

Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs



Le groupe conception des infrastructures du Certu a pour mission de développer les méthodologies et les techniques de conception et d'aménagement des voies urbaines, tant les voies autoroutières que les voies traditionnelles du milieu urbain, (artères ou voies de quartier), en les adaptant aux besoins des divers usagers : trafic motorisé individuel, transport en commun, cyclistes et piétons.

Les supports de diffusion des diverses doctrines sont essentiellement des guides et des logiciels.

Illustration réalisée par B. Mathieu d'après une esquisse de Jacques Dulieu et Vincent Chanson, architectes à Nantes.

Guide d'aménagement de voirie pour les transports collectifs

janvier 2000

Ministère de l'Équipement,
des Transports et du Logement



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



Collection Références

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Le Certu publie aussi les collections : débats, dossiers, rapports d'étude, enquêtes et analyses.
Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>.

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage, dans le cadre d'un groupe de travail :

- Mesdames Anne-Cécile Clair (Direction des Transports Terrestres),
Dominique Guichard (Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière),
Patricia Varnaison (Certu),
Messieurs Gildas Grenier (ANF - Ville de Nantes),
François Heitz (AIVF - Communauté Urbaine de Strasbourg),
Patrick Bertossi (CETE de l'Est),
Robert Cartoux (CETE de Lyon),
Bernard Guichet (CETE de l'Ouest),
Gilles Laurent (CETE de l'Ouest),
Jacques Poyer (CETE Normandie-Centre),
Jean-François Bedeaux (Certu),
Tristan Guilloux (Certu),
Christian Babilotte (Certu), qui a assuré la coordination.

Nous remercions également les différents services techniques de villes, exploitants de réseaux de transport en commun et autorités organisatrices de transport qui ont contribué à l'élaboration de ce document, et notamment :

- la STAS, exploitant à Saint-Étienne,
- Transpole, exploitant à Lille,
- la Ville de Grenoble et la SEMITAG, exploitant,
- la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP),
- les TCAR, exploitant à Rouen, et le District de l'agglomération rouennaise,
- la CTS, exploitant à Strasbourg,
- la SMTU, exploitant à Montpellier,
- la SLTC et le SYTRAL, exploitant et autorité organisatrice à Lyon,
- les Transports Publics Genevois.

La SEMITAN, exploitant à Nantes, et plus spécifiquement Monsieur François Le Jeune, doit faire l'objet d'une mention particulière, puisqu'elle nous a permis à la fois de disposer d'éléments qui nous faisaient défaut, mais aussi quelquefois, de nous faire découvrir des solutions innovantes particulièrement intéressantes.

Sommaire

• Avant propos

• Introduction

PREMIÈRE PARTIE

• Partie réglementaire

DEUXIÈME PARTIE

• La signalisation

TROISIÈME PARTIE

• L'insertion géométrique et cinématique des matériels roulants

QUATRIÈME PARTIE

• Les aménagements en section courante

CINQUIÈME PARTIE

• Les traversées piétonnes

SIXIÈME PARTIE

• Les stations

SEPTIÈME PARTIE

• Les carrefours et autres traversées à niveau

HUITIÈME PARTIE

• Les chaussées et revêtements

NEUVIÈME PARTIE

• La terminologie

ANNEXE 1

• Fiches Section courante

ANNEXE 2

• Fiches Carrefours

ANNEXE 3

• Fiches Matériaux

• Table des matières

Avant-propos

Intégrer le transport collectif en ville et partager l'espace public

Nos villes sont confrontées à des problèmes croissants de congestion de la circulation qui les mènent au bord de l'asphyxie. L'impact sur le cadre de vie des citoyens est de moins en moins discutable aussi bien en termes de perte de temps dans les déplacements que de nuisances: pollution, bruit, envahissement de la voiture au détriment d'une vie piétonne. Le transport collectif apparaît donc comme une alternative au «tout automobile» pour autant qu'il réponde à la demande des usagers en qualité de service, confort, régularité et vitesse. Mais un réseau de surface déborde le cadre physique et technique d'un «moyen de transport». Un projet de ligne sur voirie est l'occasion de repenser la ville en profondeur, dans les quartiers qu'elle traverse, et de remodeler la voie qu'elle emprunte à travers un nouveau partage entre les usages.

Les enjeux urbains croisent ainsi inévitablement les préoccupations techniques de réalisation de sites de transport collectif. Le lieu de cette rencontre, c'est l'espace public de la rue. Le projet de ces espaces doit intégrer les multiples «contraintes» du milieu qu'il traverse et les traduire dans un ensemble d'aménagements: profils en travers, carrefours, points d'arrêts, chaussées, etc. Pour partager l'espace de la voie, de façade à façade, il est fondamental que le projet intègre une bonne compréhension du milieu urbain, tant du point de vue de sa forme, que des fonctions et des usages dont la voie est le support. De même, pour que la greffe d'un site de transport collectif prenne sur un espace public, le projet d'aménagement doit être global et faire l'objet d'une composition qui dépasse les seuls critères fonctionnels du mode transport.

Partager l'espace de la voie

Le passage en milieu urbain est vécu comme une contrainte en raison des multiples difficultés que le projeteur rencontre dans l'insertion d'une ligne dans un site préalablement occupé. Ces « contraintes » sont liées aux caractéristiques physiques des voies parcourues et aux autres usages à prendre en compte. La lecture historique et géographique des formes urbaines et l'analyse des fonctions et des usages apportent des éléments indispensables à l'élaboration d'un projet qui allie la qualité du service et le confort des usagers à la sécurité de l'espace public.

• Le gabarit de la voie, héritage de l'histoire

Au-delà de l'aspect technique fondamental qui permet au bus ou au tramway de se déplacer sans obstacle, le rapport d'échelle entre le véhicule et la voie influe largement sur l'ambiance perçue par les usagers de l'espace public. Les formes urbaines qui constituent le cadre construit de l'espace public se sont organisées en couches successives, par « sédimentation » : elles sont l'héritage de l'histoire et de la géographie d'un lieu. Les caractéristiques de la voie correspondent, entre autres, au niveau de développement des moyens de déplacement à l'œuvre au moment où la forme urbaine a été « figée ». L'introduction d'un transport en commun dans un milieu qui n'a pas été conçu pour lui ne va donc pas de soi.

