

Giratoires et bus à haut niveau de service (BHNS)

Recueil et analyse des pratiques existantes



Giratoires et bus à haut niveau de service (BHNS)

Recueil et analyse des pratiques existantes

Collection « Expériences et pratiques »

Cette collection regroupe des exemples de démarches mises en œuvre dans différents domaines. Elles correspondent à des pratiques jugées intéressantes ou à des retours d'expériences innovantes, fructueuses ou non, dont les premiers enseignements pourront être valorisés par les professionnels. Les documents de cette collection sont par essence synthétiques et illustrés par des études de cas.

Remerciements

Ce dossier a été réalisé dans le cadre d'un groupe de travail piloté par Pascal Fossey et Yannis Lagarde (Cerema Méditerranée), et constitué par :

- François Brunel, puis Nicolas Speisser (Cerema Est) ;
- Mickaël Potier (Cerema Centre Est) ;
- Jérôme Hervé (Cerema Ouest) ;
- Jean-Luc Reynaud (Cerema Territoires et ville) ;
- François Rambaud (Cerema Territoires et ville) ;
- Dominique Bertrand (Cerema Territoires et ville).

Dominique Bertrand a coordonné les relectures effectuées par Isabelle Treve-Thomas (Cerema Territoires et ville), Gildas Grenier (Nantes Métropole), Jacques Raphel (régie Ligne d'Azur) et Stéphane Patouillard (Certifer).

Les auteurs remercient les Autorités organisatrices de transport, les collectivités territoriales gestionnaires de voirie et les exploitants de réseaux de transport collectif des agglomérations d'Amiens, Chambéry, Melun Sénart, Lorient, Nantes, Nîmes, Toulouse pour leur disponibilité et les informations communiquées.

Introduction

Objet du dossier

Le franchissement des carrefours constitue un enjeu important de productivité pour les réseaux de transport collectifs, particulièrement dans l'optique d'un bon niveau de service. Y minimiser la perte de temps et son caractère aléatoire en donnant la priorité au bus ou au tramway est en effet un moyen essentiel pour contribuer à optimiser le temps de parcours de la ligne et améliorer la régularité de la desserte.

Le carrefour est en même temps un lieu de concentration des conflits, et par conséquent un enjeu de sécurité pour le TC comme pour les autres usagers de l'espace public.

Ces enjeux sont particulièrement avérés dans les cas de carrefours giratoires et autres ronds-points que leur franchissement par un TC en site propre peut rendre encore plus complexes.

La problématique de l'insertion des bus dans les giratoires revêt depuis quelques années un aspect primordial avec la mise en application du concept de Bus à haut niveau de service (BHNS), à travers la multiplication de projets neufs ou d'amélioration de lignes existantes, où l'on cherche à donner la priorité au transport collectif.

Le « Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs », publié par le Certu en 2000, aborde peu la question du franchissement des carrefours giratoires par les bus, si ce n'est pour déconseiller la transposition directe à ce mode des dispositions mises en œuvre pour le tramway. Celles-ci, fondées sur le principe de traversée de l'îlot central par le site propre TC, ont depuis fait l'objet d'un guide spécifique qui ne traite que de ce mode guidé.

De même, le « Guide d'aménagement des carrefours à feux à îlot central » ne donne pas d'indications précises sur la façon de gérer l'insertion des bus et la recherche de leur priorité dans ce type de carrefours.

Alors que la refonte du guide publié en 2000 est engagée, il nous est apparu opportun de faire un état des lieux des pratiques en la matière concernant les carrefours giratoires, en préalable à la formulation de recommandations qui pourront être intégrées dans la nouvelle version de ce document de références.

C'est l'objet du présent dossier, qui ne prétend ni à l'exhaustivité du recensement des cas existants, ni à la complétude de leur analyse. Il s'agit plutôt d'expliquer et d'illustrer les enjeux, de mettre en évidence les points de vigilance et les questions à se poser. Ce dossier n'aborde pas non plus la question des coûts d'aménagement de ces carrefours.

Périmètre et contenu de l'ouvrage

S'inscrivant dans une logique de transport collectif à haut niveau de service, notre réflexion ne concerne que les cas où on cherche à privilégier le bus par l'aménagement physique et/ou la gestion des conflits avec les autres usagers, et non l'ensemble des carrefours giratoires fréquentés par des bus sans dispositions spécifiques ; pour ceux-ci il convient de se référer aux ouvrages de portée générale relatifs aux carrefours urbains.

Un groupe de travail a été constitué au sein du Cerema pour partager les éléments de connaissance disponibles sur le sujet, rassembler et capitaliser des retours d'expérience sur la base de l'analyse de cas existants sur différents réseaux de bus français. Ceci s'est appuyé sur des observations de terrain, l'exploitation de données disponibles et des entretiens avec les services gestionnaires de voirie, autorités organisatrices et exploitants TC dans les agglomérations concernées.

Au début des réflexions, la nécessité de rappeler et clarifier la terminologie et le cadre réglementaire du carrefour « giratoire » s'est assez vite imposée, et c'est ce qui fait l'objet de la première partie du présent ouvrage.

Il a ensuite été convenu d'organiser la présentation des cas en fonction du choix fait en matière d'insertion physique des bus dans le giratoire.

On distingue :

- les giratoires où le site réservé au TC traverse l'îlot central ;
- les giratoires où le TC emprunte l'anneau ;
- les mini-giratoires traversés par le TC ;
- les autres carrefours circulaires à îlot central que le mode de gestion choisi pour favoriser le TC ne permet plus de classer dans les carrefours giratoires tels qu'ils sont définis réglementairement.

Un enseignement essentiel de la production de ce dossier est le besoin de capitaliser davantage les retours d'expériences concernant aussi bien l'impact sur le niveau de service TC que sur la sécurité de tous les usagers et le fonctionnement global des carrefours en question. Ceci est indispensable pour la poursuite du chantier de refonte du guide « Voirie TC » de 2000, à la fois pour conforter les affirmations qui nous semblent aujourd'hui faire consensus et pour approfondir l'analyse sur des points particuliers restant ouverts.

Sa diffusion auprès des autorités organisatrices de transport, des gestionnaires de voirie, des exploitants de réseaux TC et des bureaux d'études se veut donc un partage des connaissances.

C'est en même temps un appel à contribuer à ce retour d'expérience par la communication de témoignages et de données objectives sur des cas existants de franchissement de carrefours giratoires et autres carrefours circulaires par des BHNS et assimilés, qu'ils soient ou non recensés dans cet ouvrage.

Sommaire

Introduction	3
Chapitre 1 : Terminologie et représentation	7
1. Définition et principes de fonctionnement d'un carrefour giratoire	7
2. Comportement des usagers et sécurité	9
3. Géométrie	13
4. La problématique de l'insertion d'un TC dans un giratoire	15
Chapitre 2 : Le bus traverse l'îlot central	23
5. Prise en compte prioritaire du bus	24
6. Le fonctionnement de la priorité donnée aux TC	26
7. Impacts sur l'aménagement du carrefour	27
8. Modifications géométriques	27
9. Problème de cohérence de la signalisation routière	29
10. Cas particulier des grands giratoires (> 25 m)	30
11. Sécurité	31
12. Dispositions prises pour réduire les impacts négatifs sur la sécurité	33
13. Considérations relatives aux piétons	37
Chapitre 3 : Le bus emprunte l'anneau	39
14. Prise en compte prioritaire du bus	40
15. Impacts sur l'aménagement du carrefour	46
16. Sécurité	52
17. Piétons	52
Chapitre 4 : le bus franchit un mini-giratoire	55
18. Prise en compte prioritaire du bus	56
19. Impacts sur l'aménagement du carrefour	59
20. Sécurité	61
21. Piétons	63
Chapitre 5 : le bus traverse d'autres carrefours circulaires à îlot central	66
22. Prise en compte prioritaire du bus	66
23. Impacts sur l'aménagement du carrefour	69
24. Sécurité	71
25. Piétons	72
Conclusion	74

Annexe	77
Liste des carrefours giratoires et autres carrefours circulaires recensés	77
Bibliographie	87
Liste des sigles utilisés	88

Chapitre 1 :

Terminologie et représentation

1. Définition et principes de fonctionnement d'un carrefour giratoire

1.1 Réglementation

Le carrefour à sens giratoire, appelé plus communément giratoire, a été introduit dans le code de la route en 1983, par décret du 6 septembre.

L'article R110-2 définit le giratoire comme un dispositif circulatoire précis, à savoir :
« Une place ou un carrefour comportant un terre-plein central matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. »



Carrefour à sens giratoire

Source : Cerema

L'article R415-10 du code de la route (livre 4, titre 1, chapitre 5 qui définit les intersections et les priorités de passage) complète l'article R110-2 en précisant le régime de priorité qui s'applique à ce carrefour :

« Tout conducteur abordant un carrefour à sens giratoire est tenu, quel que soit le classement de la route qu'il s'apprête à quitter, de céder le passage aux usagers circulant sur la chaussée qui ceinture le carrefour à sens giratoire. »

Il ne faut donc pas confondre le « carrefour giratoire » avec d'autres carrefours circulaires dont les caractéristiques physiques sont proches mais dont la gestion est différente :

- en priorité à droite (ex. carrefour de l'Étoile à Paris) ;
- par signaux tricolores (on les appelle alors carrefours à feux à îlot central – CAFAIC).

Le terre-plein central de certains carrefours à sens giratoire peut être matériellement franchissable, pour permettre aux véhicules de les chevaucher lorsque leur encombrement rend cette manœuvre indispensable.

Cette configuration a été légalisée sous le terme de « **mini-giratoire** » par les décrets 95-1090 et 95-1091 du 9 octobre 1995 qui complètent l'article R110-2 du code de la route visé ci-avant.

Le décret 95-1091 stipule dans son annexe (article 2) que les carrefours à sens giratoire comportant un îlot central franchissable doivent répondre aux caractéristiques géométriques suivantes :

- le diamètre de la chaussée entre bordures de trottoirs ne doit pas dépasser 24 m (soit 12 m de rayon extérieur) ;
- l'îlot central doit être en forme de calotte sphérique dont la surélévation au centre est inférieure à 15 cm.



Mini-giratoire

Source : Certu

Le décret n° 2010-1390 du 12 novembre 2010 a supprimé la restriction du mini-giratoire au milieu urbain qui figurait dans ces décrets, en modifiant l'article R110-2 du code de la route comme suit :

Code de la route, article R110-2 en vigueur depuis le 12 novembre 2010

« Carrefour à sens giratoire : place ou carrefour comportant un terre-plein central matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Toutefois, les carrefours à sens giratoire peuvent comporter un terre-plein central matériellement franchissable, qui peut être chevauché par les conducteurs lorsque l'encombrement de leur véhicule rend cette manœuvre indispensable. »

1.2 Fonctionnement

En termes de fonctionnement, le carrefour à sens giratoire traite les différents flux en simplifiant les conflits (anneau prioritaire à sens unique) et en les séparant dans l'espace (îlot central). Ce type de carrefour est adapté à des axes où le trafic est :

- suffisamment conséquent (>1 000 uvp/h¹ sur l'axe principal et un trafic total entrant > à 1 500 uvp/h)
- relativement équilibré afin d'éviter un écoulement en continu du flux principal sans laisser de créneaux d'insertion aux usagers de la voie secondaire.

Par la même occasion, le carrefour giratoire :

- facilite les demi-tours ;
- permet de mieux gérer et de sécuriser les tourne-à-gauche ;
- a la possibilité de s'auto-réguler en heures creuses ;
- est une solution intéressante pour les carrefours de plus de quatre branches ;
- présente un meilleur niveau de sécurité que les autres types de carrefours.

Cependant :

- il requiert des emprises plus importantes que les autres carrefours plans ;
- il implique souvent un allongement de parcours pour les piétons ;
- il ne donne pas la possibilité d'agir sur la régulation des trafics, contrairement aux carrefours à feux.

2. Comportement des usagers et sécurité

2.1 Image et éléments d'identification

Le carrefour à sens giratoire est devenu un carrefour familier, la France étant la nation européenne qui en compte le plus grand nombre².

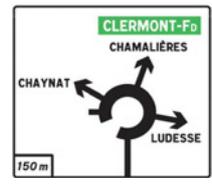
L'image d'un giratoire pour l'utilisateur routier est un carrefour circulaire dont l'îlot central est à contourner par la droite, avec une priorité sur les usagers entrants lorsqu'on circule sur l'anneau.

Les principaux éléments d'identification et de perception sont (sans ordre établi) :

- les panneaux de pré-signalisation directionnelle D42b (facultatif) ;
- le panneau de pré-signalisation AB25 (obligatoire) ;
- les îlots séparateurs, avec la balise « nez d'îlot » J5 ;
- l'îlot central qui rompt la continuité visuelle de l'axe par son aménagement ;
- le panneau « obligation de tourner à droite » (B21-1) sur l'îlot central face aux usagers entrants ;
- le panneau « cédez-le-passage » AB3a (facultatif en agglomération) et sa ligne d'effet (qui est obligatoire partout).

¹ uvp : unité de voiture particulière ; unité de mesure de trafic utilisée pour les calculs de capacité (en général un poids lourd équivaut à 2 uvp).

² Ce nombre a été estimé à 30 000 en 2005 (source : « Les accidents dans les carrefours giratoires urbains, étude statistique de 1993 à 2005 », Certu – 2009).

				
Signal D42b	Signal AB25	Balise J5	Signal B21-1	Signal AB3a

2.2 Grandes phases de franchissement d'un giratoire

Le franchissement d'un carrefour giratoire demande une attention et une vigilance tout au long de sa traversée. Le conducteur est amené à progresser en tenant compte de l'aménagement du site, de sa géométrie, des différents flux de trafic et des situations d'interactions avec les autres utilisateurs.

Une étude³ réalisée par l'Inrets en 2003 tend à montrer que le conditionnement de l'usager par la configuration giratoire est fort et intervient bien en amont du carrefour ; ceci est corroboré par d'autres études menées par le CETE Normandie Centre sur le comportement d'usagers automobilistes⁴ et motocyclistes⁵.

Ces études démontrent que le franchissement du giratoire peut se décomposer en cinq grandes phases :

- approche du giratoire ;
- entrée sur le giratoire ;
- insertion sur l'anneau ;
- progression autour de l'anneau ;
- sortie du giratoire.

Pour chacune de ces phases, l'usager doit gérer des tâches spécifiques, percevoir des interactions et réagir en fonction de ces interactions.

a) Approche du giratoire

La phase d'approche du giratoire est située au moins à 40 m en amont du giratoire. Dans la phase d'approche, le conducteur doit percevoir suffisamment tôt le carrefour pour pouvoir identifier le type de carrefour qu'il va rencontrer et adapter son comportement. Une mauvaise perception ou une perception trop tardive du carrefour giratoire peut entraîner une perte de contrôle du véhicule ou une collision avec un véhicule circulant sur l'anneau.

Le conducteur doit également saisir les informations utiles pour percevoir assez tôt la direction à suivre dans le carrefour, et il peut aussi, suivant les cas, avoir à gérer le trafic environnant avec les modifications de circulation possibles liées à la charge de trafic (ralentissements). Une attention insuffisante du conducteur sur une remontée de file par exemple peut entraîner un choc arrière avec le véhicule le précédant.

³ Rapport Inrets – juin 2003 : analyse approfondie de l'accidentologie d'aménagements urbains.

⁴ Setra / CETE Normandie Centre – juin 1992 : cinématique sur les carrefours giratoires.

⁵ CETE Normandie Centre – février 2011 : cinématique des 2RM sur les carrefours giratoires.

b) Entrée du giratoire

La phase d'entrée dans le giratoire se situe entre 2 et 40 m de l'anneau, et le conducteur gère alors un nombre de tâches plus important. Il visualise le giratoire et la direction qu'il souhaite suivre ; durant cette phase il régule sa vitesse en fonction de la géométrie et du trafic prioritaire circulant sur l'anneau.

Les comportements des usagers en entrée de giratoire varient avec une régulation de vitesse plus ou moins tôt et plus ou moins forte. Ensuite, en entrée de giratoire, l'usager doit à la fois surveiller la voie adjacente et gérer son insertion dans le giratoire en observant les véhicules arrivant sur sa gauche et estimer son temps d'insertion. Le conducteur doit aussi percevoir la présence éventuelle d'un piéton.

c) Insertion sur l'anneau

La phase d'insertion sur l'anneau concerne les deux derniers mètres avant l'accès à l'anneau du giratoire. Certaines tâches des phases précédentes se poursuivent dans cette phase, à savoir la perception du giratoire, l'anticipation sur sa trajectoire, la régulation de sa vitesse, l'interaction avec le trafic environnant.

Dans cette phase, l'usager doit également anticiper la trajectoire qu'il va suivre dans le giratoire et être attentif à la trajectoire du véhicule qui le précède. Sur les giratoires comprenant des branches relativement proches, il gère en plus, lors de l'insertion, une éventuelle interaction avec un usager s'insérant sur l'anneau à partir d'une branche située sur sa droite.

d) Progression sur l'anneau

Lors de sa progression sur l'anneau, le conducteur continue à gérer sa trajectoire en fonction de la direction à atteindre et de la géométrie du carrefour. Il doit continuer à réguler sa vitesse en fonction des contraintes géométriques du carrefour et des usagers environnants, y compris la traversée d'un piéton sur la chaussée circulaire. Il doit aussi surveiller le trafic approchant le giratoire sur les autres branches pour pouvoir réagir à un éventuel conflit avec un véhicule non prioritaire.

e) Sortie du giratoire

À la sortie du giratoire, le conducteur doit identifier l'axe de sortie, se positionner sur la chaussée et adapter sa vitesse. Il doit également rester vigilant quant à l'éventuelle traversée d'un piéton dans la zone de sortie du giratoire. En effet, sur des giratoires présentant des anneaux à deux voies avec un trafic dense, le conducteur approchant de la sortie porte une attention soutenue aux interactions avec les autres véhicules circulant dans le carrefour au détriment de la zone de sortie du carrefour où est implanté un passage piéton.

2.3 Enjeux de sécurité

Il existe peu d'analyses comparatives à grande échelle sur l'accidentalité de différents types de carrefours routiers. L'approche statistique est rendue difficile par l'incertitude sur le nombre précis d'intersections de chaque type, et surtout la diversité des configurations, de leur contexte et des trafics en cause.

Des études locales avaient permis de conclure, pour le milieu urbain, que le nombre d'accidents corporels en carrefour giratoire était de l'ordre de la moitié de celui en carrefour à feux⁶.

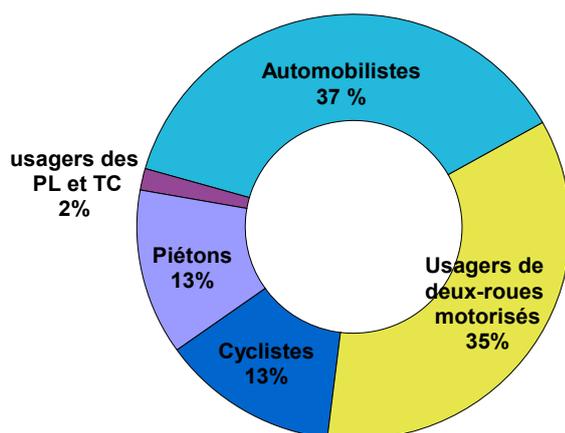
Une étude (parue en avril 2009) a été menée par le Cete de l'Ouest sur les accidents en giratoire au niveau national, afin de tenter de dégager des problèmes de sécurité spécifiques à ce type de carrefour. Elle est centrée sur le milieu urbain, avec un regard particulier sur les usagers vulnérables.

