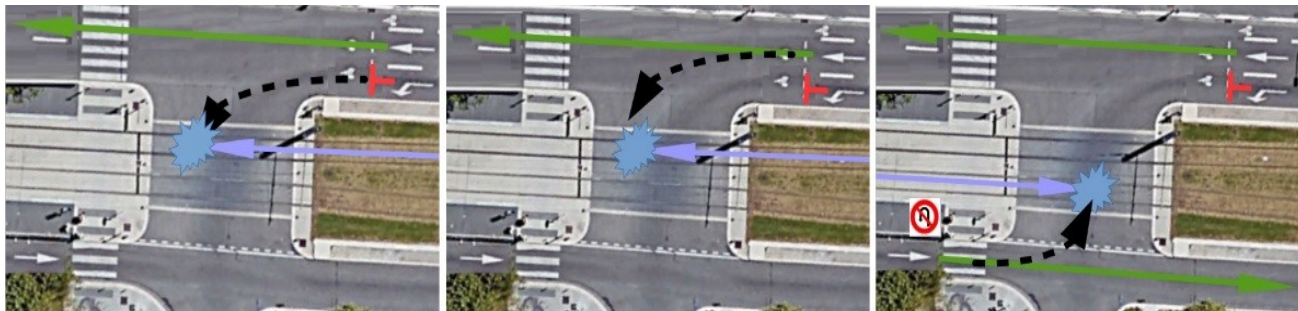




Tramways et mouvements tournants Étude sur les aménagements et les scénarios d'accidents entre un tramway et un véhicule routier

Synthèse de l'étude

Très nombreuses sur les réseaux tramways français, **les intersections où les véhicules routiers réalisent un mouvement tournant avant la traversée de la plateforme représentent la troisième catégorie d'intersection la plus accidentogène vis-à-vis des circulations tramways.**



Une première étude réalisée en 2013¹, sous le pilotage du CEREMA, a illustré les enjeux et les problématiques liées à ces configurations de type « tourne à » au travers d'exemples pris sur le réseau tramway de Lyon. Cette étude a été complétée en 2017² par le CEREMA, en association avec le STRMTG avec une analyse de l'accidentologie de 150 intersections de ce type sur le réseau tramway de Lyon afin d'identifier les paramètres semblant influencer l'accidentalité.

La nécessité d'élargir le champ d'investigation à d'autres réseaux et d'analyser plus finement les facteurs ayant contribué aux accidents s'est toutefois rapidement imposée.

Le STRMTG a ainsi confié en 2018 à **ERA Ingénieurs Conseil** la réalisation d'une étude portant sur les aménagements de différentes configurations de carrefours parmi les plus accidentogènes, c'est-à-dire gérés par signaux R11v dédiés, R14 et R24 en barrage ainsi que sur les scénarios d'accidents entre un tramway et un véhicule routier.

Cette étude en deux phases a consisté à identifier les configurations les plus propices à occasionner des accidents ou, à l'inverse, les plus favorables à de bonnes conditions de sécurité des mouvements routiers tournants.

Les conclusions de cette étude, rendues au **1er trimestre 2020**, ont permis la formalisation de **propositions de recommandations générales et spécifiques** aux configurations étudiées.

1 « Conflits entre tramways et mouvements tournants » - R. Leconte / Rapport de Travail de Fin d'Études (ENTPE – 2013)
2 « Tramways et mouvements tournants – Synthèse de l'étude exploratoire sur le réseau de Lyon » - CEREMA / Oct. 2017

Phase 1 – Approche statistique et bibliographique

La phase 1 de l'étude a porté sur :

- ✓ une recherche bibliographique en France et à l'étranger permettant de dresser un état des lieux des constats, réflexions, études ou expérimentations en cours relatif au sujet des intersections de type « tourne à » traversées ou non par un tramway ;
- ✓ la caractérisation et l'analyse selon une approche statistique d'un panel d'environ 200 carrefours répartis sur 5 réseaux français ;
- ✓ la définition d'un panel restreint de carrefours dans la perspective de la phase 2 de l'étude.

1.1. État de l'art en France

À l'heure actuelle, seuls des éléments généraux sur les principes de gestion des mouvements tournants dans les carrefours à feux sont identifiés dans les guides et les recommandations en vigueur. Ils portent notamment sur :

- ✓ la **prise en compte du niveau de trafic attendu en mouvement tournant** pour dimensionner la durée du cycle de feu et écouler en sécurité les véhicules stockés ;
- ✓ les solutions permettant de gérer les mouvements tournants avec un **fonctionnement à deux phases afin de limiter le recours aux phases spéciales** ;
- ✓ les aménagements favorisant une **réduction de la vitesse des véhicules en mouvement tournant** ou rendant physiquement impossible ou difficile les mouvements interdits.