Ainsi, dans un centre ville d'origine médiévale, le problème de l'emprise disponible pour le site est particulièrement aigu, car il cumule des formes urbaines très resserrées, conçues à l'échelle du piéton, et une densité d'activités très attractive pour une desserte par un transport collectif. Or, la rectification d'une voie et les destructions du bâti qui l'accompagnent pour des seules raisons de gabarit d'un transport collectif sont aujourd'hui difficilement envisageables, compte tenu de la valeur reconnue au patrimoine urbain et architectural. De plus, les interventions sur l'espace public sont souvent irréversibles et marquent durablement un paysage urbain. L'aménageur a donc une responsabilité historique, et toute modification des formes urbaines traversées par le site doit être justifiée par d'autres critères que ceux purement techniques. Cela ne signifie pourtant pas que l'on doit se restreindre à la stricte préservation du patrimoine bâti, mais que toute évolution des formes urbaines doit être mûrement

réfléchi. En fait, dans ces quartiers, c'est avant tout à l'adaptation du matériel roulant que sera jugée l'intégration du transport en commun dans le tissu urbain. Les réponses qui seront apportées peuvent aussi bien concerner les caractéristiques des véhicules - leur taille - que le mode d'exploitation - fréquence et vitesse.

À l'inverse, d'autres voies dessinées à l'époque des omnibus et des calèches se prêtent particulièrement à l'accueil d'un site de transport collectif contemporain, parce que l'espace public a été conçu de manière suffisamment large et souple pour accueillir de nouveaux usages. Sur de telles voies, comme par exemple les boulevards du XIX^e siècle, l'aménageur veillera à ne pas détruire les qualités qui permettent une évolution des usages dans le temps tout en conservant des formes urbaines fortes.

D'autres voies, enfin, conçues à l'ère de l'automobile, peuvent s'avérer difficilement adaptables à l'exploitation d'un transport collectif, car, si les contraintes techniques des engins motorisés ont été prises en compte, la conception de ces voies n'a pas intégré la présence du piéton, ce qui est fondamental pour un transport collectif. Ces voies sont souvent coupées du tissu urbain qu'elles traversent par des dénivelées ou des barrières physiques. La réutilisation de telles voies pour un site de transport collectif nécessite en premier lieu de retisser des liens entre la voirie et la ville et, par conséquent, une collaboration entre urbanistes et concepteurs-techniciens de sites de transport collectif.



Créteil - «Boulevard de Marne» - Le bus a trouvé sa place, l'espace piéton beaucoup moins...

La lecture historique des formes urbaines apporte donc des éléments de connaissance du «milieu» traversé par le transport collectif, afin d'éviter des aménagements en contradiction avec le tissu urbain. Elle permet aussi de replacer le projet dans le cours de l'histoire des espaces publics d'une ville et ainsi de mieux préparer leurs évolutions futures.

• Les usages et les fonctions de la voie

L'introduction d'un site de transport collectif sur une voirie modifie la pratique de cet espace. En tant qu'espace public, la rue forme un «écosystème», comme on parle d'écosystème dans le milieu naturel. Toute modification d'un paramètre change l'état d'équilibre global de l'ensemble de la voie. Cet équilibre ne se limite pas uniquement à l'espace de la voie. Les constructions qui la bordent et le quartier qui l'entoure sont aussi impliqués. Gérer le partage de la voie, c'est analyser les différents usages et fonctions qui y trouvent place. Les décisions sur la nouvelle répartition de l'espace font intervenir des aspects plus ou moins quantifiables. La parole des habitants et des activités riveraines trouve naturellement sa place dans ce processus, eu égard à leur pratique de l'espace public et à leur intérêt vis à vis du mode de transport.

Les activités commerciales : stratégies commerciales et modes de déplacement

Parmi les différents acteurs concernés par les projets, les commerçants sont certainement les plus attentifs aux conséquences d'un projet d'infrastructure. Leur stratégie varie en fonction de leur localisation, en centre ville ou en périphérie ; néanmoins, tous ont en commun la survalorisation de l'automobile par rapport aux autres modes de déplacement. Pour certains, comme les hypermarchés, la part redevable aux transports collectifs est minime et ne correspond pas aux modes d'achats dominants qui représentent des volumes importants, difficiles à acheminer sans voiture. D'autres, au contraire, cherchent à dévier un itinéraire pour que celui-ci passe devant leur vitrine. La proximité du point d'arrêt est, selon les cas, recherchée parce qu'elle attire la clientèle (tabac, presse...) ou, au contraire, rejetée, car l'accumulation des usagers en attente gêne la visibilité et l'accessibilité d'un magasin.

Dans les zones denses du centre ville, le choix de l'implantation d'un site de transport collectif s'effectue souvent au détriment de l'automobile. La «piétonnisation» qui en résulte entraîne très souvent une restructuration du tissu commercial, avec l'apparition d'enseignes de restauration rapide et l'abondance des magasins de vêtements franchisés.

Si le transport collectif peut être un atout pour ces secteurs, en y drainant la population de l'agglomération, il peut aussi être source de conflits d'usages de l'espace de la rue : étals débordant sur la chaussée, livraisons occupant des sites réservés, etc. Ainsi, pour assurer les conditions d'une bonne exploitation du site de transport collectif, le projet doit prendre en compte les besoins et les stratégies de fonctionnement de ces commerces.

Les habitants riverains : crainte des nuisances et limitation du stationnement

Pour l'habitant riverain, le passage d'un transport en commun fait craindre de nouvelles nuisances, pollution et bruit, même si, objectivement, il apporte une amélioration par rapport aux déplacements en véhicule particulier. Les progrès réalisés sur les nouveaux types de matériels ne doivent pas écarter l'analyse de ces désagréments. L'habitant met ceux-ci en balance avec l'intérêt qu'il trouve à la proximité de ce mode de transport. Plus son intérêt sera grand, plus il sera enclin à en minimiser les inconvénients.