L'analyse est fondée sur les accidents recensés dans le fichier des Bulletins d'analyse d'accident corporel de la circulation (BAAC) entre 1993 et 2005.

Entre 1993 et 2005, 14 575 d'accidents et 307 tués ont été recensés dans les giratoires urbains, soit en moyenne 1 121 accidents et 24 tués par an.

Dans ces accidents, les tués sont principalement des cyclistes, des piétons et des cyclomoteurs ; à l'inverse, les véhicules de transport en commun sont assez peu concernés, avec en moyenne 17 accidents et 1 tué par an (ceci ne prend pas en compte les accidents impliquant un tramway).

Accidents impliquant au moins un véhicule TC



Cette étude conclut que :

- la gravité des accidents est beaucoup plus faible en agglomération qu'en rase campagne (1,6 pour 6,3), mais elle reste comparable aux autres carrefours urbains (1,9) ;
- la principale particularité des accidents dans les carrefours giratoires urbains, par rapport aux autres carrefours, est la part importante des accidents impliquant un seul véhicule.

Ce dernier point renvoie à la question fondamentale de la lisibilité du carrefour.

⁶ Extrait des actes du séminaire international « Giratoires 92 » (octobre 1992, Nantes).

3. Géométrie

3.1 Rappel des principales caractéristiques techniques

Les guides techniques existants, qui sont répertoriés plus loin (cf. §3.3), proposent une classification des carrefours giratoires en quatre familles, essentiellement en fonction de leur taille. L'essentiel des recommandations techniques contenues dans ces guides sont rappelées ici ; il conviendra de se référer à ces guides, pour obtenir des informations complémentaires et plus précises sur ces recommandations techniques, concernant les carrefours giratoires en général.

3.2 Les grandes familles de carrefours giratoires

Quatre grandes familles de giratoires peuvent être distinguées (cf. guide « Carrefours urbains » Certu 2010, p. 124 et 125).

Famille	Caractéristiques	Commentaires
mini-giratoires	<ul style="list-style-type: none"> - rayon extérieur compris entre 7,50 m et 12 m - îlot central entièrement franchissable, entre 1,50 et 2,50 m de rayon - largeur de l'anneau comprise entre 6 m et 9,50 m - une seule voie d'entrée et de sortie pour chaque branche 	À la différence des autres familles, le mini-giratoire constitue une catégorie bien identifiée au plan réglementaire (cf. § 1.1).
giratoires compacts	<ul style="list-style-type: none"> - rayon extérieur compris entre 12 et 15 m - largeur de l'anneau comprise entre 6 et 7 m - îlot central avec bande franchissable de 1,50 à 2 m de largeur - une seule voie d'entrée et de sortie pour chaque branche 	La largeur de l'anneau dépend de la bande franchissable.
giratoires moyens	<ul style="list-style-type: none"> - rayon extérieur compris entre 15 et 22 m - largeur de l'anneau comprise entre 6 et 8 m 	Nécessité d'îlots sur branches pour les traversées piétonnes.
grands giratoires	<ul style="list-style-type: none"> - rayon extérieur supérieur à 22 m - largeur de l'anneau : 7 à 9 m 	Réservé à des axes à fort trafic. Un rayon supérieur à 25 m est rarement justifié.

3.3 Les référentiels techniques

La conception d'un carrefour giratoire en milieu urbain n'est pas liée uniquement à des règles strictes, mais doit répondre à des critères tels que :

- s'intégrer, être cohérent avec son environnement et les carrefours de l'axe principal ;
- être adapté aux trafics et à leur gestion ;
- être visible et compréhensible suffisamment tôt par tous ;
- ne pas présenter d'obstacles durs sur l'îlot central ;
- prendre en compte tous les usagers (VL, TC, PL, vélos et piétons).

Comme pour tout aménagement de voirie, des guides techniques définissent les règles de l'art en précisant les limites et les erreurs à éviter.

Concernant les carrefours giratoires de manière générale, les seuls ouvrages de référence existant en France sont les suivants :

- *Aménagement des carrefours interurbains*, Setra, décembre 2008.
Ce guide de conception géométrique de 40 pages traite exclusivement des giratoires en milieu interurbain ;
- *Carrefours urbains – Guide – version mise à jour 2010*, Certu, juin 2010.
Ce guide traite tous les types de carrefour en milieu urbain et périurbain, et aborde la question du choix du type de carrefour ; 20 pages abordent spécifiquement la conception des carrefours giratoires et mini-giratoires ;
- *Guide – Les mini-giratoires – textes et recommandations*, Certu, décembre 1997.
Ce guide présente la réglementation, le domaine d'emploi, les caractéristiques géométriques et la signalisation de ce type de carrefour.

3.4 Les éléments techniques de conception des giratoires

Quelques éléments essentiels issus des guides « Carrefours urbains » et « Mini-giratoires » sont rappelés ci-après, concernant les différentes composantes de ce type de carrefour (entrées/sorties, îlot central, chaussée annulaire, îlots séparateurs).

3.4.1 L'îlot central

L'îlot central doit être de forme circulaire, afin d'éviter un alignement droit permettant une reprise de vitesse sur l'anneau. Par ailleurs, son volume doit être suffisant pour ne pas être franchissable, être vu suffisamment tôt par les usagers routiers en approche du carrefour et ne pas contenir d'éléments agressifs pouvant mettre en danger un usager en cas de choc.

L'îlot central peut avoir une forme de dôme au centre avec une pente maximale de 15 %. Cependant, pour les mini-giratoires dont l'emploi est réservé à des voies à vitesse apaisée, l'îlot central doit être franchissable, contrairement aux giratoires classiques. Cet îlot en forme de calotte sphérique est le plus plat possible, sans jamais dépasser 15 cm de hauteur en son centre et 12 cm si présence de bus à plancher bas.

3.4.2 La chaussée annulaire

La largeur est comprise entre 6 et 9 m, elle dépend du rayon extérieur, de la largeur et du nombre de voies de l'entrée la plus large. Cette largeur doit être uniforme (aucune surlargeur ou voie supplémentaire n'est admise sur l'anneau). (cf. « Guide Carrefours urbains » p. 126).

3.4.3 Les branches d'entrée et de sortie

L'axe de chaque branche doit être dirigé vers le centre de l'îlot central afin d'éviter des trajectoires trop tangentielles lors du franchissement du carrefour.

L'entrée et la sortie du giratoire doivent présenter des rayons en cohérence avec la taille du giratoire (guide « Carrefours urbains » p. 128).

Une entrée de giratoire est généralement dimensionnée à une voie, le niveau de trafic peut justifier une entrée à deux voies, il conviendra également de prendre en compte l'impact sur la sécurité (voir guide « Carrefours urbains » p. 127).

La sortie est en général limitée à une voie, les sorties à deux voies ne sont envisageables que dans des cas particuliers ou si une entrée est à deux voies (voir guide « Carrefours urbains » p. 127).

3.4.4 Les îlots séparateurs (sur les branches)

Leur réalisation est importante pour la lisibilité des trajectoires et la protection des piétons en traversée des branches.

Ces îlots, bordurés de préférence, permettent de :

- favoriser la perception du carrefour en approche ;
- aménager un refuge pour les piétons (une largeur supérieure à 2 m au niveau du passage est recommandée) ;
- éviter les collisions entre les deux sens de circulation ;
- favoriser la fluidité (les usagers en attente discriminent plus rapidement les véhicules restant sur l'anneau ou sortant) ;
- implanter la signalisation ;
- limiter le risque de prise à contresens de l'anneau.

4. La problématique de l'insertion d'un TC dans un giratoire

4.1 Enjeux et impacts

La recherche d'un niveau de service satisfaisant conduit le plus souvent à vouloir donner la priorité aux bus dans les carrefours, pour optimiser le temps de parcours, assurer une meilleure régularité, éviter les pertes de temps, et tout cela sans trop dégrader le fonctionnement et en préservant le niveau de sécurité du carrefour.

Dans le cas du carrefour giratoire, ceci est a priori antinomique avec le principe fondamental de la priorité accordée aux usagers circulant sur l'anneau, au détriment des usagers entrants.

Pour remédier à ce problème, diverses solutions ont été imaginées et mises en œuvre dans le cadre du redéveloppement des tramways en France, combinant des mesures d'aménagement et d'exploitation. Dans leur cas, l'opportunité de traverser l'îlot central s'est en même temps avérée évidente compte tenu des contraintes techniques (giration en particulier) du matériel roulant. Le statut de ce mode, pouvant s'affranchir du code de la route, a aussi favorisé cette solution, alors que la configuration des « giratoires percés » pour la circulation générale est proscrite compte tenu de son accidentnalité avérée⁷.

⁷ Cf. guide « Carrefours urbains » (Certu, 2010) et « Guide de conception des carrefours à feux » (Certu, 2010).



Giratoire traversé par un tramway - Nantes

source : ©2016 Google

En dépit des recommandations techniques (voir plus loin § 4,3), ces solutions sont aujourd'hui aussi mises en œuvre avec des bus, notamment dans le cas de lignes BHNS.

La tentation de transposer cette solution au bus est en effet assez naturelle dans le cadre de systèmes de transport à haut niveau de service reposant sur des conditions d'exploitation proches du tramway (pas d'arrêt au carrefour et priorité donnée sur détection en amont), alors que le bus reste un véhicule routier, et n'est pas contraint par un guidage physique.

De ce fait, une fois entré dans le giratoire, un bus peut emprunter l'anneau comme les autres véhicules routiers. Cette configuration peut sembler a priori moins performante en termes de confort (pour les passagers et le conducteur) et en temps de traversée du carrefour par rapport à la traversée de l'îlot central. La prise en compte prioritaire du bus se résume à lui permettre :

- d'être en tête de file en entrée de giratoire ;
- ou d'être sur une branche dont on a facilité l'écoulement en arrêtant les usagers croisant le bus (autres branches, chaussée annulaire).

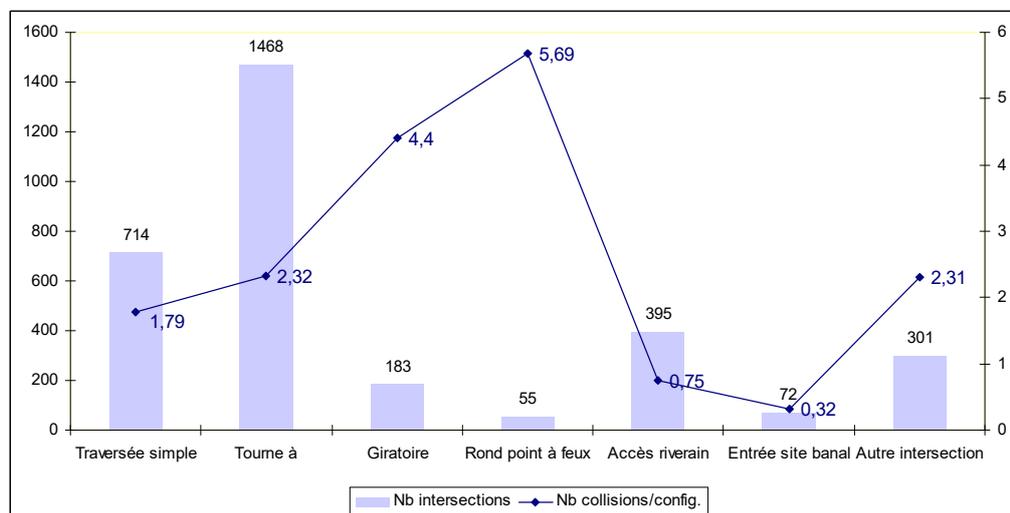
Dans le cas où le site TC traverse l'îlot central, il est nécessaire de couper deux fois la chaussée annulaire, ceci entraîne obligatoirement la mise en place d'une gestion permettant d'arrêter les usagers circulant sur l'anneau à deux endroits, ce qui en modifie le fonctionnement, de façon permanente ou à chaque passage du TC.

Cela remet en cause la priorité à l'anneau, un acquis fondamental lié à ce type de carrefour, ce qui peut être très perturbant pour les usagers. La perte de priorité lorsqu'un TC arrive n'apparaît pas toujours de façon évidente.

Il s'ajoute à cela, des modifications géométriques importantes :

- îlot central très réduit, donc moins perceptible ;
- écartement des voies routières par rapport au centre du giratoire (site axial), entraînant des trajectoires de franchissement plus tendues favorables aux vitesses ;
- et un ajout de signalisation, dont l'ensemble réduit fortement la lisibilité du carrefour et son impact sur le comportement des usagers.

Pour les tramways, le suivi effectué par le STRMTG des accidents et incidents sur l'ensemble des réseaux français montre que les carrefours giratoires et les ronds-points à feux traversés par un tramway présentent une accidentalité deux à trois fois supérieure à celle des autres types de carrefours (source STRMTG). L'indicateur utilisé est le nombre d'accidents rapporté au nombre de configurations du même type ; il ne prend pas en compte les niveaux de trafic ni la fréquence du tramway dans les carrefours considérés.



Ratio accidents/type d'intersections 2004-2013

Source : STRMTG

4.2 Les configurations possibles

Deux cas de figure se présentent donc aujourd'hui sur le terrain pour les bus au niveau d'un carrefour giratoire :

- le bus emprunte l'anneau comme les autres usagers routiers ;
- le bus traverse l'îlot central.

Un certain nombre de cas ont été recensés et font l'objet des chapitres suivants du présent ouvrage.

4.2.1 Le bus traverse l'îlot central

La prise en compte prioritaire du bus est alors analogue à celle mise en œuvre pour le tramway :

a) le fonctionnement du carrefour n'est modifié qu'au passage du bus

La priorité au bus traversant la chaussée annulaire est donnée par feux R13b ou R17 sur appel (détection en amont du carrefour). Les feux en barrage sur l'anneau sont de type R24 ou R11v.

En l'absence de bus le carrefour fonctionne comme un carrefour à sens giratoire « normal ».

b) le fonctionnement du carrefour est modifié de façon permanente, et celui-ci n'est plus un giratoire

Le bus traverse l'îlot central et la priorité lui est donnée :

- soit par une signalisation statique implantée en barrage sur l'anneau, avec dans certains cas la possibilité de compléter par des feux de régulation sur une des branches ;
- soit par feux tricolores, le carrefour devient alors un carrefour à feux ou un carrefour à feux à îlot central (CAFAIC).

4.2.2 Le bus emprunte l'anneau

La prise en compte prioritaire du bus peut alors se faire de deux façons :

a) sans modification du fonctionnement du carrefour

Tout se passe en amont du giratoire, pour positionner le bus en tête des véhicules à l'entrée sur l'anneau ou être en position favorable, avec plusieurs configurations possibles :

- le site TC est à gauche de l'entrée des usagers sur la même branche ;
- le site TC ou couloir bus est à droite de l'entrée sur la même branche ;
- le site TC est interrompu à 20-30 m du giratoire et la circulation générale est rattachée sur le site en laissant la priorité aux bus, lui accordant ainsi d'être le premier véhicule de tête.

b) avec modification du fonctionnement du carrefour par de la signalisation lumineuse

Lorsque le bus est en approche du giratoire, les autres branches sont fermées par la mise au rouge des feux de circulation R11j ou R24. Ceci se fait sur détection du bus équipé d'une balise radio et/ou par boucle. Après le passage du bus, le giratoire retrouve son fonctionnement nominal.

4.2.3 Le mini-giratoire

Une signalisation lumineuse (R24, R11j) est implantée en entrée sur toutes les branches. La priorité aux bus est donnée par appel (balise de détection). En l'absence de bus, le carrefour fonctionne comme un mini-giratoire classique.

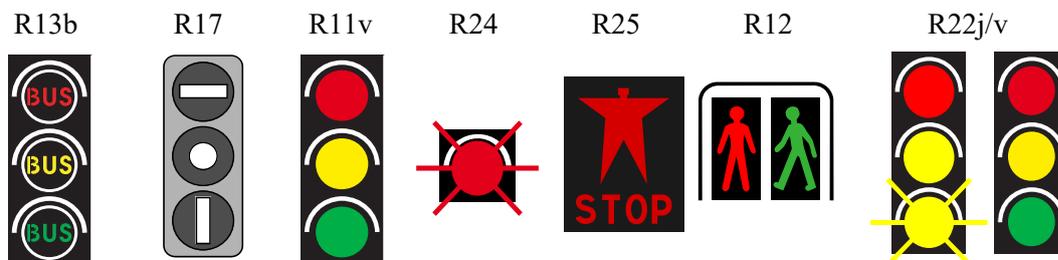
4.3 Les signaux utilisables pour gérer les TC

Comme évoqué précédemment, une gestion par signalisation lumineuse est souvent utilisée, voire nécessaire, pour donner la priorité aux TC dans les carrefours giratoires et leur assurer un franchissement sécurisé de l'ensemble du carrefour.

Les signaux utilisables au plan réglementaire pour gérer les conflits directs sont :

- des signaux modaux R13b ou des signaux R17 pour le bus ;
- des feux tricolores R11v ou des signaux d'arrêt R24 pour les usagers routiers ;
- des signaux R25 (ou R12 dans les CAFAIC) pour les piétons.

Ceci est conforme aux dispositions de l'Instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR) qui prévoit bien ce cas d'utilisation du signal R17 et des signaux R24/R25 pour les véhicules des services réguliers de transports en commun (cf. art.110-7). Ils ne sont donc pas réservés au cas du tramway.



En complément, des signaux de contrôle de flot (R22v/j) peuvent être utilisés sur les branches des giratoires pour faciliter l'insertion des TC en régulant les flux en amont.

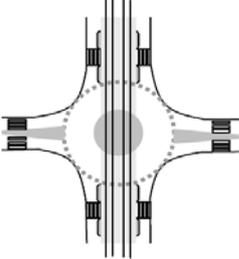
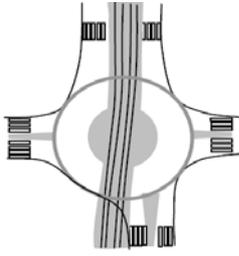
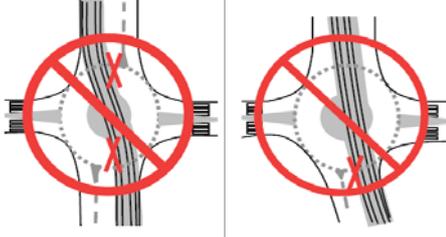
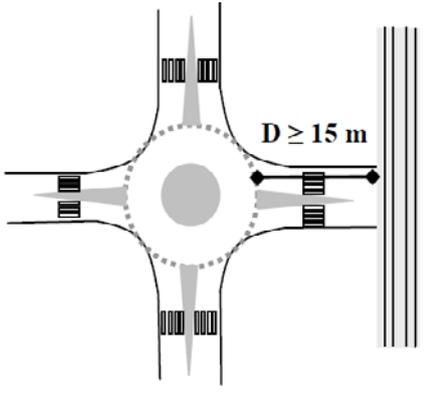
4.4 Recommandations actuelles

Les seules recommandations actuellement formalisées traitent essentiellement du cas du tramway et sont l'objet du guide « Giratoires et tramways – guide de conception » coédité par le Certu et le STRMG en février 2008.