L'aménagement des carrefours traversés par une ligne de tramway s'appuie également sur de nombreux usages, parfois pris en considération de retours d'expérience positifs ou négatifs, qui sont devenus au fil du temps une pratique courante. On peut notamment citer :

- ✓ la **mise au rouge à l'approche d'un tramway** des flux routiers en conflit ;
- ✓ le **renforcement de la signalisation de type R24** ;
- ✓ la **limitation du recours aux signaux R14**, conformément aux dispositions de l'IISR ;
- ✓ la **prise en compte du risque d'entraînement**.

1.2. État de l'art à l'étranger

A l'étranger, les exemples et études analysés confirment la prégnance de la problématique de gestion des mouvements tournants des véhicules, en présence d'un tramway, dans les carrefours à feux, déclinée selon trois thématiques :

- ✓ l'**interdiction ou la restriction des mouvements tournants** lors du passage d'un tramway par des moyens de signalisation ou des moyens physiques ;
- ✓ la **perception de l'approche d'un tramway** : visibilité réciproques, signalisation d'annonce d'un risque potentiel, prise en compte d'un éventuel tramway croiseur ou suiveur... ;
- ✓ l'**identification et la prise de conscience du risque lié à la plateforme** : identification de la plateforme, risques d'intrusion de véhicules, risques de stockage sur la plateforme...

La transposition aux configurations françaises n'est toutefois pas aisée compte tenu des différences de réglementation, de configurations ou encore de conduite.

Les exemples de solutions techniques mises en œuvre sont à garder à l'esprit comme pouvant constituer une base de réflexion intéressante à l'issue de la présente étude.

1.3. Analyse multi-critères

187 carrefours, gérés par signaux R11v dédiés, R14 et R24 en barrage, répartis sur 5 réseaux français ont, dans un 1^{er} temps, été caractérisés et étudiés. Une importante base de données a été constituée apportant, pour chaque carrefour, des informations relatives à :

- ✓ la géométrie et l'aménagement du carrefour et de ses branches ;
- ✓ la plateforme tramway ;
- ✓ l'accidentologie du carrefour sur la période 01/01/2006 – 31/12/2016.

L'analyse multi-critères a consisté à réaliser divers tris simples ou croisés des données collectées et à comparer les taux annuels de collisions avec véhicule routier.

Les résultats de cette première approche statistique sont présentés ci-dessous pour les échantillons les plus représentatifs :

Type de signalisation implantée en amont et en barrage

L'influence défavorable sur l'accidentologie tramways d'une gestion par signaux R11v dédiés ou par signaux R14 en signalisation amont est confirmée.

La gestion par signaux R24 seuls, généralement mise en œuvre pour des traversées à faible trafic et uniquement pour des traversées de voies exclusivement réservées aux véhicules des services réguliers de transport en commun, apparaît en revanche plutôt efficace vis-à-vis des mouvements tournants.

Type d'insertion

Les cas de basculement de la plateforme dans l'intersection apparaissent comme la configuration la plus favorable pouvant s'expliquer par une lisibilité plus marquée de la plateforme et une complexité des carrefours incitant à la prudence des usagers. Ces configurations concernent toutefois une minorité de carrefours.

L'implantation axiale de la plateforme des carrefours gérés en amont par signaux R11v dédiés ou R14 apparaît ensuite plus favorable du point de vue de l'accidentologie que l'implantation latérale de la plateforme ; cela apparaissant plus marqué avec signaux R14.

Il n'a pas été possible de tirer d'enseignement s'agissant de la gestion par R24 seul en barrage l'ensemble des carrefours du panel présentant une implantation latérale de la plateforme.

Matérialisation du GLO

L'absence de matérialisation du GLO apparaît fortement défavorable du point de vue de l'accidentologie des carrefours alors qu'une matérialisation soignée des limites du GLO semble donner de bons résultats.

L'influence favorable de la matérialisation de l'ensemble de la surface du GLO par un marquage en damier n'est en revanche pas mise en exergue par l'étude : ceci pouvant être dû à des questions de vieillissement et d'entretien ou de difficultés de lisibilité lorsque d'autres marquages sont mis en œuvre à proximité.

Ouverture du carrefour

De façon générale, les taux d'accident apparaissent supérieurs à la moyenne du panel lorsque l'ouverture du carrefour est réduite (une voie dans chaque sens de circulation) ; cela étant plus prégnant en insertion axiale.