Par ailleurs, l'aménagement d'un site réservé réduit souvent l'offre en stationnement ; cela est d'autant plus mal vécu par ceux des riverains ne se déplaçant qu'en voiture. On ne peut donc attendre la même réaction de la part d'une famille, pour laquelle la voiture est indispensable, et d'une clientèle plus fidèle, comme les étudiants ou les personnes âgées. L'exclusion, même partielle, de la voiture peut donc porter atteinte à l'équilibre résidentiel du secteur traversé par la ligne de transport collectif, et renforcer la tendance générale du départ des familles vers la périphérie, favorisant ainsi l'étalement urbain et diminuant, ainsi, à terme, l'efficacité du réseau de transport collectif.

La concertation avec ces habitants doit donc prévaloir, afin que le projeteur puisse évaluer la capacité du lieu à accueillir un site réservé aux transports en commun. Cette capacité n'est pas seulement

quantitative en fonction de la taille du matériel roulant ; elle doit prendre en compte les rapports que les riverains et les commerçants entretiennent avec le site du futur transport collectif. Elle peut aussi modifier le choix du matériel roulant vers une taille plus réduite, vers des « navettes », apparemment mieux à même de s'insérer dans le tissu dense des centres villes.

Dans certains cas où le passage s'avère nécessaire, mais dommageable, il est certainement important de mener parallèlement au projet de transport collectif une action globale d'amélioration de l'habitat et de l'urbanisme, pour aider certaines activités susceptibles de subir un préjudice à modifier leur implantation. Dans tous les cas, l'insertion d'un transport collectif s'inscrit dans une démarche globale d'aller et retour entre ses caractéristiques techniques et le milieu urbain dans lequel il s'insère.

La concertation demeure donc un facteur fondamental de la réussite d'un projet ; les collectivités auront tout intérêt à susciter des réunions publiques dans le cadre fixé par la loi, mais aussi selon les besoins qui peuvent apparaître sur place. L'efficacité de cette consultation des habitants incite aussi les autorités responsables des projets de transport collectif à évaluer l'impact de leurs réalisations, non seulement du point de vue des usagers, mais aussi en termes de dynamique urbaine.

Composer l'espace public autour d'un transport collectif

« Composer l'espace public, c'est créer un espace nouveau, le plus souvent par modification d'un espace sinon organisé, du moins déjà formé, pratiqué (espace public à améliorer ou à adapter, espace privé transformé en espace public)... Composer doit donc être entendu dans le sens de "faire avec"¹. »

L'insertion d'un site de transport collectif modifie la pratique de l'espace public, son aspect formel et son histoire. La prise en compte nécessaire de l'ensemble de ces éléments relève de la pratique du projet de composition de l'espace public. Les qualités requises dans la démarche de projet sont multiples ; cependant, quatre au moins mettent en jeu l'aménagement du site lui-même : la capacité de l'espace public à évoluer, l'intégration des fonctions pour éviter un aménagement « purement technique », la lisibilité de l'espace, qui permet le repérage de l'utilisateur et l'identification du transport collectif par rapport à l'image de la ville.

¹ PINON (Pierre), *Lire et composer l'espace public*, Paris, Ed. du STU, 1981, p.7.

- **Prévoir l'évolution des usages**

L'espace public possède un caractère de permanence qui l'inscrit dans l'histoire d'une ville au-delà des changements possibles d'usages. Il s'oppose à un utilitarisme où la voie ne serait aménagée qu'en fonction des caractéristiques techniques d'un mode de transport. D'ailleurs, le caractère fonctionnel des équipements de transport ne doit pas être confondu avec la fonctionnalisation de l'espace, qui renferme chaque lieu sur un usage singulier. En effet, une telle pratique fragilise l'espace public en le figeant. À l'inverse, la diversité des pratiques sur un même espace le conforte face à l'évolution des usages. Les possibilités de pratiquer un espace sont diverses ; elles concernent aussi une présence effective d'utilisateurs sur le site et son utilisation pour d'autres activités que le transport, que la pratique « symbolique » où le site, même inoccupé, participe à l'embellissement de la voie et à l'image de la ville. De ce fait, quel que soit le niveau d'intégration physique du transport collectif à l'espace public, du site banal, où la voie est empruntée par tous les modes, au site propre intégral, chaque aménagement peut contribuer à la composition d'ensemble d'un espace public.



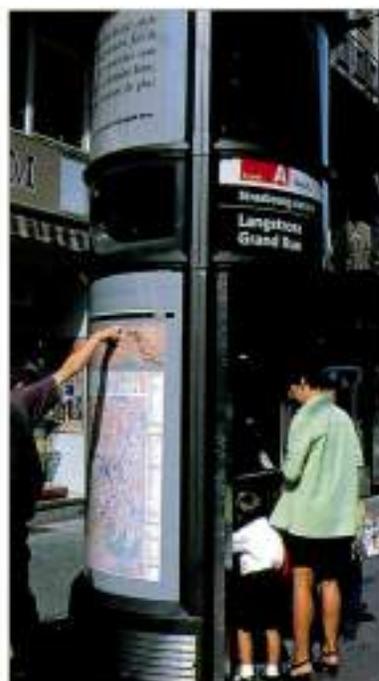
Le site bus a été intégré dès le début au projet de réqualification en désignant un itinéraire de la route nationale. L'aménagement précède ici l'urbanisation.

La réalisation de nouveaux quartiers est l'occasion de prévoir, dès la phase de projet, la cohérence entre les fonctions, la forme urbaine, et les modes de déplacement. Un site de transport collectif peut donc être intégré au programme de voiries et aménagé, même sommairement, en attendant sa mise en service effective, qui interviendra avec la densification du quartier. Néanmoins, les aménageurs doivent être attentifs à la gestion de la phase provisoire, afin de ne pas laisser envahir cet espace par d'autres usages, qu'il sera ensuite difficile de déloger. Il en va de la crédibilité du transport collectif.

Anticiper, c'est donc prévoir les possibilités d'évolution des usages de la voie ; on évite ainsi de coûteux revers sur des aménagements qui se révèlent inadaptés par leur trop grande monofonctionnalité.