Le guide « Aménagement de voirie pour les transports collectifs », publié par le Certu en janvier 2000, aborde essentiellement le cas du tramway à partir des premiers aménagements existants alors sur le réseau nantais. Pour les bus, il se borne à dire qu'il est préférable de ne pas faire traverser l'îlot central et de garder une gestion par « Cédez-le-passage ». Ceci revient de fait à ne pas privilégier le TC en conservant en permanence le fonctionnement normal du giratoire.

De fait, le cas du TC empruntant l'anneau dans les mêmes conditions que la circulation générale n'est pas traité, or c'est un cas de figure couramment rencontré pour les bus.

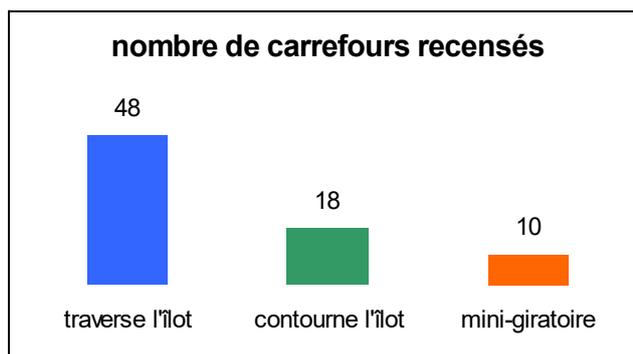
Dans ces guides, il est rappelé que, dans le cas où le TC (en fait le tramway) franchit l'îlot central du carrefour giratoire, certaines configurations sont envisageables, d'autres sont à éviter et certaines à prohiber. Ces différentes configurations sont présentées dans le tableau ci-après (schéma et commentaires issus du guide « Giratoires et tramways ») :

Configurations pour le tramway	Commentaires	Schémas/photos du guide « Giratoires et tramways »
Envisageable	Le site TC est en position axiale de part et d'autre du giratoire.	
Envisageable	Le site TC est implanté en axial d'un côté, puis en latéral de l'autre. <i>(basculement du site de la gauche vers la droite en traversant îlot central dans le sens de circulation, à condition que l'entrée perpendiculaire ne se retrouve pas à l'amont immédiat du site TC).</i>	
À prohiber	Le site TC est implanté immédiatement à droite de la branche d'entrée des véhicules. De ce fait, cette entrée sur le giratoire se trouve à l'amont immédiat du site propre.	
À éviter	Le site TC est implanté à proximité du giratoire : « disposition délicate » un écartement D minimum est recommandé : Le guide « Giratoires et tramways » : D > 15 m » (<i>offrant 1 à 2 secondes de temps de réaction en sortie du giratoire</i>). Le « Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs » : D mini 25 m . Le guide « Sécurité aux PN – Cas de la proximité d'un carrefour giratoire » (Setra, 2006) : D mini 20 m avec étude jusqu'à 100 m (<i>problème des remontées de file pouvant impacter le PN</i>).	

4.5 Recensement des aménagements existants sur le territoire national

Dans le cadre de la rédaction de ce dossier, un recensement des différents aménagements de giratoires traversés par un site TC a été réalisé sur la base d'un questionnaire des AOT et des exploitants, mais aussi de visites sur le terrain.

Soixante-seize carrefours giratoires ont été recensés. Ils ont été regroupés en trois catégories correspondant aux options de franchissement décrites plus haut :



La liste des giratoires observés est donnée en annexe. Le recensement ne prétendant pas à l'exhaustivité, il ne faut pas tirer de conclusions à partir de ces chiffres concernant la répartition relative de ces configurations sur la totalité des carrefours existants.

Deux aménagements sur trois, sans compter les mini-giratoires, ont consisté à percer l'îlot central du giratoire pour y faire passer le bus, et assurer ainsi une continuité du site propre dédié aux TC, correspondant à une recherche de haut niveau de service comparable à celui du tramway. Ces aménagements ont été recensés principalement sur la ligne de Busway à Nantes, les deux lignes de BSP à Toulouse, la ligne 1 de TZEN dans la Région parisienne et le BHNS de Nîmes.

Mais d'autres solutions pour favoriser le franchissement du giratoire ont été mises en place sans percer l'îlot central. Les bus empruntent donc la chaussée annulaire. Ces solutions cherchent à éviter aux bus d'être ralentis par les remontées de file et au mieux à éviter tout arrêt au giratoire avant de s'y engager. Tout est donc mis en œuvre pour que le bus arrive en tête au giratoire, et son engagement sur la voie annulaire peut, selon les cas, être facilité ou non par une signalisation lumineuse. Une fois sur l'anneau, le bus est comme les autres usagers prioritaires sur les véhicules entrants, comme dans tout carrefour à sens giratoire. Cela concerne 18 carrefours du panel. Ces aménagements ont été identifiés principalement sur les communes de Lyon, Chambéry, Annecy, Brest, Rennes, Amiens, Angers, Décines.

Les mini-giratoires auraient pu être classés dans la première famille. Mais leurs caractéristiques particulières ont conduit à les traiter à part. Leur constitution offre naturellement et par construction la possibilité de franchissement de l'îlot central sans modification ; dix cas ont été répertoriés : six sur Amiens et quatre sur Nantes.

Enfin, d'autres carrefours circulaires ont été identifiés, ressemblant à des giratoires, mais ayant perdu le principe fondateur du carrefour à sens giratoire au sens de l'article R110-2 du code de la route. Ces aménagements sont peu nombreux et peuvent être classés en deux sous-familles selon leur mode de gestion :

- des carrefours gérés par feux, s'apparentant plus ou moins aux CAFAIC (carrefours à feux à îlot central), vus précédemment, observés à Toulouse et à Nîmes ;
- des carrefours sans feux, comme à Lorient et Lanester où les usagers doivent, sur l'anneau, laisser la priorité par « cédez-le-passage » aux bus traversant l'anneau.

Chapitre 2 : Le bus traverse l'îlot central

Nous ne prétendons pas avoir réalisé un inventaire exhaustif de ces configurations inspirées par l'insertion des tramways dans les carrefours giratoires, mais le panel recueilli permet probablement d'avoir une bonne représentativité, même si de nouveaux aménagements ont été réalisés depuis, comme sur les lignes Chronobus de Nantes.

Il est constitué de 34 carrefours observés sur les villes de Nantes, Toulouse, Nîmes et en la région parisienne; parmi ceux-ci :

- 9 ont un rayon de plus de 22 m ;
- 19 ont un rayon entre 15 et 22 m ;
- 6 ont un rayon entre 12 et 15 m.

La majorité de ces giratoires ont bien une forme circulaire et comportent quatre branches.

Les véhicules TC concernés sont des bus classiques, comme à Toulouse, ou des bus spécifiques à la ligne BHNS comme à Nîmes (Tango), à Melun-Sénart (Tzen), ou encore à Nantes avec le Busway.



BSP site Est : giratoire Monnet - Toulouse

Source : Cerema

5. Prise en compte prioritaire du bus

5.1 Les signaux lumineux utilisés

Dans tous les cas observés, des signaux R11v ou R24 sont implantés « en barrage » au droit de la plate-forme TC de part et d'autre de la chaussée annulaire.

Il est d'ailleurs à noter que la ligne Busway de Nantes avait servi de lieu d'expérimentation de l'emploi des signaux R17 et R24 pour la traversée de voies réservées au bus avant son inscription dans l'IISR.

Sur ces sites, il n'y a pas de signaux lumineux de trafic en entrée, conformément aux recommandations actuelles du guide « Giratoires et tramways ».

Les signaux R24 sont en général doublés en hauteur, portant à quatre le nombre de feux. Ils sont parfois renforcés par des feux supplémentaires à gauche, soit six feux au total par franchissement (Nantes).



Signaux R24 renforcés - Nantes

Source : Semitan



Signal R11v - Nîmes

Source : Cerema

Après mise en service, quelques non-respects du feu R24 ont été constatés. Sans pouvoir faire la part des choses entre phase d'adaptation des usagers au nouvel aménagement et problèmes de visibilité ou de compréhension de la signalisation, on constate que le doublement des feux R24, un an après, donne satisfaction.



Avant



Après

Les R24 ont été doublés, portant à quatre le nombre de feux un an après la mise en service.

BHNS – TZEN 1

Source : Cerema

Les signaux R13b et R17 sont implantés à droite de la voie réservée sur l'îlot séparateur en entrée du carrefour giratoire, donc en amont du premier franchissement. Dans ce cas, le signal gère l'ensemble de la traversée du giratoire par le bus.

Ces signaux sont quelquefois répétés en amont de la deuxième traversée de l'anneau, permettant une gestion différenciée ; ceci n'est possible que si la taille de l'îlot central est assez importante pour y permettre le stockage d'un bus.



Signal R17 en entrée de giratoire - Nîmes

Source : Cerema



Signal R17 sur anneau central - Nantes

Source : Cerema

En termes de fonctionnement, le carrefour fonctionne comme un carrefour giratoire classique en l'absence de bus, les signaux R17 étant fermés (barre horizontale, équivalent du rouge), ou les signaux R13b au rouge.

Le signal lumineux R11v reste au vert sur l'anneau, ce qui ne pose pas de problème de cohérence avec la priorité à l'anneau.

Il en est de même pour le signal R24 qui, étant éteint, est transparent pour l'utilisateur routier.

Les signaux R17 sont souvent accompagnés de signal d'aide à la conduite (SAC) comme cela est généralement le cas pour les lignes de tramway (exemple ligne BHNS de Nîmes et Busway à Nantes). Le SAC, qui n'est pas à proprement parler un signal routier, n'est pas régi par l'IISR. Il fait l'objet d'un guide faisant office de référentiel pour les réseaux de tramways, mais dont l'application n'est pas imposée dans le cas du bus.



Signal d'aide à la conduite (SAC) - Nantes

Source : Cerema

6. Le fonctionnement de la priorité donnée aux TC

Celle-ci ne diffère pas fondamentalement de ce qui est mis en œuvre sur les carrefours à feux classiques : lorsque le TC approche du carrefour, il est détecté pour permettre sa prise en compte par le contrôleur de carrefour et la mise au « vert » de son signal. Une détection en aval permet de même l'acquiescement de sa phase et le retour au fonctionnement nominal du carrefour. Les outils techniques diffèrent d'un site à l'autre, mais on réalise en général deux détections en amont, une « longue distance » et une en « pied de feu », à proximité immédiate de l'entrée dans le carrefour.

La détection peut se faire par boucles magnétiques, balises embarquées et boucles réceptrices, émetteur/récepteur radio et/ou GPS+.

7. Impacts sur l'aménagement du carrefour

Le franchissement de l'îlot central par un TC améliore le confort des usagers, réduit le temps de traversée en comparaison avec un TC empruntant l'anneau, mais peut engendrer :

- une moins bonne perception de l'îlot central (réduit par le franchissement du site) ;
- des trajectoires plus tendues des usagers routiers par l'écartement des voies latérales au site ;
- des configurations de position du site par rapport aux entrées routières peu lisibles, génératrices d'insécurité et dont certaines sont déconseillées par le guide « Giratoires et tramways » du Certu et du STRMTG de février 2008.

Ceci a pu être vérifié de manière qualitative au travers des différents cas observés et des échanges et réflexions menés dans le cadre de ce recueil de pratiques existantes.

Des exemples de modifications géométriques engendrées par la traversée de l'îlot central par un site propre bus et de dispositions mises en œuvre pour en réduire les impacts négatifs sont présentés et commentés ci-après.

8. Modifications géométriques

8.1 Réduction de l'îlot central et perception du carrefour

- La perte de forme et de volume de l'îlot central le rend moins visible et la signalisation est plus difficile à mettre en place.
- Le site déporte les voies routières de l'axe du giratoire.

La position axiale est la configuration la plus fréquente rencontrée (27 cas sur 34). Dans bien des cas, il a été constaté que les trajectoires deviennent très tendues, favorisant les prises de vitesse des usagers. Plus le giratoire est petit et plus l'effet est important.



- L'îlot du giratoire n'est pas centré par rapport aux axes des branches.
- Perte de forme et de volume de l'îlot central.
- Implantation non correcte des signaux B21-1.
- Trajectoire tendue et tangentielle sur l'anneau, induite par la géométrie.

« Bus en Site Propre » - Toulouse

Source : © Google

- Perte de forme et de volume de l'îlot central.
- Position non correcte du B21-1.
- Trajectoire tendue, favorable aux vitesses, du fait de la taille très réduite de l'îlot central et des entrées à deux voies.

TZEN 1
Créteil Melun Sénart
Source : Cerema



8.2 Modification de l'axe du site et lisibilité du carrefour

Il a été comptabilisé 10 cas de sites basculant d'axial à latéral et un cas de latéral droite à latéral gauche (donc contraire aux recommandations faites pour le tramway, cf. § 4.3 page 23) en franchissement de giratoire parmi les carrefours recensés.

Sur Toulouse, au giratoire de Ramonville, le site passe d'axial à latéral et inversement. Régulièrement, des usagers (a priori non familiers du lieu) empruntent en sortie le site TC latéral sans le vouloir. On ne déplore cependant qu'un accident corporel en trois ans avec un minibus.

- La position latérale du site à droite de la voie de circulation générale dégrade la lisibilité de l'aménagement côté nord.

Giratoire de Ramonville
Toulouse
Source : ©2016 Google



8.3 Entrées de giratoire immédiatement à l'amont du site TC

Il est avéré que l'utilisateur routier, en entrée de giratoire, concentre son attention sur les usagers arrivant à sa gauche et ne regarde pas systématiquement à droite avant de s'engager (cf. § 2.2).

Dans certains cas, le site est situé immédiatement après une entrée dans le giratoire. L'utilisateur peut alors ne pas voir à temps les signaux R24, ni percevoir la présence du site propre et l'arrivée éventuelle d'un bus dans son dos.

Cette problématique est confirmée sur des configurations rencontrées par exemple à Nantes et sur le tracé du TZEN, où elle est à l'origine de plusieurs accidents, notamment lors de la première année d'exploitation.

Malgré l'avantage du bus de pouvoir modifier sa trajectoire, cette configuration semble poser les mêmes problèmes que ceux constatés avec les sites de tramway, pour lesquelles elle est prohibée (cf. § 2.2).



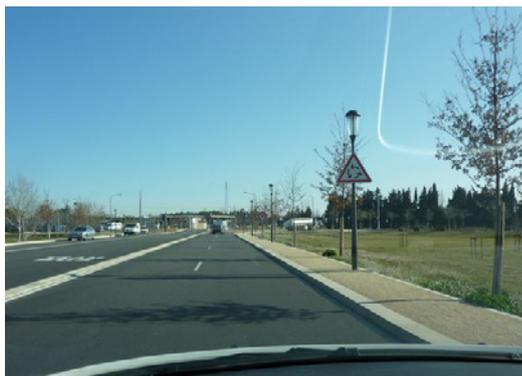
Sur la branche sud, l'entrée routière est à l'amont immédiat du site propre bus : les usagers sont en conflit avec celui-ci avant de s'insérer sur l'anneau, et peuvent de plus avoir le bus dans le dos.

**Giratoire Clos Toreau - Nantes
– Busway**

Source : Semitan

9. Problème de cohérence de la signalisation routière

Le signal AB25 (qui est obligatoire selon l'IISR) annonce un carrefour giratoire, donc un principe de priorité à l'anneau ; il n'intègre pas la perte de cette priorité en cas de présence de bus le traversant. De même, les panneaux diagrammatiques D42b, quand ils sont implantés, ne donnent pas d'indication de la présence d'un site TC coupant l'anneau. Or, si ceux-ci, principalement utilisés en zone périurbaine, sont destinés à la signalisation directionnelle, on peut penser qu'ils contribuent à la perception de la présence d'un carrefour à sens giratoire et au conditionnement de l'utilisateur.



BHNS Nîmes : AB25 réglementaire

Source : Cerema



BSP Est Toulouse : D42b

Source : Cerema

10. Cas particulier des grands giratoires (> 25 m)

Les grands giratoires semblent moins impactés géométriquement par l'insertion d'un site TC :

- l'îlot reste visible et parfaitement détectable à distance si ce dernier est bien centré ;
- les feux de barrage ne présentent pas de problème de visibilité, l'approche est plus perpendiculaire que sur les giratoires plus petits ;
- la déflexion des trajectoires reste en général satisfaisante pour un giratoire dont les branches sont correctement implantées.



Giratoire de rayon extérieur de 37 m, les feux de barrage sont bien visibles.

BHNS Nîmes

Source : Cerema

11. Sécurité

11.1 Généralités

Le fait de faire traverser l'îlot central par un TC n'est pas un aménagement banal. Il présente des avantages de fonctionnement pour le TC en termes de confort et de rapidité, mais engendre en contrepartie une dégradation de la lisibilité du carrefour.

Le nombre d'accidents corporels par giratoire est très faible. Cependant le nombre d'incidents avec un bus enregistré par l'exploitant n'est pas négligeable (accidents matériels avec un tiers ou chutes de voyageur dans le bus avec blessures sans gravité).

Concernant les autres incidents ou accidents matériels sans bus impliqué, il n'a pas été possible d'obtenir des données exploitables.

Le tableau de la page suivante affiche, pour les périodes observées par site, les nombres d'accidents corporels et les incidents de bus survenus aux carrefours, tout en distinguant les carrefours giratoires.

Les accidents ou incidents avec bus aux carrefours giratoires sont liés principalement au non-respect des feux de signalisation par les usagers.

À partir des données accidents disponibles, il est difficile d'identifier actuellement les véritables raisons de ces non-respects.

Sur Toulouse les interviews des exploitants, des services de police, et d'une analyse du terrain ont permis d'approcher d'autres facteurs ayant pu intervenir dans le processus de l'accident ou pouvant ainsi mieux expliquer les comportements infractionnistes.

La lisibilité de l'aménagement est souvent mise en cause, liée en grande partie à la conception géométrique du carrefour, à l'image qu'il renvoie, à la visibilité des feux de barrage sur l'anneau, à une signalisation du giratoire qui n'est pas cohérente avec la perte de priorité liée au passage du TC, à l'accumulation de difficultés à prendre en compte dans un temps très court avec l'association de signaux parfois contradictoires et non permanents.

