, tant pour le piéton que pour le conducteur de tram.

Cet arrêt est également arboré, ce qui oblige les piétons à descendre sur la voirie pour contourner les arbres.

- **Avenue Fonsny**

Cinq accidents ont eu lieu avenue Fonsny, dont quatre suite à une traversée du site propre mixte tram-bus-taxi sur un passage pour piétons. Aucune traversée n'est équipée de zone refuge alors que le piéton doit parfois traverser deux bandes de circulation avant d'atteindre le site propre. De plus, il n'existe pas de feux de signalisation sur toute la longueur de la voirie, ce qui incite les véhicules à rouler à une vitesse élevée, tant sur la voirie que sur le site propre.

- **Avenue de Tervuren**

Un accident mortel a eu lieu avenue de Tervuren sur une traversée piétonne. Actuellement, le marquage spécifique tram est présent, mais il n'y a pas de zone refuge entre la voirie et le site propre.

- **Avenue de Tervuren - arrêt Woluwe**

Deux passages pour piétons, en klinkers, sont situés de part et d'autre de l'arrêt. Ils ne sont équipés ni de feux piétons, ni de marquage spécifique tram. Des barrières de sécurité sont présentes tout le long de l'arrêt pour dissuader les traversées hors des passages pour piétons. Deux accidents ont cependant eu lieu suite à des traversées à hauteur de l'arrêt. De plus, un accident mortel a eu lieu sur cette traversée en octobre 2008, alors que le tram circulait en direction de Tervuren. L'enquête n'a pas pu déterminer si le feu était vert ou rouge pour le tram. Lors de l'observation des phases de feux sur place, nous avons pu constater que lorsque le feu passe au rouge en direction de Tervuren, à peine une seconde plus tard le feu piéton pour la traversée de la voirie passe au vert. Or le tram qui franchit le feu doit encore parcourir une soixantaine de mètres

avant la traversée piétonne, ce qui lui prend entre 6 et 8 secondes. Il est donc possible qu'un tram franchisse le passage pour piétons alors que le feu de la traversée piétonne est au vert.

- **Place Meiser**

Plusieurs accidents ont eu lieu place Meiser, essentiellement sur les quais. Notamment sur le quai du tram 23-24 en direction du Heysel, le passage en bout de quai est trop étroit et encombré pour permettre un passage aisé des piétons. De plus, des abaissements de bordures n'ont pas été prévus pour les traversées piétonnes, de même qu'une zone refuge entre la chaussée et le site propre. Toute traversée piétonne est donc rendue mal aisée.

Un autre point soulevé est la séparation des arrêts du 23-24 d'une part et du 25 d'autre part en direction de montgomery. Il y a donc un risque que les piétons traversent brusquement le site propre pour attraper un tram à l'autre arrêt.

- **Boulevard Lambermont - arrêt Léopold III**

La phase verte du feu piéton pour traverser la voirie coïncide pendant quelques secondes avec la phase verte du feu pour le tram. Il y a un risque qu'un piéton interprète mal le feu vert de la voirie et traverse sans regarder si un tram arrive. Deux accidents ont déjà eu lieu à cet endroit, sans que nous ne puissions déterminer si cette phase verte simultanée est en cause.

- **Boulevard Lambermont - arrêt Hôpital de Schaerbeek**

Un accident a eu lieu alors qu'un piéton traversait derrière un tram, et soit heurté par un tram circulant en sens inverse. Depuis lors, les passages pour piétons ont été reculés par rapport à l'arrêt de tram. Néanmoins, la traversée à l'endroit initiale est toujours possible.

- **Boulevard Lambermont - arrêt Princesse Elisabeth**

Deux accidents ont eu lieu alors que des piétons traversaient vraisemblablement sur le passage pour piétons situé juste à côté de l'arrêt. Les rails de tram, pour le virage des trams vers la gare de Schaerbeek, empiètent sur l'emplacement de zone refuge de la traversée piétonne. Les piétons ne disposent donc pas de zone refuge dans leur traversée.

- **Place Bockstael**

Le site propre aménagé place Bockstael est très large car il accueille plusieurs lignes de tram et de bus. Il n'y a pas de feux pour la traversée du site propre. Un piéton peut dès lors être masqué par un autre véhicule lors de sa traversée.

- **Arrêt Yser**

Un accident a eu lieu dans le virage juste avant l'arrêt Yser. Il existe en effet un conflit entre le tram et les piétons. La phase de feu est verte simultanément pour le piéton qui traverse et pour le tram qui tourne. La traversée du site propre est gérée par un feu de signalisation et il n'y a pas de marquage spécifique tram. D'après nos observations, le tram cède la priorité au piéton.

- **Avenue de Jette**

Un accident a eu lieu avenue de Jette, sur un passage pour piétons. Les traversées piétonnes ne sont équipées ni de marquages spécifiques, ni de feux de signalisation pour les piétons.
Un autre accident s'est produit à la sortie du tunnel, sur la traversée aménagée. Les haies présentes le long du site propre auraient masqué le piéton.

- **Avenue Van Volxem**

Deux accidents ont eu lieu au même endroit, après qu'un piéton ait traversé entre les haies présentes le long du site propre. D'après un des chauffeurs de tram, de nombreux piétons passent entre alors que les haies sont taillées trop hautes à cet endroit. Depuis, les haies ont été coupées et remplacées par des barrières de sécurité et des arbres.