• Intégrer les fonctions techniques

La mise en place d'un site de transport collectif s'accompagne d'un ensemble de dispositifs techniques : aménagements aux points d'arrêt, signalisation, dispositifs de séparation des flux... Quand on les ajoute au mobilier urbain déjà en place, l'espace public est très rapidement encombré par un ensemble d'objets hétéroclites. L'effet peut s'avérer négatif tant par leur impact visuel que par la gêne occasionnée dans la pratique quotidienne de ces espaces. Le manque de coordination entre les différents services et concessionnaires de la voirie est en partie responsable de cette multiplication d'émergences techniques, alors qu'un projet global de composition pourrait libérer l'espace. Les arrêts peuvent devenir des points de concentration d'un ensemble de «services» : boîtes aux lettres, téléphone ou point d'information. Dans l'objectif de libérer au maximum l'emprise des équipements, on privilégiera l'ancrage des lignes aériennes aux façades. Lorsque ce n'est pas possible, les éléments verticaux, supports de lignes aériennes comme feux de signalisation, doivent pouvoir se fondre dans le paysage urbain et participer à l'ordonnancement général de la voie, au même titre qu'une rangée de lampadaires. Pour contribuer à l'embellissement de l'espace public, tous ces éléments doivent être considérés comme appartenant à une même «ligne de style» que le reste du mobilier urbain. Le traitement architectural de l'ensemble doit cependant permettre à chacune de ces fonctions agglomérées de rester perceptible pour celui qui les utilise.



Strasbourg, zone multifonction : le mobilier intègre différentes fonctions : signalétique, Diléctique, Téléphone... Il est représentatif de la « colonne Morris », avec un design contemporain.

Le partage de l'espace s'accommode difficilement d'aménagements uniquement dissuasifs. Ceux-ci traduisent d'ailleurs souvent un dysfonctionnement de l'espace public, causé par une mauvaise perception de la part des usagers. Les limites entre les différents usages, quand elles sont nécessaires, doivent être traitées de façon à ce qu'elles paraissent aller d'elles-mêmes dans l'environnement urbain. Lorsque le profil en travers de la voie s'y prête, la séparation du site peut prendre de l'ampleur et devenir un espace à part entière, qui participe à la composition de la voie, comme par exemple une rangée d'arbres ou un tapis de gazon. Dans des espaces plus contraints, la différenciation entre les espaces est réalisable à l'aide d'éléments plus subtils - un revêtement de chaussée spécifique, une dénivellation avec changement de matériaux - sans pour autant que cela apparaisse artificiel dans le contexte de la voie.

Intégrer les fonctions, les concentrer ou, au contraire, les étendre sur un espace à part entière, c'est trouver la bonne place à chaque élément technique pour que, tout en conservant ses qualités fonctionnelles, il se fonde dans le paysage urbain.

• Rendre l'espace lisible pour aider au repérage

Trouver ses repères dans un réseau de transport collectif de surface est quelquefois difficile, car il se superpose au réseau des rues. Or la dimension de repère est fondamentale, puisque c'est elle qui permet à l'usager de s'orienter et, par là, de se déplacer. Ce repérage est d'autant plus efficace qu'il est intégré intuitivement, et que les perceptions visuelles correspondent aux déplacements effectifs. La signalétique n'est pas l'unique moyen de repère dont peut disposer un réseau de surface, quand on dispose d'un potentiel considérable de signes : la ville.

Quelques voies, par les fonctions qu'elles jouent, parce qu'elles sont le fruit d'une volonté historique affirmée et soulignée par une architecture spécifique, ou tout simplement par l'investissement affectif et symbolique de l'ensemble des habitants de la ville, émergent du lot des rues « banales » qui constituent l'essentiel du réseau viaire d'une ville. Elles apparaissent nettement dans les cartes mentales que l'on fait dessiner aux habitants d'une ville. L'aménageur a donc tout intérêt à s'appuyer sur celles-ci pour construire un réseau identifiable par le plus grand nombre.

Certains éléments de composition urbaine mettent en visée un élément majeur de la ville, offrent une perspective, ouvrent un panorama sur l'agglomération ; ils mettent ainsi en relation visuelle l'observateur avec le lieu où il souhaite se rendre, le lointain avec le proche. Cette relation est d'autant mieux perçue qu'elle correspond au déplacement qu'effectue concrètement l'usager. Autrement dit, l'adéquation d'un cheminement d'une ligne de transport collectif avec les perceptions de l'usager renforce la capacité de repérage.

Enfin, assurer la lisibilité d'un espace facilite la compréhension de son fonctionnement par l'usager ; les risques ainsi mieux perçus peuvent être anticipés. La lisibilité renforce donc aussi la sécurité d'un aménagement.

• Décliner l'identité du transport collectif selon l'environnement urbain

Les repères que l'usager peut trouver dans les formes urbaines ne relèvent pas de la même problématique dans un hypercentre, au tissu urbain constitué depuis des siècles, et dans les périphéries en devenir. Cette diversité invite les projecteurs à adapter l'identité du réseau de surface pour le rendre visible dans son environnement urbain.

La ville périphérique s'est développée en manquant parfois de repères ; les lieux véritablement identifiables sont rares. Le tissu urbain, en cours de constitution, est souvent le résultat de la juxtaposition d'opérations d'urbanisme sans véritable lien et les modes de vie actuels ne permettent plus l'homogénéité architecturale et urbaine que l'on peut rencontrer dans les centres anciens. L'aménagement d'une ligne de transport collectif peut retisser les liens entre les quartiers composites qu'elle traverse. Un traitement unitaire, le long de la ligne, redonne cette cohérence et facilite le repérage des usagers.



Définir l'identité de l'aménagement selon l'environnement urbain : centre-ville, boulevard du XIX^e siècle, parc urbain récent.

En centre-ville, la présence de nombreux éléments de repérage rend moins nécessaire l'affirmation de l'identité d'un transport collectif par un « aménagement démonstratif ». Son identité peut jouer sur des éléments plus subtils comme les superstructures, les stations, ou simplement une ligne de rails ou de lignes aériennes qui symbolisent la présence d'un transport.

Cependant, l'identification des transports collectifs doit s'opérer à l'échelle de l'agglomération, comme faisant partie d'un seul et même réseau, afin d'éviter le sentiment d'une qualité d'offres en transport à plusieurs vitesses. Les éléments de cette identification, et particulièrement les équipements les plus visibles, doivent être déterminés de façon globale, dans le cadre d'une ligne de mobilier qui puisse être déclinée en fonction du contexte urbain.

