

Rapport d'étude

SIGNAUX D'ARRET POUR TRAVERSEES DE SITES TC (R24)

Synthèse des réflexions et perspectives

Octobre 2012

SIGNAUX D'ARRET POUR TRAVERSEES DE SITES TC (R24)

Synthèse des réflexions et perspectives

Octobre 2012

**Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques**

Ce rapport d'étude a été élaboré par Dominique BERTRAND (Certu) et Pascal (FOSSEY (PCI ITCV / Cete Méditerranée), avec la contribution de Michel ARRAS (STRMTG) et la relecture de Alexandra GUESSET (STRMTG), Valérie de LABONNEFON (STRMTG) et Olivier PETIOT (Certu).

Ont également contribué à sa rédaction par leurs commentaires et observations :

- Christophe DAMAS (Certu), Gildas GRENIER (CU Nantes métropole / AITF), Marc DAVID (DGITM) et l'ensemble des membres du GT aménagement et signalisation TC,
- Odile SEGUIN et Bernard PELE (DSCR), Jean Pascal LESOT et Dominique BOUTON (BEA TT).

Introduction

Suite aux recommandations émises par le bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestres (BEA-TT), la DSCR a demandé au Certu de reprendre les réflexions sur le signal d'arrêt R24 en lien avec les traversées de voies TC, en vue de lui faire des propositions concrètes concernant le devenir de ce signal controversé.

En réponse, le Certu a proposé de

- faire dans 1^{er} temps la synthèse des réflexions antérieures et en cours, plutôt que de repartir sur de nouvelles expérimentations,
- conduire cette action en concertation étroite avec le STRMTG, notamment pour ce qui concerne l'approche accidentologie à partir de la base de données « accidents tramways » gérée par celui-ci,
- placer ces réflexions dans le cadre du GT (groupe de travail) partenarial sur la signalisation TC, réactivé à cette occasion.

Ce groupe de travail associe notamment des représentants de l'État (DSCR, DGITM, STRMTG, Certu), des Autorités Organisatrices de Transport (mandatées par le GART), des exploitants TC (mandatées par l'UTP), des gestionnaires de voirie (membres de l'AITF), des experts qualifiés en insertion urbaine des transports guidés (mandatées par le SyndEQA_IU) et des Cete.

Après la réalisation de documents intermédiaires

- dressant un état des lieux sur la genèse du signal, ses aspects réglementaires, son utilisation, et sur les études menées à son sujet (juillet 2011),
- puis ébauchant des pistes de suite à donner à partir d'une formalisation des questions essentielles posées par le signal R24,

la présente note vise à synthétiser les réflexions sur la base aussi exhaustive que possible des éléments et données existantes, et à faire des propositions concrètes sur les suites à donner, au plan réglementaire, comme sur celui des préconisations techniques.

Conformément à la demande, cette note concerne essentiellement l'utilisation du signal R24 pour la gestion des conflits en traversée de voies empruntées par les transports collectifs (tramways et bus), à l'exclusion des PN classiques (RFN). Cependant, compte tenu des liens étroits entre les deux, certaines études et réflexions relatives à l'emploi de ce signal sur les PN ont été mis à profit.

Sommaire

1. Rappel des dispositions réglementaires sur l'emploi et la portée des signaux lumineux d'arrêt en lien avec les TC	7
1.1 Signification et portée :	7
1.2 Domaines d'emploi :	9
1.3 Conditions d'implantation et caractéristiques	10
2. Les configurations existant sur le terrain	12
2.1 Les cas d'emploi du R24	12
2.1.1 Franchissement simple de voie exclusivement réservée aux TC :	12
2.1.2 Franchissement de voie exclusivement réservée dans une intersection non gérée par de la SLT:	14
2.1.3 Fin de site exclusivement réservée au TC :	16
2.1.4 Gestion de conflit avec TC circulant en site banal ou partagé:	17
2.1.5 Franchissement de voie exclusivement réservée dans une intersection gérée par de la SLT :	18
2.2 Indications sur le nombre d'intersections concernées	18
2.2.1 Intersections avec un site tramway	18
2.2.2 Intersections avec un site bus	19
3. Prescriptions et recommandations techniques en vigueur concernant l'emploi et l'implantation des signaux	20
3.1 Recommandations d'ordre général sur le R24	20
3.2 Recommandations particulières pour les giratoires traversés par le tramway	21
3.3 Les pratiques sur le terrain	22
4. Eléments d'appréciation du signal d'arrêt R24	24
4.1 L'accidentalité liée au R24	24
4.1.1 Analyse à partir de la base de données accidents tramway	24
4.1.2 Enseignements des enquêtes du BEA-TT	32
4.1.3 Autres éléments disponibles	33
4.1.4 Synthèse en matière d'accidentologie	35

4.2	Comportement des usagers vis à vis du R24	36
4.2.1	Compréhension du signal R24	36
4.2.2	Respect du signal R24	37
4.3	Analyse comparative entre R24 et autres signaux d'arrêt lumineux	38
4.3.1	Les inconvénients du signal R24	38
4.3.2	Les avantages du signal R24	39
5.	Conclusions et perspectives	42
5.1	Synthèse de l'analyse	42
5.2	Suites à donner	43
5.3	Propositions d'actions concrètes	44
5.3.1	Préparation d'évolutions réglementaires	44
5.3.2	Actualisation des préconisations	45
5.3.3	Etudes complémentaires	45
6.	Annexes	47
6.1	Synthèse des enquêtes du BEA-TT	47
6.2	Synthèse des études et réflexions existantes	55
6.2.1	Liste des études et autres documents de référence	55
6.2.2	Fiches de synthèse des principales études	60
6.3	Références bibliographiques	91
6.4	Liste des sigles et abréviations utilisés	92

1. Rappel des dispositions réglementaires sur l'emploi et la portée des signaux lumineux d'arrêt en lien avec les TC

1.1 Signification et portée :

En matière de signalisation lumineuse, l'arrêté du 24 novembre 1967 sur *la signalisation des routes et autoroutes* distingue

- les signaux lumineux d'intersection (R11 à R19),
- les autres signaux lumineux de circulation, parmi lesquels les signaux d'arrêt (R24, R25).

L'arrêté de 1967 renvoie au code de la route pour la signification des couleurs pour tous les signaux lumineux de circulation, depuis sa dernière modification par arrêté du 2 avril 2012.

Extrait de l'arrêté du 24 novembre 1967, article 7, 1° signification des couleurs :

« 1.1. La signification des couleurs des signaux lumineux concernant la circulation des véhicules est fixée pour les feux rouge, jaune et vert par les articles R. 412-30 à R. 412-33 du code de la route. [...] »

La signification du feu rouge, fixe ou clignotant, découle donc du code de la route :

Extrait du code de la route, article R412-30 :

« tout conducteur doit marquer l'arrêt absolu devant un feu de signalisation rouge, fixe ou clignotant . [...] »

Il en est de même pour le feu jaune fixe.

Extrait du code de la route, article R412-31 :

« Tout conducteur doit marquer l'arrêt devant un feu de signalisation jaune fixe, sauf dans le cas où, lors de l'allumage dudit feu, le conducteur ne peut plus arrêter son véhicule dans des conditions de sécurité suffisantes. [...] »

En revanche un feu jaune clignotant a, dans le code de la route, avant tout une fonction d'alerte, tout en autorisant sous réserve le passage des véhicules.

Extrait du code de la route, Article R412-32 :

« Les feux de signalisation jaunes clignotants ont pour objet d'attirer l'attention de tout conducteur sur un danger particulier. Ils autorisent le passage des véhicules sous réserve, le cas échéant, du respect des dispositions relatives aux règles de priorité établies par le présent code ou prescrites par une signalisation particulière. »

L'article 7, 4è §, alinéa j) de l'arrêté du 24 novembre 1967 précise les réserves apportées à l'autorisation de passage liée à ce feu jaune clignotant des signaux tricolores, en distinguant le cas où il s'agit du fonctionnement nominal du feu du bas (signal R11j) de celui du fonctionnement particulier du feu central de tous les signaux tricolores.

Le code de la route précise aussi que l'arrêt devant un feu rouge fixe ou clignotant doit se faire en respectant une « ligne d'effet ».

Extrait du code de la route, article R412-31 : « *L'arrêt se fait en respectant la limite d'une ligne perpendiculaire à l'axe de la voie de circulation. Lorsque cette ligne d'arrêt n'est pas matérialisée sur la chaussée, elle se situe à l'aplomb du feu de signalisation ou avant le passage piéton lorsqu'il en existe un.* »

Concernant le signal R24, sa signification est rappelée dans l'arrêté du 24 novembre 1967, où les cas pour lesquels il est employé sont listés. On y fait en particulier référence aux voies réservées aux TC, avec la double condition

- d'un usage exclusif à d'autres modes,
- d'être dans le cadre d'un service régulier de transport collectif.

Extrait de l'arrêté du 24 novembre 1967, article 7, 6^e, c) : « *Un feu rouge clignotant (R24), ou un ensemble de deux feux rouges clignotants, impose l'arrêt absolu à tous les véhicules et piétons. Il est employé devant un passage à niveau, une traversée de voie exclusivement réservée aux véhicules des services réguliers de transport en commun, un pont mobile, avant une zone dangereuse telle qu'un couloir d'avalanches, pour laisser le passage aux véhicules de pompiers ou à l'entrée d'un tunnel.* »

Rappelons que cette application aux voies de TC est récente, puisque :

- le cas des voies de tramway a été introduit en 1998 (arrêté du 13 novembre),
- l'extension au TC routier date de 2009 (arrêté du 10 avril).

Par définition, le signal d'arrêt R24 étant éteint au repos, il est transparent pour l'usager. Ce dernier doit donc alors respecter les règles imposées par le code de la route, et le cas échéant les autres signaux existants sur les lieux.

Si le feu vert du signal R11v vaut autorisation de passage (de la ligne d'effet de feux), le jaune clignotant du signal R11j permet à l'usager de s'engager dans l'intersection, en laissant la priorité aux véhicules venant de sa droite ; cependant il peut être employé avec un signal AB3a (cédez le passage), qui lui impose alors de laisser la priorité à tous les véhicules antagonistes :

Extrait de l'IISR, article 110-1 §4) : « *Lorsqu'un mouvement de véhicules est admis dans une intersection par un signal tricolore circulaire jaune clignotant sur le feu du bas (R11j), il ne doit de préférence être en conflit, qu'avec des véhicules venant de sa droite. Si ce n'est pas le cas, le signal tricolore R11j doit normalement être complété par un panneau AB3a, qui a une valeur permanente pour l'usager.* »

1.2 Domaines d'emploi :

L'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (IISR) reprend les différents cas d'utilisation du signal R24 évoqué dans l'arrêté de 1967, en les regroupant sous le terme général de *zone de danger* :

Extrait de l'IISR, article 111-1 §1) :

« Le signal d'arrêt R24 a pour objet d'interdire à tous les véhicules le franchissement d'un tronçon de route rendu dangereux ou impossible pendant une durée normalement limitée, éventuellement indéterminée. »

Concernant la gestion des traversées de voies exclusivement réservées aux TC, la réglementation privilégie clairement, en l'état actuel, l'emploi du signal d'arrêt R24, sauf lorsque la gestion du conflit avec les TC s'intègre dans la gestion des flux de circulation par SLT (signaux R11, R14) :

Extrait de l'article 111-1 §1) :

« Lorsqu'une chaussée est traversée par des voies exclusivement réservées aux véhicules des services réguliers de transport en commun, et lorsque l'intersection n'a pas lieu, par ailleurs, d'être équipée de signalisation lumineuse tricolore (franchissement simple, carrefour giratoire, carrefour à faible trafic), la règle générale est l'utilisation du signal R24 accompagné du signal prévu à l'article 72-1 de l'instruction. »

L'emploi de signaux lumineux de trafic (R11, R14) reste cependant possible dès lors qu'on considère que le passage de TC est un flux et le franchissement de la voie qu'il emprunte une intersection routière ; ils s'imposent lorsque celle-ci est intégrée dans un carrefour lui-même géré par SLT :

Extrait de l'IISR, article 110 – A :

« Les signaux lumineux d'intersection ont pour objet de dissocier dans le temps l'admission dans un carrefour de courants de véhicules et de piétons incompatibles.

Leur usage est étendu à la protection de passages piétons en section courante et à la gestion d'une voie sous alternat lorsqu'au passage d'un point singulier elle est trop étroite pour pouvoir admettre simultanément les deux sens de circulation. Cet usage est aussi étendu au franchissement d'une voie réservée aux véhicules des services réguliers de transport en commun, sauf dans les cas prévus à l'article 111-1. »

1.3 Conditions d'implantation et caractéristiques

Il en existe peu dans la réglementation, en dehors de quelques dispositions assez générales dans l'IISR, concernant :

- la forme,
- le nombre de signaux,
- leur implantation,
- leurs dimensions.

Le signal est composé d'un seul feu, mais il est précisé qu'on peut le « rappeler » ou le « doubler », sans autre précision :

Extrait de l'IISR, article 109-3, B :

« Il est composé d'un feu circulaire rouge clignotant. Éventuellement, deux de ces signaux peuvent être assemblés ou rappelés, et clignoter en synchronisme ou en alternance ».

A ce propos, il n'est pas explicitement dit que les dispositions concernant les répétiteurs de signaux lumineux ne peuvent être appliqués au signal R24, même si elles ont probablement été écrites pour les signaux tricolores :

Extraits de l'IISR, article 109-4 :

« Les signaux pour véhicules implantés sur le bord de la chaussée peuvent être répétés en partie basse du même support.

Les signaux répétiteurs, de dimension réduite, sont orientés pour être vus depuis les premiers véhicules arrêtés à la ligne d'effet des feux. Ils donnent rigoureusement les mêmes indications (couleur et pictogramme) que les signaux principaux qu'ils répètent.»

L'IISR donne aussi quelques indications concernant le diamètre minimal des feux et la hauteur d'installation pour les traversées de voies de ... tramway, mais il faut bien évidemment comprendre TC. Ces indications sont vagues et générales :

Extraits de l'IISR, article 109-4 :

« Le signal d'arrêt R24 doit avoir un diamètre minimum de 160 mm.

Aux passages à niveau, les signaux d'arrêt R24 sont à implanter à une hauteur comprise entre 1,80 m et 2,60 m. En traversée de voie de tramway, cette hauteur est comprise entre 1,50 m et 4,20 m, en fonction de la configuration géométrique. »

Rien ne dit en revanche que les signaux R24 protégeant les traversées de voies TC doivent être placés « en barrage ». En effet dans l'article 111-1 cité plus haut, on parle seulement de tronçon de route ...

Par ailleurs, la seule indication relative à l'implantation concerne la possibilité de répétition du signal à gauche de la chaussée, mais cela reste facultatif pour les traversées de voies TC, alors que c'est obligatoire pour les PN :

Extrait de l'IISR, article 111-1, 1) :

« En dérogation à l'article 109-4, pour les passages à niveau et les traversées de voies exclusivement réservées aux véhicules des services réguliers de transports en commun, un signal R24 peut, si nécessaire, être rappelé à gauche de la route »

Extrait de l'IISR, article 34-2 :

« La signalisation de position comporte, en outre un deuxième signal R24 en synchronisme ou en alternance avec le premier, placé sur la gauche de la route, [--] »

En matière de fonctionnement, il n'y a pas de notion de temps maximal d'activation, contrairement aux *signaux d'intersection* pour lesquelles les durées d'allumage sont encadrées. En effet la règle des 120 secondes, évoquée à l'article 110 C, 3) de l'IISR, ne concerne que ces derniers.

Sans fixer de valeur, la réglementation incite cependant à crédibiliser au maximum le signal, en liant étroitement son activation au passage effectif du TC sur l'intersection :

Extraits de l'IISR, article 111-1, 1) :

« L'activation du signal R24 se fait le plus tard possible, tout en assurant le dégagement de la zone de conflits par les véhicules et les piétons avant l'arrivée du véhicule de transport en commun, conformément aux dispositions de l'article 110, paragraphe C 2.

Son extinction se fait au plus tôt quand l'avant du véhicule de transport en commun a quitté la zone de conflits et au plus tard quand son arrière a dégagé cette zone. »

Par analogie avec ces signaux d'intersection, on a par contre fixé un intervalle minimal d'extinction du signal R24 entre deux périodes d'allumage ; celle-ci est égale à la durée minimale d'allumage au vert des signaux tricolores (6 secondes). On admet par ailleurs qu'il ne peut être respecté pendant les premières secondes, ce qui revient à considérer celles-ci comme l'équivalent du jaune de ces signaux :

Extraits de l'IISR, article 111-1, 1) :

« L'absence de période jaune avant passage au rouge ne permet pas d'exiger le respect absolu du signal par les premiers véhicules ; en revanche, il peut être activé instantanément

La durée minimale d'extinction entre deux allumages successifs doit être de six secondes. »

En terme de sécurisation du signal, la nature du signal empêche par définition de faire remonter un état dégradé aux usagers routiers ; la réglementation stipule cependant que les dysfonctionnements doivent être portés sans délai à la connaissance des conducteurs de TC, sans en fixer les moyens. L'existence d'un signal antagoniste de type R17/18 (signaux pour véhicules de TC) n'étant pas explicitement indiqué, on peut donc en déduire que l'utilisation de ces signaux n'est pas obligatoire pour ce faire.

Extrait de l'IISR, article 111-1, 1) :

« Tout dysfonctionnement des signaux R24 doit être immédiatement détecté et répercuté aux conducteurs de véhicules des services réguliers de transport en commun.

2. Les configurations existant sur le terrain

2.1 Les cas d'emploi du R24

Les cas d'utilisation du signal R24 rencontrés en pratique sur le terrain correspondent pour la grande majorité aux domaines d'emploi réglementairement définis et rappelés ci-avant.

On constate cependant des utilisations dans des cas limites, voire dérogeant à la notion de voies exclusivement réservées au TC.

Toutes les configurations existantes avec des signaux R24 sont listées ci-après ; elles sont classées ici en fonction :

- de l'existence de conflits entre tiers au niveau de l'intersection ou à proximité très immédiate de celle-ci,
- du mode de gestion de ces conflits entre tiers.

Ces configurations existent aussi avec d'autres modes de gestion du conflit TC/tiers, qui peuvent être des signaux R11v ou R11j, ou de la signalisation statique (STOP, cédez le passage), voire absence de signalisation.

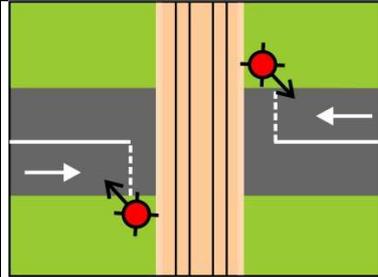
2.1.1 Franchissement simple de voie exclusivement réservée aux TC :

Du fait de l'absence de voirie parallèle au site emprunté par les TC, il n'y a pas de conflit entre flux de circulation générale à gérer au même endroit.

S'il y a des cheminements piétons parallèles au TC, les conflits entre ceux-ci et les véhicules circulant sur la voirie transversale ne sont pas gérés.

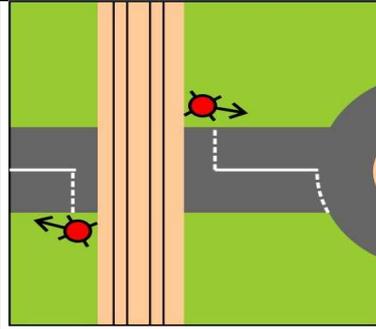
On peut distinguer quatre cas de figure relevant de cette première catégorie, pour laquelle on est en conformité avec la règle concernant le domaine d'emploi du signal R24.

2.1.1.1 Traversées de voies tramway implantées hors emprise routière

	Exemples	Commentaires
	<p><i>Valenciennes, Orléans, Lyon T3, Nantes</i></p>	<p><i>Ce sont de fait des PN au vu de la définition de la convention de Vienne</i></p>

Cette configuration peut se rencontrer en particulier dans le cas de passage du tramway dans des zones de type domaines universitaires ou hospitaliers, avec des implantations hors voirie. Elle existe aussi lorsque le tramway circule sur des emprises ferroviaires, comme par exemple à Valenciennes (partie Ouest de la ligne) ou à Lyon (cas de la ligne T3). On est alors souvent dans un contexte péri-urbain, favorable à des vitesses élevées tant routières que ferroviaires. Ceci peut amener à équiper l'intersection de barrières ou demi barrières, en complément aux signaux R24, dans une logique d'aménagement de PN d'un système ferroviaire léger.

2.1.1.2 Traversées de voies tramway à proximité d'un carrefour giratoire

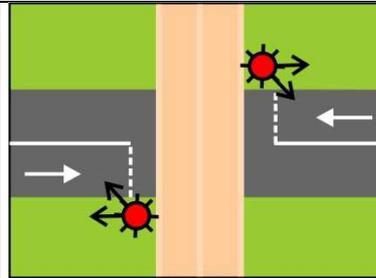
Exemples	Commentaires
	<p>Rouen Nantes Bordeaux</p> <p><i>La proximité du giratoire conduit à différencier ce cas particulier du cas général précédent</i></p>

Cette configuration existe notamment sur certains réseaux anciens, ou dans des zones offrant des opportunités de s'écarter des voiries routières (campus universitaires, zones d'activité nouvelles, ...)

La valeur de 15m a été introduite dans le guide « giratoires et tramways » comme la distance minimale à respecter entre le giratoire et le site TC dans cette configuration. En dessous de cette valeur on considère que l'interaction est forte entre le fonctionnement du giratoire et l'intersection avec le site tramway (dans la codification des lignes de tramways de la base de données accidents de tramway, une telle intersection est codée comme un giratoire).