Agglomération ligne	km	Nombre de carrefours		Période d'observation	Accidents corporels aux carrefours (source fichiers BAAC)						Accidents matériels avec bus + chutes de voyageur (source : l'exploitant)				Commentaires
		Tous	Girat. percés		Tous	Ratio ⁸	Girat. percés	Ratio ⁸	Avec un bus	Ratio ⁸	Tous carrefours		Giratoires percés		
											Nbre	Ratio ⁸	Nbre	Ratio ⁸	
Toulouse BSP D813	4	8	2	2008-2010	2	0,08	1	0,16	2	0,08	14	0,5	9	1,5	Carrefours tout équipés de feux tricolores.
Toulouse BSP D50	6,5	14	11	2007-2009	3	0,07	2	0,06	1	0,02	22	0,5	20	0,6	Deux accidents mortels de moto au même giratoire, dont un avec un bus.
Nantes Ligne 4 (Busway)	7	32	6 ²	2007-2012 (6 ans)	30	0,16	8	0,22	?						En comparaison avant-après aménagement de la ligne Busway (1999-2004 et 2007-2012), le nombre d'accidents corporels aux giratoires ne varie pas ⁸ tandis qu'il diminue sur l'ensemble de la ligne et des autres carrefours. Mais si l'on prend en compte l'évolution de l'accidentalité à Nantes, qui baisse de manière significative (-48 % entre les deux périodes), le bilan n'est pas favorable sur la ligne Busway.
				2007-2010 (4 ans)								56	0,4	25	1,0
Nîmes Ligne 1 (Tango)	1,7	17	3	1 an	6	0,35	1	0,33	1	0,33	13	0,76	5	1,7	Grands giratoires existants section suburbaine de Nîmes
Île-de-France TZen 1	9,6	28	12	2 ans	2		2		2		18	0,3	15	0,6	Les accidents sont dus majoritairement au non-respect du R24 par les autres usagers.

⁸

- Ratio = nombre d'accidents par an et par carrefour.

- Ne sont pas comptabilisés les mini-giratoires, les giratoires avec passage des bus par l'anneau et giratoires oblongs.

12. Dispositions prises pour réduire les impacts négatifs sur la sécurité

12.1 Réduction de la chaussée annulaire

La largeur circulaire sur l'anneau a été réduite par la réalisation d'une couronne de 2 m sur Nîmes, ou par l'ajout d'ailettes en résine à Nantes, autour de l'îlot central. On constate sur le terrain une circulation apaisée et n'occupant effectivement qu'une file sur l'anneau.



Couronne de neutralisation en béton désactivé

BHNS - Nîmes

Source : Cerema



Ailettes en surépaisseur réalisées en résine

Busway - Nantes

Source : Semitan

12.2 Section courante routière limitée à une voie de 3 m par sens

À Toulouse, la section courante, hors site, est réduite à une voie de 3 m par sens, délimitée par des bordures et limitée à 50 km/h. Au giratoire, pour des raisons de capacité, la chaussée a été élargie à deux voies sur 50 m. Cet aménagement semble donner de bons résultats (pas de constat de comportement déviant, mais aucune mesure de vitesses n'a été réalisée).



Section courante - site axial de 7 m et voies routières de 3 m

BSP Toulouse

Source : Cerema

12.3 Aménagement de plateau

Aux carrefours, les voies routières reviennent au niveau altimétrique du site, créant ainsi un effet de plateau sur toutes les entrées. À Toulouse, la dénivellation de 6 cm est faible et il est difficile de mesurer l'impact de cet aménagement sur le comportement des usagers.



Plateau en entrée avec élargissement deux voies

BSP Toulouse

Source : Cerema

12.4 Revêtement et marquage du site propre

Certains sites propres bus ont été réalisés avec des matériaux de couleur différente de celle des revêtements routiers classiques, par exemple en rose à Toulouse et en gris clair à Nantes. Le retour d'expérience confirme l'intérêt du contraste de la plate-forme avec le revêtement noir des chaussées routières en termes de lisibilité ; cependant, celui-ci s'estompe avec le temps au niveau des carrefours.



Revêtement rose : pas d'interruption au droit du giratoire, renforce l'image de priorité au TC

BSP Toulouse

Source : Cerema

Pour pallier le manque de contraste ou renforcer celui-ci, certains réseaux ont recours au marquage réglementaire en damier blanc de la zone de croisement.

À Toulouse et à Nîmes par exemple, ce traitement est bien lisible, mais doit être entretenu. Son application sur des zones où les motards peuvent adopter des trajectoires courbes peut poser problème, car il devient glissant quand la chaussée est humide. Il n'y a cependant pas de retour quantifié par rapport à l'accidentalité correspondante.



Pas de différence de couleur/marquage en damier au croisement

BHNS Nîmes

Source : Cerema

Certains réseaux font le choix d'utiliser les possibilités offertes par l'IISR en matière de marquage dans les sites réservés aux transports en commun pour en renforcer la lisibilité en sortie de carrefour et sur la partie traversant l'îlot ; les mots « BUS » à Toulouse ou « TRAM BUS » à Nîmes semblent bien compris par les usagers ; comme les damiers, ils demandent à être entretenus régulièrement pour rester lisibles.



*Ce marquage est a priori bien compris des usagers,
même si le véhicule circulant sur le site n'est pas un tramway*

BHNS Nîmes

Source : Cerema

12.5 Ligne d'effet des feux

Sur Nantes et Nîmes, la ligne réglementaire est doublée d'une ligne continue, comme sur plusieurs réseaux de tramways. Bien que non conforme à l'IISR, cette ligne semble être bien comprise par les usagers et ne pas avoir d'effet pervers. Elle n'est par ailleurs pas toujours positionnée à 1,50 m en recul du site (comme le préconise le guide « Giratoires et tramways »).



Ligne doublée d'une ligne continue et reculée à 1,50 m

BHNS Nîmes

Source : Cerema

12.6 Consignes de vitesse

- À Toulouse, les vitesses des bus franchissant des carrefours sont limitées à 40 km/h dans le RSE (règlement de sécurité et d'exploitation) de l'exploitant. La position de la boucle amont par rapport au carrefour est calculée pour que le bus ne dépasse pas cette vitesse ;
- sur Nîmes, aucune consigne n'a été donnée sauf de respecter le code de la route. Le site est situé en agglomération. Cependant, une station a été implantée à proximité immédiate de chaque carrefour giratoire et la vitesse est limitée à 25 km/h en approche et en sortie de station, en raison du guidage optique de mise à quai des bus ;
- sur Nantes, les consignes générales d'exploitation du Busway prévoient une vitesse maximale de 40 km/h en traversées de carrefours. Cette limitation est abaissée à 10 km/h en cas de carrefours en mode dégradé de la signalisation lumineuse ;
- sur Tzen, il n'y a pas de limitation de vitesse au franchissement des carrefours. Par contre, les consignes données par l'exploitant aux chauffeurs du Tzen portent sur une réduction de leur vitesse lors des franchissements de carrefours.

13. Considérations relatives aux piétons

Un site TC présente une coupure supplémentaire et entraîne un allongement de parcours pour les piétons qui n'est pas toujours correctement pris en compte dans les aménagements. Dans le cas des giratoires (notamment ceux de grande taille), déjà défavorables aux piétons, l'ajout d'un site avec priorité donnée aux TC allonge et complexifie encore leur cheminement.

Contrairement au véhicule tramway, le bus est un véhicule routier soumis au code de la route. Le site bus n'a pas de statut réglementaire lui accordant des droits particuliers, c'est une chaussée comme les autres.

Par conséquent, en l'absence de signalisation lumineuse, le bus doit la priorité au piéton régulièrement engagé, comme le prescrit le code de la route (art. R415-11 du code de la route : « Tout conducteur est tenu de céder le passage au piéton s'engageant régulièrement dans la traversée d'une chaussée ou manifestant clairement l'intention de le faire. »).

C'est en particulier le cas aux abords des carrefours giratoires, où les traversées piétonnes de chaussée ne sont pas gérées. Le recours au signal R25 pour gérer les seules traversées de site propre n'a pas été observé sur les cas étudiés, mais il est possible et a été déployé depuis sur d'autres sites (lignes chronobus de Nantes par exemple).

Par ailleurs, le marquage de la traversée piétonne est également source d'ambiguïté en l'absence de signal lumineux par rapport à cette question de priorité.

En termes d'aménagement et d'équipement, il s'avère que toutes les traversées piétonnes des sites propres bus observées sont équipées de bandes d'éveil et de vigilance (BEV) ; il existe par contre des approches différentes concernant le marquage et la matérialisation de ces traversées :

- le choix a parfois été fait de ne pas mettre de marquage réglementaire de ces traversées de chaussée ; ceci est justifié par la volonté d'une approche cohérente avec le traitement du tramway à Nantes où le Busway est considéré à tous points de vue comme la 4^e ligne du réseau structurant, et exploitée selon les mêmes principes ;
- en l'absence de marquage, plusieurs outils de matérialisation sont utilisés (clous, traits pointillés, revêtement différent de la plate-forme TC) ;
- ces giratoires étant dotés d'îlots séparateurs en entrée, l'implantation de refuges intermédiaires est facilitée, alors que la présence du site propre en rend la présence particulièrement indiquée. On note cependant que, malgré des contextes généralement peu contraints en termes d'emprise, ils sont souvent dimensionnés au minimum (1,50 m), valeur acceptable selon la norme NFP 98-351 pour implanter des BEV réduites, mais de fait insuffisante en termes de confort des piétons ;
- à Nantes, la présence d'un séparateur axial entre voies bus a conduit à positionner le refuge de la même façon et à ne pas en prévoir entre site propre et la voie routière attenante.

Exemples d'aménagements des traversées piétonnes

- Traversées marquées, sans feu piéton, avec le feu bus R13b implanté **avant** le passage piéton (Toulouse...).
- Traversées marquées, sans feu piéton, avec le feu bus implanté **après** le passage piéton (Toulouse...).



BSP Toulouse : traversée piétonne

Source : Cerema



BSP Toulouse : traversée piétonne

Source : Cerema

- Traversées non marquées, **sans** feu piéton (Nantes...).
- Traversées non marquées, mais matérialisées (clous) **avec** feu piéton R25 (Nîmes).



Busway Nantes : traversée piétonne

Source : Cerema



Nîmes : traversée piétonne

Source : Cerema

Chapitre 3 :

Le bus emprunte l'anneau

Dans bien des cas, il n'y a pas lieu de percer l'îlot central, les capacités de giration permettent aux bus d'emprunter l'anneau sans difficulté (giratoire de plus de 12 m de rayon extérieur). Mais alors, comment leur faciliter le passage, pour qu'ils perdent le moins de temps possible ? C'est l'objet de ce chapitre où différentes situations ont été analysées.

On distingue trois configurations d'aménagement :

- la première permettant aux bus d'être en tête de file en entrée du giratoire ;
- la deuxième offrant aux bus la priorité en entrée ;
- la troisième étant la combinaison des deux.

Par rapport aux configurations permettant aux TC de franchir l'îlot central, le niveau de service est légèrement dégradé par :

- l'inconfort des voyageurs lié aux trajectoires courbes et contre-courbes ;
- une fatigue plus importante du conducteur (répétition due au fait qu'il parcourt la ligne de multiples fois) ;
- une légère perte de temps dans la traversée.

Mais cette configuration affiche a priori un bon niveau de sécurité au regard des premiers résultats, voire meilleur que les giratoires à îlot central percé. Ce point demande plus de recul et reste à approfondir.

L'étude s'est appuyée sur 20 carrefours que l'on peut regrouper en 3 configurations.

Configuration 1 :

- les giratoires où le site bus axial ou latéral débouche directement sur l'anneau (couloir ou voie bus latérale à Angers ou site propre axial à Lyon par exemple) ; dans certains cas, la voie de circulation générale rabattue sur le site, laissant la priorité aux TC en amont du giratoire (exemple Rennes avec un site axial).

Configuration 2, les giratoires où la gestion de la priorité des TC est réalisée par signaux lumineux :

- feux tricolores R22j disposés aux entrées du giratoire (Chambéry) ;
- feux tricolores R11v et R13b (Toulouse) ;
- feux clignotants rouges R24 (Amiens).

Configuration 3, les giratoires où les deux premières solutions sont combinées (exemple Chambéry).

14. Prise en compte prioritaire du bus

14.1 Insertion du bus favorisée par la configuration

Pour faciliter le passage du bus à l'approche d'un carrefour giratoire, la solution de base consiste à créer un site ou une voie réservée en amont, ou maintenir jusqu'au carrefour un site propre existant.

Dans cette configuration, le TC accède au carrefour sans être gêné par les autres véhicules circulant sur la même branche. Pour autant, il n'est pas prioritaire car il doit « céder le passage » aux véhicules circulant sur l'anneau. Toutefois, le fait de s'affranchir de toute file d'attente est, dans bien des cas, suffisant pour lui éviter des pertes de temps. Une étude de trafic est cependant nécessaire pour vérifier que le trafic gênant l'entrée du bus n'est pas trop important.

Ce fonctionnement est possible et a été observé aussi bien pour un site axial (9 cas) que pour un site latéral (6 cas). Pour ces deux configurations, on notera des fonctionnements un peu différents :

Le positionnement latéral du site TC (site ou voie réservée de droite en entrée) n'est a priori pas particulièrement favorable au bus par rapport aux véhicules situés sur la voie de gauche de la même entrée. Cependant, on observe que :

- la forme du giratoire confère au bus une position avancée par rapport aux véhicules à sa gauche ;
- l'effet de masse lui garantit d'être vu et peut dissuader les véhicules de s'engager sur l'anneau avant lui, bien que les usagers regardent d'abord à gauche en premier ;
- ce positionnement pénalise les autres usagers entrant par la même branche et tournant à droite à la sortie suivante, en les contraignant à rester derrière le bus.



Les voies réservées aux bus sont ici latérales. La taille du giratoire est supérieure à 25 m. On perçoit sur la photo que le bus en entrée est en position avancée par rapport aux véhicules situés à sa gauche.

La taille du giratoire et la position latérale du site confèrent des trajectoires plus rectilignes et plus confortables pour les bus allant tout droit.

Exemples de voies bus latérales : giratoire boulevard Bon pasteur à Angers

Source : ©2016 Google

Le positionnement en axial du site TC implique que le bus arrive sur la gauche des autres véhicules entrants et lui confère un avantage sur eux, à défaut d'une véritable priorité, puisqu'il est le premier à entrer sur l'anneau. La présence d'un îlot séparateur dissociant la voie bus de la voie de circulation générale permet de conforter cet avantage. Si un véhicule s'engage au même moment, ce dernier ne gênera pas la progression du bus.

Ce positionnement axial n'est cependant pas indiqué dans le cas où le bus doit tourner à droite à la sortie suivante, car il induit un cisaillement important avec les usagers entrant sur le giratoire depuis la même branche que le bus.

Sur ce giratoire en haut de la Montée des Soldats, le bus arrive depuis un site axial. La somme des trafics entrants est de 30 000 véhicules/jour. Le flux le plus important concerne la Montée des Soldats, parallèle au site bus et à droite de celui-ci. De ce fait, il n'est pas gênant pour l'entrée du bus dans l'anneau, comme le confirme l'exploitant. Par ailleurs, la présence d'une station, juste avant le carrefour, génère aux heures de pointe, des flux de piétons importants, entraînant ainsi une coupure momentanée du trafic sur la sortie sur la gauche du bus et par enchaînement sur l'anneau, facilitant ainsi l'insertion du bus dans le giratoire.



Exemple de site bus axial : Montée des Soldats - Lyon

Source : Cerema

Pour conforter la priorité du bus par rapport aux véhicules circulant sur la même branche, il est possible d'organiser en amont le rabattement de la circulation générale sur le site TC, avec priorité laissée à celui-ci. L'insertion du bus dans le giratoire est facilitée dans la mesure où cela lui permet d'arriver en tête au niveau du carrefour giratoire. Le rabattement doit cependant être organisé le plus tard possible, pour éviter la formation de remontées de files importantes entre celui-ci et l'entrée du giratoire.

Dans les cas observés à Rennes, les bus et les vélos circulent sur un site partagé axial. Les autres véhicules circulent sur des voies latérales adjacentes. Avant le giratoire, la voie latérale est rabattue sur le site axial avec un « cédez-le-passage » à environ 10 à 15 m de l'entrée du giratoire.

Le bus prioritaire sur la voie de circulation générale évite ainsi de se retrouver derrière une file de voitures au giratoire et donc de perdre du temps.



Source : ©2016 Google

**Exemple de site bus
interrompu en amont de
giratoires**

**Insertion sur
un site axial TC - Rennes**

Source : Cerema



14.2 Priorité accordée aux bus par signalisation lumineuse

Il s'agit d'installer une signalisation lumineuse au giratoire pour gérer les conflits bus/véhicules ou de contrôler les flux des autres véhicules entrant dans le giratoire. Lorsque le bus arrive, les feux sont activés suffisamment tôt pour gérer ou arrêter la progression des véhicules pouvant gêner le bus. La gestion des flux se fait aux entrées ou sur l'anneau, et parfois aux deux.

Deux configurations possibles :

- le bus est dans la circulation générale ou sur une voie réservée (le giratoire de la place du stade de Chambéry présente les deux cas) et les entrées du giratoire sont gérées par feux R22j de régulation ;
- le bus circule sur un site propre ou voie réservée de la branche, et la gestion se fait par feux avec les usagers circulant sur l'anneau (feux R11v ou R24 pour usagers) et le site feux (R13b ou R17 pour les bus de lignes régulières).

Dans les deux cas, les feux se justifient, si les flux de véhicules circulant dans l'anneau gênent l'entrée du bus.

14.2.1 Exemple de contrôle d'accès sur les branches (Chambéry)

Les feux R22j sont implantés au niveau des balises de cédez-le-passage et restent au jaune clignotant en absence de l'arrivée d'un bus. Lorsqu'un bus est détecté, les autres branches en conflit avec la branche du bus sont mises au rouge.

Le système de priorisation assure au bus un franchissement fluide du giratoire, permettant d'optimiser les temps de parcours, d'assurer une bonne régularité et ainsi d'apporter un meilleur confort aux passagers.

Il a été constaté des non-respects du feu rouge lorsqu'un VL est arrêté trop longtemps en entrée de giratoire. Une autre cause de franchissement de feu rouge est liée aux feux placés « à droite » alors qu'en entrée de giratoire, le conducteur VL regarde à gauche.

La présence d'une station en amont du carrefour perturbe le fonctionnement dans le cas observé, car le système actuel n'en tient pas compte ; il existe cependant des solutions pour modérer, voire supprimer cet impact négatif, allant de l'introduction d'une temporisation correspondant aux durées moyennes d'arrêt au recours à des outils plus sophistiqués (asservissement de la signalisation à la fermeture des portes ou au mouvement des roues du bus).

À Chambéry, le système radiofréquence de ce giratoire pour gérer le passage des bus a été installé à d'autres carrefours (à feux et giratoires) situés sur des trois grands axes de l'agglomération.



Implantation du signal R22j sur la branche dotée de site propre ; sur l'autre branche, le bus est dans la circulation générale et il n'y a donc pas de signal R22j.

Giratoire place du stade Chambéry

Source : Cerema

14.2.2 Exemple de gestion en barrage avec R11v sur l'anneau (Toulouse)

Ce giratoire de 33 m de rayon extérieur possède trois branches. Il se situe sur des axes à fort trafic avec quatre lignes de bus (soit 13 bus par sens et à l'heure). Aucun accident n'a été identifié à ce jour.