La création d'un site de transport collectif sur une voirie entraîne une modification globale de l'ensemble de l'espace public de la voie. Par conséquent, son aménagement ne peut se limiter au seul espace occupé effectivement par le transport collectif. Cette création apporte l'occasion de repenser la ville, les quartiers traversés, et en premier lieu les voies empruntées par le site, dans leur globalité, de façade à façade.

L'aménagement d'un site de transport collectif doit donc faire l'objet d'un projet d'ensemble, c'est-à-dire une formalisation des enjeux en termes de partage de la voie, de fonctions urbaines et de qualité du paysage urbain. La cohérence globale des aménagements, gage d'identification et de lisibilité du réseau, n'est réellement assurée que si les divers techniciens et concepteurs de ce réseau travaillent de concert avec les autres services intervenant sur la voirie, mais aussi avec les urbanistes, pour élargir l'impact du transport collectif dans l'épaisseur du tissu urbain. C'est au prix de ce travail en commun que la fonctionnalité pourra être dépassée et que ces sites de transport collectif participeront réellement à la création d'espaces publics.

Introduction

Les projets d'aménagement pour transports collectifs en site propre (TCSP) de surface se multiplient rapidement depuis un peu plus d'une décennie.

En France, on assiste à un développement rapide des réseaux de tramways (25 km au début des années 80, une centaine actuellement, vraisemblablement 300, voire plus avant 2005). Le phénomène est similaire dans de nombreux autres pays d'Europe, ainsi que dans le reste du monde, États-Unis notamment.

Simultanément, on assiste à la naissance de systèmes intermédiaires guidés, souvent baptisés à tort *tramways sur pneus*.

Les sites propres pour bus, même si leur mise en œuvre est moins spectaculaire, disposent également d'un créneau, tant dans les villes moyennes que dans des villes plus importantes, en complément de modes plus lourds, ou bien encore dans l'attente de mise en place d'un mode ferré, par exemple.

Enfin, le développement et l'évolution actuels du mode tramway font qu'il n'est plus possible de ne raisonner qu'en terme de site propre : même si ce type d'aménagement reste la clé d'un fonctionnement optimal (garantie du temps de parcours de porte à porte), il n'en reste pas moins que, dans certains cas, certains tronçons devront être aménagés en site banal.

Tel est l'objet du présent ouvrage : les aménagements de voirie liés à la présence forte de véhicules de transport en commun, du bus en site propre au tramway, en site propre ou non.

Au cours de l'élaboration de ce guide initialement uniquement dédié aux aménagements de voirie, il s'est rapidement avéré nécessaire de se reposer des questions de fond quant à la réglementation qui s'applique à la circulation sur voirie des véhicules de transport collectif, et quant aux règles de priorité qui s'y attachent, face aux autres usagers de l'espace public.

Cette réglementation, mal connue, notamment en ce qui concerne le tramway, est explicitée dans la première partie, intitulée: Partie réglementaire. Aucune remise en cause de cette réglementation n'a été opérée.

La signalisation existante dans ce domaine, insuffisante, désuète ou inadaptée, a fait l'objet d'une remise à plat en ce qui concerne le tramway; les arrêtés interministériels correspondants sont parus au J.O. du 17 mars 1999. Tel est le thème de la deuxième partie - La signalisation. Au-delà du caractère réglementaire évoqué ci-avant, un certain nombre de préconisations sont faites, afin de mieux «concrétiser» sur le terrain les règles de priorité réciproques, mal connues du public.

De nombreux autres ouvrages, existants ou en préparation, traitent des matériels de transport collectif; ceux-ci ne font donc pas l'objet du présent ouvrage. Seule leur insertion géométrique et cinématique est traitée dans la troisième partie. On y trouvera notamment des éléments permettant de déterminer des largeurs de sites réservés, aux bus notamment, ainsi que des éléments de géométrie de tracé, pour les tramways.

Les matériels subissent une évolution spectaculaire; au début des années 80, une revue (très sérieuse) affirmait qu'on ne pourrait jamais abaisser la hauteur des planchers de véhicules en dessous de 800 mm. Le record européen est maintenant tombé à moins de 200 mm, avec agenouillement à 100 mm... Qui ne parle pas, à l'heure actuelle, de système intermédiaire, alors qu'aucun, *sauf peut-être notre bon vieux trolleybus*, n'est réellement opérationnel.

Les aménagements de voirie, ou plus précisément d'espace public, évoluent, eux aussi rapidement: les aménagements de cette fin de millénaire ont souvent peu de chose à voir avec ceux des années 80: site non accessible, quelquefois ballasté, grillagé, en axe de voie rapide, avec des accès aux stations quelquefois difficiles pour les utilisateurs des transports en commun.

De nouveaux types d'aménagements peuvent voir le jour, d'autres existent même parfois sur le terrain, mais le recul est insuffisant pour porter un jugement, et donc de les préconiser ou de les déconseiller. Chaque site est un cas particulier et son aménagement, même réussi, n'est pas toujours aisément transposable en d'autres lieux.

Il est fort vraisemblable que cette évolution rapide se poursuive. Cet ouvrage risque donc de s'avérer rapidement incomplet. Il a néanmoins le mérite et l'ambition de faire part aux différentes collectivités

de l'expérience recueillie sur le terrain, en leur évitant de «redécouvrir le monde» ou encore de s'engager sur des fausses pistes.

Les principes d'aménagement en section courante, c'est-à-dire en dehors des stations et des carrefours, font l'objet de la quatrième partie, elle-même complétée par des fiches, en annexe 1. Ces fiches présentent un maximum de configurations possibles, avec les points qui paraissent les plus positifs, et ceux qui peuvent s'avérer plus délicats.

Les principes de traitement des traversées piétonnes, développés dans la cinquième partie, s'appliquent tant au droit des stations, elles-mêmes objet de la sixième partie, que dans les carrefours, ou encore en section courante.

Les aménagements de carrefours et autres traversées à niveau de sites réservés aux véhicules de transport collectif font l'objet de la septième partie, complétée par des fiches présentées en annexe 2, fiches développant l'aménagement et le fonctionnement de carrefours types, avec prise en compte prioritaire des véhicules de transport collectif.