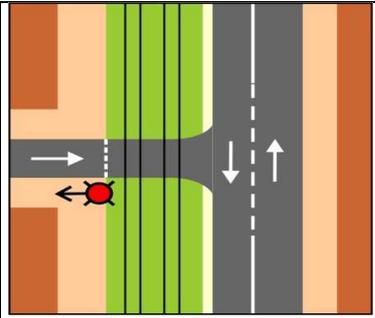
Il s'agit d'une préconisation et non d'une règle précise, la distance acceptable ayant été établie de manière empirique. Il existe des cas d'implantation à des distances légèrement supérieures, pour lesquels l'absence d'interaction n'est pas établie.

2.1.1.3 Traversée de voiries réservées à des bus

Exemples	Commentaires
	<p>Melun Senart (T Zen)</p> <p><i>Ce cas correspond à la transposition de la configuration précédente au TC routier, dans une optique de bus à haut niveau de service (BHNS).</i></p>

Compte tenu du statut de la voie bus qui reste une chaussée routière, on ne peut parler ici d'un « passage à niveau » au sens réglementaire, raison pour laquelle on distingue formellement ce cas du précédent.

2.1.1.4 Traversée de voie TC implantée parallèlement à la voirie par une rue transversale dont le débouché n'est pas géré par de la SLT

	Exemples	Commentaires
	<p>Grenoble, Lyon T1 La Doua,</p>	<p><i>l'absence de mouvement « tourne à » possible depuis la voirie parallèle conduit à considérer ceci comme un franchissement simple (codé comme tel dans la base de données accidents du STRMTG)</i></p>

Cette configuration peut concerner aussi bien des sites Bus que des voies de tramway.

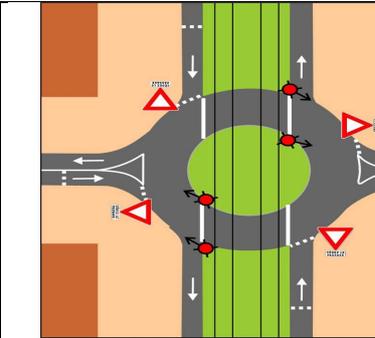
Le choix des signaux R24 s'explique généralement par le parti pris de s'affranchir d'une gestion par SLT des conflits routiers, lorsqu'ils ne posent pas de problème du fait des faibles trafics en cause. Ceci est d'autant plus vrai si la voie parallèle au TC est en sens unique.

2.1.2 Franchissement de voie exclusivement réservée dans une intersection non gérée par de la SLT:

Dans ces configurations où le site TC est implanté dans l'emprise d'une voirie routière, les conflits de circulation générale entre celle-ci et la voie transversale sont gérés en priorité à droite ou par signalisation statique (Stop, cédez le passage) ; les conflits de la circulation sur la voirie transversale avec les piétons cheminant latéralement au TC ne sont pas gérés.

On peut distinguer cinq cas de figure relevant de cette deuxième famille d'utilisation du signal R24, pour laquelle on est en conformité avec la règle concernant son domaine d'emploi

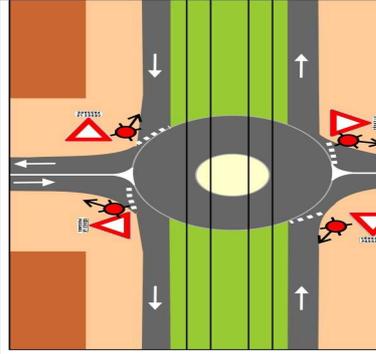
2.1.2.1 Traversée de la chaussée annulaire d'un giratoire par des voies tramway ou bus implantées en site propre

	Exemples	Commentaires
	<p>Nantes, Bordeaux, Angers, Amiens, Toulouse, Mulhouse</p>	<p><i>Dans certains cas, de la signalisation additionnelle existe sur les branches d'entrée (R22j, voire R24 dans des configurations particulières)</i></p>

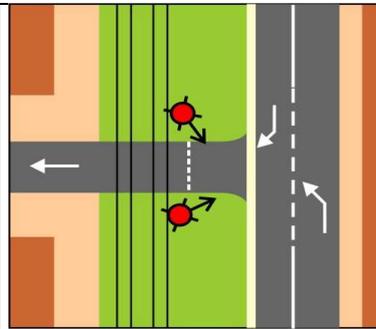
Il existe en pratique une grande diversité de configurations, du fait de différences significatives dans les dimensions de giratoires, du nombre de voies sur les entrées et du positionnement relatif de ces entrées entre elles.

Dans certaines configurations, la proximité de voies d'entrée avec la plate-forme conduit à rajouter des signaux sur ces entrées.

2.1.2.2 Traversée de mini-giratoire par des voies tramway ou bus implantées en site propre

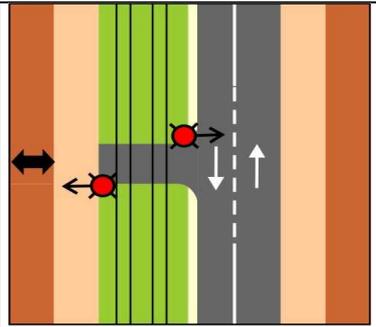
	Exemples	Commentaires
	<p>Nantes, Angers, Amiens</p>	<p>Du fait de son caractère entièrement franchissable, l'implantation des signaux R24 sur l'îlot central est physiquement impossible, et donc reportée aux voies d'entrée de celui-ci.</p>

2.1.2.3 Traversée de site TC implantée parallèlement à la voirie par un mouvement directionnel (TAD ou TAG) entrant dans une rue à sens unique

	Exemples	Commentaires
	<p>Lyon (T1 quai C.Bernard), Lyon T2 (Berthelot)</p>	<p>Le site TC peut être latéral ou axial, et la voirie parallèle à celui-ci à sens unique et à double sens.</p>

Dans ce cas particulier par rapport au précédent (cf. §2114), il n'y a pas de conflit routier entre voies parallèle et transversale, ce qui est d'autant plus favorable à une gestion par R24 du passage des TC.

2.1.2.4 Accès riverain débouchant sur une voie TC implantée latéralement à la voirie

	Exemples	Commentaires
	<p>Lyon T2 St Priest Montpellier</p>	

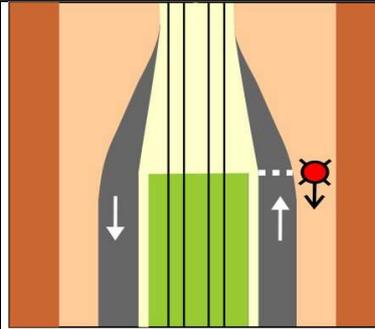
Certains accès riverains peuvent s'apparenter en terme de fonctionnement à de véritables carrefours, soit du fait d'un trafic non négligeable (desserte de copropriétés, de zones commerciales ou de services recevant du public) ou de l'existence de trafics particuliers (livraisons). On se trouve de fait dans des cas similaires à de véritables intersections (cas précédents), et le choix du R24 peut avoir été fait pour les mêmes raisons. On trouve également quelques cas d'accès plus confidentiels où le recours au R24 résulte de mauvaises conditions de visibilité.

2.1.3 Fin de site exclusivement réservée au TC :

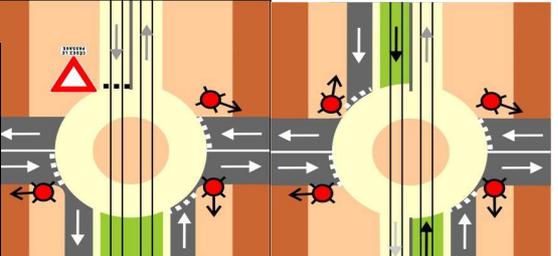
Dans ces configurations, le TC n'est pas en site propre exclusif à l'aval du lieu de conflit.

L'utilisation du signal R24 n'est donc pas conforme à la lettre à la règle, cependant dans une optique de gestion prioritaire du TC et du fait de l'entrée dans le carrefour en site propre, on reste dans l'esprit.

2.1.3.1 1) Passage de site propre avec voirie routière parallèle à site banal hors intersection routière

	Exemples	Commentaires
	Nantes	Il n'y a aucun autre conflit à gérer que celui entre le TC et les véhicules circulant en parallèle, et il n'y a pas de conflit dans l'autre sens.

2.1.3.2 2) Franchissement d'un carrefour sans SLT avec passage de site propre à site banal

	Exemples	Commentaires
	Nantes, Angers	Le site propre peut ne concerner qu'un sens de circulation par branche, en entrée de l'intersection

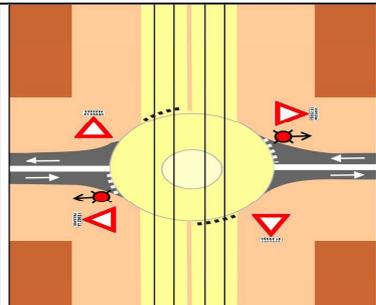
Dans ce cas, les carrefours peuvent notamment être des giratoires ou des mini-giratoires ; les conflits de circulation générale sont alors gérés en priorité à l'anneau.

Ce cas de figure existe de fait plutôt dans des contextes de site mixte (1 sens en site propre, l'autre en site banal), où on profite de la présence de l'intersection pour alterner les sens du site propre. Il est en effet dans ce cas important que le TC soit en site propre en entrée du carrefour.

2.1.4 Gestion de conflit avec TC circulant en site banal ou partagé:

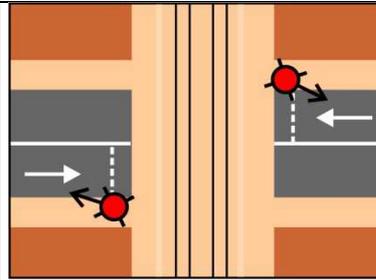
Ce sont des cas très particuliers liés à des contextes où la SLT ne peut être employée sans gros inconvénient. Le TC n'étant pas en site propre exclusif, on est en dérogation avec la règle, mais on reste dans l'esprit d'une gestion du passage du TC en tant qu'événement.

2.1.4.1 Franchissement d'un mini-giratoire en site banal

	Exemples	Commentaires
	<p>Angers</p>	

Le choix de recourir aux signaux R24 est lié dans ce cas de figure à la présence à proximité du carrefour d'une station : la formation de files d'attente au carrefour dans l'hypothèse d'une gestion par feux aurait rendu problématique l'accès du tramway au quai.

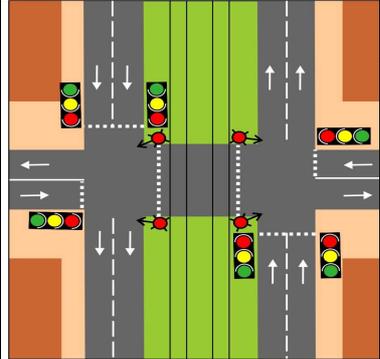
2.1.4.2 Traversée d'une aire piétonne empruntée par un TC, par une voirie routière

	Exemples	Commentaires
	<p>Montpellier (L3)</p>	<p>La rue sécante peut elle même classée en aire piétonne</p>

La présence de signaux R24 ne constitue dans ce cas qu'un renforcement de la priorité de l'axe sur lequel il circule, alors qu'une gestion par signaux tricolores serait antinomique avec l'esprit de l'aire piétonne et poserait des problèmes de crédibilité.

2.1.5 Franchissement de voie exclusivement réservée dans une intersection gérée par de la SLT :

1) Protection en barrage du site propre à l'intérieur d'un grand carrefour géré par SLT

exemples	Commentaires
	<p><i>Paris T3 (Maréchaux) Lyon T3</i></p>
	<p><i>Dans le cas de Lyon, les R24 sont renforcés par des barrières</i></p>

Dans ces grands carrefours gérés par SLT, un stockage des véhicules en tourne à gauche s'organise sur et en amont du site tramway. Les signaux R24 sont utilisés pour interdire aux derniers véhicules stockés la traversée du site propre à l'arrivée du tramway.

Dans ce cas, on déroge à la règle d'emploi du signal R24 « interdit dans les carrefours gérés par SLT ». Cependant, il n'y est pas utilisé pour gérer des conflits routiers ; on reste donc dans l'esprit de la règle, dans une optique de gestion prioritaire du TC en site propre.

On peut d'ailleurs considérer que la situation est assez comparable à celle d'un giratoire, où les conflits entre circulation générale sont aussi gérés en amont au niveau des entrées, mais par des AB3a.

2.2 Indications sur le nombre d'intersections concernées

2.2.1 Intersections avec un site tramway

A partir de la base de données réseau du STRMTG, on dispose à la date de l'étude (automne 2012) d'informations pour 22 réseaux de transport guidé de surface (tramways et bus guidés intégralement) sur 24 réseaux actuellement en service les 2 derniers ayant été mis en service en 2012 ne peuvent être pris en compte.

On y dénombre 6 800 intersections, dont 4 207 traversées piétonnes et cyclables :

Traversées simples	Carrefours avec « Tourne à »	Giratoires et Rond-Points à feux	Traversées piétons et cycles	Accès riverains	Entrées site banal	Autres
638	1 117	210	4 207	306	44	278

Parmi les 2 593 intersections « hors traversées piétons cycles » recensées sur ces réseaux, près de 2000 sont équipées de signalisation lumineuse pour gérer les conflits entre tramway et autres véhicules (soit environ 75%).

Environ 360 intersections sont équipées de signaux R24, et une trentaine renforcées par des barrières (« intersections barrières »). Les intersections avec R24 représentent donc un peu moins de 20% de l'ensemble des intersections avec signalisation lumineuse (et environ 14% de l'ensemble des intersections hors piétons cycles).

Cette proportion monte à plus de 50% pour la configuration giratoires (environ 110 carrefours sur 210 au total, dont près de 200 avec signalisation lumineuse).

On remarque au passage que la configuration giratoires et ronds-points à feux ne représente que 8 % de l'ensemble des intersections (9% si on exclue les accès riverains).

Il convient aussi de noter que le réseau nantais concentre à lui seul environ 30% des carrefours giratoires (65, dont 50 avec R24) et près de 20% des intersections avec signal R24 (66).

2.2.2 Intersections avec un site bus

Outre les réseaux de tramways, un certain nombre de lignes de bus sont également concernées par l'emploi de signaux d'arrêt R24, même si cela demeure encore marginal.

On peut ainsi citer :

- la ligne du Busway à Nantes : conçue et exploitée comme la 4^{ème} ligne de tramway du réseau, elle compte une dizaine de giratoires et mini-giratoires équipés ;
- les premières lignes Chronobus de Nantes, avec des aménagements de giratoires ou mini-giratoires similaires à ceux du Busway ;
- la ligne Tzen n°6 à Melun Sénart avec une quinzaine de giratoires équipés sur 27 carrefours ;
- la ligne 1 à Amiens : principale ligne du réseau, elle comprend 7 giratoires et mini giratoires sur la route d'Abbeville ;
- le giratoire Jacques Duclos à Amiens, circulé par 4 lignes de bus, empruntant 3 des 4 branches.

Par ailleurs, certains projets sont en cours de déploiement, notamment :

- à Nantes, dans le cadre de la suite du programme Chronobus (10 lignes à terme),
- à Amiens, où une deuxième section de la ligne 1 est en cours de traitement avec les mêmes principes que ceux retenus pour le tronçon en service.

La question de l'utilisation de signaux R24 se pose par ailleurs dans le cadre de nombreux projets de BHNS en cours d'étude suite aux appels à projets TCSP lancés ces dernières années (notamment le programme TZen en région Île de France).

Par rapport à cette « population » de quelques centaines de carrefours dotés de signaux R24, rappelons pour mémoire qu'il existe environ 30 000 carrefours à feux en France...

3. Prescriptions et recommandations techniques en vigueur concernant l'emploi et l'implantation des signaux

3.1 Recommandations d'ordre général sur le R24

La référence essentielle en matière d'aménagement et de signalisation liés aux TC demeure aujourd'hui le guide publié en 2000 par le Certu : « *guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs* ».

La signalisation lumineuse y fait l'objet du chapitre 3.



Concernant le type de signal, ce guide préconise « *l'emploi du signal R11v, voire celui du signal du R11j, pour la gestion des traversées de voies TC, et notamment celles de tramway* ».

Cette préconisation est cohérente avec la réglementation en vigueur à la date de parution du guide.

Ainsi le signal R24 n'est présenté que comme une possibilité offerte par la réglementation pour les voies de tramway, et le guide invite à une réflexion approfondie avant de le retenir. Il est dit que ce ne doit être le cas que lorsque « *l'installation de signaux tricolores s'avère techniquement ou financièrement réhabilitaire* » !

Pour ce qui est de l'implantation du signal R24, de sa forme et de ses caractéristiques techniques (dimensions, nombre de feux, etc.), aucune recommandation pratique n'est fournie.

Il est seulement mentionné la nécessité (imposée par l'IISR) :

- l'ajout du panonceau C20c sur le même support,
- et de la signalisation avancée au moyen du panneau A9.

Le guide en question n'a pas encore été actualisé, les enseignements tirés des divers retours d'expérience exploités pour proposer ces évolutions réglementaires et alimenter les pratiques actuelles n'ont donc pas pu être intégrés.

Les évolutions réglementaires de 2009 ne l'ont pas été non plus, notamment celles concernant :

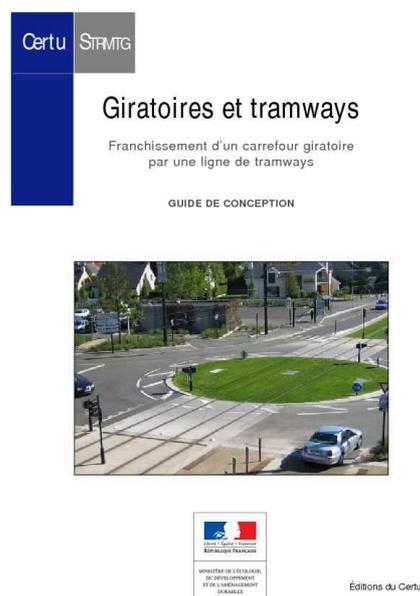
- la préférence générale donnée au signal R24 (cf. § 1.2 ci-avant),
- l'extension aux traversées de sites bus de ligne régulière.

Le guide est de ce fait en contradiction avec l'IISR concernant l'emploi du signal R24.

3.2 Recommandations particulières pour les giratoires traversés par le tramway

Ce type d'intersection a fait l'objet d'un guide spécifique co-édité par le Certu et le STRMTG en 2008. On peut considérer que ceci constitue de fait une actualisation du guide précédent, mais elle n'est que partielle puisqu'elle ne concerne qu'un type particulier d'intersections.

L'ouvrage, élaboré dans le cadre d'un groupe de travail et à partir de l'analyse de retours d'expériences, donne des indications assez précises concernant la géométrie et certaines dispositions constructives (dimensions, nombre de branches, implantation des voies de tramway, îlot central, etc.).



La question de la signalisation, qui est un aspect essentiel du problème dans ce cas, y est traitée, de manière assez cohérente avec les évolutions réglementaires. Ceci s'explique par le fait que les deux chantiers ont été conduits de manière concomitante dans le cadre du groupe de travail partenarial sur la signalisation liée aux TC.

Concernant la signalisation lumineuse, les préconisations essentielles sont les suivantes :

- implantation de la signalisation en barrage, de part et d'autre de la chaussée annulaire,
- implantation variable en hauteur et doublement « si nécessaire » pour en optimiser la perception tant lointaine que proche,
- utilisation préférentielle de signaux R24, à défaut de R11v,
- emploi du R11j prohibé.

La rédaction du guide exclue explicitement l'adjonction de signalisation lumineuse aux entrées des giratoires. Ceci est essentiellement fondé sur des expérimentations et observations sur quelques giratoires nantais, où la signalisation aux entrées (constitué de feux R22j) a été retirée.

Le mini-giratoire n'est pas traité explicitement. Il est seulement fait état de la nécessité d'une étude fine dans le cas où on ne peut pas (ou ne veut pas) implanter de signalisation sur l'îlot central, ce qui est par définition la situation en mini-giratoire !

3.3 Les pratiques sur le terrain

Pour les carrefours giratoires, il convient de distinguer deux cas de figure, selon que l'on est en présence d'aménagements antérieurs ou postérieurs à la rédaction du guide « giratoires et tramways ».

Cependant, il existe dans les deux cas des signaux R24 ou des signaux R11v (voire R11j) comme signaux en barrage.

Les giratoires pré-existants dérogent fréquemment aux principes en vigueur, essentiellement sur les aspects suivants pour ce qui concerne la signalisation :

- présence de signaux R11j en entrée,
- nombre et hauteur minimale des signaux R24,
- non doublement à gauche de l'anneau central.

Par ailleurs, les « vieux » carrefours giratoires dérogent également souvent aux préconisations en terme de géométrie (configuration des branches et dimensionnement des chaussées et de l'îlot central).

La conception des intersections conçues et mises en service depuis la production du guide « giratoires et tramways » s'inspire largement des préconisations contenues dans celui-ci.

De plus, les procédures de second regard et de contrôle appliquées dans le cadre du décret STPG favorisent le rappel de ces dispositions.

En terme de géométrie, une forte contrainte est cependant constituée par la configuration antérieure dans le cas de giratoires préexistants (rayons, nombre et largeurs des voies routières en entrée et sur l'anneau).

On constate aussi que ces préconisations sont transposées pour des intersections qui ne sont pas des giratoires en ce qui concerne la signalisation, concernant par exemple le nombre et les conditions d'implantation (hauteurs, orientation, ...).

Malgré l'absence de cadre réglementaire contraignant, les préconisations du guide « giratoires et tramways » sont également assez souvent reprises dans la conception de carrefours de ce type traversés par des lignes de bus, notamment BHNS.

Toutes les intersections, et particulièrement les giratoires, peuvent par ailleurs faire l'objet de modifications plus ou moins importantes, concernant aussi bien leur aménagement que la signalisation.

Ces évolutions sont imposées par des éléments extérieurs (évolution du contexte urbain, de la trame viaire ou du réseau tramway) ou consécutives à une accidentalité avérée ou à une forte insécurité ressentie du côté de l'exploitant TC.