Un peu plus haut dans l'avenue, des barrières de sécurité ont été posées à côté de la haie. Des traversées ont été prévues afin d'éviter aux piétons de faire de trop grands détour pour traverser la rue. Ces traversées ont été réalisées « en baïonnette » pour que le piéton fasse face au tram avant de traverser. Cependant, il n'y a pas de marquage spécifique tram, ni de passages pour piétons sur la voirie et de zones refuges.

- **Chaussée de Gand, chaussée de Charleroi**

Le tram circule en voirie sur ces deux chaussées. Le stationnement est arrêté quelques mètres avant les carrefours pour permettre aux voitures de tourner à droite. Cependant, comme certains arrêts ne sont pas situés sur une avancée de trottoir, il y a un risque élevé qu'un voyageur soit percuté par une voiture qui double par la droite le tram à l'arrêt.

- **Carrefour Vanderkindere**

A hauteur de l'arrêt du tram 92 vers le centre, la grande majorité des passagers traverse à l'arrière du tram, où aucune traversée piétonne n'est marquée (aussi bien sur le site propre que sur la voirie). Les piétons sont donc masqués par le tram lors de leur traversée du site propre. De plus, les piétons qui souhaitent traverser le carrefour de ou vers l'avenue Winston Churchill traversent à cet endroit. Néanmoins, une traversée à l'avant du tram est peu envisageable car elle impose un détour fort important.

Piéton traversant à l'arrière du tram

Détour imposé au piéton pour les traversées à l'avant du tram

Au début de l'avenue Albert, le tram 4 venant de Brugmann et qui tourne dans l'avenue Albert passe lorsque le feu est vert pour la traversée piétonne. A cet endroit, le feu de la traversée du site propre a été supprimé ainsi que le feu de la première partie de la traversée de la voirie. Cependant, comme nous le voyons sur la photo, le piéton a toujours son attention attirée par le feu vert de la deuxième partie de la traversée. De plus, cette situation pénalise le piéton qui ne dispose plus de feux pour la traversée de la voirie à un endroit où le flux de circulation est particulièrement important et provient de différentes directions.

- **Place des Bienfaiteurs**

Un accident mortel a eu lieu à cet endroit en 2006. En descendant du tram, un piéton en béquille est tombé entre le tram et le quai. L'arrêt étant de forme circulaire et se trouvant à l'époque à droite du tram, le chauffeur ne disposait pas d'une bonne visibilité sur le quai. Il n'a pas vu le passager sous le tram et a redémarré.
Depuis lors, la place a été réaménagée et le quai se trouve à gauche du chauffeur, lui assurant une bonne visibilité sur le quai. Des barrières de sécurité ont été placées tout le long du site propre afin d'éviter des traversées en dehors des passages pour piétons. On peut cependant regretter qu'il n'y ait pas de traversée piétonne à hauteur de la rue Artan et de la rue Frans Binjé situées au centre de la place, imposant des détours importants aux piétons qui souhaitent traverser la place de part en part. Il arrive que certains piétons passent au-dessus des barrières de sécurité.

8.2. Rapport d'accident

Carte d'identité de l'accident :

Jour, date, heure
Ligne, type de véhicule, n° véhicule, destination (terminus)
Identification du chauffeur :

Lieu précis
- rue et numéro de maison :
- arrêt :
- carrefour :

Types d'accidents
- collision
- entrainement par le véhicule
- déraillement
- piéton chute dans le véhicule
- piéton chute montée/descente du véhicule
- autre :

En cas de collision, types de tiers :
- piéton
- cycliste
- deux-roues motorisé
- voiture
- camionnette, camion
- bus
- tram
- car

Circonstances de l'accident :
- Description du déroulement de l'accident par le conducteur et de ses actions (conduite, anticipation, alerte des tiers, ...)
- Relevé de la vitesse + utilisation de l'avertisseur sonore
- Croquis de l'accident :
  Utilisation de cachet tram, voiture, piéton, cycliste, de flèches (indiquant le mouvement de l'usagers) et de croix (indiquant l'endroit de la collision).

Conséquences corporelles et matérielles :
- Recensement du nombre de blessés, de leur gravité et du type de blessures.
  Intervention ambulance (oui/non)
  ➔Informations sur les victimes (coordonnées, sexe, âge approximatif)

- Description des dégâts matériels subis par les véhicules, les installations fixes et les autres équipements environnants
  ➔ Information sur le véhicule du tiers (marque, type, couleur, plaque d'immatriculation)

Conséquences pour l'exploitation :
- Mise en place éventuelle de services partiels, de navettes bus
- Durée de l'interruption de la circulation

Environnement et configuration du site

Lumière :	***Circonstances atmosphériques :***	***Etat de la chaussée :***
jour	normal	sec,
nuit	pluie	humide
aube-crépuscule	brouillard	verglas- neige
éclairage public	chutes de neige, grêle	feuilles
	vents violents	sable – gravier

Type d'aménagement :	***feux***	***Divers :***
carrefour à feux	***feu tram :*** vert-rouge-orange	piéton sur la traversée piétonne : oui/non
carrefour giratoire	***Feu du tiers :*** vert-rouge-orange	Présence de masques à la visibilité réciproque (permanent ou temporaire) : Oui/non Nature du masque :
Carrefour à priorité (stop ou céder le passage)		Présence de travaux affectant les mouvements des usagers : oui/non
carrefours à priorité de droite.		

Pour les accidents avec blessés ou tués :
Retranscriptions des déclarations spontanées des victimes et des témoins.