Malgré la difficulté que cela constituait, le parti a été pris de traiter l'ensemble des transports collectifs de surface, du bus au tramway. Peut-être eût-il été préférable de dissocier les aménagements «routiers» des aménagements «ferrés»... Certains lecteurs jugeront que nous avons trop largement développé le thème tramway, plus spécifique, mais la demande paraissait forte.

Les chaussées et revêtements sont évoqués dans la huitième partie; un certain nombre de matériaux de chaussées et de revêtements font l'objet de fiches, en annexe 3.

Enfin, un recueil de terminologie paraissait indispensable pour une bonne compréhension de l'ensemble de l'ouvrage. Il constitue la neuvième partie.

L'attention du lecteur est également attirée sur le fait qu'il s'agit d'un guide d'aménagement de voirie lié à la présence (forte) de transports en commun de surface. Pour ce qui concerne d'une part les matériels ou les technologies particulières (pose de voie...) et d'autre part la prise en compte d'autres usagers spécifiques de la voirie, il se reportera aux ouvrages spécialisés correspondants.

Les problèmes spécifiques aux tramways d'interconnexion ne sont pas traités dans cet ouvrage.

P R E M I È R E P A R T I E

**Partie réglementaire:
le régime applicable
à la circulation
des tramways urbains**

L'implantation, le fonctionnement et l'utilisation des voies de circulation en site propre² sont encadrés par un environnement juridique particulier qu'il est difficile d'embrasser dans sa globalité. Nombreuses sont les questions soulevées par ce type d'aménagement, dont le régime réglementaire, hérité souvent du XIX^e siècle, déroge, pour partie, au droit commun du domaine routier.

Il nous a paru essentiel d'informer le lecteur des principales dispositions réglementaires se rapportant à ces voies, avant de faire toute préconisation.

Il ne peut être question de traiter, au sein de ce guide, de l'ensemble de la problématique juridique « aménagements en site propre ».

Aussi, un ouvrage du BART³ traitant spécifiquement des procédures administratives préalables et des différents montages juridiques envisageables pour la réalisation d'un TCSP⁴, le parti a-t-il été pris de ne traiter ici que de la problématique des règles de circulation et d'indemnisation en cas de sinistre corporel.

Ces règles ont pour la plupart des implications directes sur les aménagements de voirie et sur la signalisation à mettre en place.

L'importance donnée au seul mode tramway s'explique par l'ampleur que prend ce mode depuis quelques années, mais aussi et surtout par la spécificité réglementaire des modes ferrés par rapport aux modes routiers.

Cet ouvrage n'a pas vocation à être un traité juridique. Seuls sont examinés les aspects juridiques et réglementaires applicables à la circulation des tramways urbains. Il n'y est traité que des tramways urbains, circulant le plus souvent sur

voirie, ouverte ou non à la circulation générale, et non des tramways régionaux, ou autres tramways d'interconnexion, circulant sur domaine ferroviaire, en site propre intégral, avec des réglementations et des modes d'exploitation différents.

Le droit applicable à la circulation des tramways urbains⁵ et, plus généralement, des véhicules circulant sur des voies ferrées déroge sur plusieurs aspects à la situation des autres modes de transport collectif en site propre (les bus sur couloirs réservés, par exemple). Le droit commun visant la circulation automobile a vocation à s'appliquer à ces derniers. Le mode tramway ayant fait l'objet d'un traitement particulier par la législation et la jurisprudence, il semble intéressant d'exposer ces spécificités, notamment sous l'angle des droits et obligations des tramways à l'égard des autres véhicules et des piétons.

² Pour la définition du site propre, voir la neuvième partie la Terminologie.

³ Groupement des Autorités Responsables de Transport - 17 rue Jean Daudin - 75015 PARIS - Tél. 01 40 76 30 00 - T.C. 01 45 67 80 30.

⁴ Voir bibliographie.

⁵ Par opposition aux tramways régionaux ou autres tramways d'interconnexion, circulant sur domaine ferroviaire, et ci-dessus.

La notion de priorité



Absolu dans son principe (c'est le droit de passer le premier), le droit de priorité est relatif dans ses effets; il ne comporte aucune immunité et ne dispense pas d'observer les autres règles du Code de la route⁸.

Le droit de priorité n'est absolu qu'autant que celui qui s'en prévaut a respecté les obligations qui lui sont prescrites par le Code de la route, et notamment les articles R. 9 et R. 10⁷ dudit code⁹.

Si le conducteur bénéficiaire de la priorité de passage n'a pas pris toutes les précautions prescrites par l'article R. 23¹⁰ du Code de la route, il peut être déclaré seul responsable de l'accident lorsqu'il a commis des fautes graves, alors qu'aucune faute n'est relevée à la charge de l'autre conducteur¹¹.

Le droit de priorité ne peut s'exercer que lorsque les véhicules arrivent simultanément et en roulant à allure normale à un carrefour¹².

Un conducteur prioritaire qui marque l'arrêt dans un carrefour renonce de ce fait à se prévaloir de son droit de priorité. Il doit attendre pour redémarrer que tout le flot de véhicules soit écoulé, car un véhicule en mouvement doit jouir en fait d'un traitement plus favorable que celui qui est arrêté, et dont le conducteur au moment de se remettre en marche doit prendre toutes précautions pour ne pas perturber la circulation¹³.

⁸ Cour d'appel de Colmar, 18 mars 1993.

⁷ R. 9 : contrairement par le droit à un ouvrage formant obstacle à la progression directe d'un véhicule.

R. 10 : limitations de vitesses.

⁹ Cour de cassation, chambre criminelle, 23 octobre 1957 et 22 mai 1959.

¹⁰ R. 23 : tout conducteur de véhicule (...) s'approchant d'une intersection de routes doit vérifier que la chaussée qu'il va croiser est libre, marcher à allure d'autant plus modérée que les conditions de visibilité sont moins bonnes.

¹¹ Cour de cassation, chambre criminelle, 4 avril 1984.

¹² Cour d'appel de Paris, 5 avril 1957.

¹³ Cour de cassation, chambre civile, 24 avril 1958.