Les actions sont alors généralement conduites dans une logique de mise en conformité par rapport aux préconisations et bien sûr à la réglementation existante. On peut citer à titre d'exemple les modifications apportées sur le réseau nantais dans le cadre d'un programme pluri-annuel d'amélioration de la sécurité (source SEMITAN).

Ces actions prennent également largement en compte les retours d'expérience locaux, dont la capitalisation est favorisée à la fois par le suivi induit au plan national par le décret STPG (dossiers de sécurité régularisé, rapports annuels, suivi continu par les bureaux de contrôle du STRMTG, Groupe de travail national Rex Tramway), que par une forte implication des AOT et exploitants au plan local en lien avec les forts enjeux de sécurité et de productivité de la réduction de l'accidentalité.

Au final on peut cependant dire qu'il existe un nombre important de carrefours giratoires dérogeant plus ou moins aux recommandations, notamment en matière de signalisation lumineuse.

Il y a en particulier des cas où de la signalisation en entrée a été conservée, généralement du fait de géométrie défavorable. Ceci concerne notamment :

- des entrées à l'amont immédiat de la plate-forme (le signal employé est alors souvent un R24),
- des entrées à deux voies (pour des raisons de capacité), équipées de R22j.

4. Eléments d'appréciation du signal d'arrêt R24

4.1 L'accidentalité liée au R24

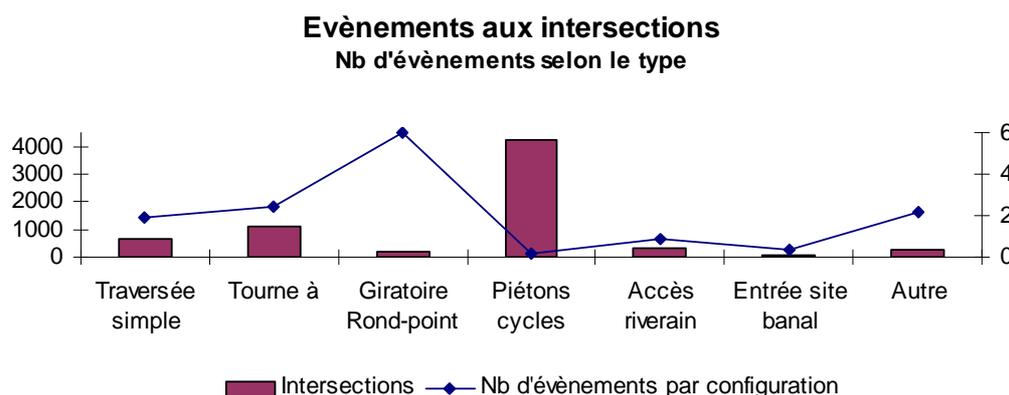
4.1.1 Analyse à partir de la base de données accidents tramway

4.1.1.1 Généralités

Une analyse a été réalisée par le STRMTG à partir de la base de données disponible au 1^{er} octobre 2012. La nouvelle codification des lignes de tramway ayant été introduite récemment (2011-2012), elle n'est pas encore consolidée. De ce fait, la présente analyse de l'accidentalité des intersections, comparée selon leurs configurations, présente des marges d'incertitude sur les résultats, qui seront à gommer dans le temps. L'analyse porte sur 6800 intersections codifiées et 6884 « événements¹ » de type accidents voyageurs ou collisions avec tiers, qui se sont produits aux intersections sur la période 2004-2011.

La base de données accident tramways est administrée par le STRMTG et constituée à partir des déclarations d'événements des exploitants

Ces événements concernent tous les types d'intersections répertoriés dans la base (voir ci-après la répartition en nombre des intersections),



L'indicateur retenu, appelé « nombre d'événements selon le type » est le rapport du nombre d'événements survenus sur un type d'intersection au nombre d'intersections de ce type.

Ce rapport de la répartition des événements (selon les configurations) à la répartition de ces configurations nous semble assez représentatif du « niveau de risque » de celles-ci, bien qu'il ne permette pas de prendre en compte les flux tramway et autres usagers sur chaque type d'intersection. sur un giratoire, le niveau de trafic routier n'est par exemple pas comparable à celui d'une sortie riveraine.

Compte tenu de la grande diversité dans les types d'intersection et de la variété des signalisations additionnelles pouvant exister sur celles-ci, il n'est pas pertinent de comparer globalement sur l'ensemble des intersections les valeurs de ce ratio selon le type de signaux gérant les conflits tram/tiers.

¹ A la différence du fichier BAAC, cette base ne recense pas seulement les accidents corporels, mais tous les événements impliquant le tramway.

Il convient plutôt d'analyser chaque famille d'intersections séparément. Pour les raisons évoquées plus haut (fiabilité des données), nous avons choisi de privilégier l'analyse des configurations les plus représentatives - en nombre - de la problématique du signal R24, soit :

- les traversées simples,
- les « tourne à »,

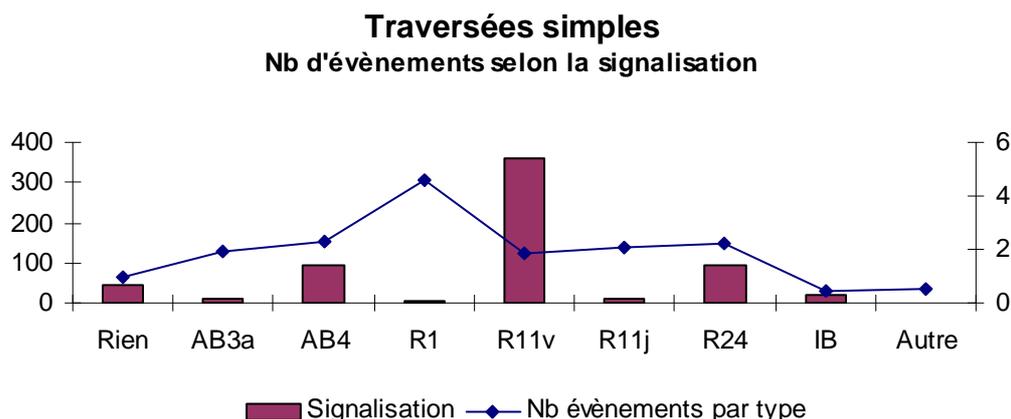
Définition du « tourne à » dans la base : *intersection - hors giratoire et rond-point* - où un usager routier circulant sur une voie parallèle à la voie de tramway peut tourner à droite ou à gauche pour traverser la plate-forme (ce mouvement étant réglementairement autorisé).

- les giratoires ou ronds-points à feux,
- et les accès riverains.

4.1.1.2 Résultats par type d'intersections

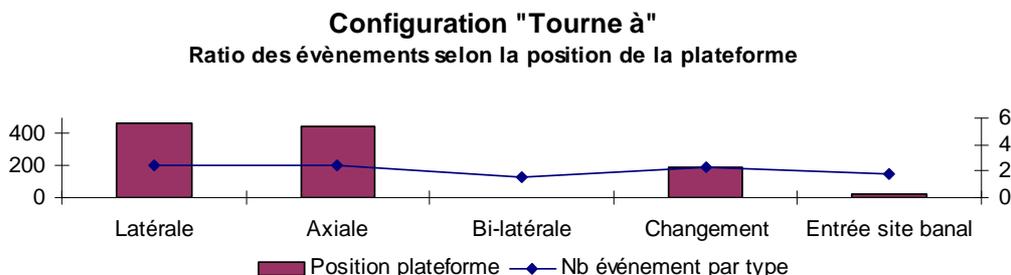
Les traversées simples

Le signal R11v, utilisé sur le plus grand nombre de ces configurations, présente un ratio « événements » légèrement meilleur que les autres signaux (Stop, R11j ou R24) ; le rapport entre le R11v et le R24 est de 1 à 1,2 (1,85 contre 2,23).



Les carrefours avec « Tourne à »

On a pu vérifier au préalable que la position de la plate-forme tramway par rapport à la voirie parallèle avait peu d'impact sur le ratio des événements. Cette caractéristique n'a donc pas été prise en compte pour la suite de l'analyse.



La comparaison globale pour l'ensemble de ces configurations pourrait laisser croire que le signal R24 en barrage présente un meilleur ratio que le R11v.

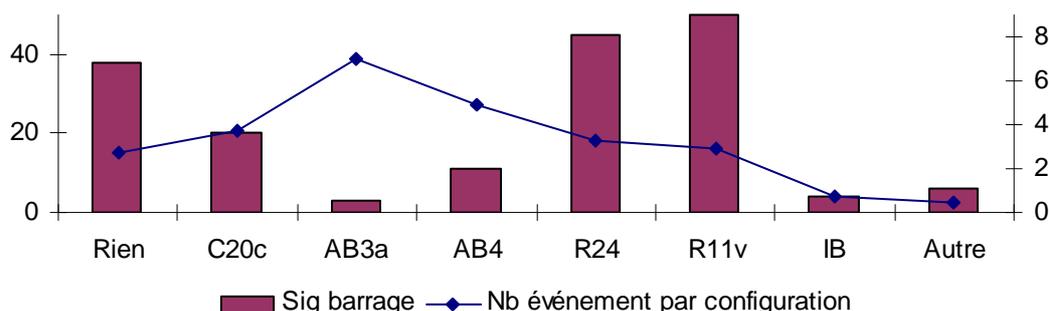
Il est cependant hasardeux de faire abstraction pour ces carrefours de la signalisation placée en amont, d'autant qu'elle participe directement à la gestion du conflit tram/tiers dans la majorité des cas où il n'y a rien (ou seulement un C20c en barrage)...

Pour comparer les signalisations en barrage, nous analyserons donc séparément les configurations de signalisation en amont les plus représentatives en nombre, à savoir :

- pas de signalisation,
- R11v,
- R11v avec voie dédiée au mouvement « tourne à ».

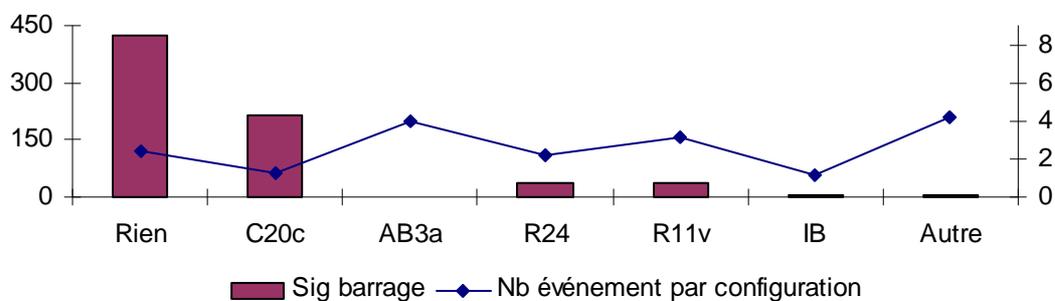
La signalisation avec R11v en amont est la plus importante en nombre. La configuration avec R14 en amont n'apporte pas d'éléments de comparaison entre R11v et R24, car il n'y a alors pas de signal R24 en barrage.

Configuration "Tourne à" sans signalisation amont
Ratio des événements selon la signalisation en barrage



Dans cette configuration sans signalisation amont, le ratio de la signalisation R11v en barrage est légèrement meilleur que celui du R24 (2,90 pour 3,31).

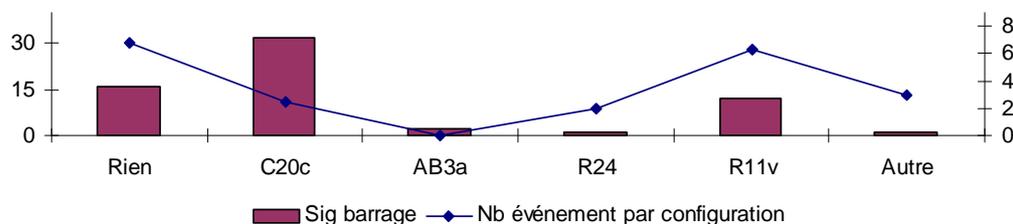
Configuration "Tourne à" avec R11v en amont
Ratio des événements selon la signalisation en barrage



Les meilleurs ratios sont obtenus avec les intersections barrières, ou le seul panneau C20c en barrage.

Le ratio du R24 est meilleur que celui du R11v avec un rapport de 1 à 1,4 (2.19 contre 3.14).

Configuration "Tourne à" avec voie dédiée et R11v en amont
Ratio des évènements selon la signalisation en barrage



La signalisation avec R24 en barrage étant très peu utilisée dans cette configuration, la comparaison ne peut pas être très significative. On notera que le ratio obtenu avec la signalisation R11v en barrage est équivalent à celui des intersections sans signalisation en barrage.

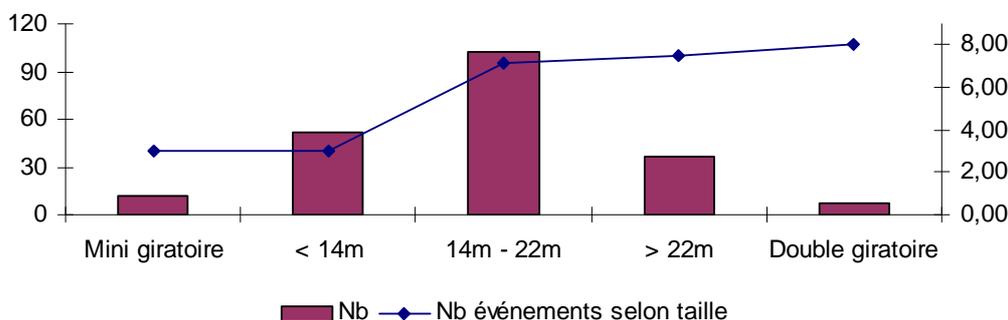
Les giratoires.

Comme on l'a vu précédemment, il existe sur le terrain une très grande diversité de configurations de giratoires traversés par le tramway, selon plusieurs variables qui se croisent :

- taille du giratoire (rayon extérieur),
- nombre de voies sur l'anneau,
- existence et type de signalisation en entrée,
- existence et type de signalisation en barrage.

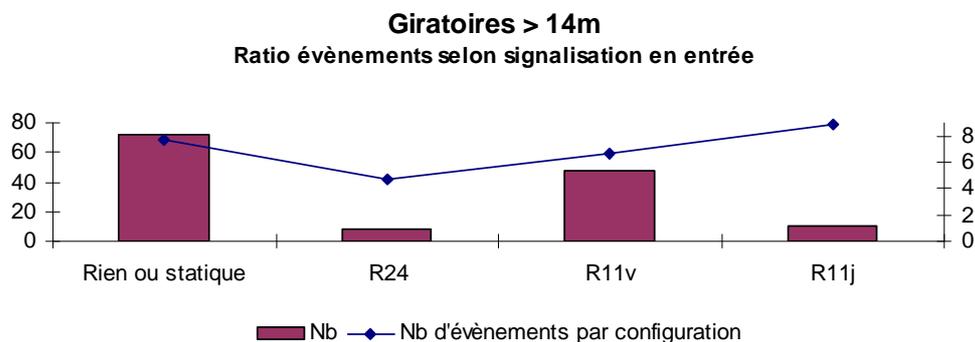
Encore plus que pour les carrefours « tourne à », la comparaison globale selon les signaux R24 et autres en barrage sur tous les giratoires serait donc hasardeuse.

Giratoires
Ratio évènements selon la taille



Le graphe ci-dessus montre que la taille a une influence sur le ratio des événements. Cependant, même la comparaison sur certains regroupements selon cette seule variable (exemple : giratoires de rayon inférieur à 14 m) reste peu pertinente, du fait de l'incidence d'autres facteurs (signalisation en entrée par exemple).

Par exemple, la répartition des grands giratoires selon leur signalisation en entrée n'est pas homogène. Le graphique suivant illustre cette disparité.

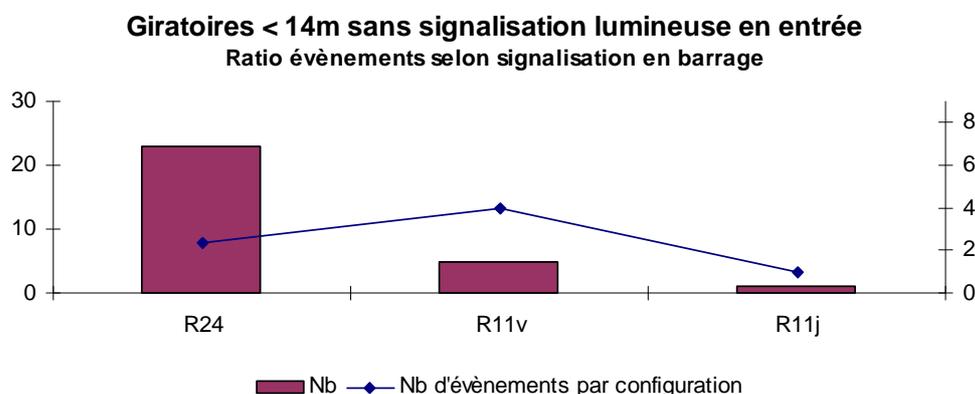


Il convient aussi de raisonner sur des échantillons suffisamment significatifs en nombre d'intersections.

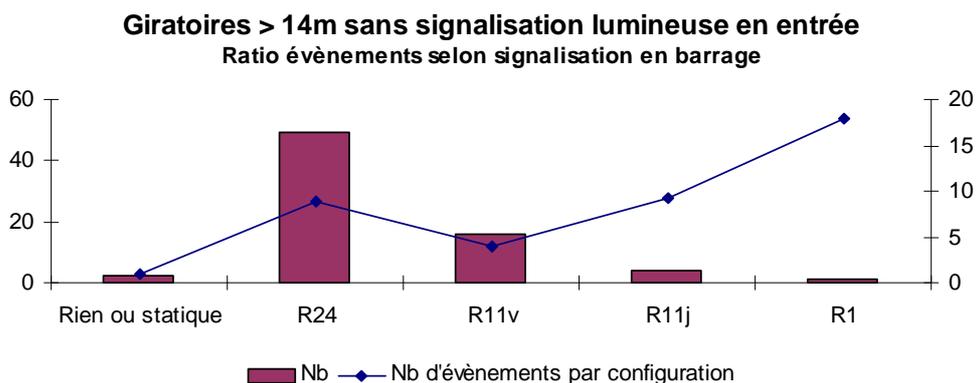
Cela nous amène par exemple à ne pas faire l'exercice sur les mini-giratoires et doubles giratoires (respectivement 12 et 7 unités), et nous pouvons distinguer 2 familles principales : les petits giratoires (rayon < 14m) et les grands (rayon > 14m).

De même la population des petits giratoires (rayon < 14m) équipés d'une signalisation en entrée est trop faible pour permettre une analyse pertinente (R24 : 6, R11v : 9 et R11j : 8).

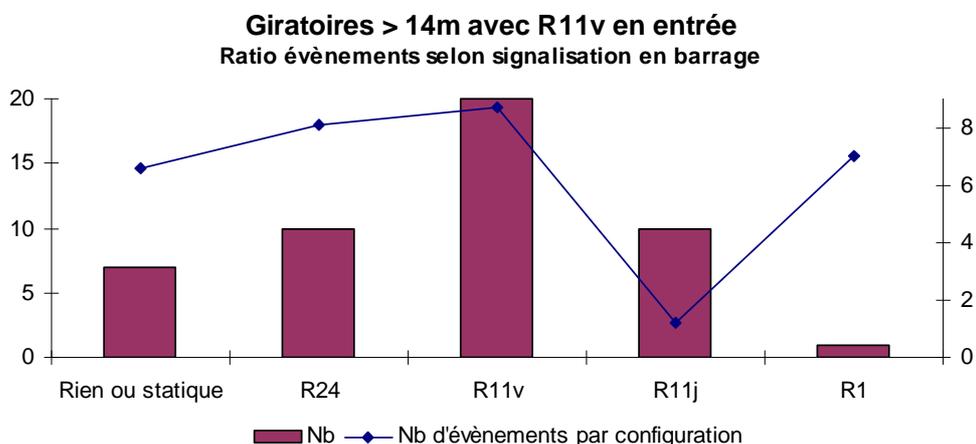
L'analyse ne portera donc pour les petits giratoires que sur ceux sans signalisation en entrée. Pour les grands giratoires, nous analyserons l'impact de la signalisation en barrage sur les familles les plus « représentatives », à savoir sans signalisation en entrée ou avec R11v aux entrées.



Pour ces giratoires, sur lesquels la signalisation en barrage la plus fréquente est le R24, les ratios « événements » sont favorables au R24 et R11v (2.39 contre 4,00), mais le nombre de carrefours avec R11v est faible.



La configuration avec R24 en barrage est la plus nombreuse sur cette famille de « grands » giratoires. Le ratio des événements est meilleur avec le R11v qu'avec le R24 (3.94 contre 8.86).

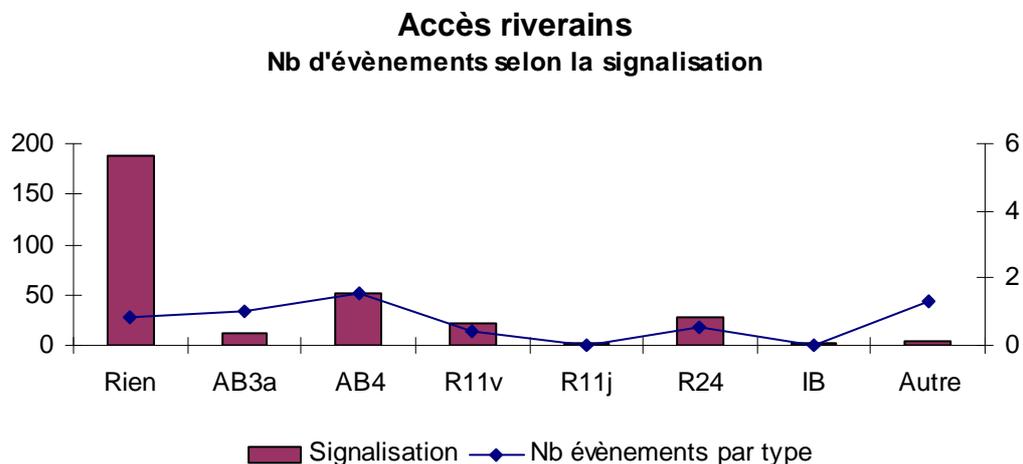


La configuration avec R11v en barrage, des grands giratoires avec R11v en entrée, est la plus importante. Les ratios « événements » des signalisations en barrage R24 et R11v sont équivalents (8,10 contre 8,70). On remarquera aussi qu'ils sont plus mauvais que ceux des autres carrefours (rien ou R11j) mais les effectifs en cause sont faibles.