Ce constat contre-intuitif laisserait supposer qu'une largeur réduite d'ouverture pourrait être considérée par les usagers comme une traversée routière courante, tandis qu'une largeur plus importante pourrait davantage attirer l'attention des tiers.

Nombre de branches

Le taux d'accidents apparaît plus faible sur les carrefours à 3 branches que sur les carrefours à 4 branches ; en particulier lorsque plusieurs mouvements sont autorisés dans le carrefour. Ce constat reste néanmoins à nuancer, car il ne tient pas compte notamment du principe d'insertion de la plateforme.

Vitesse des rames

On constate que les carrefours où la vitesse du tramway est réduite par la présence d'une courbe à proximité ou d'une station sont moins accidentogènes que les autres.

1.4. Conclusions intermédiaires et suites données

À ce stade de l'étude, les premières conclusions ont essentiellement porté sur des paramètres relatifs à l'aménagement global des carrefours. De nombreux paramètres relatifs à l'aménagement des branches permettant un mouvement tournant restent à analyser, mais nécessitent de pouvoir affecter les accidents aux différentes branches des carrefours et d'analyser plus finement les circonstances de ces accidents.

C'est l'objet de la phase 2 qui a été menée sur un panel restreint regroupant 33 carrefours, retenus parmi les 200 carrefours initiaux, et listés ci-dessous :

RESEAU	SECTION	NOM DU CARREFOUR
STRASBOURG	3100	Carrefour Jean Jaurès, rue de Kembs et rue de la Kurvau
	1159	Carrefour rue de la Tour Haute
	1140	Carrefour rue Schertz
	3130	Carrefour rue Ribeauvillé et rue de Zellenberg
	2311	Carrefour rue du Chêne et rue de l'Électricité
	2129	Carrefour rue de la Roche et route de Schirmeck,
	3163	Carrefour route du Polygone et rue des Corps de Garde
GRENOBLE	10040	Tourne à Rue Denis Papin
	11820	Accès contre allée Champon
	21850	Intersection chemin Mutte
	50970	Intersection rue Konrad Kilian
	10530	Tourne à Allée du Berry
	10320	Tourne à Albert Londres
BORDEAUX	12130	Intersection Haut Léveque - Avenue de Magellan
	5540	Intersection avenue Edmond Rostand - R. Filicarias
	4620	Intersection 1 Place Gavinies
	5940	Intersection Tassigny / Albert Decrais
	5020	Intersection allée des Peupliers
	2310	Intersection parking école Hygie Form - SSR Carriet
MONTPELLIER	1177	Allée Rameau / Sortie Hôpitaux
	2376	Rue de la Roqueturière
	3048	D21 e6
	2012	Avenue de Librilla / Entrée sortie Services Techniques
	1180	Route de Ganges / Entrée Hôpital de la Colombière
	1172	Avenue du Doyen Gaston Giraud / Entrée Hôpitaux
	2356	Rue du Gros Olivier
LYON	2326	Berthelot/ Servant/ St Jérôme
	2316	Berthelot/ Voituret
	2334	Berthelot/Zimmermann
	2190	Roosevelt/ Bonnevey Est
	2015	Clinique Pasteur-Cordière
	1328	Traversée SANOFI
	4024	Lénine/Saint Exupéry école

Phase 2 – Analyse approfondie des carrefours retenus

2.1 Recueil complémentaire de données

Une extraction de la base de données nationale événements Tramways du STRMTG a été réalisée sur la période 2006 – 2017 pour les 33 carrefours du panel restreint. Les événements voyageurs renseignés ont également été étudiés.

Une vaste campagne de comptages a ensuite été menée sur chaque carrefour afin de mieux connaître les volumes de trafic en jeu ainsi que les vitesses moyennes pratiquées.

Les exploitants, gestionnaires de voirie et autorités organisatrices des transports des différents réseaux ont également été consultés afin de recueillir des données relatives au fonctionnement, au contexte et à l'exploitation au quotidien des lignes et des carrefours étudiés.

2.2 Visites de terrains

Des visites terrains en présence de représentants de l'exploitant et/ou du gestionnaire de voirie ainsi qu'un temps d'échange ont systématiquement été organisés. Ils ont permis de mieux identifier les conditions d'écoulement du trafic, les comportements des usagers, les choix d'aménagement, les conditions de visibilité et de lisibilité... Ils ont également été l'occasion d'aborder les études, expérimentations, projets achevés ou en cours au sein des réseaux.

2.3 Synthèse des données recueillies

L'analyse des données complémentaires collectées a permis d'apporter des précisions sur les circonstances des accidents en mouvement tournant entre tramways et véhicules routiers.