Les sites bus, en rose sur le schéma page suivante, débouchent directement sur le giratoire et un seul est équipé de feux (R13b pour le bus et R11v pour les usagers circulant sur l'anneau).

Les bus sont détectés par des boucles magnétiques au sol.



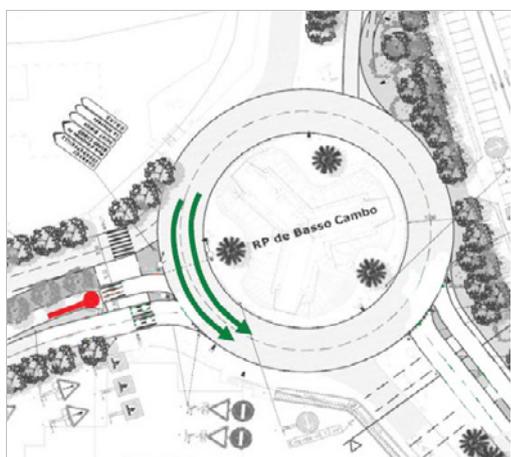
*Les sites propres bus sont en rose :
un site axial à gauche avec feux et un site latéral à droite sans feux.*

Giratoire Basso Cambo - Toulouse

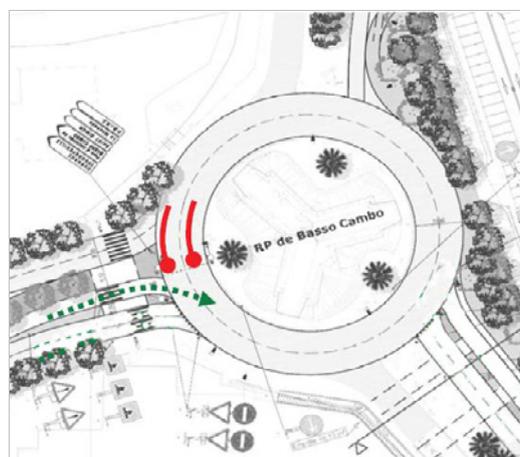
Source : Cerema

La première boucle est située à environ 500 m en amont du feu, la deuxième à 150 m et la troisième en pied de feu (pour les bus hors phase) ; une quatrième boucle est là pour l'acquiescement.

Phase 1 :



Phase 2 :

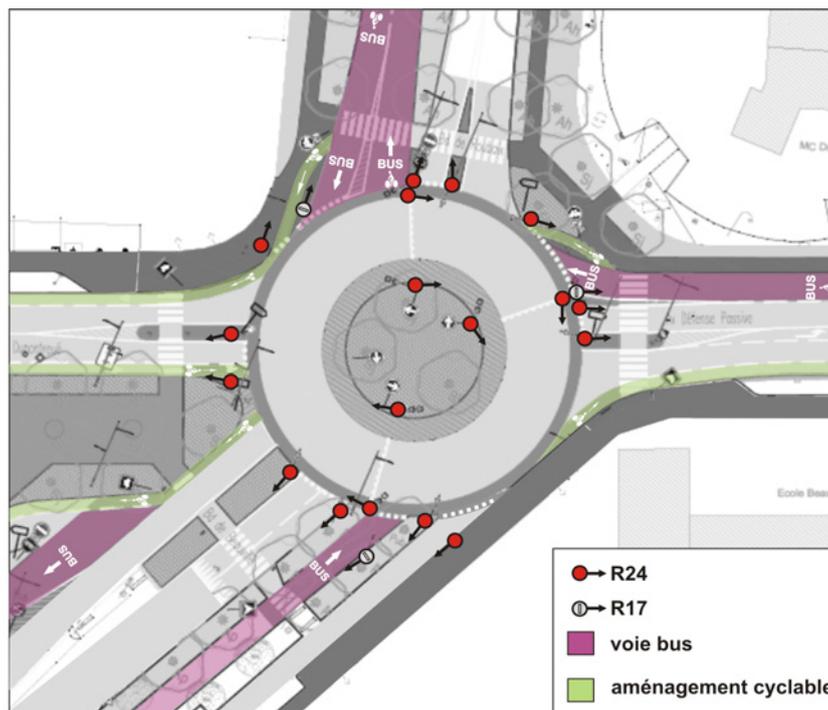


Source : Toulouse Métropole

14.2.3 Exemple de gestion en barrage avec R24 sur l'anneau (Amiens)

Ce giratoire est franchi par quatre lignes de bus empruntant trois branches du giratoire. La priorité aux bus est gérée par des feux R24 et R17 qui se déclenchent sur détection du bus en amont du giratoire. C'est le conflit bus-VL sur l'anneau géré à l'arrivée de celui-ci.

Le système de gestion par feux R24 permet une bonne prise en compte des bus équipés de balise. En l'absence de bus, le giratoire fonctionne comme un giratoire classique.



Giratoire Duclos - Amiens

Source : Cerema



Les R24 sont doublés et positionnés aux entrées et sur l'anneau.

Implantation des signaux R24 en entrée - Amiens

Source : Cerema

La crédibilité de la signalisation lumineuse mise en place dans tous ces cas est particulièrement importante et suppose un paramétrage précis et des ajustements lors des premiers mois d'exploitation, ainsi qu'un suivi continu dans le temps. Il est en effet primordial que l'allumage des signaux R24 ou la mise au rouge des feux tricolores soient suivis de l'arrivée effective d'un bus et que leur extinction ou retour au vert (ou jaune clignotant selon le cas) suive le passage de celui-ci dans des délais optimisés.

15. Impacts sur l'aménagement du carrefour

15.1 Généralités

Comparativement aux giratoires où les bus franchissent l'îlot central, la géométrie du giratoire est assez peu modifiée. L'îlot central n'étant pas percé, sa lisibilité n'est donc pas altérée et évite aussi l'obligation d'implanter des feux pour le franchissement de l'îlot central.

Le bus emprunte l'anneau comme les autres usagers. Ce parti réduit fortement les coûts d'aménagement du carrefour.

En revanche, l'inconfort des voyageurs lié aux trajectoires courbes et contre-courbes et la fatigue plus importante du conducteur (répétition due au fait qu'il parcourt la ligne de multiples fois) sont réels. Cependant, ces désagréments peuvent être limités par l'aménagement du carrefour.

Sur les 18 giratoires ayant été identifiés, nous avons une répartition assez homogène dans la taille, hors le cas des mini-giratoires qui est traité au chapitre suivant.

Rayon	Moins de 15 m	15-25 m	Plus 25 m
Nombre de giratoires identifiés	6	5	7

Dans le panel, il n'y a pas une famille de giratoires, de par sa taille, qui se distingue. La taille n'est donc pas un réel obstacle à l'aménagement d'un site TC performant.

La bonne combinaison entre taille du giratoire et type d'aménagement du site TC peut permettre d'obtenir un bon niveau de sécurité, et de fait un bon niveau de service.

L'insertion d'un site modifie principalement les branches sur lesquelles il est implanté, et la lisibilité du giratoire sauf le cas où le site TC est interrompu en amont du giratoire.

Elle impacte principalement :

- les trajectoires de franchissement, d'autant plus rectilignes que le giratoire a un petit rayon ;
- l'insertion des usagers des branches du site sur l'anneau ;
- la longueur de traversée des piétons.

Par exemple, un site axial :

- déporte les voies de circulation générale sur les côtés, supprimant la contrainte de trajectoire imposée par l'îlot central. Plus le rayon du giratoire est petit, plus le phénomène est accentué, favorisant ainsi les prises de vitesse incompatibles avec ce type de carrefour ;
- engendre en contrepartie une giration plus délicate du bus en l'absence d'espace entre le site TC et la voie de circulation générale. Un îlot séparateur est le bienvenu. De plus, il peut constituer un refuge pour les piétons.

Alors qu'un site latéral :

- conserve la voie de circulation générale dans l'axe du giratoire et assure donc une bonne déflexion, offrant ainsi aux bus allant tout droit une trajectoire plus rectiligne. La contrainte est plus d'ordre fonctionnel et dépend des trafics routiers en tourne-à-droite à cette branche.

15.2 Exemple de giratoires avec rayon supérieur à 25 m

L'aménagement d'un site TC bidirectionnel axial ou latéral, débouchant directement sur l'anneau du giratoire ne présente pas de difficulté pour son intégration. Le site TC se prolonge parfois sur l'anneau, comme à Angers.



rayon > 25 m
Giratoire Denis Papin / Gare - Angers
Source : ©2015 Google

Un site ou une voie réservée débouchant sur le giratoire présente les avantages :

- de toujours positionner le bus en tête, en entrée ;
- pour les sites latéraux, de conserver une contrainte de trajectoire pour les usagers routiers, les obligeant ainsi à modérer leur vitesse, et pour les bus allant tout droit au giratoire d'avoir une trajectoire plus rectiligne, causant ainsi moins de désagrément aux voyageurs ;
- pour les sites axiaux, non gérés par feux, la position à gauche en entrée de giratoire confère au bus un avantage sur les véhicules placés à sa droite, en plus d'être mieux vu (car les usagers portent naturellement leur regard à gauche en entrée de giratoire).

15.3 Exemples de giratoires de rayon compris entre 15 m et 25 m

L'aménagement d'un site propre double sens pour ces giratoires est plus difficile en raison du manque d'espace.

À Lyon, une seule branche au giratoire de la Montée des Soldats ($R=20$ m) possède un site propre TC unidirectionnel où la circulation des bus est alternée entre le matin et le soir.



Montée des soldats - Lyon

Source : ©2016 Google

Le giratoire de la Montée des Soldats a cinq branches dont trois à sens unique. Il dispose d'une chaussée annulaire de 12 m de large dont 1,50 m traité en surlargeur. Anciennement aménagé en carrefour à feux, sa transformation en giratoire a fortement simplifié son fonctionnement. La plupart des conducteurs de bus ont connu le fonctionnement avec feux et se rappellent des temps d'attente et des temps perdus à ce carrefour. Depuis sa création en 2006, aucun accident corporel impliquant un bus n'a été recensé.



Branche avec site bus et piste cyclable
Avenue du Comte-Vert - Chambéry
Source : Cerema

À Chambéry le giratoire a un rayon de 20 m et six branches ; une seule branche (avenue du Comte-Vert) possède une voie TC.

La charge à l'heure de pointe du soir du giratoire est de 2 700 véhicules (comptage 2006).

Sur l'avenue du Comte-Vert, une voie réservée et une piste cyclable ont été implantées. Sur les autres branches, le bus se retrouve dans la circulation générale et le fonctionnement de celui-ci n'en est pas perturbé. La voie réservée aux bus n'est donc pas absolument nécessaire.

À Amiens, le giratoire Duclos (mis en service en juillet 2011) a un rayon de 22 m et un anneau de 13 m, avec une surlargeur de 3 m et une bande cyclable de 1,5 m. Il ne présente qu'une branche avec un site propre bus bidirectionnel.

La largeur de l'anneau est supérieure aux recommandations actuelles, rendant la trajectoire du bus plus linéaire, et minimise les effets de balancier, améliorant le confort des voyageurs sans impacter la sécurité des autres usagers. En effet, les voies d'entrées réservées à la circulation générale sont bien dans l'axe du giratoire, empêchant des trajectoires trop tangentielles. Le giratoire supporte un trafic de 2 850 véhicules en heure de pointe du soir.



Giratoire Duclos - Amiens

Source : © Géoportail

15.4 Exemples de giratoires de rayon compris entre 12 m et 15 m

Dans le cas de giratoires de 15 m de rayon extérieur, il devient difficile de ne pas dénaturer l'aménagement quand on veut insérer un site bus bidirectionnel sur une branche à double sens ; on arrive en effet ainsi à un total de quatre voies.

À Rennes pour préserver l'avantage donné au TC d'être en tête sans dénaturer le giratoire, le site propre bus axial s'interrompt à 15-20 m environ en amont du giratoire, mais la plate-forme routière continue jusqu'au giratoire, et les autres usagers circulant sur la voie latérale s'y rabattent par un « cédez-le-passage », laissant ainsi la priorité au bus. Les vélos sont autorisés à circuler sur le site bus.

Ces giratoires ont en général quatre branches, un rayon de 13 m extérieur avec une chaussée annulaire de 6 m de large, complété par une sur largeur en pavés de 2 m autour de l'îlot central, et une bande cyclable). Le site bus axial de 7 m est isolé par des séparateurs végétalisés d'environ 1 m de large.

Sur cet axe de transport collectif, on recense neuf giratoires ayant le même principe d'aménagement.



Site bus en approche du giratoire



Insertion de la voie latérale sur site axial



Sortie en site banal

Rennes

Source : Cerema

16. Sécurité

Sur les giratoires observés, il n'a pas été relevé d'accident corporel sur les cinq dernières années. Selon les AOT, il n'y a pas eu d'accrochage avec un bus depuis les mises en service d'aménagements en faveur des TC.

La période d'observation est courte pour certains aménagements, un suivi à plus long terme reste à faire. À Lyon, sur le site de la Montée des Soldats, où la période est significative, aucun accident ou accrochage de bus n'a été enregistré depuis 2006.

Giratoire	Mis en service depuis	Charge HPS	Accidents avec un bus
Toulouse : Basso Cambo	2013	2 500 véh./h	0
Angers : Giratoires des rues Denis-Papin et Yolande-d'Aragon	NC	NC	NC
Lyon : Montée des Soldats	2006	3 000 véh./h	0
Chambéry : giratoire Avenue du Comte-Vert	2006	2 700 véh./h	0
Amiens : giratoire Duclos	Fin 2011	2 850 véh./h	0

Au-delà de l'approche quantitative difficile, certains problèmes de sécurité peuvent être relevés.

Dans le cas de rabattement sur le site TC en amont du giratoire, comme à Rennes, on observe que la végétation arbustive de type haie, donc haute, crée des masques à la visibilité. Le site étant ouvert aux vélos, ceux-ci sont difficilement perceptibles.

17. Piétons

Des études tendent à montrer que le giratoire n'est pas un carrefour statistiquement plus dangereux que les autres. Cependant, les giratoires de grande taille, principalement avec des entrées ou des sorties à deux voies, sont peu favorables aux piétons et encore moins aux PMR (Personnes à mobilité réduite). Ces traversées créent un réel sentiment d'insécurité et complexifient les cheminements.

L'ajout d'un site TC allonge encore les parcours et les temps des traversées piétonnes, donc leur temps d'exposition aux trafics routiers. L'aménagement d'îlots refuges de bonnes dimensions entre le site TC et les voies routières rend néanmoins ces traversées plus sûres.



À Lyon, au giratoire de la Montée des Soldats, les refuges sont de grandes dimensions et améliorent la sécurité des piétons.

Les îlots refuges sont de bonnes dimensions.
Giratoire de la Montée des Soldats - Lyon
source : Cerema

Lorsque le giratoire est équipé de signalisation lumineuse pour gérer la priorité au bus, son implantation aux entrées peut poser problème par rapport aux traversées piétonnes. Dans la plupart des cas, les feux servent uniquement de régulation du trafic routier pour l'entrée du bus, et leur réglage n'intègre naturellement pas de temps de traversées ni de dégagement piéton. Leur implantation au-delà du passage piéton n'est pas forcément suffisante pour éviter la confusion dans l'esprit des piétons. Dans de rares cas, le conflit TC/piétons est géré par feux en amont de l'entrée sur le giratoire.

À Toulouse au giratoire Basso Cambo, les traversées piétonnes du site propre bus sont marquées conformément à l'IISR et équipées de feux R12.

Dans ce cas, le feu bus R13b est implanté avant le passage piéton.



Gestion des traversées piétonnes - Toulouse
Source : Cerema

À Amiens, sur le giratoire Duclos, les traversées piétonnes sont marquées conformément à IISR sur le site TC. Le passage piéton, est positionné avant le R17 à une dizaine de mètres environ. Les R17, munis de signaux d'aide à la conduite (SAC), ne gèrent pas les conflits avec les piétons. Cette situation n'est toutefois pas sans risque pour le piéton. Le fait de donner au bus une priorité par anticipation (annonce du vert) n'est pas favorable à sa sécurité.



Traversée au giratoire Duclos - Amiens

Source : Cerema

La question est de savoir si le conducteur qui a reçu son autorisation de passer reste attentif aux piétons.

À Chambéry, les feux R22j sont positionnés au droit des panneaux de « cédez-le-passage ». Les R22j sont des feux de régulation qui ne gèrent pas les conflits entre usagers. Un plateau traversant indique aux piétons et aux vélos la traversée préférentielle sans la marquer réglementairement. L'îlot refuge avec la voie bus est trop petit (< à 1 m).



Le dispositif mis en place n'a pas entraîné de modification du cheminement piéton.



Les piétons bénéficient d'un plateau traversant situé à la même hauteur que le site propre bus.

Chambéry

Source : © Google

Chapitre 4 :

le bus franchit un mini-giratoire

Les mini-giratoires sont des carrefours de dimensions réduites avec un rayon extérieur inférieur à 12 m et disposant d'un îlot central entièrement franchissable.

Dans le contexte général, ce sont des outils de modération des vitesses, généralement implantés en milieu urbain dense, sur des voiries à faible trafic.

Leur présence sur des lignes de bus structurantes est de ce fait a priori plutôt rare et se produit plutôt dans des environnements contraints.

Les cas recensés et analysés ici sont :

- six mini-giratoires situés à Amiens sur la ligne 1 ;
- cinq mini-giratoires situés à Nantes sur la ligne du Busway.

À Amiens, la « ligne 1 » est une ligne de BHNS de 14 km qui dessert 44 arrêts 7 jours/7, avec une fréquence de 10 minutes en journée sur une amplitude horaire de 4 à 24 heures. Elle bénéficie sur 1,3 km d'une voie en site propre axial, circulée en sens unique alterné sur une avenue d'emprise assez réduite.

À Nantes, les mini-giratoires en question se trouvent sur les sections terminales de la ligne de Busway, où l'emprise disponible ne permettait pas forcément de conserver le profil en travers type avec site bidirectionnel axial ou sont implantés les carrefours giratoires traversés vus au chapitre 2.

Compte tenu de la configuration et de la taille d'un mini-giratoire :

- il est absolument nécessaire de recourir à la signalisation lumineuse pour accorder la priorité aux bus, et les signaux lumineux sont de fait disposés aux entrées en l'absence d'îlot central infranchissable ;
- les bus, en raison de leur gabarit, franchissent le mini-giratoire en roulant sur l'îlot central, que leur sortie s'effectue dans la circulation générale (site banal) ou sur une voie dédiée (site propre).

18. Prise en compte prioritaire du bus

18.1 Signaux d'arrêt pour les autres usagers

Sur l'ensemble des carrefours observés, toutes les entrées du carrefour sont gérées par des feux R24.

L'arrivée du bus entraîne la mise au rouge du carrefour par les feux implantés aux entrées du giratoire grâce à un système de détection longue distance (système similaire aux giratoires avec îlots franchissables) et la mise au vert (barre blanche verticale) pour le bus. En dehors des passages du bus, le fonctionnement du carrefour est celui d'un mini-giratoire classique.