Par ailleurs, on constate que la largeur de l'anneau, qui est une caractéristique identifiée pour tous les giratoires par le nombre de voies sur celui-ci, a un impact négatif sur le ratio « événements », quelle que soit la taille des giratoires. Il n'a cependant pas exactement les mêmes conséquences selon la taille des giratoires, les « petits » (< 14m) étant les plus sensibles.

Les accès riverains

Comme pour les traversées simples, la présence de panneau C20c ne s'avère pas discriminante pour le ratio étudié ; ce critère n'a donc pas été pris en compte pour l'analyse des accès riverains selon les différentes signalisations.



Les accès riverains sans signalisation représentent (logiquement) la plus grande part de ces configurations.

On constate que les signalisations R11v et R24 ont les meilleurs ratios et qu'ils sont équivalents (0,41 pour 0,52).

Synthèse

Compte tenu des réserves énoncées sur la fiabilité de la nouvelle codification encore non stabilisée, ces résultats doivent être pris avec précaution, tant en terme de finesse dans la précision de l'indicateur que d'exhaustivité. Par exemple, une vérification de la codification des intersections « autres » s'impose.

Cependant, d'une façon générale, l'exploitation de la base confirme que les giratoires d'une manière générale constituent une « configuration à risque », devant les « tourne à », les traversées simples et les accès riverains, avec des écarts importants concernant le ratio « événements » retenu.

Concernant la comparaison entre signaux d'arrêt, qui est l'objectif de la présente analyse, elle a été conduite sur les signaux en barrage ; une telle analyse n'a de sens que si on raisonne sur des configurations homogènes selon d'autres variables caractéristiques essentielles de celles-ci, et non sur l'ensemble des carrefours.

Pour ces familles représentatives et homogènes d'intersections routières de voies tramway, on ne constate pas de tendance nette ni constante en faveur de l'un ou l'autre des signaux, puisque :

- selon les cas l'un ou l'autre présente un « meilleur » ratio,
- et dans tous les cas les écarts sont faibles, surtout en regard de ceux mis en évidence entre type de carrefours (giratoires / ensemble des autres types)

Récapitulatif des ratios pour les familles étudiées

Configuration	R24	R11	commentaires
Traversées simples	2,23	1,85	La présence du signal C20c n'a pas d'influence. Le R11v est la signalisation majoritaire de ce type de traversée
Tourne à sans signalisation amont	2,90	3,31	Le positionnement de la plateforme tramway par rapport à la (aux) voie(s) routière(s) n'a pas d'impact sur l'accidentologie de cette configuration.
Tourne à avec R11v en amont	2,19	3,14	Le R24 présente un ratio équivalent à celui du R11v (positionnés en barrage), quelle que soit la signalisation positionnée en amont.
Tourne à avec R11v sur voie dédiée en amont	*	6,25	* <i>1 seul carrefour</i>
Giratoire R<14 sans sig. en entrée	2,39	4,00	Les ratios pour la signalisation par R24 est meilleur que pour le R11v, mais le nb de carrefours avec R11v faible
Giratoire R>14 sans sig. en entrée	8,86	3,94	le R24, signalisation en barrage la plus fréquente, est moins efficace que le R11v.
Giratoire R>14 avec R11v en entrée (ronds-points à feux)	8,10	8,70	Les signalisations en barrage par R24 ou R11v sont équivalentes (et les ratios élevés)
Accès riverains	0,52	0,41	La présence du signal C20c n'a pas d'influence. Les signalisations par R24 et par R11v sont équivalentes

En l'état actuel des informations disponibles, **l'analyse des données de la base « accidents tramway » ne permet donc pas de conclure que l'emploi du signal R24 est fondamentalement plus accidentogène que le recours à d'autres signaux, et notamment au signal R11v.** Ceci concerne la signalisation implantée en « barrage » et est valable sur toutes les traversées de voies de tramway pour lesquelles on dispose de données statistiquement significatives et représentatives.

4.1.2 Enseignements des enquêtes du BEA-TT

Parmi les enquêtes conduites par le Bureau d'enquêtes sur les accidents de transports terrestres (BEA-TT) concernant les transports guidés, dont les rapports sont validés², quatre sont relatives à des collisions entre tramways et véhicules routiers à des intersections (cf. synthèse en annexe 1).

Carrefours	Type	Caractéristiques particulières	Signaux lumineux
Saint-Herblain <i>Nantes</i>	Giratoire R25 m 5 branches	Entrées à 2 voies Chaussée annulaire large périurbain (grands ensembles collectifs) voiries routières importantes	R22j en entrée R24 en barrage
Orvault <i>Nantes</i>	Giratoire R 25 m 5 branches	Entrées à 2 voies à proximité de la plate forme Chaussée annulaire large périurbain de type commercial voiries routières importantes	R22j en entrée R24 en barrage
Olivet <i>Orléans</i>	Traversée simple	2x2 voies Périurbain de type rase campagne (boisé/haies) masque à la visibilité voirie routière importante	R11j doublé à gauche sur le TPC
Denain <i>Valenciennes</i>	Traversée simple	Environnement urbain routier /non urbain tramway visibilité réciproque très limitée : visibilité à moins de 15m de part et d'autre (angle bâti)	R24 doublé à gauche

Trois de ces enquêtes concernent donc des intersections où les conflits avec le tramway sont gérés par signal R24, dont deux sont des grands giratoires à Nantes et l'autre une traversée simple à Valenciennes. Sur la quatrième (traversée simple), ce conflit est géré au moyen de signaux R11j.

Dans les 4 cas, le BEA-TT conclut que le non respect de la signalisation routière est la cause directe de l'accident ; les problèmes de visibilité de l'aménagement (mauvaise perception de l'infrastructure tramway), de co-visibilité entre tramway et véhicules

² Ces rapports sont disponibles sur le site du BEA-TT : <http://www.bea-tt.equipement.gouv.fr>

routiers, et d'ambiguïté de la signalisation (dans les cas avec R24) sont mis en avant comme facteurs contributifs possibles.

Il convient cependant de noter que chacun de ces accidents constitue un cas particulier, avec de nombreux éléments entrant en ligne de compte (configuration des lieux, contexte géographique, circonstances, comportement des impliqués, etc.) et qu'il n'est objectivement pas possible de tirer de conclusion générale sur l'efficacité du signal R24 à partir de ces 4 événements.

4.1.3 Autres éléments disponibles

Outre ces deux principales sources, quelques autres éléments peuvent être capitalisés pour alimenter la réflexion en matière d'accidentologie en lien avec le signal R24.

4.1.3.1 Etude de dix carrefours tramway « accidentogènes » (STRMTG, 2012)

Le STRMTG a confié au Pôle de Compétence et d'Innovation « Interface TC Voirie » (CETEs Méditerranée/Lyon) une étude sur dix carrefours, considérés comme accidentogènes à partir des événements recensés ou du sentiment d'insécurité ressentie exprimé par les exploitants. Parmi les intersections étudiées, quatre sont gérées par des signaux R24 (deux giratoires, une traversée franche à proximité d'un giratoire et un carrefour avec tourne à gauche. Deux autres, qui sont gérées avec des signaux R11j, peuvent également fournir des éléments instructifs compte tenu de leur configuration (un giratoire et une traversée à proximité immédiate d'un giratoire).

Les mêmes réserves s'imposent que pour les enquêtes BEA-TT concernant le caractère non généralisable des conclusions. On constate cependant que **les problèmes de lisibilité des aménagements, de co-visibilité et d'influence du contexte sont là encore largement aussi prégnants que le type de signalisation utilisé et la question de sa compréhension.**

Concernant la signalisation, on peut noter des problèmes de non respect du signal R11j aussi importants que pour le signal R24. L'analyse des procès verbaux des accidents corporels laisse par ailleurs apparaître dans certains cas un problème de non-perception des signaux par les usagers (alors qu'ils sont en apparence très visibles).

Par ailleurs, l'analyse pointe, pour le cas des giratoires, le conditionnement des usagers par l'infrastructure qui semble les conduire à anticiper leur arrivée sur ce type de carrefour et à adapter son franchissement en focalisant leur attention sur les autres usagers routiers. On note par ailleurs l'évocation fréquente de la recherche d'itinéraire et de problèmes d'orientation sur ces lieux complexes.

4.1.3.2 Retour d'expérience sur des carrefours giratoires traversés par des bus (Certu, en cours)

Cette étude concerne des configurations variées, tant au plan de la géométrie que du niveau de service du système TC, des modalités d'insertion des bus dans les intersections et de la signalisation utilisée pour gérer celle-ci ; parmi les cas étudiés, on peut relever :

- les giratoires traversés par le Busway de Nantes (gestion par R24),
- les giratoires traversés par la ligne 1 d'Amiens (gestion par R24),

- les ronds points à feux traversés par les deux lignes BHNS de Toulouse (gestion par R11),
- les giratoires traversés par le TZen Melun Sénart Corbeil (gestion par R24).

L'étude, qui n'est pas terminée, ne se limite pas à l'accidentologie ; cependant des informations sont récoltées concernant les accidents survenus depuis la mise en service de ces systèmes.

On peut noter par exemple :

- le faible nombre d'accidents survenu sur la ligne 1 d'Amiens (un seul accident pour les 7 carrefours en 3 ans d'exploitation),
- la répartition hétérogène des accidents sur le Busway, avec une accumulation sur certains carrefours et l'absence d'accidents sur d'autres,
- le même phénomène sur la première ligne de TZEN.

Globalement , il en ressort là encore la prédominance des questions de visibilité de l'aménagement, d'incidence du contexte physique, de co-visibilité des usagers et de perception de la signalisation comme facteurs explicatifs des accidents.

4.1.3.3 Suivi des modifications sur les giratoires nantais

A l'occasion des travaux du Groupe de travail sur la signalisation liée aux TC, la Communauté Urbaine de Nantes Métropole et la SEMITAN, exploitant du réseau ont communiqué des éléments relatifs au suivi du « mandat sécurité » en cours de mise en œuvre.

Dans ce cadre, il est notamment procédé à la modification de carrefours giratoires sur les lignes de tramway ; elle concerne essentiellement la géométrie (largeur d'anneau, nombre de voies en entrée) et la signalisation lumineuse (renforcement des R24, suppression des feux en entrée).

Concernant les R24, le renforcement consiste au doublement sur chaque support, avec fonctionnement alterné, à des orientations différenciées pour une meilleure perception par les usagers en approche comme en pied de feux, une répétition en direction de certaines entrées proches des voies tramway).

Le suivi précis de l'accidentalité effectuée sur le réseau met en évidence à cette occasion (cf. annexe 2 fiche n°13) :

- l'impact positif du renforcement des signaux R24,
- l'impact positif de la réduction de largeur de l'anneau,
- l'impact négatif de la suppression de signaux R22j sur les entrées à deux voies.

4.1.4 Synthèse en matière d'accidentologie

La mise en cause du signal R24 comme étant un facteur accidentogène majeur a été favorisée par différents éléments comme

- la gravité avérée de certains accidents,
- une sur-exposition médiatique en lien avec des scénarios dramatiques,
- une accumulation d'accidents sur de nouveaux réseaux et/ou sur certains carrefours,
- la mise en exergue d'inconvénients supposés ou réels du signal.

Au vu des résultats disponibles en matière d'accidentologie, tant quantitatifs à partir de la base de données accidents tramway ou de certains suivis particuliers au niveau local, que qualitatifs dans le cadre d'études particulières et d'enquêtes relatives à certains accidents, **il n'est objectivement pas possible de confirmer cette tendance.**

L'analyse des accidents qui surviennent sur des intersections pouvant être équipées de signaux R24 font apparaître, qu'elles le soient effectivement ou gérées avec d'autres signaux, de manière récurrente des problèmes

- de conception et de lisibilité globale de l'aménagement,
- de lisibilité et de perception de l'infrastructure TC,
- de visibilité ou de perception de la signalisation,

lesquels sont probablement largement autant en cause que la nature de la signalisation dans le non respect de celle-ci.

A ce propos, la question de la perception réelle des signaux par les usagers en approche de l'intersection mérite sans doute d'être creusée, notamment par rapport aux performances lumineuses des signaux utilisés (il existe à ce sujet une étude réalisée par la Communauté Urbaine de Bordeaux, cf. annexe 2 fiche n°10).

Ce problème est particulièrement prégnant pour les carrefours giratoires, qui posent un problème d'adéquation entre le fonctionnement en priorité à l'anneau et la priorité recherchée pour le TC en entrée et en traversée. L'étude réalisée en 1992 par le CETE Normandie Centre – et complétée par une nouvelle étude spécifique aux deux roues motorisée en cours de validation – donne à ce sujet des éléments intéressants (cf. annexe 2 fiche n°2).

L'analyse quantitative confirme en revanche l'accidentalité globalement plus élevée pour ce type de carrefours, à propos duquel le retour d'expérience de Nantes sur l'impact négatif du retrait des signaux R22j en entrée pose question.

4.2 Comportement des usagers vis à vis du R24

4.2.1 Compréhension du signal R24

Une étude menée en laboratoire par le CETE Normandie Centre en préalable à l'expérimentation d'un nouveau signal pour les PN SALO (cf. annexe 2 fiche n° 9) montre une certaine confusion dans l'esprit des gens entre dysfonctionnement, danger, alerte, arrêt, ..., alors que le rouge fixe est clairement associé à arrêt obligatoire et interdiction (et le vert à autorisation). Mais cette enquête a été menée sur de petits échantillons de personnes (15 en pré-test, puis une centaine).

Il est vrai que le clignotement est très utilisé dans la vie courante pour signaler des dysfonctionnements ou des alertes. C'est aussi le cas pour les signaux routiers puisque la mise au clignotant général est la règle pour les signaux tricolores en situation dégradée, alors que le signal R1 feu jaune clignotant est destiné à compléter la signalisation statique de danger, le balisage ou la signalisation avancée de priorité. Rappelons à son propos qu'il ne doit donc jamais être employé seul ni en position dans une intersection.

Cependant, même si on parle souvent à tort de feu orange au lieu de jaune, le clignotement suffit-il à favoriser la confusion entre jaune et rouge, alors que ceci n'est pas évoqué concernant les feux fixes. On fait d'ailleurs abstraction de ce clignotement quand on avance comme inconvenient du R11j la confusion possible entre jaune clignotant et jaune fixe !

Sur ce plan, on peut penser que la source de la confusion éventuelle est au moins autant dans les emplois inappropriés de signaux jaunes, voire dans leur couleur effectivement quelquefois (très) orangée.

Les études menées sur le terrain relatent en majorité que ce feu est connu des usagers (ex. : évaluation du dispositif R24 (cf. annexe 2 fiche n°8); suivi des IB le Lyon T3 (cf. annexe 2 fiche n°12). Cependant, il est souvent associé à l'arrivée (imminente) d'un train et/ou à la fermeture des barrières de passage à niveau (image collective).

Lorsqu'il n'est pas directement associé à l'obligation d'arrêt, il l'est à la notion de danger, en lien avec l'arrivée du tramway dans le cas qui nous concerne.

Sur les PN et plus généralement en cas de présence de barrières, l'utilisateur intègre le fait que le train ne passera certainement pas avant que celles-ci soient fermées, ce qui l'encourage à franchir jusqu'au dernier moment. C'est ce qu'on a pu observer sur certains PN comme sur la ligne de tramway T3 de Lyon (cf. étude du Cete déjà citée).

En l'absence de barrières, l'imminence du danger n'est pas forcément ressentie par l'utilisateur routier qui ne voit pas le tramway ou le bus, ou qui en évalue mal la distance et la vitesse. Il semble donc plutôt que le signal soit mal interprété parce que justement trop bien compris comme étant l'annonce d'un danger, dont l'utilisateur considère qu'il n'est pas forcément aussi immédiat que cela.

Reste aussi que le comportement observé n'est pas non plus toujours en adéquation avec la signification d'alerte ou de danger attribué au signal par ceux qui prétendent ne pas le comprendre. On peut aussi douter de la bonne foi d'utilisateurs pris en flagrant délit de non respect, lorsqu'ils avancent cet argument lors des constats ou procès verbaux consécutifs à des accidents, comme c'est souvent le cas.

La confusion avec le signal jaune clignotant est plus plausible, en particulier lorsqu'il y a juxtaposition ou grande proximité des deux dans une même intersection (cf. enquêtes BEA TT sur accidents de Nantes Orvault et St Herblain).

A ce sujet, il convient de mettre en parallèle la signification des deux signaux :

- R22j, jaune clignotant : autorisation de passage,
- R24, rouge clignotant : obligation de s'arrêter.

4.2.2 Respect du signal R24

Les études relatives à des traversées de voies tramway comme sur des PN, semblent montrer que le niveau de respect du signal dépend plus du contexte que du signal lui-même, à quelques exceptions près. La crédibilité du signal est un aspect essentiel, quel qu'en soit le type.

Le suivi des intersections de la ligne T3 du tramway de Lyon (traitées en PN avec R24 et barrières) montre que, dans les 3 premières secondes d'allumage du rouge clignotant, plus d'1 usager sur 2 franchit le feu, (durée correspondant au jaune du feu tricolore) et 1 sur 10 au delà des 3 secondes et jusqu'à la fermeture de la barrière (cf. annexe 2, fiche n°12). Le taux de franchissement des feux tricolores au jaune sur l'agglomération lyonnaise n'est certainement pas inférieur (voir à ce sujet les relevés d'infraction sur un carrefour - cf. annexe 2 fiche n°11).

Une expérimentation réalisée par la SNCF en 1986 (cf. annexe 2, fiche n°1) avait montré que le remplacement du signal R24 par un signal bicolore jaune / rouge (fixes) à un PN avec barrières ne modifiait pas significativement le comportement des usagers (à contexte identique). Il s'avère que c'est essentiellement la perception immédiate du danger qui poussent beaucoup d'usagers routiers à s'arrêter...

Une étude de la ZELT réalisée en 2001 sur 5 carrefours (13 entrées) montre que 6% des franchissements des feux se font au jaune et 2,9% au rouge (dont un quart au delà des 2 premières secondes de rouge). Ceci correspond à un franchissement au rouge tous les 10 cycles de feux. On retrouve ces taux de franchissements au jaune et au rouge lors des campagnes de mesures préalables à l'installation des radars de contrôle automatisé de feux rouges. L'étude a aussi mis en évidence une dégradation de la situation par rapport à des mesures antérieures (1985) avec une hausse de 15% du nombre d'infractions.

Ces taux de franchissements illicites sont à rapprocher de ceux observés sur 6 giratoires de l'agglomération nantaise équipés de R24 pour gérer les traversées par le tramway (3 giratoires) et le Busway (3 giratoires) en 2007 (cf. annexe 2, fiche n°6) : le taux global (équivalent jaune + rouge) est de l'ordre de 2% (un peu moins pour le tramway, un peu plus pour le Busway), moins de 1% pour les franchissements tardifs.

Il est couramment affirmé que le signal R11j est moins bien compris des usagers ; ceci est d'ailleurs énoncé dans l'IISR comme argument pour en réserver l'utilisation à des cas particuliers après étude détaillée.

Les évaluations réalisées dans les années 2000 sur des giratoires nantais, où l'on a remplacé des signaux R11j par des R24, allaient dans ce sens puisqu'elles concluaient à un meilleur taux de respect de ces derniers.

A l'inverse, l'analyse du cas du giratoire des Faienciers à Marseille pourrait laisser croire le contraire, avec une nette amélioration de l'accidentalité suite au remplacement des R24 par des R11j. Cependant ces résultats sont à relativiser par le fait que l'on a aussi ajouté des R22j aux entrées, et rendu plus perceptible l'îlot central du giratoire par des bordures émergentes.

Le remplacement de signaux R24 par des feux tricolores R11v sur deux franchissements simples de la ligne T2 de Lyon à Saint Priest en 2011 a fourni une autre opportunité d'évaluation comparative (cf annexe 2, fiche 14). Il en est ressorti après la première observation avec les signaux R11v en juin 2011 un respect légèrement meilleur de ce dernier, notamment au delà des 5 secondes (jaunes compris) et après passage du tramway, sans que les écarts avec le signal R24 soient réellement significatifs.

Une nouvelle campagne réalisée en juin 2012 montre une dégradation du respect du signal R11v, avec des comportements qui tendent à se rapprocher de ceux observés avec le signal R24 sur un des carrefours.

L'analyse de ces différentes études ne nous permet donc pas de dire que le signal R24 est moins bien respecté que les autres signaux, la différence entre R24 et R11v n'étant pas réellement significative. Elle conduit surtout à insister sur les limites en termes de généralisation des résultats obtenus à partir d'observations sur des carrefours particuliers où les comportements peuvent être fortement influencés par le contexte local et la configuration géométrique des lieux. D'éventuelles évolutions de ce contexte, ainsi que des modifications concomitantes de la géométrie ou du fonctionnement peuvent par ailleurs biaiser les résultats.

4.3 Analyse comparative entre R24 et autres signaux d'arrêt lumineux

4.3.1 Les inconvénients du signal R24

Le premier inconvénient du signal R24 réside probablement dans sa « rareté » .

Il est assez spontanément associé aux barrières de passage à niveau avec lequel on le trouve généralement (c'était le cas dans les réponses des usagers interrogées dans l'étude sur les intersections de Lyon T3, mais il convient de noter que celle-ci a justement été réalisée sur des intersections avec barrières).