2

Les droits et obligations des tramways à l'égard des autres véhicules

Les tramways bénéficient d'un régime prioritaire par rapport aux autres véhicules. Ils sont toutefois tenus de respecter les prescriptions absolues de circulation, telles qu'elles découlent du Code de la route.

2.1. Le caractère prioritaire des tramways

Le dispositif applicable émane des textes suivants :

- le décret n° 42-730 du 22 mars 1942 portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt général et d'intérêt local ;
- le Code de la route (notamment les articles R. 29 et R. 228 1° b¹³) ;
- la loi n° 85-677 du 5 juillet 1985 tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et de l'accélération des procédures d'indemnisation, dite loi Badinter.

2.1.1. Le décret n° 42-730 du 22 mars 1942

Le décret du 22 mars 1942 a notamment vocation à s'appliquer aux « tramways urbains » qu'il définit comme « des voies ferrées d'intérêt local, établies sur des voies publiques dans les agglomérations et leur banlieue et affectées seulement au transport de voyageurs et éventuellement des messageries » (cf. articles 1^{er} et 3 du décret).

Il fixe principalement les règles de priorité propres aux véhicules « appartenant au service de la voie ferrée ». En effet, à l'approche d'un tel véhicule empruntant une voie ferrée établie ou traversant à niveau la plate-forme ou la chaussée d'une voie publique, « tout piéton, cavalier ou conducteur de

véhicule a l'obligation de dégager immédiatement cette voie et de s'en écarter de manière à livrer le passage au matériel qui y circule » (article 76).

Il interdit en outre le stationnement sur la voie ferrée de tout véhicule et plus généralement de tout objet ou animal (art. 73-5^o). Le décret pose également la règle d'une signalisation spécifique aux voies ferrées établies sur les voies publiques ainsi que les modalités « d'annonce de l'approche des trains aux usagers de la route » (article 15).

Le décret du 22 mars 1942 énumère par ailleurs les obligations afférentes aux conducteurs des trains et tramways tenus de signaler de manière sonore leur approche aux usagers de la route lorsqu'ils circulent sur une voie ferrée empruntant une voie publique (art. 51 et 53). Ils ont également pour obligation d'observer les signaux spécifiques et de prendre les mesures prescrites par les règlements homologués par l'administration exploitante s'ils aperçoivent un obstacle ou une anomalie sur la voie, ce qui correspond au système d'exploitation dit de la « marche à vue »¹⁴.

2.1.2. Les dispositions spécifiques du Code de la route

Les règles de dépassement

L'article R. 15 du Code de la route énonce que « le dépassement d'un véhicule circulant sur une voie ferrée qui emprunte la chaussée doit s'effectuer à droite lorsque l'intervalle existant entre ce véhicule et le bord de la chaussée est suffisant. Il peut toutefois s'effectuer à gauche sur les routes à sens unique ou sur les autres routes lorsque le dépassement laisse libre toute la moitié gauche de la chaussée ».

¹³ Voir contenu au paragraphe 2.1.2 ci-après.

¹⁴ Voir la définition à la sixième partie La Terminologie.

L'article R. 16 interdit à tout conducteur de dépasser un train ou un tramway à l'arrêt pendant la montée ou la descente des voyageurs et du côté où celle-ci s'effectue¹⁵. L'article R. 17 prohibe également tout dépassement aux traversées de voies ferrées non munies de barrières ou de demi-barrières.

Les règles de priorité - principes et exceptions

Le Code de la route précise dans son article R. 29 relatif aux voies ferrées sur route¹⁶ le régime de priorité des véhicules circulant sur ces voies : «Lorsqu'une voie ferrée est établie sur une route ou la traverse à niveau, la priorité de passage appartient, sauf dans le cas des tramways prévu par les dispositions de l'article R. 228 (1°, b), aux matériels circulant normalement sur cette voie ferrée». Aux termes de cet article, les conducteurs de tramways sont tenus de respecter les (seuls) signaux comportant des prescriptions absolues, établis en application des articles R. 27, 44 et 225¹⁷, ainsi que les indications données par les agents habilités à régler la circulation routière.

La jurisprudence établie par la Cour de cassation a fixé les modalités pratiques de ce régime de priorité. Ainsi a-t-elle fait application de l'article R. 29 pour justifier qu'un automobiliste dont le véhicule avait été heurté par un tramway ne pouvait prétendre à aucune indemnisation¹⁸.

Dans un autre arrêt mettant en cause un tramway ayant percuté un véhicule immobilisé sur une voie ferrée, la Cour de cassation a estimé que l'article R. 29 du Code de la route s'appliquait au cas d'espèce. La Cour a considéré que le conducteur du tramway n'avait commis aucune faute de nature à lui faire perdre la priorité dont il bénéficiait (le conducteur ayant aperçu le véhicule avait en vain tenté de freiner).

La jurisprudence a toutefois admis que le régime de priorité accordé notamment aux tramways par l'article R. 29 n'était pas exclusif d'une obligation générale de prudence applicable à tout usager de la route. Ainsi, dans un arrêt portant sur un ensemble routier s'étant immobilisé devant un tramway, la Cour d'appel de Douai a considéré que la conductrice du tramway avait manqué à son obligation générale de prudence en n'ayant pas anticipé l'arrêt du camion lors du passage d'un feu au rouge, réduisant alors le droit à indemnisation de la société de transport collectif en application des articles 4, 5 et 6 de la loi du 5 juillet 1985¹⁹.

2.1.3. La loi n° 85-677 du 5 juillet 1985

Le cadre général

La loi du 5 juillet 1985, dite loi Badinter, concerne «les victimes d'accident de la circulation²⁰ dans lequel est impliqué un véhicule terrestre à moteur ainsi que ses remorques ou semi-remorques, à l'exception des chemins de fer et des tramways circulant sur des voies qui leur sont propres» (article 1^{er} de la loi).

Ce texte législatif a mis en place un système original d'indemnisation dérogeant au droit commun pour les victimes de dommages corporels, en ce que ces dernières ne peuvent se voir opposer la force majeure ou le fait d'un tiers (article 2) pas plus que leur propre faute «à l'exception de leur faute inexcusable si elle a été la cause exclusive de l'accident» (article 3). Le régime d'indemnisation est encore plus favorable aux victimes dites «privilegiées» (personnes de moins de 16 ans ou de plus de 70 ans ou invalides à 80 % ou plus). Dans ce cas, en effet, il n'est pas possible d'opposer à ces personnes leur propre faute, même inexcusable.