Les feux R24 aux entrées sont doublés en hauteur et asynchrones. Pendant son activation, le rouge apparaît donc de façon permanente par l'alternance entre les deux feux R24. Il n'y a donc plus de phase au noir. L'utilisateur ne peut plus invoquer qu'il était éteint quand il l'a regardé. Ils sont positionnés soit l'un en dessous de l'autre ou séparés pour assurer une meilleure visibilité, en respectant l'IISR (la hauteur des signaux doit être comprise entre 1,50 et 4,20 m).



Doublement du feu R24

Nantes

Source : Cerema



Feux R24 de rappel à gauche

Amiens

Source : Cerema

Compte tenu de l'absence d'îlot central infranchissable, les signaux R24 sont implantés aux entrées de chaque branche du mini-giratoire, et donc pas réellement en barrage comme le prévoit l'IISR. Mais si le texte n'est pas respecté à la lettre, on peut considérer qu'il l'est dans l'esprit, l'ensemble du mini-giratoire constituant du fait de la trajectoire des bus la zone de danger que « protège » le signal R24.



À l'arrivée du bus, toutes les entrées du mini-giratoire sont fermées par des feux R24.

Amiens

Source : Cerema

En général, l'absence d'îlot séparateur sur les branches des mini-giratoires ne permet pas de rappeler à gauche le signal R24, comme il est possible de le faire selon l'IISR. Ceci a cependant pu être réalisé dans certains cas, par exemple à Amiens, grâce à la présence d'un îlot séparateur sur les entrées avec le site bus, ce qui permet de leur conférer une meilleure visibilité.



Les feux R24 sont rappelés à gauche grâce à l'îlot central.

Amiens

Source : Cerema

18.2 Signaux pour le bus

Dans les deux cas observés, on utilise le signal R17 accompagné du signal d'aide à la conduite (le bus étant toujours en site propre en entrée des carrefours). Ceci permet d'optimiser le fonctionnement en limitant le temps de fermeture aux autres usagers.

À Nantes, le problème d'espace a conduit à implanter le feu R17 au-delà de la voie de circulation parallèle, à côté du signal R24.



Le feu R17 est positionné sur le trottoir.

Nantes

Source : Cerema

La présence d'un îlot central sur les branches opposées peut permettre de rappeler le feu R17 au-delà de la zone de conflits (l'IISR autorise cette implantation en rappel du signal principal pour ces feux R17 et R18).



Le feu R17 de rappel positionné sur l'îlot directionnel.

Nantes

Source : Cerema

19. Impacts sur l'aménagement du carrefour

19.1 Caractéristiques géométriques

Les branches recevant le site TC possèdent trois ou quatre voies de circulation selon que le site est unidirectionnel ou bidirectionnel, et jusqu'à six avec les bandes cyclables à Nantes. Ceci peut poser des problèmes de lisibilité et de cohérence ; dans le même temps, l'îlot central franchissable est sans effet sur les trajectoires des usagers automobilistes, qui deviennent très tendues ; tout ceci favorise des comportements inadaptés et potentiellement dangereux.

Tous les mini-giratoires recensés ont été implantés sur des sites propres axiaux. Cependant, rien ne s'oppose a priori à leur implantation en cas de site TC latéral, dès lors que toute la circulation automobile et cycliste est interrompue aux entrées en présence d'un bus.

La faible dimension du giratoire impose en effet qu'aucun autre véhicule ne se trouve dans le carrefour pour que le bus puisse le franchir dans de bonnes conditions.

Dans les cas observés, les bus traversent l'îlot central sans quasiment dévier leur trajectoire :

- à Nantes, les îlots centraux ne comportent pas de calotte sphérique ni de surélévation, mais un revêtement coloré, parfois accompagné d'ailettes (ils sont en fait inspirés de ceux réalisés antérieurement pour le tramway, qui impose une planéité absolue de l'îlot) ;
- à Amiens, les îlots centraux sont légèrement bombés et pavés.

Certains mini-giratoires ont un rayon extérieur de 13 m, dépassant le rayon maximal (décret du 95-1091). Selon la règle, ils devraient être munis d'un îlot central infranchissable, mais leur franchissement par le bus empêche de fait celui-ci.



Ce giratoire possède un rayon extérieur de 13 m.

Nantes - Busway

Source : Cerema



Pas de calotte sphérique ni de surélévation, mais un revêtement coloré.

Nantes - Busway

Source : Cerema



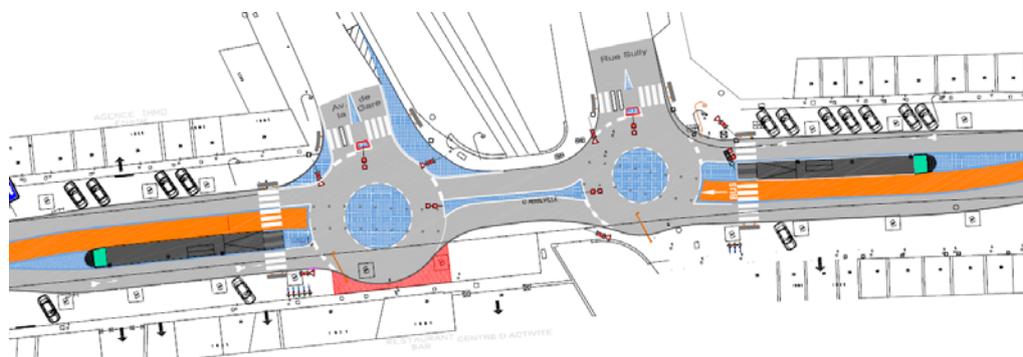
Calotte sphérique pavée.

Amiens

Source : Cerema

Du fait de la trajectoire contrainte des bus et pour des raisons de confort des passagers, l'îlot central n'est donc matérialisé que par une différence de matériaux. L'absence de surélévation en forme de calotte sphérique de l'îlot central rend moins perceptibles le carrefour et son fonctionnement en giratoire.

Si l'entrée du bus dans le carrefour se fait toujours en site propre, ce n'est pas forcément le cas en sortie. En cas d'espace contraint, le bus emprunte effectivement la voie de circulation générale (cas observés à Amiens et à Nantes). À Amiens, on a privilégié cette solution pour implanter les arrêts en amont des carrefours, les quais se retrouvant décalés de part et d'autre de ceux-ci.



Le bus est en site propre en entrée, et en site banal en sortie. La traversée du giratoire par le bus est matérialisée par des clous en inox.

Amiens

Source : Amiens Métropole

19.2 Signalisation

Comme pour les giratoires traversés par le site TC (cf. chapitre 2), le fonctionnement et la trajectoire des bus posent un problème de cohérence de la signalisation statique, le panneau AB25 étant obligatoire pour les mini-giratoires comme pour les autres giratoires. L'absence de panneaux signalant la traversée de voie bus, équivalents au signal A9 et C20c pour les traversées de site tramway, ne permet pas non plus de pallier l'absence d'information sur la présence du site bus, alors que celle-ci est nettement moins prégnante au plan physique que dans le cas d'un vrai giratoire où l'îlot central est percé.

L'emprise réduite et l'exiguïté, voire l'absence des îlots séparateurs, rend difficile l'implantation de la signalisation aux entrées ; de ce fait le recours aux signaux R17 paraît largement préférable à celui des signaux R13b, à la fois pour diminuer le risque de confusion pour les automobilistes et pour optimiser leur visibilité par les conducteurs de bus du fait des conditions d'implantation plus souples (répétition possible au-delà du carrefour et/ou des autres voies de circulation).

20. Sécurité

Le faible nombre de sites et d'accidents corporels recensés rend l'analyse difficile pour les mini-giratoires comme pour les autres types de carrefours. Les effectifs en cause sont trop faibles pour conclure, d'autant que trop de facteurs externes entrent en jeu, pour lesquels nous n'avons pas les données nécessaires (trafics routiers, flux piétons par exemple).

On remarque cependant que, sur Nantes, les mini-giratoires concernés présentent un ratio d'accidents par carrefour plus élevé que la moyenne sur tous les carrefours de la ligne. Ceci concerne l'accidentologie générale, sur la base du fichier des accidents corporels de la circulation (BAAC) ; l'écart n'est cependant pas très significatif et le nombre d'accidents sur les mini-giratoires faibles (6 en 6 ans).

Par ailleurs, selon les données de l'exploitant le rapport s'inverse en ce qui concerne les accidents avec bus, incluant les accidents matériels et les chutes de voyageurs à l'intérieur du bus).

Tous carrefours de la ligne									
Nb carrefours	Nb Accidents (BAAC 2007-2012)	Ratio annuel	accidents + chutes (Semitan 2007-2010)	Ratio annuel	Nb carrefours	Nb accidents	Ratio annuel	accidents + chutes (Semitan 2007-2010)	Ratio annuel
32	30	0.16	56	0.44	5	6	0.20	7	0.35

ratio = nombre d'accidents par an et par carrefour

Au-delà de cette approche générale, on constate une concentration des accidents corporels à certains mini-giratoires de Nantes et d'Amiens traversés par un site propre bus, alors qu'on n'en relève aucun sur d'autres. Il est donc difficile d'établir un lien avéré entre aménagement et accidentalité, indépendamment des autres facteurs (trafics notamment).

À Nantes, entre 2007 et 2010, sept accidents impliquant le Busway ont été relevés par l'exploitant sur 4 des 5 mini-giratoires concernés. Le plus accidentogène se situe au 4^e rang des carrefours les plus accidentogènes de la ligne Busway.

Dans tous les cas, aucune victime n'est à déplorer. Le non-respect du feu R24 est la cause principale des accidents avec les bus.

En ce qui concerne les accidents corporels, relevés par les forces de l'ordre sur ces mini-giratoires, aucun Busway n'est impliqué ; 6 accidents ont été recensés entre 2007 et 2012. Ils totalisent 7 blessés légers et 1 blessé hospitalisé, et ont impliqué : 5 véhicules légers, 2 cyclomoteurs, 1 scooter, 1 véhicule utilitaire, 1 piéton, 1 car.

On remarque que ces accidents ne se sont produits que sur les 3 mini-giratoires ayant les trafics plus élevés parmi les 5 concernés par la ligne Busway.

En dehors de deux refus de priorité à l'anneau, il ne ressort pas de scénario d'accident type. Toutefois, la lisibilité de ce type d'aménagement semble poser problème.

C'est notamment le cas pour le mini-giratoire le plus accidentogène (3 accidents) : la perte de priorité n'est pas soulignée par l'environnement, avec une emprise relativement large et rectiligne, des espaces peu différenciés, des débouchés de voies perpendiculaires peu visibles. Il n'y a pas de rupture nette dans le paysage urbain ni d'îlot central marqué, et l'alignement droit est propice aux prises de vitesse.



Le mini-giratoire se situe au niveau du véhicule.

Nantes - mini giratoire peu lisible

Source : Cerema

Par ailleurs, sur ces mini-giratoires, si le site propre n'est pas suffisamment différencié de la voie de circulation générale, les conducteurs peuvent ne pas comprendre l'aménagement.



Erreur de positionnement, le véhicule est sur le site propre.

Nantes

Source : Cerema

À Amiens, entre décembre 2010 et août 2013, 11 accidents corporels ont été identifiés sur 4 des 6 mini-giratoires, situés sur le même axe.

En dehors des accidents VL-VL et VL-2-roues, deux accidents ont impliqué un bus. Ces deux accidents Bus-VL ont eu lieu sur le même mini-giratoire (Grâce) qui présente en tout 6 accidents corporels en 3 ans, soit la moitié des accidents sur l'axe. On constate un non-respect des feux R24 et des comportements de franchissement en tourne-à-gauche du giratoire, hors phase bus, avec des trajectoires inappropriées (non-respect de l'îlot) ; ceci est lié à un aménagement peu contraignant du fait de la quasi-planéité de l'îlot.



*Mini-giratoire de Grâce
L'îlot central ne présente aucun bombé.*

Amiens

Source : Cerema



*Mini-giratoire de Grâce
La camionnette adopte une trajectoire
rectiligne, l'îlot central étant quasi plat.*

Amiens

Source : Cerema

21. Piétons

La matérialisation des traversées des piétons n'est pas la même sur tous les projets et présente pour certains des écarts aux règles.

- pour la traversée des sites TC, un marquage est réalisé ou pas, en continuité du marquage de la traversée routière. S'il n'existe pas de marquage réglementaire, la traversée est suggérée par un aménagement ou une matérialisation (clous, revêtement, traits...) comme pratiqué sur les sites propres tramway ;
- les traversées piétonnes sont souvent supérieures à 8 m (site de 7 m + 1 voie à 3 m) ou plus de 12 m (7 m+6 m) sans îlot refuge. Mais la plate-forme bus est faiblement circulée comparativement à la voirie routière classique et on peut considérer cet espace (site propre) comme un refuge où le conducteur de bus se devra de respecter le code de la route pour un piéton normalement engagé ;
- aucune traversée piétonne des mini-giratoires observés dans le cadre de l'étude n'est gérée par feux.

À Amiens, les passages piétons sont matérialisés par un marquage réglementaire d'un trottoir à l'autre et même sur l'îlot refuge (marquage à éviter absolument), mais à Nantes, le site TC ne présente aucun marquage ou matérialisation en continuité de la traversée routière.



Marquage réglementaire sur le site TC

Amiens

Source : Cerema



Pas de marquage sur le site TC

Nantes (Busway)

Source : Cerema

À Nantes comme à Amiens, le choix a été fait de ne pas gérer les traversées piétonnes par de la signalisation lumineuse. Donc, conformément au code de la route, un piéton normalement engagé est prioritaire sur le bus, quel que soit l'état du signal R17. La barre verticale, comme le vert, ne donne qu'une autorisation de s'engager dans le carrefour.

Cependant, à Nantes, le Busway n'est pas considéré comme un bus classique mais assimilé au tramway en termes d'infrastructure, de signalisation et d'exploitation (fréquence, billettique en station), et cela est intégré par l'ensemble des usagers ; on constate ainsi que les piétons lui laissent la priorité, alors que l'usage est par ailleurs plutôt un respect des piétons par les automobilistes.

À Nantes, l'absence de refuge ne favorise pas les traversées, le piéton doit s'assurer qu'il pourra traverser la chaussée sans qu'un bus n'approche. Dans le cas contraire, il devra contraindre le bus à s'arrêter (cas non observé) ou s'arrêter sur le passage piéton de la chaussée parallèle au site bus.

Sur les branches de certains giratoires, les passages piétons ne sont pas marqués pour ne pas inciter les traversées à cet endroit (branche trop large, carrefours rapprochés).



Certaines branches ne comportent pas de passage piéton

Nantes

Source : Cerema

À Amiens, les traversées sont facilitées par la fréquence moins élevée des bus et la présence des stations dans l'axe de l'emprise, celle-ci étant par ailleurs peu large (chaussée d'environ 10 m au total).

À Amiens, l'îlot pour l'implantation des feux constitue une possibilité de refuge piéton. Il n'a toutefois pas toujours la largeur recommandée. Dans certains cas, la présence de la station offre un refuge en continuité du quai et facilite la traversée des piétons à proximité du giratoire.



Comme pour un giratoire classique, la traversée piétonne n'est pas gérée par feux.

Amiens

Source : Cerema

Chapitre 5 :

le bus traverse d'autres carrefours circulaires à îlot central

Parmi l'ensemble des carrefours analysés, certains ne peuvent pas être classés comme giratoires : du fait de la présence d'un îlot central, plus ou moins circulaire, ils ont une forte ressemblance géométrique avec un carrefour giratoire, mais ne sont pas gérés en priorité à l'anneau.

Dans les configurations présentées ci-après, les véhicules circulant sur l'anneau perdent la priorité au droit du site TC de façon permanente, contrairement aux règles définies par le code de la route pour les carrefours à sens giratoire (cf. chapitre 2 : terminologie et représentation).

On distingue deux types de carrefours, selon qu'ils sont ou non équipés d'une signalisation lumineuse :

- des carrefours équipés de signalisation lumineuse où chaque branche arrivant sur l'anneau est gérée par des feux tricolores ; ils s'apparentent aux carrefours à feux à îlot central (CAFAIC), mais n'en respectent pas exactement les principes de fonctionnement. Deux exemples ont été observés, un à Nîmes et un à Toulouse ;
- des carrefours équipés de panneaux « cédez-le-passage » (signal AB3a) sur la voie annulaire au droit du franchissement du site TC. Huit carrefours de ce type existent sur le réseau Triskell de Lorient.

22. Prise en compte prioritaire du bus

22.1 Carrefours équipés de feux tricolores

Tous les conflits routiers élémentaires sont gérés par feux, y compris ceux avec le bus. Le fonctionnement est généralement à deux phases, avec l'insertion d'une phase spécifique pour les TC. La priorité au bus est donnée en mettant au rouge toutes les voies en conflit avec le TC.

Les feux gérant le conflit avec le bus sont placés en barrage à l'amont immédiat du site bus. Ceci est contraire au principe de gestion préconisé pour le CAFAIC, qui amènerait à placer des feux en aval du site bus, donc à un stockage sur celui-ci.



*Carrefour Borderouge D813
17 feux au total R11v et R11b*

Toulouse

Source : © Google

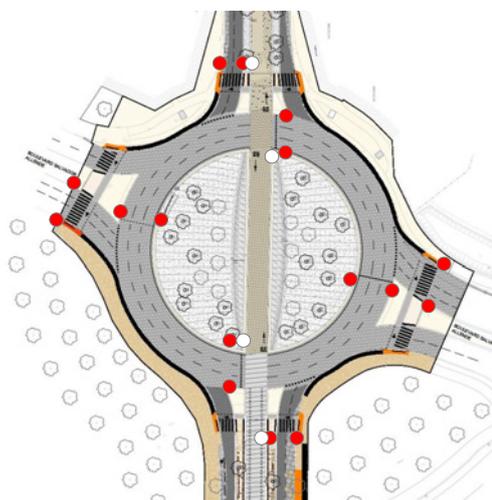
Ce carrefour totalise 11 lignes de feux.

Les feux pour les bus sur le site propre sont des feux tricolores R13b.

la configuration circulaire entraîne un manque de stockage pour les tourne-à-gauche, pénalisant la capacité en heures de pointe.

Sur ce carrefour, chaque branche est gérée par des feux. Lorsqu'un bus arrive, les voies en conflit avec le site TC sont mises au rouge. Les feux bus sont des feux R17.

En dépit de la forme circulaire, il n'a pas été constaté de blocage lié au stockage des véhicules en tourne-à-gauche, vraisemblablement en raison de la taille du giratoire (R=43 m) et du nombre de voies (3).



*Rond-point des Nations unies - Rayon 43 m
R11v (points rouges) et R17 (points blancs).*

Nîmes

Source : Cerema

22.2 Carrefours gérés par signalisation statique

Lors de la mise en place du réseau Triskell dans l'agglomération de Lorient, un compromis a été recherché entre un niveau de priorité satisfaisant pour les bus et l'utilisation d'une signalisation classique sans recours à une gestion particulière dynamique au moment de leur passage.