Cela peut cependant d'une manière générale s'expliquer par la très grande prépondérance des cas de signaux R24 avec barrières par rapport aux cas de R24 seuls, et notamment des passages à niveau de type SAL2 ou 4 (11000 environ, contre 60 SAL0 et quelques centaines de carrefours tramway).

Les cas d'utilisation sans barrières sont donc rares (surtout en relatif par rapport aux signaux tricolores), et utilisé dans des configurations diverses (traversées de voies TC, ponts mobiles, tunnels, couloirs d'avalanches, aires de danger aérien, sortie pompiers).

En corollaire de ce caractère peu répandu, on peut penser qu'il est moins adapté sur des itinéraires de transit que sur des voiries à trafic essentiellement local (un indice sur ce point est la forte proportion d'usagers étrangers au secteur dans les accidents, relevée par exemple sur des giratoires nantais ou bordelais (cf. étude carrefours accidentogènes).

On notera cependant qu'aucune campagne de communication de grande ampleur n'a été menée pour remédier à cette méconnaissance au plan national, les seules initiatives en la matière au plan local étant généralement liées à la mise en service de lignes tramway. La problématique du signal R24 est alors noyée dans celle plus générale de la cohabitation entre tramways et autres usagers.

Un deuxième inconvénient du signal R24 est constitué par son caractère clignotant, qui faciliterait sa confusion avec un feu jaune clignotant. Comme cela a déjà été signalé (cf. §421), la banalisation de cette caractéristique essentielle liée à la multiplication de signaux clignotants dans l'espace urbain (signaux routiers mais aussi gyrophares, enseignes publicitaires et autres dispositifs d'information) pourrait effectivement aller à l'encontre de l'effet recherché de mise en évidence du signal.

Cet argument souvent avancé ne repose cependant sur aucune étude spécifique, même si cela a été évoqué dans l'étude du Cete Normandie Centre sur un nouveau signal lumineux pour les PN sans barrières.

Concernant la possible confusion avec les signaux réglementaires jaunes (R1 et R11j), il convient de noter que celle-ci qui vient autant de la mauvaise utilisation de ceux-ci (rappelons qu'un signal R1 ne doit jamais être employé seul mais uniquement en renforcement de certains panneaux statiques).

Il apparaît au travers des retours d'expérience que la juxtaposition de signaux R11j (ou R22j) en entrée et R24 en barrage dans une même intersection est problématique, comme on l'a vu précédemment (cf. enquêtes BEA-TT et évaluations de carrefours giratoires nantais) .

Un dernier inconvénient réside dans l'extinction du signal R24 au repos. Ceci peut effectivement avoir un effet pervers, dans la mesure où l'état au repos est de ce fait similaire à l'état de panne, et rend celui-ci transparent pour l'utilisateur routier. Cet inconvénient est cependant très mineur, du fait :

- de la sécurisation du système qui fait que l'utilisateur TC est lui informé et peut adopter une conduite adéquate et prévue par les conditions d'exploitation du réseau,
- des très faibles taux de panne constatés en pratique sur le terrain.

Il ne ressort d'ailleurs pas comme une situation potentiellement accidentogène présentant un enjeu dans les rapports annuels du STRMTG, ni dans les remontées des exploitants de réseaux de tramway.

On pourrait enfin considérer comme un inconvénient du signal R24 le fait que son utilisation pour gérer les traverses de voies TC est récente, comme cela a été indiqué au début (cf. § 1.2).

4.3.2 Les avantages du signal R24

Le signal R24 étant éteint au repos, il est transparent pour les usagers en l'absence de TC et ne perturbe donc pas la lecture de l'aménagement et/ou de la signalisation statique. Ceci constitue le principal avantage mis en avant pour justifier son utilisation, en particulier dans l'IISR.

Son utilisation est cohérente avec la gestion du passage d'un TC considéré comme un événement générateur de danger particulier, plutôt que comme un conflit entre flux de circulation.

Sur les franchissements simples (et entrées de site banal), le caractère transparent du signal R24 au repos n'est a priori pas un avantage en soi.

Il existe plutôt des inconvénients à l'utilisation du signal tricolore (R11v ou R11j) dans ce cas :

- délit d'habitude lié à l'état (très) majoritairement vert (ou jaune clignotant) du signal,
- confusion possible avec la gestion éventuelle de la traversée piétonne de la voie routière, avec pour corollaire un risque de non-respect en l'absence de piétons.

Dans les carrefours simples, l'avantage du signal R24 est évidemment de pouvoir s'affranchir d'une gestion par signalisation lumineuse, lorsque celle-ci n'est pas nécessaire par ailleurs pour gérer les conflits entre flux de circulation hors TC. On retrouve alors les possibles effets pervers évoqués ci-avant pour les signaux tricolores lorsque les flux, y compris piétons, sont très faibles.

Dans le cas des mini-giratoires -(et des giratoires de très petite taille), il est impossible de positionner les signaux d'arrêt en barrage sur l'anneau, et ceux-ci sont donc nécessairement, de fait, positionnés sur les entrées. L'emploi de signaux tricolores n'est alors pas compatible avec le mode de gestion des conflits routiers, sauf à implanter des R11j accompagnés de panneaux AB3a. Ceci ramène aux inconvénients du signal jaune clignotant, en lien avec le risque de confusion qu'on lui associe...

Dans les carrefours giratoires où une signalisation en barrage peut être implantée, l'avantage du signal R24 est aussi à rechercher principalement dans les inconvénients du signal tricolore.

Le R11v ne pose pas de problème de compatibilité avec la priorité à l'anneau, au contraire du R11j, mais il peut avoir un impact indirect sur la sécurité des traversées piétonnes des voies de sortie du giratoire (sentiment erroné de priorité de l'automobiliste conféré par le feu vert).

Plus globalement le signal R24 permet de ne pas contribuer à la possible confusion entre giratoire et rond point à feux.

Si le clignotement du (ou des) feu(x) constitue un inconvénient (cf. § 431 ci-avant), il peut aussi être considéré comme un avantage.

Par rapport à l'extinction au repos, le clignotement est censé attirer l'attention de l'utilisateur sur un état du signal qui n'est pas le plus courant, en particulier au moment de son activation.

L'efficacité du signal clignotant est d'ailleurs indiquée dans le fascicule de recommandations ISO de la CIE -(Commission Internationale de l'Eclairage) – sur les caractéristiques lumineuses des feux. Ceci est fondé sur un ensemble de travaux scientifiques au niveau mondial qui montre qu'un feu clignotant est plus rapidement

déecté qu'un feu constant. On peut penser que cela est à l'origine de la création du signal sur les passages à niveau.

Au plan fonctionnel, le signal R24 ne présente pas d'avantage décisif par rapport au signal tricolore :

- l'activation la plus tardive possible par rapport à l'arrivée du TC prévue par l'IISR ne dispense pas du respect des temps de dégagement par les véhicules tiers, sachant qu'il y a lieu de considérer les 3 premières secondes comme étant l'équivalent du jaune (on pourrait d'ailleurs s'interroger sur la pertinence de ces 3 secondes, par rapport à l'état éteint au repos) ;
- l'extinction la plus précoce possible par rapport au dégagement du TC est fondée sur des détections qui peuvent aussi être utilisées dans le cas des signaux tricolores.

5. Conclusions et perspectives

5.1 Synthèse de l'analyse

L'extension du champ d'application possible du signal R24 à la gestion des traversées de voies tramway en 1998 puis de TC routier pour ligne régulière en 2009 a fait à l'époque l'objet de consensus, à partir de retours d'expérience jugés positifs en terme de respect du signal par les usagers comme en terme d'impacts sur l'accidentalité.

Elle a été fondée sur le principe de gérer le passage d'un véhicule TC comme un événement – comme celui d'un train ou la fermeture d'un pont mobile - et non comme un conflit entre flux de véhicules routiers. Cela a même conduit à privilégier clairement l'emploi du signal R24 dans la réglementation, en l'absence de la nécessité de gérer les flux routiers.

Si le concept de gestion d'un « événement TC » est séduisant, on doit cependant s'interroger sur sa perception par l'utilisateur routier, surtout lorsque la fréquence de passage des TC devient voisine de la durée d'un cycle habituel de feux.

Dans le même temps, le signal R24 focalise un certain nombre de critiques en lien avec l'accidentalité liée aux tramways et aux BHNS, un amalgame étant souvent fait avec les carrefours giratoires.

Ceci est favorisé par la médiatisation des accidents de tramways et le risque toujours présent d'un accident collectif grave, rendant les questions, du traitement des intersections correspondantes et de la signalisation pour les gérer, primordiales. Il en est de même d'ailleurs pour les Passages à Niveau – où l'on retrouve également le signal R24, alors même que dans les deux cas la sinistralité (32 morts en 2011) reste très faible en regard des chiffres globaux de l'insécurité routière.

L'analyse des éléments disponibles montrent qu'il y a lieu de bien distinguer la problématique d'aménagement de la question de la signalisation.

Si les résultats disponibles en terme d'accidentologie tramway pointent effectivement la configuration *giratoires* comme le problème n°1, avec la configuration du *mouvement tournant avec le tramway dans le dos*, ils ne conduisent pas à désigner de manière aussi nette le signal R24 comme un facteur d'accident indiscutable par rapport aux autres signaux. A l'inverse, ils ne permettent pas non plus de légitimer ce signal comme celui à privilégier dans tous les cas de figure pour gérer les seuls conflits TC/tiers.

Ces résultats et les éléments tirés de diverses études et évaluations montrent surtout que la lisibilité des aménagements, et notamment de l'infrastructure TC, le contexte local et les conditions de visibilité réciproques jouent un rôle primordial. Pour ce qui est de la signalisation proprement dite, l'analyse incite à penser que les problèmes relèvent au moins autant de sa perception que de sa compréhension, quels que soient les signaux en cause.

Concernant les carrefours giratoires, la question de la compatibilité de cette configuration et des comportements qu'elle induit, basée sur une priorité à l'anneau, avec le principe d'une priorité au tramway ou au BHNS « traversant », se pose nettement.

5.2 Suites à donner

La problématique de signaux d'arrêt et de conception des intersections demeure d'autant plus d'actualité que les réseaux de tramway continuent de se développer et que de nombreux projets de BHNS sont en cours ou en gestation, avec le plus souvent une tentation d'y appliquer les principes de conception et d'exploitation du tramway, notamment en ce qui concerne le franchissement des carrefours.

Il est donc opportun, au vu de ce que qui précède, d'apporter les éclaircissements nécessaires en terme de réglementation comme de préconisations techniques.

Concernant le type de signal et sa portée

Le cadre réglementaire est aujourd'hui clair en ce qui concerne l'emploi du signal R24, qui est la règle générale en l'absence de nécessité de gérer les conflits routiers au moyen de SLT.

Il y a lieu de ré-examiner cette position, et de l'infléchir, dans la mesure où l'analyse démontre qu'il n'y a pas aujourd'hui de raison objective de privilégier un type de signal plutôt qu'un autre.

En cherchant à expliciter les avantages du signal R24, on a surtout mis en exergue des inconvénients des signaux tricolores pour les gestions optimales des traversées de TC.

A partir du moment où il n'a pas été mis en évidence d'inconvénient rédhibitoire des signaux existants, **l'opportunité d'un nouveau signal pour remplacer le signal R24 ne nous semble pas avérée.**

Nous proposons ainsi de nous en tenir au consensus trouvé il y a quelques années au sein du GT signalisation TC pour ne pas porter cette idée.

A ce propos, il convient aussi d'avoir à l'esprit les conséquences économiques d'une telle solution pour les AOT, ainsi que les délais nécessaires à sa mise en œuvre, et les moyens nécessaires pour la faire connaître.

Concernant les modalités d'emploi et les conditions d'implantation

A partir du moment où plusieurs signaux peuvent répondre aux besoins, il y a lieu de fournir aux décideurs les éléments à même de leur permettre de choisir en connaissance de cause le signal qui leur paraît le plus adapté et de l'implanter dans les conditions les plus adéquates. Ceci suppose d'explicitier les avantages et inconvénients de chaque solution, dans les différentes configurations concernées, et de clarifier les préconisations techniques, en veillant à ce qu'elles soient cohérentes avec la réglementation en vigueur, puisque ce n'est pas le cas aujourd'hui.

Concernant le retour d'expérience

Il y a lieu de poursuivre la consolidation de celui-ci à partir des études en cours et de la réalisation de nouvelles analyses au plan quantitatif comme qualitatif, et à l'échelle nationale comme localement.

En matière d'accidentologie, les résultats demandent à être précisés et enrichis au fur et à mesure que pourront être levées les réserves sur la fiabilité et l'exhaustivité des données.

Enfin, même si cela n'est pas le sujet, l'enjeu réel en terme de sécurité sur les carrefours giratoires incite à poursuivre les investigations autour de ce type d'intersections. Il convient à ce niveau de distinguer le cas des ronds points à feux souvent assimilés aux giratoires.

Concernant la communication autour du signal R24

En regard de la méconnaissance du signal liée à sa rareté, et de la spécificité des conflits avec des véhicules de TC dans un contexte de haut niveau de service, il avait semblé opportun que des actions de communication soient envisagées au plan national et relayées au niveau local en concertation avec les acteurs concernés.

La DSCR considère cependant, au regard des chiffres généraux sur les accidents de la route, qu'il n'y a pas un enjeu prioritaire à communiquer sur les collisions avec véhicules de transport collectif, ni sur le signal R24, par rapport à d'autres thématiques. En conséquence, l'Etat n'entend pas à court terme initier de telles actions. Cela ne constitue pas non plus une priorité pour le GART ou l'UTP.

Pour ce qui est de l'enseignement du code de la route, l'attention des services concernés avait déjà été attirée, et des questions spécifiques rajoutées lors des examens théoriques ; si cela peut paraître insuffisant dans les villes où des tramways ou BHNS circulent, il faut là aussi, selon la DSCR, relativiser par rapport à l'ensemble du territoire.

5.3 Propositions d'actions concrètes

5.3.1 Préparation d'évolutions réglementaires

Une re-formulation de certains éléments de l'IISR concernant le signal R24 est à envisager.

Elle devrait se faire dans le cadre d'une **relecture détaillée de l'ensemble des parties du texte touchant à la thématique des signaux lumineux en lien avec les TC.**

Ceci concerne aussi bien :

- le domaine d'emploi du signal,
- ses conditions d'implantation,
- sa mise en oeuvre et son fonctionnement,
- notamment les conditions d'implantation de ce signal demeurent peu précises.

Il ne s'agit pas seulement de revoir la forme du texte pour en gommer les ambiguïtés, mais de revenir le cas échéant sur certaines dispositions, dont le fondement, n'est pas démontré, comme on l'a vu dans l'analyse.

Si la préférence affichée pour le signal R24 est à relativiser pour les traversées de site propre TC, la question de l'opportunité d'utilisation de ce signal dans certaines configurations d'interruption ou d'absence de site propre exclusif mérite aussi d'être examinée.

L'expérience montre en effet que le recours à des signaux différents des signaux tricolores peut s'avérer pertinente pour favoriser l'exploitation du TC en optimisant la sécurité.

5.3.2 Actualisation des préconisations

Les recommandations techniques doivent être mises en cohérence avec la réglementation et complétées, en veillant bien à faire la part des choses entre ce qui relève des unes et de l'autre.

Elles doivent aussi être revisitées en fonction des retours d'expérience récents, par exemple pour ce qui concerne les entrées de carrefours giratoires.

L'actualisation du guide d'aménagement de voirie pour les TC de 2000 que nous avons engagée est une bonne opportunité à terme. Compte tenu du délai nécessaire à sa mise en œuvre, **la production de fiches spécifiques sur la signalisation constitue une solution transitoire pertinente, qu'il est urgent de mettre en œuvre.**

5.3.3 Etudes complémentaires

La consolidation des données de la base accidents tramways devrait permettre d'affiner les analyses, dans le cadre de l'exploitation courante de cet outil par le STRMTG au plan national et les exploitants au niveau local.

Concernant le type de signal, il ne nous semble pas utile de mener à court terme d'autres études sur la validité du signal R24, à part peut être sur les questions relatives aux spécifications techniques et aux performances lumineuses, dans une perspective de recommandations plus précises, et dans le contexte d'une éventuelle normalisation.

En terme d'accidentalité tramways (et bus), un enjeu prioritaire demeure le cas des carrefours giratoires, pour lesquels des besoins d'actualisation des préconisations existent, mais suppose de poursuivre les analyses.

On continuera donc à mettre à profit les retours d'expérience, en particulier à partir des dossiers de sécurité régularisés produits et à l'occasion des modifications décidées au plan local. Ceci pourra être fait en particulier pour continuer à analyser **la question de la signalisation sur les entrées de carrefours giratoires**, dès lors que cette configuration d'intersection n'est pas exclue. Il conviendrait le cas échéant que la réglementation permette de gérer au mieux cette situation, mais ceci suppose cependant des investigations complémentaires. Ce sera aussi l'occasion de clarifier les choses entre giratoires et ronds-points à feux.

Plus globalement, les questions relatives au comportement des usagers à l'approche de ce type de carrefour et à l'impact de la pré-signalisation, en particulier directionnelle, méritent d'être creusées.

Ceci donne de l'intérêt aux expérimentations relatives au signal D42 (diagrammatique) en cours de définition, et à d'éventuelles études de comportements comme celles réalisées en 1992.

Par ailleurs, l'action européenne d'échange initiée par le Certu et le STRMTG dans le cadre du dispositif COST (cf. <http://www.tram-urban-safety.eu>) sera mise à profit pour récupérer des éléments d'information sur le retour d'expérience des pays voisins sur ces sujets et sur la question des signaux d'arrêt en particulier.

6. Annexes

6.1 Synthèse des enquêtes du BEA-TT

Collision entre un tramway et une voiture particulière survenue le 4 juin 2007 à Saint-Herblain(44)

Résumé du rapport final

« Le 4 juin 2007, sur la ligne de tramway n°1 de Nantes à Saint-Herblain, une collision entre un tramway et une voiture particulière a causé la mort de la passagère de la voiture. L'accident a eu lieu vers 12 h 15.

Un tramway, qui venait de quitter la station « Schoelcher », à Saint-Herblain, vers Nantes, a percuté une voiture, engagée sur le carrefour giratoire Vasco de Gama. L'automobiliste, qui cherchait son chemin, s'est engagé sur le giratoire sans bien percevoir le tramway ni les feux qui protégeaient le passage de celui-ci.

La rame de tramway a heurté la voiture sur le flanc droit de celle-ci (côté passager), puis l'a poussée sur une quarantaine de mètres, avant de heurter, encore violemment, un poteau, support de ligne aérienne de contact, contre lequel la voiture a été broyée.

La cause directe de l'accident réside dans l'inobservation et le non respect de la signalisation routière par le conducteur de la voiture accidentée.

Le retard dans le déclenchement du freinage d'urgence du tramway a été un facteur aggravant de l'accident et un facteur déterminant de la violence du deuxième choc contre le poteau.

L'aménagement du carrefour giratoire, pour y inscrire la plate-forme de tramway, présente des caractéristiques qui ne garantissent pas une sécurité optimale :

- la présence d'un obstacle fixe (le poteau, support de ligne aérienne de contact) à quelques dizaines de centimètres du « gabarit limite d'obstacle », et situé à proximité immédiate du bord de la chaussée de l'anneau, s'est révélé être un élément aggravant ;*
- l'absence de pré-signalisation, à l'entrée du carrefour, a pu amoindrir la perception du contexte urbain et de ses contraintes.*

D'autres facteurs, attachés à la conception du matériel roulant (conception ancienne de l'avant du tramway non optimisé en cas de choc, absence d'avertisseur sonore puissant) ou bien à la compréhension de la signalisation (ambiguïté feu rouge clignotant qui n'a manifestement pas été bien interprété), ont également pu jouer un rôle dans l'accident.

Enfin, l'analyse de l'accident aurait été facilitée par la présence à bord du tramway d'un dispositif plus complet de vidéo et d'enregistrement. A l'occasion de cette enquête, il est apparu que la sécurité des carrefours giratoires traversés par des tramways pose des problèmes spécifiques complexes qui doivent être traités avec soin. En particulier, leur lisibilité constitue un enjeu de sécurité important, notamment pour des usagers routiers de passage ou non habitués des lieux.

Les recommandations appellent donc :

- à mettre en œuvre, sur le réseau de tramway nantais, un programme de modification d'implantation des poteaux supports de ligne aérienne de contact sur les carrefours les plus préoccupants ;
- à achever le programme de renforcement de la sécurité des carrefours giratoires nantais dans le cadre d'un plan d'aménagement pluriannuel décidé par Nantes Métropole ; à faire mieux connaître aux usagers le caractère prescriptif du feu rouge clignotant ;
- à poursuivre l'expérimentation et l'optimisation des signalisations en barrage et en entrée de carrefour pour promouvoir celles qui présentent les meilleurs gages de sécurité et d'optimisation des trafics ;
- à étudier des aménagements, sur le matériel roulant nantais, susceptibles d'améliorer la sécurité, (dispositif d'annonce sonore, notamment) ;
- à améliorer les dispositifs d'enregistrement, en équipant les rames de tramways d'un matériel vidéo orienté vers l'avant, sur l'espace à franchir, et en augmentant le contenu paramétrique des boîtes noires selon la liste prônée par le Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés.

Compléments d'information au résumé et commentaires :

Type de configuration : traversée en giratoire

Environnement :

- zone périurbaine, environnement peu construit
- périphérique nantais à proximité
- croisement de grands axes routiers
- vitesse routière limitée à 50km/h

Géométrie et aménagement:

- 5 branches dont un accès/sortie du boulevard périphérique,
- rayon de 22 m, chaussée annuaire 9m,
- traversée axiale du tram,
- 2 entrées à 2 voies sur les 4
- visibilité correcte aux entrées (selon le BEA-TT).
- poteau support de LAC à proximité du carrefour (facteur aggravant)
- Site tram : revêtement en pelouse, avec plate-forme en béton désactivé gris clair au niveau de la traversée de l'anneau

Signalisation lumineuse :

- R22j aux branches d'entrée implantés au niveau du AB3a avec rappel à gauche
- R24 en barrage sur l'anneau, hauteur 1m avec rappel à gauche,
- pas de ligne d'effet des feux
- l'usager peut attendre jusqu'à 20s avant l'arrivée du tramway.