Une fiche de synthèse a été établie pour chaque carrefour regroupant l'ensemble des informations utiles issues de la collecte des données initiales et des visites de terrain.

Chaque fiche de synthèse comprend :

- ✓ une photo aérienne du carrefour sur laquelle sont représentés la position et le type des feux de signalisation relevés (hors feux piétons) ;
- ✓ le phasage du carrefour ;
- ✓ un tableau faisant figurer, pour les véhicules légers et pour les tramways, et pour chaque mouvement observé, les vitesses moyennes relevées ;
- ✓ une représentation graphique des volumes de trafic routier observés en heure de pointe du matin et en heure de pointe du soir sur les différentes branches du carrefour ;
- ✓ la liste des événements de type collision avec un tiers et événement voyageur recensés sur l'intersection entre 2006 et 2017 ;
- ✓ les données issues de la consultation et des observations terrain.

2.4 Typologies d'accident et recommandations associées

L'analyse des données complémentaires collectées a permis d'apporter des précisions sur les circonstances des accidents en mouvement tournant entre tramways et véhicules routiers.

Quel que soit le mode de gestion, il ressort que **les accidents sont majoritairement liés à un non-respect volontaire ou involontaire de la signalisation par les conducteurs de véhicules routiers** (difficultés de perception ou de compréhension des signaux, ambiguïté d'implantation ou de fonctionnement des feux, un effet d'entraînement...).

Les accidents surviennent essentiellement avec des véhicules circulant dans le même sens que le tramway avec lequel ils entrent en collision. Ce constat est néanmoins plus marqué pour les carrefours gérés par R24.

Une vitesse élevée de franchissement des carrefours par les véhicules routiers ou par les tramways conduit également à une accidentologie sensiblement plus importante.

Ces constats soulignent l'intérêt :

- ✓ de **rechercher une conception simple et lisible** des carrefours ;
- ✓ de **réduire la vitesse des véhicules tiers** réalisant un mouvement tournant ;
- ✓ d'**assurer un contraste visuel efficace** entre plateforme et chaussées environnantes ;
- ✓ d'**optimiser le fonctionnement des carrefours** afin qu'il soit crédible prenant en compte les éventuelles contraintes de saturation du carrefour et les temps d'approche des tramways ;
- ✓ de **garantir une bonne lisibilité/ visibilité de la signalisation** ;
- ✓ de **garantir de bonnes conditions de visibilité réciproques** entre tramway et véhicules routiers à l'approche des carrefours.

La géométrie du carrefour joue ainsi un rôle majeur afin de limiter la taille des zones de conflit, rechercher une orthogonalité des voies en conflit et permettre l'aménagement d'espaces de « récupération » entre voiries routières et plateforme tramway.

Il est également indispensable de **porter une attention particulière aux trafics « tourne-à » en jeu et d'évaluer, en conséquence, la nécessité de mettre en œuvre une gestion différenciée des mouvements tournants.**

Jusqu'à environ 200 à 250 uvp/h, on observe une augmentation du taux annuel d'accidents globalement proportionnelle à l'augmentation du volume de trafic en tourne-à. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que les flux les plus faibles ne bénéficient généralement pas d'une phase spéciale. Ils se trouvent alors en conflit avec les flux directs ou tournants en sens opposé, ce qui rend la traversée des carrefours plus délicate et nécessite une attention accrue.

Au-delà d'un certain volume, les mouvements tournants peuvent faire l'objet d'une gestion par phase spéciale, conduisant à augmenter les stockages sur plateforme ou les remontées de files, à pénaliser les conditions de dégagement et à engendrer de plus grandes prises de risques par les usagers, notamment en début ou en fin de vert.

Une gestion par signaux tricolores classiques de type R11v, où tous les flux routiers sont arrêtés en phase tramway, est ainsi à privilégier. Le recours à des phases spéciales pour les mouvements tournants est à justifier en prenant en compte les besoins réels en termes de trafic.

Les propositions de recommandations générales et spécifiques aux configurations de type « tourne à » formulées sont déclinées selon 4 catégories :

- ✓ **Géométrie / Phasage**
- ✓ **Implantation des signaux**
- ✓ **Fonctionnement détaillé**
- ✓ **Visibilité / Lisibilité / Maintenance**

S'agissant de la gestion par signaux R24 seuls en barrage, un certain nombre de recommandations spécifiques à ces configurations sont également identifiées.

2.5 Suites données

En lien avec le CEREMA, la rédaction d'une fiche IUTCS sera lancée courant 2021 afin de déclinier ces propositions de recommandations dans un référentiel spécifique aux tramways traitant de la problématique des mouvements tournants routiers.