Le choix a ainsi été fait, sur des carrefours comportant des îlots centraux, de conférer de manière permanente une priorité au site emprunté par les bus, quelle que soit l'implantation de celui-ci par rapport à la chaussée annulaire.

Les signaux utilisés sont des panneaux « cédez-le-passage », que l'on retrouve ainsi aussi bien sur l'anneau au droit du passage du site bus, qu'aux entrées sur l'anneau.

Dans certains cas, un feu R22j de régulation a été ajouté en entrée(s) pour éviter le blocage du carrefour et/ou faciliter le passage du bus.

Huit carrefours de ce type ont été identifiés, qui peuvent être classés en deux catégories :

À **Lorient** : quatre carrefours sont traversés par le bus circulant sur un site axial bidirectionnel qu'il partage avec les vélos et les taxis. La section est en zone 30 en milieu urbain dense. De part et d'autre du site bus, une voie de circulation dans chaque sens permet aux autres usagers de circuler sur cet axe. La signalisation est implantée sur des îlots très faiblement surélevés.



Carrefours circulaires traversés par un site axial : des « cédez-le-passage » (AB3a) et un marquage T'2 ont été implantés sur l'anneau.

Lorient (Triskell)

Source : Cerema

À Lanester, quatre carrefours correspondent à des changements de direction de la ligne et de conditions d'insertion (site latéral/axial, site propre/site banal) ; ceci induit des configurations particulières avec des conditions de franchissement du carrefour différentes selon le sens. Dans tous les cas, le site bus conserve la priorité matérialisée par de la signalisation statique (panneaux cédez-le-passage sur les branches et l'anneau des carrefours).



Carrefours avec changement de direction de la ligne bus : dans ces configurations particulières, une seule voie bus franchi l'îlot central, alors que l'autre la tangente.

Lanester (Triskell)

Source : Cerema



Carrefour en fin de site propre : le cédez-le-passage sur l'anneau donne la priorité au bus s'insérant en site banal en sortie du carrefour.

Lanester (Triskell)

Source : Cerema

La ligne bus traverse le carrefour tout droit. En approche du carrefour, le bus est en site propre axial, lequel se prolonge sur l'îlot central ; en sortant du giratoire, le bus emprunte la voie de circulation générale.

23. Impacts sur l'aménagement du carrefour

23.1 Cas des carrefours équipés de feux

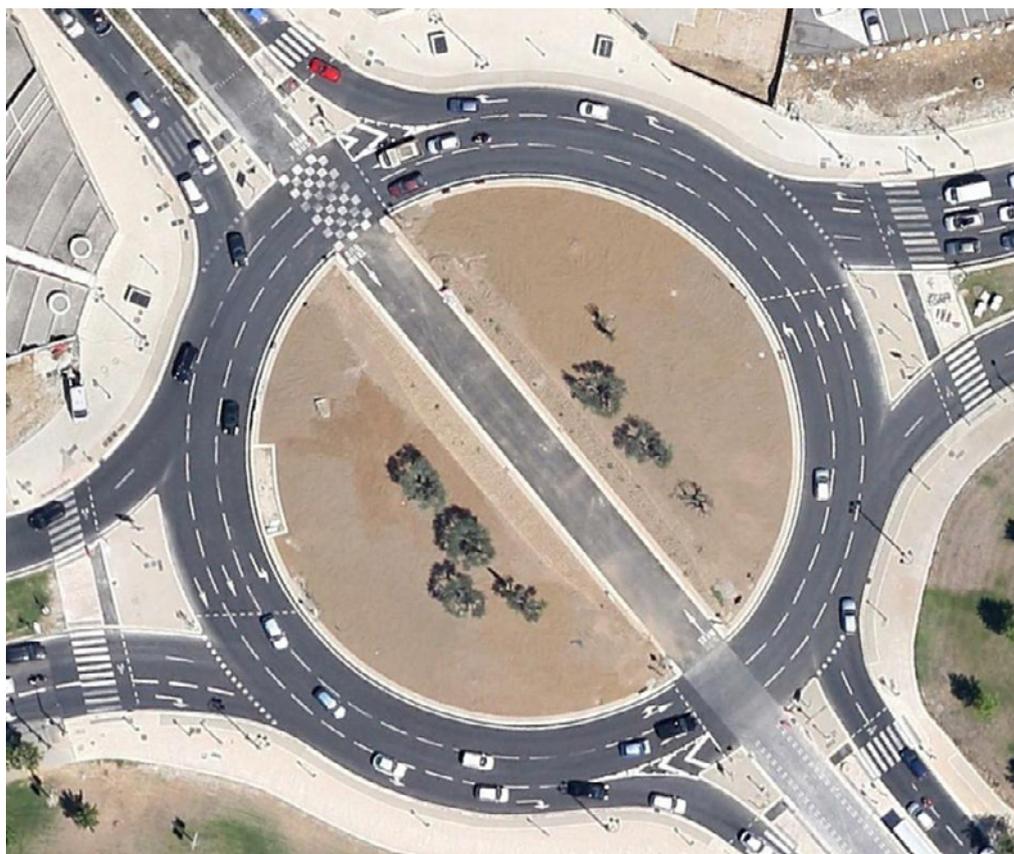
Les deux carrefours analysés ont une géométrie circulaire identique aux carrefours à sens giratoire, en contradiction avec les principes de conception des carrefours à feux, et notamment des CAFAIC, pour lesquels une forme carrée est préconisée.

Le carrefour Borderouge à Toulouse présente un rayon extérieur de 22 m. Sa relative compacité induit une proximité entre feux tricolores, entraînant un risque de confusion. La largeur de l'anneau rend également certains signaux difficilement visibles pour certains usagers. La visibilité et la lisibilité en sont ainsi affectées de jour, alors que de nuit le nombre de signaux proches perturbe la lisibilité de l'aménagement et du fonctionnement du carrefour.

Le stockage des véhicules en tourne-à-gauche sur le carrefour de Borderouge est limité et le carrefour présente, aux heures de pointe, des remontées de file.

À l'inverse, le rond-point des Nations unies à Nîmes a un rayon de 43 m et fait partie des très grands carrefours circulaires. L'anneau comporte trois voies, cependant. Il a été réduit à deux voies au niveau des franchissements du site propre, en affectant la voie de droite aux « tourne-à-droite » sortant du carrefour.

L'insertion du site propre traversant n'a pas modifié le principe de fonctionnement de ce carrefour, dont les quatre intersections avec les branches étaient déjà gérées par feux.



Rond-point des Nations unies

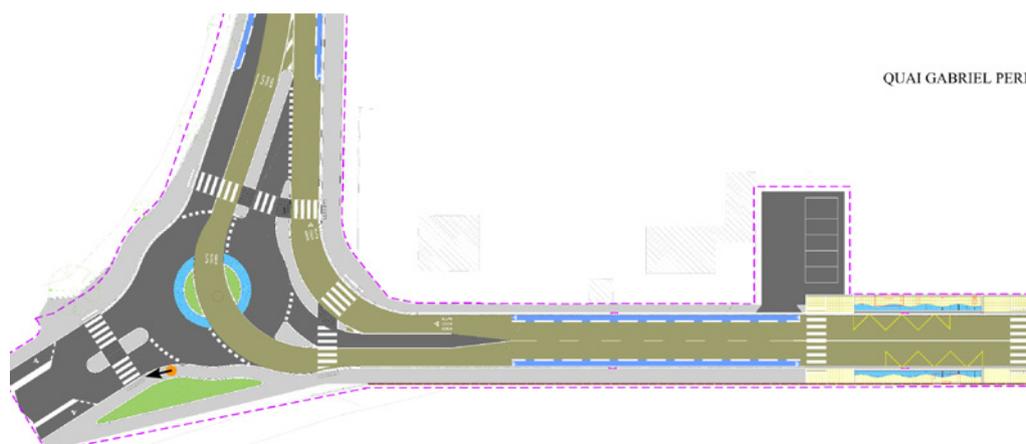
Nîmes

Source : © 2016 Google

23.2 Cas des carrefours gérés par signalisation statique

Les carrefours analysés ont également une géométrie circulaire identique aux carrefours à sens giratoire. Ils sont de taille moyenne, rayon compris entre 15 et 22 m. La visibilité des usagers sur l'anneau et le bus est souvent difficile en raison des faibles dimensions et de la géométrie circulaire du carrefour, le bus arrive par l'arrière de l'utilisateur (ph 6-5 Lanester). À Lorient, des bandes concentriques de couleur, au sol, cherchent à augmenter visuellement le rayon de l'îlot central pour éloigner les usagers du centre afin de donner une trajectoire plus perpendiculaire à l'approche du site.

Le franchissement de l'îlot central par le site TC est soit bidirectionnel comme à Lorient, soit à une voie unidirectionnelle comme à Lanester (la voie de retour se situant à l'extérieur du carrefour).



Cas particulier : franchissement du giratoire dans un seul sens.

Lanester

Source : Cerema

Les sites bus sont revêtus d'une couleur ocre qui les différencie des voies de la circulation générale. Ce qui améliore la visibilité et la lisibilité du site TC, mais le contraste avec la voie de circulation générale s'estompe dans le temps.

24. Sécurité

Peu d'accidents ont été constatés depuis l'ajout d'un site bus prioritaire dans ces carrefours. Cette configuration ne semble donc pas avoir modifié le niveau de sécurité du carrefour.

Pour les carrefours équipés de feux

Peu d'accidents ont été constatés, mais la période d'observation de un et trois ans et le faible échantillonnage restent insuffisants pour conclure :

- à Toulouse, le carrefour est unique sur cet axe et se situe sur une ligne de bus de 7 km dont 4 en site propre bidirectionnel axial et latéral, avec huit carrefours à feux dont quatre à sens giratoire. Il n'a pas été enregistré d'accident corporel à ce carrefour en trois ans après sa mise en service, ni d'accrochage avec un bus;
- à Nîmes, le carrefour est à la croisée de deux axes importants : le boulevard Sud avec 40 000 véh./jour et l'avenue Mitterrand avec 10 000 véh./jour. Avant la mise en place du site TC, ce carrefour fonctionnait déjà à feux. Après un an d'exploitation, on relève deux accidents, dont un corporel (léger) avec un bus.

Pour les carrefours gérés par une signalisation statique

La lisibilité du carrefour est altérée par la présence d'un site TC prioritaire dont l'aménagement ne donne pas de repères suffisants pour le différencier d'un carrefour à sens giratoire. Pour autant, peu d'accidents corporels ont été constatés, et leur nombre n'a pas augmenté depuis l'ouverture du site bus.

La modération des vitesses et l'environnement, en centre-ville, des carrefours traversés par des bus à Lorient expliquent peut-être le faible nombre d'accidents corporels. Une étude réalisée en 2009 par le CETE de l'Ouest a permis de mesurer l'accidentologie avant, pendant et après la réalisation des aménagements sur Lorient (tronçon comprenant quatre giratoires avec site propre axial bidirectionnel). Les données ne sont pas forcément significatives, mais ont conclu à une quasi-stabilité de

l'accidentologie (hormis pendant la phase des travaux), avec une concentration des accidents au niveau des carrefours et avec une tendance à l'amélioration pour les modes doux. Cette étude a montré aussi que la vitesse des véhicules avait diminué (mise en place d'une zone 30) tandis que le trafic restait stable malgré la diminution du nombre de voies de circulation générale.

Pour les carrefours sur Lanester, il n'y a pas eu de retour. L'AOT n'a, semble-t-il, pas constaté plus d'insécurité à ces carrefours, en dépit de configurations quatre poser problème. Par exemple sur ces carrefours, un usager circulant sur l'anneau, dispose d'un angle de visibilité très faible sur le bus lui arrivant dans le dos et ayant la priorité lorsqu'il traverse le giratoire.

25. Piétons

Pour les piétons, les traversées ne sont pas plus complexes que pour des carrefours à sens giratoire ou des carrefours classiques sur des voiries importantes.

Dans les deux cas observés de carrefours gérés par feux, les traversées piétonnes du site bus sont gérées par signaux lumineux, et intégrées avec celles des voies routières dans la gestion globale cyclée du carrefour :

- à Toulouse, toutes les traversées piétonnes sont gérées par signaux R12 ;
- à Nîmes, les traversées piétonnes du site bus sont gérées par des signaux R25, celles des entrées routières par des signaux R12. Les traversées des sorties routières du giratoire ne sont pas gérées par feux, mais rappelées aux usagers routiers par un panneau A13b dynamique, comme cela peut se fait sur certains carrefours à feux classiques.

À Nîmes, il a par ailleurs été constaté que certains piétons et cyclistes empruntent le site TC en traversée de l'îlot central. Ce cheminement est attractif car plus court et encouragé par l'apparence de trottoir de l'accotement du site TC, mais pas réellement sécurisé : la largeur n'est pas celle d'un trottoir, et la traversée de l'anneau n'est pas aménagée ni gérée, même si les piétons peuvent profiter de la mise au rouge des feux R11v au droit du site en cas de présence du bus.



Rond-point des Nations unies. Traversée de l'îlot central par le site TC.

Nîmes

Source : Cerema

25.1 Dans les carrefours gérés par signalisation statique

Les traversées piétonnes sont quelque peu allongées par la présence du site bus. Mais la perte de la priorité à l'anneau dans le carrefour ne modifie en rien le sort des piétons, qui sont de fait prioritaires sur les usagers routiers selon le code de la route. En revanche, on peut penser que la lecture de l'espace est complexifiée en particulier pour les usagers vulnérables, d'autant que le site TC est ouvert aux vélos et aux taxis.



Traversée piétonne.

Lanester

Source : Cerema

Conclusion

Le recensement effectué montre une grande diversité de cas, tant en ce qui concerne la configuration et les dimensions des carrefours que pour le mode de franchissement par le bus et la gestion de la priorité que l'on cherche à lui donner. Ceci rend difficile, voire impossible, toute analyse quantitative.

Par ailleurs, à la différence des giratoires franchis par le tramway, il n'existe pas de base de données détaillant les configurations des lignes de TC, et on ne dispose pas non plus d'un recensement systématique des accidents, outil indispensable pour une approche statistique, même grossière.

Au vu de cet état des lieux, il est cependant possible de dégager quelques éléments de consensus en termes de bonnes pratiques à encourager pour faciliter le franchissement des carrefours circulaires par les bus dans une optique d'amélioration du niveau de service.

En revanche, un certain nombre de sujets posent question et méritent un approfondissement pour pouvoir donner lieu à des recommandations. Ceci passe par la capitalisation du retour d'expériences à travers le recueil de données, la compilation d'informations objectives et le partage de connaissances et de vécu par les principaux acteurs, au premier rang desquels figurent les exploitants et les gestionnaires de voirie.

C'est pourquoi, sans forcément viser la mise en place d'un dispositif aussi lourd et d'un outil aussi sophistiqué que la base de données accidents mise en place dans le cadre du Groupe de travail « Retour d'expérience tramway », il nous semble pertinent de réfléchir à la mise en œuvre de cette capitalisation, au moins pour des lignes correspondant au niveau le plus abouti du concept BHNS.

Les enseignements généraux

Comme dans le cas du tramway, il y a lieu de distinguer le cas des « vrais » giratoires, où le principe de priorité à l'anneau est conservé pour gérer les conflits entre usagers autres que le TC, et les autres carrefours circulaires où un autre mode de gestion permanent est mis en œuvre.

Quelle que soit la solution retenue, la volonté de donner la priorité au bus confère une particularité au carrefour, par rapport au giratoire auquel peut s'attendre l'usager routier en approche. Cela rend d'autant plus nécessaire la modération des vitesses en amont. Comme dans le cas des tramways, il est donc souhaitable d'éviter de concevoir de (trop) grands carrefours. Lorsque cela n'est pas possible, la question de leur transformation en carrefour à feux à îlot central se pose, ce qui fait ressortir le besoin d'une réflexion approfondie sur l'insertion des TC en site propre dans ce type de carrefours (non abordée dans le guide existant relatif à ceux-ci).

Dans tous les cas, il est primordial de favoriser la lisibilité de l'aménagement, de s'assurer de la visibilité réciproque entre usagers et de la bonne compréhension de la gestion des différents flux et mouvements.

Par rapport à ceci, le caractère – forcément – routier du site dédié au bus est un handicap augmentant le risque de confusion avec les voies de circulation générale en sortie de giratoire. Ce risque est particulièrement présent en cas de positionnement latéral à droite de la sortie du giratoire (dans le sens de circulation).

Il convient donc de différencier autant que possible l'aspect visuel du site réservé, notamment en termes de contraste du revêtement, et d'utiliser la signalisation à bon escient.

Le gain essentiel en termes de niveau de service (temps de parcours, régularité) est réalisé à l'entrée sur le giratoire, et non sur et en sortie de celui-ci. L'intérêt d'une traversée de l'îlot central par rapport à la circulation sur l'anneau est donc à relativiser ; il réside surtout dans un meilleur confort, qui est cependant un élément constitutif important du niveau de service pour la clientèle, et des conditions de travail pour les conducteurs.

Le passage à travers l'îlot est cependant cohérent avec une approche système faisant du BHNS un bus pas comme les autres, plus proche en termes d'image et de fonctionnement du tramway que du bus « classique », avec notamment une fréquence plus importante. Il se conçoit donc d'autant mieux que les autres éléments sont également traités dans la même optique (matériel roulant spécifique, continuité, séparation et réservation exclusive du site dédié au TC, etc.). Cette solution ne doit donc pas s'envisager en cas de site partagé avec d'autres catégories particulières d'utilisateurs.

Concernant les giratoires avec îlot traversé par le bus

Il est important, pour la lisibilité de l'aménagement, de conserver un véritable îlot central, que la présence du site propre tend à gommer. Ce principe conduit à concevoir des giratoires ni trop petits ni trop grands pour éviter les prises de vitesse sur l'anneau.

Il faut également veiller à ne pas compromettre la visibilité sur le bus par la présence de masques (végétation, mobilier) trop hauts sur l'îlot.

La réduction de largeur de l'anneau semble souhaitable dans tous les cas de figure, en particulier pour éviter les entrées et sorties trop tangentielles ; elle permet aussi d'apaiser la circulation sur l'anneau et d'éviter les dépassements ou la circulation de front au droit des traversées du site bus.

Le recours aux signaux lumineux est de fait obligatoire pour gérer la traversée par les bus, sauf à transformer le carrefour en carrefour circulaire percé avec un régime de priorité particulier, qui est à utiliser avec précaution.

La bonne perception de ces signaux est fondamentale, et en cas de recours au signal R24, son doublement systématique est de nature à favoriser celle-ci et à en améliorer le respect.

Ceci renvoie par ailleurs aux questions de positionnement des signaux (en barrage et/ou en entrée) et de types de signaux utilisables, lesquelles se posent aussi dans le cadre de l'actualisation du guide « Giratoires et tramways ».

La question de la cohérence de la configuration et du fonctionnement de ces giratoires particuliers avec la signalisation statique existante (signaux AB25 et D42b) est également soulevée, l'intérêt de concevoir et expérimenter des signaux spécifiques étant évoqué.