Conducteur VL : 63 ans, ne connaissait probablement pas les lieux (plaque d'immatriculation hors département)

Accidents antérieurs avec le tramway au même endroit : 2 en 2004 , 2 en 2005 et 1 en 2006 accidents sans gravité

Collision entre une rame du tramway d'Orléans et une voiture survenue le 23 avril 2010 à Olivet (45)

Résumé du rapport final :

Le 23 avril 2010, à 12h36, une rame du tramway d'Orléans, circulant en direction du terminus « Hôpital de La Source », percute une voiture à l'intersection avec la rue de Châteauroux située sur la commune d'Olivet (45).

Lors du choc, la voiture est projetée ou poussée contre un poteau supportant la ligne aérienne de contact (LAC) et, prise en tenaille entre ce poteau et la rame, est fortement comprimée.

Le conducteur de la voiture, qui en était l'unique occupant, est transporté dans un état grave au centre hospitalier régional d'Orléans. Il décède 17 jours plus tard des suites de ses blessures.

La cause directe de l'accident est le non respect par le conducteur de la voiture du feu de signalisation R11j au rouge depuis au moins 6 secondes lorsque la collision s'est produite.

Les raisons pour lesquelles il a franchi ce signal ne peuvent pas être déterminées. L'environnement et l'aménagement de la traversée de la ligne de tramway, qui la rendent peu lisible pour les usagers routiers, ont peut-être pu contribuer à l'accident.

En tout état de cause, la présence à proximité immédiate de l'intersection d'un poteau support de la ligne aérienne de contact, contre lequel la voiture a été écrasée, en a aggravé les conséquences.

L'analyse de cet accident conduit le BEA-TT à formuler trois recommandations préventives portant sur les deux domaines suivants :

- l'aménagement de l'intersection de la rue de Châteauroux avec la ligne de tramway ;*
- la prévention des risques d'aggravation des conséquences des collisions engendrés par la présence d'obstacles fixes, non fusibles, aux abords des carrefours traversés par des lignes de tramway.*

Compléments d'information au résumé et commentaires :

Type de configuration : traversée simple

Environnement :

- zone périurbaine, bout de ligne
- environnement boisé
- vitesse routière limitée à 50km/h trafic moyen journalier annuel (TMJA) d'environ 15 000 véhicules jour, dont 3,2 % de poids lourds

Géométrie et aménagement :

- axe routier de type 2 x 2 voies (voies non affectées par sens, largeur de chaussée 6m)
- visibilité réduite par la végétation
- poteau lac à proximité du carrefour
- revêtement de plate-forme : béton beige, traversée en bitume (continuité de la voie routière)

Signalisation lumineuse :

- R11j en barrage doublé à gauche sur le terre-plein central

Fonctionnement lors de la détection d'un tramway :

- après 16s : mise au jaune fixe du R22j ,
- après 5s : mise au rouge du R22j,
- après 3s : mise au vert du R17.

Ces temps sont recalés en fonction de la marche réelle du tram au moyen de 2 boucles.

Conducteur VL : 20 ans, prise probable de cannabis

Accidents antérieurs avec le tramway au même endroit : 5 accidents matériels en 9 ans

Commentaires :

Le choc a eu lieu au moins 3s après le passage au « vert » du R17, et au moins 6s après la mise au rouge du R11j.

La vitesse pratiquée était supérieure à 50 km/h. Compte tenu de la configuration et de l'environnement, la vitesse routière réglementaire est peu crédible ; pas d'effet de coupure au niveau de la traversée du fait de la continuité du revêtement de la chaussée (bitume).

Collision entre un tramway et une voiture particulière survenue le 27 avril 2010 à Orvault (44)

Résumé du rapport final

Le 27 avril 2010, à 14h05, au carrefour giratoire « Cardo/Printemps » à Orvault (44), un tramway qui circule sur la ligne 2 du réseau de l'agglomération nantaise entre en collision avec une voiture particulière qui s'est engagée sur la plate-forme du tramway malgré le feu rouge clignotant. Le bilan de l'accident est d'un tué : la conductrice de la voiture particulière.

La cause directe de l'accident est le non respect par le véhicule léger des signaux lumineux R22j et R24 au rouge. Le manque de lisibilité du carrefour et de la signalisation lumineuse a pu contribuer à un défaut de perception de ces signaux. Ce manque de lisibilité résulte du cumul de plusieurs facteurs :

- *la complexité du carrefour (conflits tramway/voitures, nombre important d'entrées) ;*
- *une visibilité médiocre de la signalisation lumineuse dans le contexte urbain ;*
- *l'ambiguïté ou la mauvaise perception de certains signaux.*

Le BEA-TT adresse 4 recommandations aux acteurs locaux (exploitant, communauté d'agglomération) et nationaux (DSCR, Certu) visant à :

- *réaménager le carrefour où s'est produit l'accident et achever le renforcement de la signalisation lumineuse en cours sur les carrefours de l'agglomération nantaise traversés par le tramway ;*
- *poursuivre au niveau national l'évaluation comparative des signaux lumineux de barrage de carrefours traversés par un tramway et améliorer la connaissance par les usagers du feu R24 notamment en contexte urbain.*

Compléments d'information au résumé et commentaires :

Type de configuration : traversée de giratoire

Environnement :

- zone périurbaine, section tramway de bout de ligne
- environnement zone commerciale /nombreuses enseignes publicitaires
- croisement de grands axes routiers
- vitesse routière limitée à 50km/h

Géométrie :

- 5 branches dont un accès voie bus, dont 2 entrées à 2 voies,
- rayon de 25m, chaussée annuaire 8,5 m,
- traversée axiale du tram,
- Site tram : revêtement minéral, béton désactivé gris clair au niveau des traversées de chaussée
- branche de l'accident débouche directement sur la plate forme

Signalisation lumineuse :

- R22j aux branches d'entrée implantés au niveau du AB3a avec rappel à gauche (2 R22j par entrée)
- R24 en barrage sur l'anneau hauteur 1m avec rappel à gauche, (2 R24 à chaque barrage)

Fonctionnement lorsqu'un tram est détecté :

- mise à l'orange fixe du R22j des branches du giratoire (délai de 21s du côté où le tram est en station),
- après 5s mise au rouge du R24 et des R22j
- après 4s mise au vert du R17,

Dans le scénario de l'accident, le tramway est passé 5s après la mise au vert du R17 soit 14 après le jaune fixe du R22j et 9 s après l'allumage du R24.

Conducteur VL : 73 ans, ne connaissait pas les lieux

Accidents antérieurs avec le tramway au même endroit : entre 2004 et 2009, 5 accidents corporels ayant occasionné 1 tué, 1 blessé grave et 4 blessés légers

Déraillement d'une rame du tramway de Valenciennes suite à une collision avec une voiture le 8 octobre 2009 à Denain (59)

Résumé du rapport final

Le 8 octobre 2009 à 14h01 une rame de la ligne de tramway de Valenciennes, circulant en direction du terminus « Espace Villars », percute une voiture à l'intersection avec la rue Jean Jaurès située sur la commune de Denain(59).

A la suite du choc, la voiture est poussée et écrasée entre la rame et un poteau support de la signalisation lumineuse de trafic.

La rame du tramway déraile sur 14 m, franchit la voie adjacente et empiète légèrement sur le quai de la station « Jaurès » situé à proximité immédiate de l'intersection. Le bilan de cet accident est d'un blessé grave et de huit blessés légers.

La cause directe et immédiate de la collision est le non-respect par le véhicule léger de la signalisation lumineuse R24 clignotant au rouge.

Trois facteurs ont, le cas échéant, pu contribuer à cette collision :

- la perception médiocre par l'usager routier de la traversée de la ligne de tramway et de la signalisation qui lui est associée ;*
- la faible visibilité réciproque du tramway et du véhicule arrivant à l'intersection, qui peut retarder la perception d'un risque immédiat de collision ;*
- l'environnement péri-urbain dans lequel circule le tramway, qui peut donner à son conducteur un sentiment de moindre danger.*

Deux facteurs ont, en outre, participé au déraillement et à l'incursion de la rame sur la voie et le quai opposés :

- la sensibilité de la rame aux déraillements lors de collisions ;*
- le caractère non fusible du poteau, support de signalisation, sur lequel le véhicule léger s'est écrasé.*

L'analyse de l'accident conduit le BEA-TT à émettre cinq recommandations portant sur les quatre thèmes suivants :

- l'amélioration de la perception et de la signalisation de la traversée de la rue Jean Jaurès par la ligne de tramway ;*
- la sécurisation des intersections traversées par des voies de tramway dans un environnement péri-urbain ;*
- la prise en compte, dès la conception des rames de tramway, des risques de déraillement lors d'une collision avec un véhicule routier ;*
- le remplacement préventif des obstacles fixes à proximité des zones de danger.*

Par ailleurs, le BEA-TT renouvelle, à l'occasion de l'analyse de cet accident, les deux recommandations qu'il a déjà formulées sur la compréhension, le respect et l'évaluation de l'efficacité des signaux R24 implantés au droit des traversées de carrefour par des lignes de tramway, recommandations émises à l'issue des enquêtes réalisées sur les collisions survenues, dans l'agglomération nantaise, à Saint-Herblain le 4 juin 2007 et à Orvault le 27 avril 2010.

Compléments d'information au résumé et commentaires :

Type de configuration : traversée simple

Environnement :

- zone péri-urbaine,
- alignement de maisons de ville côté routier
- voie ferrée sur ballast, environnement rase campagne pour le tram
- vitesse routière limitée à 30km/h

Géométrie et aménagement :

- rue de largeur 6 m + trottoirs
- voie tram ballastée, revêtement de plate forme en béton gris en traversée
- visibilité réciproque tram /VL très réduite par le bâti : 15 m soit environ 2 secondes pour une vitesse de 30km/.

Signalisation lumineuse :

- R24 en barrage, doublé à gauche

Fonctionnement sur détection du tram par boucle située à 125 m du carrefour :

- après 8s, les feux R24 s'allument ;
- après 4s, le feu R17 passe « au vertical », donnant l'autorisation à la

rame de franchir l'intersection (équivalent du vert routier)

- 4s après le passage du tram, le feu R17 passe « au disque » (équivalent du jaune) ;
- après 3s ce signal passe « à l'horizontal » (équivalent du rouge routier) ;
- après 5s, les feux R24 s'éteignent.

Le passage de la rame à l'intersection est attendu 17 secondes après sa détection.

Le délai entre activation des R24 et passage au « vert » du R17 t est de 4 secondes, ce qui est court par comparaison à un carrefour à feux classiques où il y a au minimum 5s (3s de jaune + 2s de rouge intégral de dégagement).

Conducteur VL : 63ans

Accidents antérieurs avec le tramway au même endroit : 2 accidents sans gravité, un le 16 août 2008 dans le même sens, et l'autre le 12 septembre 2009 dans l'autre sens.

6.2 Synthèse des études et réflexions existantes

6.2.1 Liste des études et autres documents de référence

Sujet	Auteur / source	Date	Type	Commentaires	Fiche de synthèse
Signalisation des passages à niveau et comportement des usagers de la route	SNCF VPE	Mars 1986	Expérimentation (rapport)	Test d'un Signal bicolore	N°1
Cinématique sur les carrefours giratoires	CETE NC	Juin 1992	Etude cinématique (rapport)	Etude cinématique VL + complément 2RM en février 2011	N°2
Détection des franchissements de rouge sur 13 entrées de 5 carrefours de la ZELT A Toulouse	ZELT	Aout 2001	Expérimentation (rapport + diaporama)	Comptabilisation des franchissements illicites des feux R11v et comparaison avec l'étude de 2007 sur les mêmes carrefours	Non
Pertinence du R24 sur le R11j en feu de barrage et du retrait des R22j en entrée sur les branches d'un giratoire traversé en axial par un tramway	STRMTG	3 déc 2002	Etude comparative	Décisions : - remplacement des R11 par des R24 en barrage, - suppression des R11j aux entrées de giratoire	N°3
GT Signalisation TC	Certu	Jan 2003 à mai 2006	Synthèse de débats (CR de réunions)	Réunions de 2003 à 2006	Non
Évaluation du respect du feu rouge clignotant R24 sur un carrefour giratoire traversé par le tramway à Nantes	ZELT	8 déc 2006	Etude comparative (note conclusive)	Doublement et rappel des R24 en barrage	N°4

Sujet	Auteur / source	Date	Type	Commentaires	Fiche de synthèse
Lyon T3 : la sécurité aux intersections en question	Le Mag n°46	Mars 2007	Enquête sur les causes (article)	4 mois d'exploitation /3 accidents, la presse s' inquiète	Non
Signalisation des passages à niveau Expérimentation de l'augmentation du diamètre du signal R24	CETE NC	Juin 2007	Etude comparative (rapport)	Augmentation du diamètre du feu R24 de 160 à 300 mm.	N°5
Évaluation du respect du feu rouge clignotant R24 sur des carrefours giratoires traversés par le Busway ou le tramway à Nantes	ZELT	30 oct 2007	Etude comparative (rapport)	Comparaison des comportements infractionnistes aux carrefours	N°6
Comportement des usagers aux passages à niveau SAL0 Cas du PN 52 – Marthod	CETE NC	Avril 2008	Relevé d'infractions (rapport)	Site peu représentatif	N°7
Le signal d'arrêt R24 Bilan des études	STRMTG	Mai 2008	Bilan (diaporama)	Doc de travail dans le cadre du GT A&Sig TC	Non
Giratoires traversées par une ligne de tramway - Étude accidentologique 2004 – 2006	STRMTG	Mai 2008	Etude statistique de sécurité (rapport)	Rapport	Non
Etude signalétique tramway - Évaluation du dispositif automobilistes R24	Mairie de Paris	Juillet 2008	Enquête (rapport)	Interviews en salle (travail de mémoire)	N°8

Sujet	Auteur / source	Date	Type	Commentaires	Fiche de synthèse
Evaluation d'une nouvelle signalisation automatique lumineuse et sonore pour passage à niveau sans barrière (phase 3)	CETE NC	8 déc 2009	Expérimentation nouveau signal (rapport)	Phase 3 du projet, l'étude en comprenait 7 mais a été abandonnée	N°9
Giratoires et traversées gérés par des feux R24	Communauté Urbaine de Bordeaux	Avril 2009	Étude technique des optiques de feux (rapport)	Cône de visibilité	N°10
mesures ANAIS : mesures de franchissements illicites au carrefour à feux tricolores avenue Berthelot / route de Vienne à Lyon	SPIE	Mai 2009	Relevé d'infractions (rapport)	Feux R11v Dans le cadre de la préparation du CA FR	N°11
Suivi des intersections barrières sur la ligne T3 de tramway de l'agglomération lyonnaise	STRMTG CETE de Lyon et Méd	Juin 2009	Diagnostic de sécurité et étude comportementale (rapport)		N°12
Tramway T3 des Maréchaux sud doublement des R24 à la porte d'Italie	Mairie de Paris	Nov 2009	Étude comparative (note)		Non
Comparaison de l'accidentologie entre le R11j et le R24 en barrage sur les giratoires Nantais où la signalisation a été modifiée	FLJ Conseils	Févr 2010	Étude comparative (note)	Tableau /note de synthèse	N°13
CAFR (Contrôle Automatisé Feu Rouge) -Site de Nantes comptage de franchissement de feu rouge	CETE de l'Ouest	Févr 2010	Résultats de mesures (tableau)	Résultats bruts de comptage horaire du nb de véhicules et d'infractions sur plusieurs carrefours	Non

Sujet	Auteur / source	Date	Type	Commentaires	Fiche de synthèse
CAPN : point sur la démarche en 2010	ZELT	10 avril 2010	Point d'avancement de la démarche (diaporama)	Expérimentation de Lhonnaizé en 2005 Évaluation enseignements Réflexion sur de nouveaux principes Homologation et déploiement des systèmes	Non
Comparaison entre R11v / R24 à Saint-Priest (sur la ligne T2 de Lyon)		Sept 2011 - oct 2012	Étude comparative et comportementale (rapport + diaporama)	en attente validation 2 ^e phase par partenaires locaux	N°14
Tramway et BHNS Insertion Urbaine - Comparaison de l'accidentologie Giratoires – Carrefours à feux	FLJ Conseils	Juin 2011	Étude comparative Sécurité (diaporama)	Absence de références des sources conclusions discutables	Non
Cinématique des 2RM sur carrefours giratoires	CETE NC	Fev 2011	Etude cinématique (rapport)	1 ^{ère} étude a été réalisée sur les VL en 1992 par le même CETE	Non cf. n°2
sécurisation des giratoires à Nantes : doublement des R24 et suppression des R11J en entrée	TAN Transport de l'Agglomération Nantaise	mai 2012	Bilan sécurité à 3 ans (diaporama)	Présentation dans le cadre du GT A&Sig TC	Non
Marseille, rd point des Faïenciers : aménagement de l'îlot central et remplacement des R24 par des R11j	RTM Régie des Transports Marseillais	mai 2012	Diagnostic de sécurité (diaporama)		Non

Sujet	Auteur / source	Date	Type	Commentaires	Fiche de synthèse
Giratoire de la côte de nacre à Caen	CETE NC	Sept 2012	Diagnostics de sécurité (rapports et diaporamas)	Etude commanditée par le STRMTG sur 10 carrefours tramways accidentogènes – 4 concernaient des giratoires et 1 un carrefour en T géré par R24	N°15
Giratoire Roosevelt /Braque au Grand Quevilly près de Rouen	CETE NC	Sept 2012			
Giratoires Roul-Bethanie et Pey - Berland près de Bordeaux	CETE du Sud Ouest	Sept 2012			
Giratoire Romanet / Tertre à Nantes	CETE de l'Ouest	Sept 2012			
Carrefour en Té Liberation / Sarraïl à Nantes	CETE de l'Ouest	Sept 2012			
Rapport de synthèse	PCI ITCV (CETE Méd.)	Sept oct 2012			
Expérimentation R24 en giratoire à Bordeaux : remplacement des lampes par des modèles de type Extra Wide	ZELT	3 avril 2013	Etude comparative	suite à l'étude des 10 carrefours	Non
GT Signalisation TC	Certu	Déc. 2009 à sept 2012	Synthèse de débats (CR de réunions)	Réunions de 2009 à 2012	Non

6.2.2 Fiches de synthèse des principales études

6.2.2.1 Fiche de synthèse étude n° 1

Signalisation des passages à niveau et comportement des usagers de la route	
<i>Date :</i> 01/03/86	Auteur : Cete Normandie Centre <i>Commanditaire</i> :SNCF
<i>Type d'étude :</i>	Comparaison avant après par observations de terrain + enquête postale
<i>Objet :</i>	Test d'un nouveau signal lumineux bicolore orange fixe/rouge pour les passages à niveau équipés de signaux automatiques lumineux
<i>Observations :</i>	Feu absent de l'IISR mais compatible avec la convention de Vienne sur la signalisation routière de 1968.
<i>Résultats :</i>	Les écarts ne sont pas significatifs, rien ne permet d'affirmer qu'il sera mieux respecté que le R24.

Contexte et éléments déclencheurs :

Suite à l'accident de juillet 1981 au PN 77 de la ligne Paris-Strasbourg, entre un VL et le rapide 1009, le Ministre des transports demande à la SNCF d'expérimenter un nouveau signal de position différent du R24 qu'il considère comme mal compris des usagers routiers.

Consistance de l'étude :

Il a été expérimenté une signalisation bicolore, sans en modifier la temporisation du R24 avec un jaune fixe de 3 à 5 secondes (agglo/hors agglo) et rouge fixe qui s'éteint après le passage du train.

Cette modification proposée a l'avantage d'être compatible avec la convention de Vienne sur la signalisation routière et de ne pas modifier les circuits d'annonce du train.

L'expérimentation a été menée sur 6 PN, de 4 départements différents (l'Oise, le Nord, le Pas de Calais et le Loir et Cher), dont 3 en agglomération.

Le principe consistait à compter seconde par seconde le nombre de véhicules qui franchissaient le PN après l'allumage de feu pour les 2 situations suivantes :

- situation 1 : SAL2 avec R24,
- situation 2 : SAL 2 avec le nouveau feu bicolore.

Au total, il a été observé 13 000 fermetures de PN, et l'étude quantitative a été complétée par une vidéo de 5h30 au PN de Steenbecque (59) pour chacune des situations.

Cette expérimentation a été complétée par :

- l'étude de 363 collisions aux PN à SAL2 survenues entre 1980 et 1982,
- une enquête postale auprès de 890 conducteurs en attente au PN à SAL2 entre 1984 et 1985.

Éléments conclusifs de l'étude :

L'étude conclue qu'il n'a pas été enregistré de changement notable du comportement des usagers : « écart faible et non significatif ». Le remplacement du feu R24, par un feu bicolore orange fixe/ rouge fixe ne semble pas réduire de façon significative le pourcentage d'usagers franchissant le PN dans les premières secondes de l'annonce, au moins jusqu'au début de la fermeture des barrières, soit 7 secondes après l'allumage du feu.

Le rapport indique que des études similaires effectuées en Allemagne (Erke et Winber en 1980) arrivent aux mêmes résultats.

L'analyse des collisions avec un train au PN à SAL2 montre que seulement 30% ont un lien direct ou indirect avec la perception des signaux lumineux.

La conclusion finale est que l'étude ne permet pas de dire que le signal bicolore sera mieux respecté que le R24 aux PN à SAL2 ; l'auteur semble avancer que les usagers ne s'arrêtent que lorsqu'ils ont la perception immédiate du danger. Le problème est avant tout comportemental.

Commentaires :

Conjointement, un allongement des ½ barrières du SAL2 de 50 à 80 cm a été réalisé, mais sans résultat probant sur la dissuasion du franchissement en chicane (aucune observation d'effraction pendant l'expérimentation).

6.2.2.2 Fiche de synthèse étude n° 2

Cinématique sur les carrefours giratoires	
<i>Date :</i> juin 1992 + 2011	<i>Auteur :</i> Cete Normandie Centre <i>Commanditaire :</i> SETRA
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation in situ (véhicules instrumentés)
<i>Objet :</i>	évaluer les aspects cinématiques en approche et pendant la phase de de négociation des carrefours giratoires
<i>Observations :</i>	Cette étude repose pour l'essentiel sur l'exploitation et l'analyse d'un important recueil de données constitué à partir d'un VACC (Véhicule d'Analyses du Comportement du Conducteur). 12 conducteurs choisis ont participé à l'expérimentation (itinéraire de 100 km /10 carrefours giratoire)
<i>Résultats :</i>	Explicitation du comportement en approche, entrée et sortie du giratoire

Contexte et éléments déclencheurs :

Cette étude a été réalisée pour le compte du SETRA en 1992 pour explorer les aspects cinématiques en approche et pendant la phase de négociation des carrefours giratoires.

Consistance de l'étude :

Cette analyse a été réalisée à partir d'enregistrements de plusieurs paramètres du véhicule : vitesse, accélération, décélération, angle du volant, avec vidéos... Les mesures ont été faites sur 10 giratoires de rayon de 15 à 25 m en milieu rase campagne sur un itinéraire de 100 km. Les tests ont été réalisés par 12 conducteurs parfaitement préparés mais ne connaissant pas les objectifs de l'étude.

La même étude a été reconduite pour les 2 roues motorisées en 2011 par le CETE Normandie Centre.

Éléments conclusifs de l'étude :

Il ressort de cette expérimentation : 3 phases distinctes dans le franchissement d'un carrefour giratoire par un automobiliste :

- la **zone d'influence** située entre 500 m et 350 m du giratoire (diagrammatique dans le champ visuel) où le conducteur commence à relâcher son accélérateur,
- la **zone d'approche** de 150 à 100 m du giratoire où il a été relevé une décélération de l'ordre 1m/s² en moyenne et dans les 20 derniers mètres il a été noté une focalisation du regard sur la gauche de l'anneau pour entrer ou s'arrêter au giratoire,
- la **zone de négociation** de l'entrée sur l'anneau à la sortie de l'anneau.

On retiendra que :

- la prise de décision d'entrée dans un giratoire se prend assez tôt (à 20 m ou 2s avant d'entrer sur l'anneau),
- la vitesse de sortie est plus importante en moyenne que la vitesse d'entrée pour une situation sans contrainte : vitesse moyenne enregistrée de 25 à 35 km/h en entrée, et de 25 à 45 km/h en sortie,
- la ré-accélération (sans contrainte) se fait rapidement après l'entrée dans le giratoire, en moyenne après avoir parcouru 1/8e de l'anneau, correspondant au moment où les roues du véhicules reviennent dans l'axe,
- l'effort de conduite le plus soutenu (concentration, manœuvres) se situe en entrée sur l'anneau

Ceci est globalement confirmé par l'étude de 2011, mais on note quelques écarts entre motos et automobiles :

- la zone d'influence est plus courte que pour les VL,
- la décélération maximale se situe dans les 30 derniers mètres et la décision d'entrée dans le giratoire se prend plus en amont que pour les VL, mais vraisemblablement au même moment (vitesse plus élevée),
- les motos utilisent l'ensemble de la largeur roulable en entrée, sortie et sur l'anneau (optimisation de la trajectoire)

6.2.2.3 Fiche de synthèse étude n°3

Pertinence du R24 sur le R11j en feu de barrage et du retrait des R22j en entrée sur les branches d'un giratoire traversé en axial par un tramway	
<i>Date :</i> 03/12/02	Auteur : STRMTG <i>Commanditaire :</i> STRMTG
<i>Type d'étude :</i>	Analyse conclusive suite à expérimentation
<i>Objet :</i>	rapport conclusif de l'expérimentation menée à Nantes de décembre 2001 à novembre 2002 sur 2 giratoires distincts traversés par un tramway : <ul style="list-style-type: none"> - giratoire 1 : remplacement du feu R11j par R24 en feu de barrage sur l'anneau, giratoire 2 : retrait des feux R22j aux entrées et maintien des feux R24 en barrage sur l'anneau
<i>Observations :</i>	Document synthétique, le rapport d'expérimentation n'étant pas joint.
<i>Résultats :</i>	Le remplacement du R11j par un R24 en barrage de la voie tramway donne pour ce carrefour des résultats encourageants. La suppression des R11j en entrée rend le giratoire plus lisible et les R24 semblent mieux respectés.

Contexte et éléments déclencheurs :

Deux carrefours giratoires traversés en axe par un tramway ont été choisis à Nantes :

- le giratoire Michelet-Orion-Orieux pour la comparaison R11j/R24,
- et le giratoire Romanet-Tertre-Churchill pour la suppression des R22j en entrée.

Une étude a été menée de décembre 2001 à novembre 2002.

Consistance de l'étude :

Des vidéos en surplomb des carrefours ont été réalisées aux heures de pointe. Il a été compté au dépouillement, les franchissements de la plate-forme au jaune, rouge et rouge clignotant des feux de barrage.

Éléments conclusifs de l'étude :

1) le changement du R11j en R24 en barrage sur le giratoire n°1 a entraîné une baisse sensible du nombre de franchissements de la plate forme par les automobilistes,

2) le retrait des feux R22j en entrée du giratoire n°2 : « le giratoire devient plus lisible en l'absence de tramway, plus aucune signalisation lumineuse n'est en fonctionnement et les feux R24 en barrage sont mieux perçus et mieux respectés » dicit l'auteur de la note.

Synthèse des résultats

1) Changement de signalisation R11j en R24 au carrefour de Michelet-Orion-Orieux :

	(valeurs ramenées à 100 passages de tramways)	Phase 1 (R11j)		Phase 2 (R24)	
		Trafic VL horaire (HPS)		3192 véh/h	
0 à 3 secondes	Nbre de VL passant au jaune fixe (R11j) ou au rouge clignotant (R24) (période 0 à 3 secondes)	257	2,6 véh/cycle	121	1,2 véh/cycle
après 3 secondes	Nbre de VL passant au rouge fixe (R11j) ou au rouge clignotant (R24) après 3 secondes, jusqu'au passage du tramway	102	1,0 véh/cycle	58	0,6 véh/cycle
	Total	359		179	
Après le passage du tramway	Nbre de VL passant /rouge (R11j) ou au rouge clignotant (R24)	2	0,02 véh/cycle	19	0,2 véh/cycle

2) Retrait des feux R22j en entrée de giratoire Romanet-Tertre-Churchill

Retrait des R22j en entrée au Giratoire Romanet-Tertre-Churchill	Avec feux R22j aux entrées	Sans feux R22j aux entrées
Nombre de VL passant au feu rouge clignotant (en pourcentage du trafic VL)	3,1 %	1,6 %

6.2.2.4 Fiche de synthèse étude n°4

Évaluation du respect du feu rouge clignotant R24 sur un carrefour giratoire traversé par le tramway à Nantes	
<i>Date :</i> 08/12/06	Auteur : ZELT / Cete Ouest <i>Commanditaire :</i> SEMITAN
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comparative
<i>Objet :</i>	comparaison du taux respect de 3 configurations distinctes de R24 en barrage sur l'anneau d'un carrefour giratoire traversé par une ligne de tramway
<i>Observations :</i>	Outil de mesure développé spécifiquement par la ZELT pour enregistrer les franchissements des feux rouges (mai 2006)
<i>Résultats :</i>	Le meilleur taux de respect a été obtenu en doublant les R24 à droite et à gauche (de 3 R24, on passe à 6 avec un clignotement asynchrone)

Contexte et éléments déclencheurs :

La réalisation à Nantes de la ligne BUSWAY, en octobre 2006, s'est inspirée des infrastructures et de la signalisation propre aux tramways non autorisée en France, à ce moment, pour les sites bus. Pour appuyer la demande de dérogation à la DSCR, d'utiliser le R17 et le R24 aux intersections, la SEMITAN (Société d'Économie Mixte des Transports de l'Agglomération Nantaise) a fait appel à la ZELT (*Zone Expérimentale et Laboratoire de Trafic*) et au CETE de l'Ouest pour tester des scénarios d'équipements et améliorer de la perception de ce signal en carrefour giratoire .

Consistance de l'étude :

Il a été comparé les taux de respect du feu rouge clignotant de différents scénarii, (par ajout de R24 à droite et à gauche, à des hauteurs différentes et avec un fonctionnement des feux synchrones ou asynchrones), à la situation de référence (un R24 à droite et 2 R24 à gauche), au giratoire de Paquelais-Morlière franchi en axe par la ligne n°3 du tramway à Nantes.

Ces scénarii ont été nommés dans le rapport : phases 1, 2 et 3, dont la 2 a été subdivisée en 3. Il a été enregistré les franchissements à plus de 2 secondes après l'allumage du feu rouge :

- phase 1 : doublement du R24 de droite, (feux accolés, clignotement asynchrone),
- phase 2 : doublement des R24 de gauche (idem) :
 - 2B : avec hauteur des feux du bas 1,75 m et du haut 2,35 m et asynchrones,

- 2C : avec hauteur des feux du bas 1,69 m et du haut 2,90 m et asynchrones,
- 2D : avec hauteur des feux du bas 1,69 m et du haut 2,90 m et synchrones.
- phase 3 : cumul des deux précédents, soit phase 1 + 2C.

Éléments conclusifs de l'étude :

Il a été enregistré au cours de cette expérimentation :

- 58 000 phases de rouge clignotant,
- 1 250 000 véhicules en franchissement,
- dont 26 400 conducteurs ont grillé le rouge (soit 2%).

Les résultats font apparaître les réductions suivantes par rapport à la situation de référence :

- 21 % pour la phase 1,
- 25 % pour la phase 2C,
- 30 % pour la phase 2D,
- 33 % pour la phase 2B,
- 39 % pour la phase 3.

Le meilleur taux de respect a été obtenu en doublant le R24 de droite et les 2 R24 de gauche par des feux superposés et fonctionnant en asynchrone. L'amélioration du taux de respect des feux est de 39%.

6.2.2.5 Fiche de synthèse étude n°5

Expérimentation de l'impact d'une augmentation du diamètre du signal R24	
<i>Date :</i> juin 2007	Auteur : Cete Normandie <i>Commanditaire :</i> SNCF
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comparative
<i>Objet :</i>	mesurer à partir d'une enquête usagers de l'amélioration de perception de l'augmentation du diamètre du feu R24 de 160 à 300 mm
<i>Observations :</i>	On ne sait pas combien de personnes ont répondu au questionnaire avant et après. Les questions sont ouvertes et peu précises pour faire une analyse discriminante fiable, pas d'observation en situation de visibilité dégradée, sites peu contrastés
<i>Résultats :</i>	Avant /Après : pas d'amélioration relevée par les usagers

Contexte et éléments déclencheurs :

Avec plus de 95 collisions avec un train et de 800 heurts de barrières aux PN en France en 1995, la SNCF a donc décidé d'améliorer la perception du signal R24 par une augmentation de son diamètre et de l'expérimenter avant de généraliser cette modification.

Consistance de l'étude :

3 sites ont été choisis : Varennes dans l'Allier, Montargis dans le Loiret et Pontchâteau en Loire Atlantique.

Les PN sont équipés de SAL2 avec un rappel sur potence pour les sites de Varennes et de Pont Château.

Tous sont équipés de lampe à diodes, sauf Pontchâteau. Les optiques en 300 mm sont tous à diodes.

Un questionnaire en 4 parties :

- identification du conducteur,
- lecture du panneau avancé A7,
- lecture des feux si allumés et des barrières,
- commentaire libre sur la lisibilité du PN.

Le même questionnaire a été distribué avant et après la modification de taille des R24. 600 questionnaires, soit 200 par site, ont été distribués avant modifications, et 600 après.

Le retour des questionnaires a été de l'ordre de 28 %. Soit au total de 182 réponses avant et de 153 réponses après.

Éléments conclusifs de l'étude :

Les usagers sont plutôt des conducteurs masculins expérimentés locaux et habitués du site.

Il ressort des enquêtes un impact peu significatif sur la perception de feu en passant de 160 à 300 mm de diamètre. Cependant il est relevé un intérêt pour l'augmentation du diamètre du feu sur potence.

6.2.2.6 Fiche de synthèse étude n°6

Évaluation du respect du feu rouge clignotant R24 sur des carrefours giratoires traversés par le Busway ou le tramway à Nantes (Phase 2)	
<i>Date :</i> 01/07/08	Auteur : ZELT / Cete Ouest <i>Commanditaire :</i> Certu
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comparative
<i>Objet :</i>	étude du niveau de respect par les usagers routiers des feux rouges clignotant R24 aux carrefours giratoires de la ligne Busway en comparaison des carrefours giratoires traversés par les lignes de tramway de Nantes
<i>Observations :</i>	Cette étude constitue la 2eme phase de l'étude sur le R24 commanditée par le CERTU et la SEMITAN. La première phase portait sur l'apport de sécurité par le doublement et la répétition à gauche des feux R24. Système enregistreur : ETRAM
<i>Résultats :</i>	Pas de différence significative du comportement des usagers routiers. On note toutefois un non respect du R24 plus important en début de phase pour les giratoires avec tramway et en fin de phase pour les giratoires du Busway

Contexte et éléments déclencheurs :

Le rapport de l'étude ne le précise pas.

Consistance de l'étude :

3 carrefours des lignes de tramway et 3 carrefours de la ligne busway à Nantes ont été sélectionnés pour leurs caractéristiques similaires et selon les critères suivants : 2 carrefours à fort trafic dont un avec une station à proximité, et 1 à faible trafic avec une station à proximité.

Les mesures ont été réalisées à l'aide du système enregistreur ETRAM, entre le 19 septembre et le 16 octobre 2007, soit au cumulé, 68 jours de recueil pour les carrefours du busway et 44 jours pour les carrefours du tramway. Le système enregistre au 1/100e de seconde tous les franchissements.

Éléments conclusifs de l'étude :

La comparaison du non respect du R24 **ne fait pas apparaître de différence significative des comportements des usagers routiers, entre les 3 carrefours giratoires traversés par le Busway et les 3 carrefours giratoires traversés par le tramway,**.

Il apparaît que les franchissements du rouge clignotant ont plutôt lieu en début de phase dans les carrefours giratoires traversés par un tramway et les franchissements tardifs aux carrefours giratoires traversés par le Busway.

Synthèse des résultats	Tramway	Busway	Ecart
Taux de franchissement de rouge	1,95%	2,13%	9%
Taux de franchissement tardif (à plus de 2s après l'allumage du rouge)	0,59%	0,85%	44%
Pourcentage de cycles ayant au moins un franchissement de rouge	21,00%	18,50%	-12%
Pourcentage de cycles ayant au moins un franchissement tardif	7,10%	7,70%	8%
Nombre moyen de franchissement par cycle de feux	0,26	0,22	-16%
Nombre moyen de franchissement tardif par cycle de feux	0,08	0,09	11%

6.2.2.7 Fiche de synthèse étude n°7

Comportement des usagers aux passages à niveau SAL 0 Cas du PN 52 à Marthod en Savoie	
<i>Date :</i> 01/04/08	Auteur : Cete Normandie centre <i>Commanditaire :</i> DTT
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comportementale
<i>Objet :</i>	Évaluation du comportement infractionniste des usagers au PN 52 à Marthod en Savoie équipé d'un SAL 0 (feu rouge clignotant R24, avec croix de St André et sans barrière)
<i>Observations :</i>	Site peu pertinent ; les mesures manquent de précision
<i>Résultats :</i>	Peu significatif, peu d'intérêt sauf de réaffirmer que le respect du code de la route stricto-sensu ne peut être exigé par ce type d'aménagement

Contexte et éléments déclencheurs :

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la politique de la suppression des PN engagée par l'État. Les PN de type SAL 0 sont peu nombreux en France, une cinquantaine environ. Cet aménagement se situe entre les PN à croix de St André et les PN avec barrières).

Consistance de l'étude :

Ce PN est l'intersection d'une voie ferrée unique et d'une route bidirectionnelle, avec des trafics de 4 trains et 1400 véhicules par jour.

Il se situe à proximité d'un bourg et il y a été comptabilisé 2 accidents mortels (*on ne connaît pas la période d'observation*).

Le PN est équipé d'une signalisation automatique lumineuse sans barrière (SAL 0).

La visibilité au PN est jugée bonne (*sans autre précision*).

La vitesse des trains est faible et variable, (*aucune vitesse n'est donnée*).

A partir de l'annonce, l'arrivée d'un train au PN varie entre 25 et 120 secondes.

Les observations ont été faites par dépouillement d'images prises par une caméra fixe sur une semaine complète.

Éléments conclusifs de l'étude :

Dans 49% des cas, il n'y a pas d'usager routier pendant la phase d'allumage R24, et au moment de son allumage le ratio tombe à 63%.

Avant le passage du train

Pas d'usager routier arrêté au PN	63%
Usagers s'arrêtant au feu	26%
Usagers infractionnistes	11%

Mais, on ne sait pas à quel moment l'infraction a été commise par l'usager c'est à dire à quelle seconde après l'allumage, le rouge a été grillé.

Après le passage du train et avant l'extinction du feu

Pas d'usager routier au PN	49%
Usagers attendant l'extinction du feu	2%
Usagers infractionnistes	49%

Une seule ligne, donc pas de train croiseur possible, des trains lents, si le feu rouge ne s'éteint pas immédiatement, l'usager a bien compris que le danger était passé.

6.2.2.8 Fiche de synthèse étude n°8

Etude signalétique tramway - Évaluation du dispositif automobilistes R24	
<i>Date :</i> 01/07/08	Auteur : Alta research <i>Commanditaire :</i> Ville de Paris
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation in situ
<i>Objet :</i>	évaluation par interview de la perception des R24 par les usagers routiers à 2 carrefours de la ligne tramway des Maréchaux à Paris
<i>Observations :</i>	Étude réalisée 1 an et ½ après la mise en service de la ligne de tramway des Maréchaux Échantillon faible.
<i>Résultats :</i>	On retiendra sur ces carrefours, que le R24 est difficilement lisible ou détectable en raison d'un environnement très chargé en signalisation et autres informations. Il est difficile de pouvoir conclure sur la compréhension ou non de ce signal bien connu pour les PN

Contexte et éléments déclencheurs :

pas précisé dans le document

Consistance de l'étude :

La Mairie de Paris a fait réaliser une étude qualitative par Alta research auprès de 15 usagers (automobilistes et motards) ayant l'habitude de franchir les voies du tramway du boulevard des Maréchaux aux carrefours équipés de R24, Porte d'Italie et de Brançon en tourne à gauche.

Ils ont été interrogés à domicile ou sur leur lieu de travail entre le 30 mai et le 13 juin 2008, soit 1 an et ½ après la mise en service de la ligne.

Le guide d'entretien portait sur la compréhension de la signalisation et principalement du R24, avec des questions principalement ouvertes avec l'appui de photos : questions sur la mémoire des usagers, puis sur la compréhension et enfin sur les améliorations souhaitables.

Éléments conclusifs de l'étude :

La moitié des interviewés a répondu que le feu rouge clignotant correspond à une obligation de s'arrêter, l'autre moitié l'a assimilé à la présence d'un danger imminent.

Lorsque le feu est éteint, les non habitués disent avoir un doute et ressentir une angoisse avant de franchir la plate forme du tramway, et se rallient en général aux décisions des autres usagers.

Le signal R24 de l'avis général est trop discret (trop petit et noyé par une multitude d'informations).

Les propositions avancées par les personnes interviewées :

- remplacer le R24 par un feu bicolore rouge et vert,
- agrandir la taille des feux et éviter l'impression de fouillis par la multiplication des panneaux,
- éviter le clignotement seul (idée de transition, attente de confirmation),
- être plus visible et repérable avant de tourner à gauche.

Pour ceux qui associent le dispositif actuel à celui d'un passage à niveau, aucun changement n'est à faire, sauf augmenter la taille du feu.

6.2.2.9 Fiche de synthèse étude n°9

Évaluation d'une nouvelle signalisation automatique lumineuse et sonore pour un passage à niveau sans barrière	
<i>Date :</i> déc. 2009	Auteur : Cete Normandie Centre <i>Commanditaire :</i> DGITM
<i>Type d'étude :</i>	Enquête (hors terrain)
<i>Objet :</i>	Recherche d'une nouvelle signalisation lumineuse pour les PN sans barrière,
<i>Observations :</i>	phase 3 de l'étude : test en laboratoire de différentes signalisations lumineuses pour en retenir 2 à expérimenter sur le terrain. Les échantillons sont faibles
<i>Résultats :</i>	Conclusions sur la compréhension théorique des couleurs (rouge = arrêt) et des types de signaux (clignotant = alerte), et la prédominance du clignotement sur la couleur

Contexte et éléments déclencheurs :

Suite au dramatique accident d'Allinge en Hautes Savoie le 2 juin 2008, la mesure n°18 du plan Bussereau préconise d'équiper de feux les PN où la vitesse des trains est supérieure à 40 km/h, mais inférieure à 90km/h.

Le SAL0 présente un inconvénient majeur lorsqu'il est au repos, il est impossible pour un usager routier de connaître son état : repos ou en panne. La DGITM, en lien avec la DSCR et la SNCF, demande donc au CETE Normandie Centre de lui proposer un nouveau signal lumineux pour répondre à cette problématique.