Concernant les giratoires où le bus emprunte l'anneau

Cette configuration peut s'avérer suffisante si les trafics sur les voies transversales et les mouvements tournants sont faibles, la présence d'un site réservé en amont pouvant suffire pour apporter un gain de temps substantiel par rapport aux usagers circulant sur le même axe.

En cas de site axial, la présence d'un séparateur avec la voie routière parallèle permet de renforcer la priorité du bus par rapport à celle-ci.

Le rabattement de la voie de circulation générale sur le site propre en amont du giratoire est également un moyen intéressant de renforcer la priorité du bus ; il permet d'éviter des entrées trop tangentielles sur des « petits » giratoires et simplifie les traversées piétonnes aux abords du carrefour ; il faut cependant être attentif aux problèmes de visibilité réciproque, le bus arrivant dans le dos des usagers devant lui laisser la priorité.

Le recours aux signaux lumineux n'est donc pas forcément indispensable dans cette configuration, et doit faire l'objet d'une réflexion approfondie en fonction des trafics, alors que leur présence est de nature à perturber la lisibilité du carrefour ; selon le type de signaux choisis, on aura affaire à un giratoire ou à un carrefour à feux à îlot central.

Le fonctionnement de ces carrefours « à feux » est également un sujet à approfondir au regard du retour d'expériences, notamment sur le plan de la sécurité.

Dans le cas des mini-giratoires

Par définition, l'emprise du carrefour est faible, et la présence d'un site propre axial conduit inévitablement à des entrées tangentielles sur l'anneau ; de plus, la nécessité de rendre circulaire l'îlot central est de nature à amplifier les problèmes de perception de celui-ci et de lisibilité de l'aménagement.

Ceci peut poser des problèmes de sécurité entre usages de la circulation générale, qu'il conviendrait d'analyser plus en détail...

Ce type de carrefours ne peut donc être envisagé que dans des cas particuliers d'insertion en site contraint, par exemple dans le cas de site propre en voie unique alternée.

La gestion de la priorité du bus impose le recours à la signalisation lumineuse, dont l'implantation est délicate compte tenu de l'emprise généralement réduite et de l'absence d'îlot central, et pas forcément conforme au texte de l'IISR qui ne prévoit pas explicitement ce cas d'utilisation pour le signal R24 ; les feux doivent en effet être positionnés en entrée du carrefour. Concernant le bus, le recours au signal R17 pour les bus permet de les répéter au-delà du carrefour, ce qui peut en améliorer la perception. On notera enfin que, comme pour les giratoires traversés, se pose la question de cohérence avec le signal AB25.

Annexe

Liste des carrefours giratoires et autres carrefours circulaires recensés

A) le bus traverse l'îlot central (36 giratoires)

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant Bus	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie				
5	Agglomération d'Annecy 5 giratoires sur le bd Costa de Beauregard à Seynod	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Oui par cédez-le-passage	Classique	Urbain	Site axial bidirectionnel
1	Vertou (Grand Maison/Bois Hardy) 3	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	
1	Vertou (Grand Maison/Maraîchers) 4	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	Le site tourne à angle droit au giratoire
1	Nantes (Bourdonnières/Gilarderie 1 sens) 8	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial et banal	Feux R24	Busway	Urbain	Dans un sens, le site propre s'arrête et le bus retourne dans la circulation générale en sortie de giratoire.
1	Nantes (Gabory/Vendée) 9	> 25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	Giratoire ovale. Le carrefour est en forme un Y avec le giratoire au centre et le site bus coupe le Y en deux.
1	Nantes (Gabory/Gréneraie) 11	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	site bidirectionnel dont les voies sont séparées par un avec TPC engazonné
1	Nantes (De Gaulle/Gâche) 13	> 25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	Carrefour à sens giratoire très allongé avec traversée piétonne au centre sur la petite longueur
1	Nantes (Bonduelle/Rieux) 14	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant Bus	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie				
1	Toulouse (Ramonville Sud D 813)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre latéral bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Périurbain	Site axial bidirectionnel. Passage axial/latéral au carrefour
1	Toulouse (Moulin Arnaud D 813)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Périurbain	
1	Toulouse/Arènes (secteur Est)	< 15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	urbain	
1	Toulouse/Monnet (secteur Est)	< 15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain	
1	Toulouse/Aérostiers (secteur Est)	> 25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain	Croisement de 2 sites bidirectionnels sur l'îlot central
1	Toulouse/Jussieu (secteur Est)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain	
1	Toulouse/Saliège (secteur Est)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain	
1	Toulouse/Lagarde (secteur Est)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	
1	Toulouse/Charles de Gaulle (secteur Est)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	
1	Toulouse/Sainte Anne (secteur Est)	< 15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant Bus	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie				
1	Toulouse/Nollet (secteur Est)	< 15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	
1	Toulouse/Richard (secteur Est)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	Croisement de 2 sites sur l'îlot central
1	Toulouse/Montels (secteur Est)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux tricolores	Classique	Urbain Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 11	<15 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 12	>25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 16	>25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 19	>25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 19 bis	>25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 20	>25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 7	15-25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 8	15-25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 2	15-25 m			Feux R24		Périurbain	
1	TZEN 1 Carrefour n° 26	15-25 m			Feux R24		Périurbain	

B) Le bus emprunte l'anneau (20 giratoires)

Nb	Ville/nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant Bus	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie				
1	Lyon (Montée des Soldats)	15- 25 m	Site propre axial unidirectionnel	Site banal	Non Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Site propre banal en tourne-à-gauche et retour hors giratoire en site propre latéral en tourne-à-droite
1	Angers (giratoire Papin/Gare)	15-25 m	Voie bus latérale	Voie bus latérale	Non – Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Carrefour giratoire ovale et voie bus sur l'anneau
1	Angers (giratoire d'Aragon)	15-25 m	Voie bus latérale	Voie bus latérale	Non – Cédez-le-passage	Classique	Urbain	
1	Chambéry	15-25 m	Bus dans la circulation générale	Bus dans la circulation générale	Par feux tricolores	Classique	Urbain	Les feux R11j des branches non concernées par l'arrivée du bus se mettent au rouge, permettant ainsi au bus et aux usagers de la branche du bus de s'engager sans difficulté dans le giratoire.
2	Décines (giratoires est et ouest)	>25 m	Site propre axial bidirectionnel	Bus dans la circulation générale	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Site propre axial de 300 m entre 2 grands giratoires avec station centrale axiale et voies bus à circulation à gauche permettant ainsi une dépose des voyageurs à droite.

Nb	Ville/nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie		Bus		
1	Amiens (commune de Paris)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial ou banal	Feux R24	Classique	Urbain	
3	Brest (Le Gorgeu)	15-25 m	Site propre latéral unidirectionnel ou voie bus	Site propre latéral unidirectionnel ou voie bus	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	L'un d'eux (rue du Commandant Drogou) diffère par le fait que le site propre ne se situe que d'un côté.
1	Brest (Tarente)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre latéral unidirectionnel ou voie bus	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	
9	Rennes (Hublais)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel banal en entrée	Site propre axial bidirectionnel banal en sortie	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	La circulation générale est reportée sur les voies latérales, puis ramenée sur le site propre bus par un « cédez-le-passage » juste avant le giratoire et sortant du giratoire la circulation générale est reportée sur la voie latérale, laissant ainsi aux bus un site propre axial.

C) Mini-giratoires (R = 7 à 12 m) (9 mini-giratoires)

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie		Bus		
1	Nantes (Clisson/Gilarderie) 5	8,50 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	
1	Nantes (Clisson/Bourdonnières) 7	11 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial et banal	Feux R24	Busway	Urbain	Dans un sens, le site propre s'arrête et le bus retourne dans la circulation générale en sortie de giratoire.
1	Nantes (Henri IV/Rochebourg 1 sens)	12 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Feux R24	Busway	Urbain	
1	Amiens (Intermarché)		Site propre axial unidirectionnel	Site propre axial unidirectionnel	Feux R24	Classique	Urbain	
1	Amiens (Grâce)	10 m	Site propre axial unidirectionnel	Site propre axial unidirectionnel	Feux R24	Classique	Urbain	
1	Amiens (Saveuse)		Site propre axial unidirectionnel	Sortie en site banal	Feux R24	Classique	Urbain	Site axial unidirectionnel bus sur 50 m de part et d'autre du giratoire. Entrée par le site et sortie dans la circulation générale

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie		Bus		
1	Amiens (Îlot des peintres)		Site propre axial unidirectionnel	Sortie en site banal	Feux R24	Classique	Urbain	Site axial unidirectionnel bus sur 50 m de part et d'autre du giratoire. Entrée par le site et sortie dans la circulation générale.
1	Amiens (Sully)		Site propre axial unidirectionnel	Sortie en site banal	Feux R24	classique	Urbain	Site axial unidirectionnel bus sur 50 m d'un côté du giratoire. Entrée par le site et sortie dans la circulation générale.
1	Amiens (Gare)		Site propre axial unidirectionnel	Sortie en site banal	Feux R24	Classique	Urbain	Site axial unidirectionnel bus sur 50 m d'un côté du giratoire. Entrée par le site et sortie dans la circulation générale.

D) Autres carrefours circulaires à îlot central (9 carrefours)

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie		Bus		
1	Angers (Carnot/Saint-Michel)	>25 m	Voie bus latérale	Voie bus latérale	Feux R11v	Classique	Urbain	Carrefour à îlot central (carrefour inclassable).
1	Toulouse Borderouge (D813)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Par feux tricolores	Classique	Périurbain	Carrefour à feux à îlot central.
1	Lorient (Kesler/Devillers)	<15 m	Site propre axial unidirectionnel	Site banal	Oui par cédez-le-passage sur l'anneau	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. Les 2 voies du site bus traversent l'îlot central.
1	Lorient (Sembat/Billoux)	<15 m	Site propre axial unidirectionnel	Site banal	Oui par cédez-le-passage sur l'anneau + feux de régulation	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. Une seule voie bus traverse l'îlot central.
1	Lorient (Billoux/Leclerc)	<15 m	Site propre axial unidirectionnel	Site propre latéral	Oui par cédez-le-passage sur l'anneau + feux de régulation	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. Une seule voie bus traverse l'îlot central.

Nb	Ville/Nom du giratoire	Taille du giratoire	Configuration de l'aménagement pour le bus au carrefour		Priorité bus	Matériel roulant	Environnement	Commentaires
			en entrée	en sortie		Bus		
1	Lorient (Leclerc/Normandie Niemen)	<15 m	Site propre axial unidirectionnel	Site banal	Cédez-le-passage + feux de régulation	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. Une seule voie bus traverse l'îlot central.
1	Lorient (Leclerc/Faouedic)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. Site bus hors voie de circulation générale d'un côté.
1	Lorient (Faouedic/France 1)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. 2 giratoires accolés.
1	Lorient (Faouedic/France 2)	<15 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire. 2 giratoires accolés.
1	Lorient (France/Jaurès)	15-25 m	Site propre axial bidirectionnel	Site propre axial bidirectionnel	Cédez-le-passage	Classique	Urbain	Ne fonctionne plus comme un giratoire.

Bibliographie

Textes réglementaires

Code de la route.

Arrêté du 24 novembre 1967 relatif à la signalisation des routes et des autoroutes, modifié.

Instruction interministérielle sur la signalisation routière du 22 octobre 1963, modifiée.

Ouvrages techniques

Accidentologie des tramways – Analyse des événements déclarés – Année 2013, évolution 2004-2013, Saint-Martin-d'Hères, STRMTG, 2015, 44 pages.

Le giratoire à terre-plein central franchissable en milieu interurbain – Éléments de conception, Bagnaux, Setra, 2011, 8 pages.

Cinématique des 2RM sur les carrefours giratoires, Rouen, Cete Normandie Centre, 2011, 53 pages.

Guide de conception des carrefours à feux, Lyon, Certu, 2010, 79 pages.

Carrefours urbains – Guide (version mise à jour en 2010), Lyon, Certu, 2010, 177 pages.

Les accidents dans les carrefours giratoires, étude statistique de 1993 à 2005, Lyon, Certu, 2009.

Giratoires et tramways – Franchissement d'un carrefour giratoire par une ligne de tramway – Guide de conception, Lyon, Certu/STRMTG, 2008, 26 pages.

Analyse approfondie de l'accidentologie d'aménagements urbains, Lyon, Inrets, juin 2003, 72 pages.

Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs, Lyon, Certu, 2000, 265 pages.

Cinématique sur les carrefours giratoires, Bagnaux, Setra/Cete Normandie Centre, 1992, 78 pages.

Liste des sigles utilisés

AOT	Autorités organisatrices des transports
BAAC	Bulletin d'analyse des accidents corporels
BEV	Bande d'éveil de vigilance
BHNS	Bus à haut niveau de service
BSP	Bus en site propre de Toulouse
CAFAIC	Carrefours à feux à îlot central
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité, et l'aménagement
Certu	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
CETE	Centre d'études techniques de l'Équipement
HPS	Heures de pointe du soir
Inrets	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
IISR	Instruction interministérielle sur la signalisation routière
PMR	Personnes à mobilité réduite
PN	Passage à niveau
RSE	Règlement de sécurité et d'exploitation
SAC	Signal d'aide à la conduite
Semitan	Société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération nantaise
Setra	Service d'étude sur le transport des risques et des aménagements
STRMTG	Service technique des remontées mécaniques et de transports guidés
Tango	Transport de l'agglomération nîmoise
TC	Transport collectif
TZEN	dénomination de certaines lignes TCSP du réseau d'Île-de-France
UVP	Unité de véhicule particulier
VL	Véhicule léger

Roundabouts and buses with a high level of service (BHLS)

Collection and analysis of existing practices

Facilitating the crossing of junctions by buses is an important issue in the attempt to achieve a "high level of service". This is particularly relevant in the case of roundabouts, because of their circular layout and of the right of way granted to vehicles already on the roundabout. There is a strong temptation to have BHLSs cross the central island, as is the case for trams; however there are other solutions that call the founding principles of roundabout intersections into question to a greater or lesser extent and may even lead to their being transformed into another type of circular intersection.

The revised edition of the "*Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs*" (Guide to road layouts for public transport) first published in 2000 is currently in progress and will formalise the technical recommendations in terms of developing and managing these interactions.

However, in this light, it has become relevant to start by making an inventory of existing practices through the analysis of a variety of examples in France.

This is the aim of this work, together with clarifying the terminology about circular intersections and giving a reminder of the regulations. It also explains the challenges and constraints of the successful introduction of buses on this type of intersections. It also raises a number of issues with a view to stimulating and sharing experience feedback likely to promote the implementation of the recommendations.

Intersecciones giratorias y autobuses de alto nivel de servicio

Resumen y análisis de las prácticas existentes

Facilitar el paso de los autobuses en las intersecciones es un factor clave en la búsqueda de un "alto nivel de servicio". Esto es especialmente cierto en el caso de las intersecciones giratorias debido a su configuración circular y a la prioridad reglamentaria dada a los vehículos que circulan por el anillo. La tentación de hacer que los autobuses de alto nivel de servicio crucen la isleta central, como hacen los tranvías, es grande. Sin embargo, existen otras soluciones que implican replantearse de forma más o menos profunda los principios fundamentales de las intersecciones giratorias, incluyendo su transformación en otro tipo de intersección circular.

La nueva "Guía de ordenación de la vía pública para los transportes colectivos", actualmente en proceso de refundición, permitirá formalizar próximamente estas recomendaciones técnicas en materia de ordenación y gestión de las intersecciones giratorias.

Sin embargo desde esta perspectiva, parece oportuno comenzar por hacer un inventario de las prácticas existentes, a través de la identificación y análisis de varios casos concretos llevados a cabo en Francia.

La presente obra realiza un inventario de los casos y prácticas existentes en Francia, aporta una clarificación de la terminología de las intersecciones circulares y recuerda el contexto reglamentario de las mismas. Asimismo, explica en detalle los retos y las dificultades que plantea la correcta integración de los autobuses en estas intersecciones. Al mismo tiempo, plantea un cierto número de interrogantes con el objetivo de incitar a la reflexión y al intercambio de resultados de experiencias para contribuir a la elaboración de las recomendaciones esperadas.

© 2016 - Cerema

Le Cerema, l'expertise publique pour le développement durable des territoires

Le Cerema est un établissement public, créé en 2014 pour apporter un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre d'études et d'expertise, il a pour vocation de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, organismes de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination – Maquettage : service édition - Cerema Territoires et ville

Photo couverture : Cerema

Dépôt légal : septembre 2016

ISSN : 2417-9728

ISBN : 978-2-37180-144-8

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25 avenue François Mitterrand

CS 92803

69674 Bron Cedex

Bureau de vente

Cerema Territoires et ville

2 rue Antoine Charial

CS 33927

69426 Lyon Cedex 03 – France

Tél. 04 72 74 59 59 – Fax. 04 72 74 57 80

www.cerema.fr Rubrique « Nos éditions »
catalogue-territoires.ville.cerema.fr

La collection « Expériences et pratiques » du Cerema

Cette collection regroupe des exemples de démarches mises en œuvre dans différents domaines. Elles correspondent à des pratiques jugées intéressantes ou à des retours d'expériences innovantes, fructueuses ou non, dont les premiers enseignements pourront être valorisés par les professionnels. Les documents de cette collection sont par essence synthétiques et illustrés par des études de cas.

Giratoires et bus à haut niveau de service (BHNS)

Recueil et analyse des pratiques existantes

Faciliter le franchissement des carrefours par les bus est un enjeu important dans la recherche du « haut niveau de service ». Ceci est particulièrement probant dans le cas des « giratoires », du fait de leur configuration circulaire et de la priorité réglementaire données aux véhicules circulant sur l'anneau. Pour les BHNS, la tentation est grande de lui faire traverser l'îlot central, cependant d'autres solutions existent qui conduisent à une remise en cause plus ou moins forte des principes fondateurs du carrefour « giratoire », pouvant aller jusqu'à sa transformation en un autre type de carrefour circulaire.

Le présent ouvrage dresse un état des lieux des cas et pratiques existants en France, il clarifie la terminologie des carrefours circulaires et en rappelle le contexte réglementaire. Il explicite également les enjeux et les contraintes d'une bonne insertion des bus dans ce type d'intersections, et soulève un certain nombre de questions, dans le but de susciter les réflexions et le partage de retour d'expériences à même de favoriser la mise au point des recommandations attendues.

La parution en début d'année 2016 de la refonte du « Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs » comprendra des recommandations techniques en terme d'aménagement comme de gestion de ces intersections et permettra de poursuivre et concrétiser la réflexion engagée.

Sur le même thème

Voirie urbaine

Guide d'aménagement
2016

Giratoires et tramways

Franchissement d'un carrefour giratoire par une ligne de tramway – Guide de conception
2008

Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs

2000

Carrefours urbains – Guide

(version mise à jour en 2010)
2010

Aménagement et développement des territoires, égalité des territoires - Villes et stratégies urbaines - Transition énergétique et changement climatique - Gestion des ressources naturelles et respect de l'environnement - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Gestion, optimisation, modernisation et conception des infrastructures - Habitat et bâtiment

ISSN : en cours
ISBN : 978-2-37180-144-8