Consistance de l'étude :

le premier test a été réalisé avec 14 étudiants, ayant le permis, sur les représentations symboliques de couleurs et de formes,

le même test a été refait avec 119 personnes de 19 à 84 ans, dont 54 femmes, mais avec un questionnaire à choix multiples,

Suite à ces premiers résultats sur la symbolique des signaux, il a été imaginé 6 signalisations (sans barrière, ni R24), dont 5 lumineuses. Toutes comportent la croix de St André et 5 un dispositif lumineux différent par la couleur, la forme et la taille, dont 2 existent déjà dans l'IISR : le R11v et le R23v. Les 6 signalisations imaginées ont été mises en situation par photos montage sur un même PN et projetées à 77 personnes avec un questionnaire en mentionnant : adapté, compréhensible ou suffisant et à classer selon 4 niveaux de non satisfaisant à tout à fait satisfaisant.

Éléments conclusifs de l'étude (phase 3) :

On distingue deux populations parmi les gens interrogés :

- les habitués qui vont apprendre le fonctionnement,
- les occasionnels qui ont besoin d'une compréhension immédiate, voir intuitive.

Concernant les couleurs :

- le rouge fixe semble bien compris « interdiction, arrêt obligatoire »,
- le rouge clignotant est plus confus dans l'esprit des usagers car il semble exprimer plusieurs états à la fois : dysfonctionnement, danger imminent, alerte,
- le vert est associé à l'« autorisation »,
- le blanc n'a pas de signification (il pose donc un problème d'identification).

Pour le feu rouge clignotant, le contexte est donc déterminant pour son interprétation. Hors contexte, il est intuitivement davantage associé à un danger ou un dysfonctionnement qu'à une obligation d'arrêt.

6.2.2.10 Fiche de synthèse étude n°10

Les giratoires et traversées gérés par des feux R24	
<i>Date :</i> 01/04/09	<i>Auteur :</i> CU Bordeaux <i>Commanditaire :</i> elle même
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comparative
<i>Objet :</i>	améliorer la visibilité des feux R24 aux carrefours giratoires et aux traversées simples
<i>Observations :</i>	
<i>Résultats :</i>	La réduction de largeur de la chaussée, une bonne orientation des R24 et le doublement en hauteur des feux (2,15 m et 1,50 m) semble, 8 mois après, donner de bons résultats

Contexte et éléments déclencheurs :

Sur Bordeaux, certains giratoires et les traversées simples gérés par R24 présentent plus d'accidents que d'autres carrefours : giratoires Raoul/Béthanie, Coty, Portmann et la traversée simple de Chaumet à Pessac.

Consistance de l'étude :

Etude interne menée à la Communauté Urbaine de Bordeaux, service de l'environnement de l'urbanisme et du développement économique à partir des accidents et de l'expérience du terrain.

Éléments conclusifs de l'étude :

De l'enquête il est ressorti que :

- le cône de visibilité des signaux lumineux des feux actuels est trop directif (5°) :
 - 1) Cette caractéristique entraîne des contraintes d'implantation parfois difficile à respecter, tant en plan, en hauteur et en direction, et obligent des trajectoires rectilignes, des usagers, les plus dans l'axe possible du feu (impossible à obtenir sur un anneau de giratoire).
 - 2) Sans ces précautions, l'usager peut être en dehors du cône ou y passer rapidement, sans même voir le signal pour le cas du R24, (si le R24 est dans sa phase noire),
- l'effet fantôme (lentille provoquant des reflets de l'environnement), constaté principalement en giratoire,
- une trop grande largeur de chaussée, plus de 2 voies, présente une difficulté pour orienter correctement le feu vers l'usager, sans parler des autres inconvénients (masque mobile, vitesse plus élevée..)
- par ailleurs le temps d'allumage des R24 est trop long sur Bordeaux. Ce qui pénalise sa crédibilité, principalement lorsque ce dernier tarde à s'éteindre après le passage du tramway.

Solutions testées à Bordeaux, dans l'attente d'un nouveau feu de type E (Extra Wide) d'une luminosité mieux répartie :

- aux giratoires : doublement des feux R24 de type W (Wide), un feu à 2,15 m et le deuxième à 1,50 m du sol sur chaque poteau avec clignotement asynchrone,
- à la traversée simple Chaumet : réduction à une voie de circulation dans chaque sens à 2,60 m, création d'une bande cyclable d'1,20 m et d'un îlot pour implanter les R24 superposés à gauche.

Les premiers résultats semblent encourageants. 8 mois après, sur le carrefour Chaumet à Pessac aucun accident n'a été constaté depuis la modification. Ce carrefour présentait auparavant en moyenne un accident par mois.

6.2.2.11 Fiche de synthèse étude n°11

Rapport de mesures « ANAIS » : mesures de franchissements illicites au carrefour à feux tricolores (R11v), avenue Berthelot / route de Vienne à Lyon	
<i>Date :</i> 01/05/09	Auteur : SPIE <i>Commanditaire :</i> Certu ?
<i>Type d'étude :</i>	Mesures de comportement (infractions)
<i>Objet :</i>	évaluation du nombre d'usagers franchissant au rouge le carrefour à feux tricolores avenue Berthelot / route de Vienne à Lyon
<i>Observations :</i>	Rapport manquant de précision sur la méthode, les outils et les conditions de réalisation de l'étude. Document de 20 pages, dont 80% sont des graphiques.
<i>Résultats :</i>	Pas de conclusions

Contexte et éléments déclencheurs :

Ces mesures se placent dans le cadre des réflexions et études préalables au développement des dispositifs de contrôle sanction automatisé du franchissement des feux tricolores (CA- FR).

Consistance de l'étude :

Le rapport ne précise pas la méthode. Il semble que des travaux ont perturbé la campagne de mesures. Une voie tramway bidirectionnelle longe l'avenue Berthelot à 2 voies à sens unique. Ces voies coupent en biais la route de Vienne elle-même à 2 voies à sens unique. Le carrefour est équipé de R11v pour les voies routières et de R17 pour la voie tramway. Les mesures semblent ne concerner qu'un seul feu, mais on ne sait pas lequel. Le trafic est composé de 81% de VL, 3% de bus et 16% de 2 roues. Les comptages, par radar ont été réalisés sur 10 jours, 20 heures et 20 minutes du 18 au 29 mai 2009.

Éléments conclusifs de l'étude :

Sur 54 278 véhicules, 725 sont passés au rouge, dont 80% en début de phase

Couleur du feu	% de véh	Vitesse moyenne
Vert	93,2%	30 km/h
Orange	5,5%	45 km/h
Rouge	1,3%	50 km/h
Total	100%	

6.2.2.12 Fiche de synthèse étude n°12

Suivi des intersections barrières sur la ligne T3 de tramway de l'agglomération lyonnaise	
<i>Date :</i> 01/06/09	Auteur Cete Lyon <i>Commanditaire :</i> STRMTG / Certu
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation
<i>Objet :</i>	STRMTG : valider les hypothèses de sécurité du projet (vitesse de franchissement du tramway, conduite à marche conditionnelle et compréhension par les usagers). Certu : établir des recommandations pour l'aménagement de ce type d'intersections. SYTRAL (AOT) : améliorer la sécurité aux intersections. KEOLIS (l'exploitant) : améliorer la disponibilité du système.
<i>Observations :</i>	La voie tramway étant hors emprise routière, les intersections en question sont de fait des PN, qui sont gérés selon un principe de franchissement conditionnel Le R24 est aussi utilisé pour gérer les traversées piétonnes
<i>Résultats :</i>	Le feu R24 est en général assez bien compris, mais les usagers font référence plus spontanément au passage d'un tramway ou d'un train qu'à l'obligation d'arrêt donnée par le signal. Le temps d'attente trop long ou non justifié, engendre des comportements in fractionnistes, principalement des piétons qui ont compris que c'était un tramway et non un train qui circule.

Contexte et éléments déclencheurs :

Au vu du caractère innovant de cet aménagement, le STRMG, le Certu, l'AOT et l'exploitant ont souhaité réaliser une évaluation du fonctionnement des intersections barrières.

Consistance de l'étude :

La ligne T3 du tramway de Lyon, ouverte le 5 décembre 2006, emprunte l'ancienne emprise du chemin de fer de l'Est Lyonnais, sur 15 km entre la gare de la Part Dieu à Lyon et la zone industrielle de Meyzieu dans l'Est Lyonnais.

L'étude porte sur la section Renaissance - Meyzieu de 12 km. Plusieurs enquêtes sur les comportements usagers et la lisibilité des aménagements ont été menées auprès des tramotins, des piétons et des automobilistes. Les infractions à 6 intersections ont été relevées et comptabilisées par dépouillement vidéos, des mesures de vitesses routières et une analyse de vitesses tramway (boîtes noires) ainsi qu'un bilan des accidents et chocs sur les équipements du PN (lisses et mécanismes de la barrière), ont été réalisés depuis l'ouverture de la ligne en décembre 2006, soit sur une période de 2 ans.

Éléments conclusifs de l'étude :

Résultats des enquêtes :

- *pour les traminots* : les piétons, jeunes en majorité, ne respectent pas le R24 (sans plus de commentaires),
- *pour les piétons* : 21% n'associent pas le R24 à un arrêt obligatoire,
- *pour les automobilistes* :
 - 1) 94% des conducteurs disent ne jamais passer au rouge clignotant,
 - 2) 27% des conducteurs disent que le R24 au rouge clignotant n'est pas un arrêt obligatoire, mais mentionnent plutôt «attention au tramway» ou «attention, la barrière va se fermer».
 - 3) 20% disent avoir perçu le rouge clignotant, mais trop tard.

Dépouillements des enregistrements vidéos :

- *pour les automobilistes* : sur 302 véhicules observés pendant la phase rouge clignotant :
 - 1) 37% s'arrêtent,
 - 2) 54% franchissent le PN au rouge clignotant entre 0 et 3 secondes,
 - 3) 9% franchissent le rouge clignotant au-delà des 3 secondes.

On note une forte différence entre la réalité (vidéo) et le discours (enquête). Il y a vraisemblablement un problème psychologique d'avouer même en restant anonyme, l'adage est : pas vu pas pris.

- *pour les piétons* : s'ils ne sont pas nombreux (non précisé dans le rapport, seul ou peu nombreux)
 - 1) 25% passent au rouge clignotant,
 - 2) dont 15% après le déclenchement de la fermeture de la barrière,
- s'ils sont nombreux,
 - 1) 75% passent au rouge clignotant,
 - 2) dont 65% après le déclenchement de la fermeture de la barrière.

On note là l'effet de groupe, bien connu, qui accentue le problème.

Les cycles de feu pour le passage du tramway varient entre 30 et 54 secondes. Le temps d'attente des piétons est donc très long, alors que, pour traverser la plate-forme, un piéton met à peine 7 secondes.

Analyse des données accidents:

- 6 accidents avec un tiers en 2 ans (2007 – 2008),
- 4 en carrefour dont 3 avec un VL et 1 avec un quad,
- et 2 en section courante avec un cycliste.

Suite à donner :

Les recommandations portent sur l'amélioration de la lisibilité du carrefour et les traitements pour réduire les vitesses des usagers routiers en approche.

6.2.2.13 Fiche de synthèse étude n°13

Comparaison de l'accidentologie entre le R11j et le R24 en barrage sur les giratoires Nantais où la signalisation a été modifiée	
<i>Date</i> : février 2010	Auteur : FLJ Conseils <i>Commanditaire</i> : -
<i>Type d'étude</i> :	Analyse à partir des données accidents
<i>Objet</i> :	comparer l'accidentologie avant/après des giratoires où les R11j ont été remplacés par des R24 en barrage sur l'anneau.
<i>Observations</i> :	Les résultats mériteraient d'être redressés par rapport au contexte général de la baisse des accidents sur le territoire national
<i>Résultats</i> :	le taux d'accident avec les R24 en remplacement des R11j a sensiblement diminué à ces carrefours

Contexte et éléments déclencheurs :

Les carrefours giratoires de la ligne 2 du tramway de Nantes ont été équipés à l'origine de feux R22j en entrée et R11j en barrage. La mise en service de la ligne 2 s'est faite progressivement entre 1992 et 1994. Il a été rapidement constaté un taux anormal d'accidents à ces carrefours.

En 1996, les premiers feux R24 remplacent les R11j sur un giratoire à Rezé. Les résultats sont encourageants et en 2000 les giratoires de la ligne 3 de Nantes sont tous équipés de R24.

En 2001-2002 une expérimentation est lancée sur le giratoire de Michelet-Orion-Orieux (Fiche de synthèse n°7) et conclut que le R24 est mieux compris et respecté que le R11j. Suite à cette expérimentation, en décembre 2003, l'ensemble des feux R11j en barrage a été remplacé par des R24, sans autres modifications.

Consistance de l'étude :

L'analyse est faite à partir du relevé de tous les accidents (corporels ou non) entre un véhicule routier et un tramway, enregistrés par l'AOT entre 2011 et 2008 sur 4 traversées simples et 10 giratoires de la ligne 2 du tramway de Nantes ; ceux-ci avaient fait l'objet du remplacement des R11j par des R24 en décembre 2003.

Éléments conclusifs de l'étude :

Nbre de carrefours	Type de carrefour	R11j	R24	variation
		Accidents /an		
		2001-2003	2004-2008	
4	Traversée simple	3,7	2,0	
4	Giratoires moyens avec une voie en entrée	2,3	1,7	
3	Giratoires moyens avec 2 voies en entrée	5,7	3,8	
3	Grands giratoires R> 20m avec 2 voies et + en entrée	10,7	6,8	
14	total en moyenne annuelle	22,3	14,4	-35,5%

On constate que le taux d'accidents avec les R24 a diminué et globalement il est passé de 22,3 à 14,4% soit une baisse de 35,5%.

Au niveau national, les chiffres de ONISR (Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière) donnent entre 2003 et 2008 (années médianes des 2 périodes d'observation) une baisse du nombre d'accidents corporels en France de l'ordre de 24%, passant de 105470 à 80309 accidents corporels sur les routes de France.

La baisse du nombre d'accidents n'est donc pas lié uniquement au R24. Elle suit aussi la tendance générale nationale, ce qui relativise le résultat annoncé.

Ce suivi tend démontrer que le R24 est mieux compris que le R11j, dans les carrefours giratoires avec tramway.

Par ailleurs il se confirme, une fois de plus, que les giratoires de grand taille, supérieure à 20 m de rayon, sont plus accidentogènes.

Commentaires :

Comparaison intéressante, mais sans réelle valeur statistique. Elle donne une tendance qui doit être confirmée par un échantillonnage plus important et par des études complémentaires permettant de recadrer ces résultats dans un contexte plus général.

6.2.2.14 Fiche de synthèse étude n°14

Comparaison entre R11v et R24 à Saint-Priest (sur la ligne T2 de Lyon)	
<i>Date :</i> 2011-2012	Auteur : Certu <i>Commanditaire :</i> DSCR
<i>Type d'étude :</i>	Evaluation comparative
<i>Objet :</i>	évaluation comparative (avant / après) des comportements en terme de respect des signaux, sur deux traversées simples de voies tramway où les R24 ont été remplacés par des signaux tricolores R11v
<i>Observations :</i>	Un des carrefours est une traversée simple à proximité d'un giratoire, l'autre un franchissement par une rue en sens unique parallèle au tram
<i>Résultats :</i>	L'écart du taux de respect des deux types de signaux est trop faible pour conclure à la « supériorité » de l'un ou l'autre ; dans les deux cas une infraction est constatée en moyenne tous les 5 cycles.

Contexte et éléments déclencheurs :

Décision de l'AOT (SYTRAL) de remplacer les signaux R24 sur deux intersections de la ligne T2, suite à des accidents récurrents, dont un spectaculaire mettant en cause un PL. Cette substitution se faisant sans modification de la configuration, ni autre changement notable de l'environnement, ces sites offraient une opportunité de comparaison entre les 2 types de signaux.

Consistance de l'étude :

- enregistrements vidéo sur site en continu (plusieurs périodes diurnes),
- analyse quantitative des franchissements par les usagers routiers en situation de conflit potentiel (présence de tramway)
- recueil de données de contexte (trafics, fréquence tram)
- observations qualitatives des comportements

Planning :

avril 2011 : mesures avec signaux R24

mai 2011 : remplacement des signaux R24 par des R11v

juin 2011 : mesures avec signaux R11v

mai-juin 2012 : nouvelles mesures avec signaux R11v

Éléments conclusifs de l'étude

L'écart entre les taux de respect des deux types de signaux est faible, avec globalement, une infraction constatée pour un cycle sur cinq dans chaque cas.

Cet écart, favorable au R11v lors des observations effectuées juste après le changement des feux (ratio cycle avec infraction : 17,5% contre 20%) se réduit, et s'inverse même sur un des 2 carrefours un an après.

L'analyse de la répartition des infractions montre une part de franchissements du jaune plus importante que celle des 3 premières secondes de clignotement du R24. En revanche les franchissements en fin de cycle après passage du tram sont plus fréquents avec le R24, mais là encore l'écart diminue entre les 2 campagnes.

Commentaires :

Se garder de toute généralisation hâtive, car :

- faiblesse des échantillons en cause, en lien avec la faiblesse des trafics,
- caractère particulier des sites et du contexte (zone d'activité tertiaire avec des trafics pendulaires et beaucoup d'habités,
- divergence des résultats sur les deux carrefours pourtant très proches.

6.2.2.15 Fiche de synthèse étude n°15

Etudes de 10 carrefours accidentogènes sur réseaux de tramway en France	
<i>Date :</i> 01/07/08	Auteur : PCI ITCV / Cete's <i>Commanditaire :</i> STRMTG
<i>Type d'étude :</i>	Etudes de sécurité
<i>Objet :</i>	Rechercher, sur les 10 carrefours les plus accidentogènes, les causes de l'insécurité à partir de l'analyse des accidents et du terrain ; proposer des pistes d'amélioration
<i>Observations :</i>	L'étude concerne au total 10 carrefours, et a fait l'objet de rendus distincts et d'une synthèse. Seule les carrefours en lien avec notre sujet sont abordés ici (5 giratoires et 1 traversées simple) Aucune mesure de vitesse ou analyse comportementale n'a été réalisée dans le cadre de ces études.
<i>Résultats :</i>	On retiendra que la visibilité réciproque est un facteur prépondérant pour la sécurité

Contexte et éléments déclencheurs :

L'étude a été initiée dans le cadre du GT Rex Tramway, avec le double objectif

- d'apporter au plan local des solutions concrètes sur des carrefours posant problème,
- d'identifier de manière générale des pistes d'amélioration pouvant orienter les recommandations et les pratiques.

Les carrefours ont été choisis au vu de leur insécurité avérée (à partir de la base de données accidents tramway) ou ressentie (au vu des avis exprimés par les exploitants).

Consistance de l'étude :

Pour chaque carrefour il a été procédé à une analyse de terrain (environnement, géométrie, signalisation, pratiques constatées) et à une approche accidentologique à partir des données disponibles (Base de données accidents tram, mais aussi fichiers BAAC et PV le cas échéant)

Le panel concerné ici comprenait:

- 5 giratoires, dont
 - 3 avec conflits tram gérés par R24 et 2 par R11j
 - 3 avec des entrées à 2 voies de circulation ;
 - 2 avec traversée hors îlot, à moins de 15m de l'anneau
- 1 carrefour en T (traversée simple) équipé de R24;
- 5 réseaux avec tramway fer et 1 réseau avec tramway sur pneu ;
- 4 carrefours en milieu périurbain sur de grands axes routiers.

Éléments conclusifs de l'étude :

- La visibilité et la lisibilité de l'aménagement sont souvent mises en cause sur tous ces carrefours,
- La perception des signaux est souvent contrariée par l'environnement et l'aménagement, et constitue le premier problème concernant celle-ci, avant le type de signal (sur lequel l'étude n'apporte pas d'enseignement décisif),
- la suppression des signaux R22j aux entrées semble dégrader la situation, en dépit du renforcement des signaux R244 en barrage, en particulier pour les entrées à 2 voies,
- les gains de capacité liés à cette suppression semblent très relatifs, l'anneau du giratoire étant rapidement saturé et ne permettant plus aucun mouvement lors du passage du tram.

6.3 Références bibliographiques

* les publications liées aux études listées aux §6.2 et 6.3 ne sont pas reprises ici.

- Code de la Route (partie réglementaire)
- Arrêté du 24 novembre 1967 sur la signalisation des routes et autoroutes
- Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière
- Décret 2003-425 (modifié) du 9 mai 2003 sur la sécurité des transports publics guidés
- Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs (Certu, 2000)
- Guide giratoires et tramways (Certu / STRMTG, 2008)
- Rapport annuel « accidentologie des tramways – analyse des événements déclarés » (STRMTG, 2011)

6.4 Liste des sigles et abréviations utilisés

AITF	Association des ingénieurs territoriaux de France
BEA TT	Bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre
Certu	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
COST	European cooperation in science and technology
DGITM	Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer
DSCR	Délégation à la sécurité et à la circulation routière
GART	Groupement des autorités organisatrices de transport
PCI ITCV	Pôle de compétence et d'innovation – Interface transports collectifs et voirie
STRMTG	Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés
SyndEQA-IU	Syndicat des experts qualifiés agréés pour la sécurité des transports guidés – volet insertion urbaine en insertion urbaine
SYTRAL	Syndicat mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise
UTP	Union des transports publics et ferroviaires
ZELT	Zone expérimentale laboratoire de trafic
AOT(U)	autorité organisatrice de transport (urbain)
BAAC	bulletin d'analyse des accidents corporels
BHNS	bus à haut niveau de service
CAPN	Contrôle automatisé au passages à niveau
IB	intersection barriérée
IISR	instruction interministérielle sur la signalisation routière
LAC	ligne aérienne de contact
PN	passage à niveau
PN SAL n	passage à niveau à signalisation automatique lumineuse à n demi-barrières
PV	procès verbal
Rex	retour d'expérience
RFN	réseau ferré national
SLT	signalisation lumineuse de trafic
STPG	sécurité des transports publics guidés
TAD	tourne à droite
TAG	tourne à gauche
TC	transport(s) collectif(s)
TCSP	transport collectif en site propre
VL	véhicule léger