¹⁵ Cet article vise notamment les réseaux de tramways de conception ancienne, où la montée et la descente des voyageurs s'effectuent à même la chaussée; ce cas est rarissime; il est sans objet pour les tramways de conception récente, la montée et la descente se faisant alors à quel, dans de véritables stations, aménagées à cet effet.

¹⁶ Décret du 12 octobre 1970.

¹⁷ Voir contenu au paragraphe 2.2 ci-après.

¹⁸ Cour de cassation, 2^e chambre civile, 17 octobre 1990, société TEC COTRAL contre Baeynck.

¹⁹ Cour d'appel de Douai, 28 janvier 1985, société Trois Saisons contre TEC COTRAL.

²⁰ Outre la conception communément admise de la notion de véhicule en circulation, on doit juridiquement considérer un véhicule «en circulation» lorsque celui-ci est à l'arrêt sur une voie ouverte à la circulation ou en mouvement sur un terrain privé; ce doit donc être exclu de cette conception que le véhicule statione sur un terrain privé (cf. jurisprudence relative à l'obligation d'assurance).

Par ailleurs, l'article 4 de la loi précise que «la faute commise par le conducteur du véhicule terrestre à moteur a pour effet de limiter ou d'exclure l'indemnisation des dommages qu'il a subis».

Cependant, ce système original ne vise pas les situations de dommages matériels. En effet, l'article 5 de la loi indique qu'en ce cas, le droit commun retrouve à s'appliquer. Pratiquement, la force majeure, le fait d'un tiers ou la propre faute de la victime aura pour effet de limiter ou d'exclure l'indemnisation de ses biens matériels (cf. les articles 1382 et 1384 du Code civil).

L'application de la loi du 5 juillet 1985 au cas des tramways

La loi Badinter exclut de son champ d'application les tramways circulant sur des voies qui leur sont propres. La loi s'applique donc a contrario aux tramways circulant sur des voies qui ne leur sont pas propres, c'est-à-dire insérées dans une voie ouverte à la circulation générale²¹. Cette interprétation rejoint l'esprit du législateur selon lequel la loi doit s'appliquer lorsqu'un accident survient alors que les rails ne sont pas isolés de la chaussée ouverte à la circulation générale ou alors que ces rails croisent une autre voie (hors cas des passages à niveau)²².

Cette interprétation de la loi a été explicitée par la jurisprudence de la Cour de cassation et des Cours d'appel en l'appliquant à des accidents survenus entre automobiles et tramways roulant sur une voie ouverte à la circulation générale²³, même si la Cour a jugé que l'indemnisation des automobilistes blessés devait être limitée ou exclue de par leur faute (absence de maîtrise du véhicule).

La loi du 5 juillet 1985 s'applique donc aux tramways insérés

dans la circulation générale, la mise en jeu du régime de priorité accordé aux tramways par le Code de la route, conforté par l'article 4 de la loi précitée ayant néanmoins pour effet de limiter ou d'exclure le droit à indemnisation de la victime conductrice du véhicule à moteur pour ses dommages corporels et matériels. Notons toutefois qu'en cas d'obstacle ou anomalie sur la voie, l'article 51 du décret du 22 mars 1942 imposé aux conducteurs de tramways de prendre les mesures prévues à cet effet dans les règlements homologués de l'administration exploitante (principe de la marche à vue).

2.2. Le respect des prescriptions absolues par les tramways

Le Code de la route assortit son article R. 29 d'une exception concernant les tramways, et se référant à l'article B. 228 (1° b) de ce même code. L'article R. 228, relatif aux exceptions aux dispositions du Code de la route énonce que «le présent code ne s'applique pas aux véhicules circulant sur les voies ferrées empruntant l'assiette²⁴ des routes». L'alinéa 1° b indique cependant que «les conducteurs de tramways sont tenus de respecter les signaux comportant des prescriptions absolues, établis en application des articles R. 27, R. 44, R. 225, ainsi que les indications données par les agents habilités à régler la circulation routière».

L'article R. 27 précise que «tout conducteur doit, à certaines intersections indiquées par une signalisation spéciale, marquer un temps d'arrêt à la limite de la chaussée abordée. Il doit ensuite céder le passage...»²⁵.

L'article R. 44 précise, dans son 1^{er} alinéa, que «le ministre chargé de la voirie nationale et le ministre de l'Intérieur

²¹ En site banal.

²² Cf. J.O., débat Sénat, 10 avril 1985, p. 182. Voir également à ce sujet les définitions (chapitre 9 Terminologie du passage à niveau et de la traversée de voie ferrée, la continuité du site propre est assurée au droit d'un passage à niveau, alors qu'il est interrompu à site simple traversée de voie ferrée.

²³ Cour de cassation 2^e chambre civile, 8 mai 1987, NADYM contre Nache et autres.

Cour de cassation 2^e chambre civile, 17 octobre 1990, RTM contre GAN.

²⁴ Voir ce terme à la neuvième partie La Terminologie.

²⁵ Il s'agit du signal AB 4 (STOP); il va de soi que ce type de signalisation n'a pas de raison, sauf exception, d'être implantée sur un site tramway, à destination des conducteurs de tramways.

fixent par arrêté conjoint (...) les conditions dans lesquelles est établie la signalisation routière pour porter à la connaissance des usagers la réglementation édictée par l'autorité compétente», puis, plus loin (4^e alinéa), «les usagers doivent respecter en toutes circonstances les indications résultant de la signalisation établie conformément à l'alinéa 1^{er}».

L'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière est ainsi visée.

Les conducteurs de tramways doivent donc respecter les signaux de prescription définis dans cette instruction (Livre I, 4^e partie). De fait, seuls les signaux de limitation de vitesse B 14 et de prescription zonale B 30²⁶ entrée de zone 30 ont lieu de s'appliquer aux tramways (sauf si le règlement d'exploitation autorise des vitesses différentes).

Ce même article R. 44 précise enfin que «les indications des feux de signalisation prévalent sur celles qui sont données par les signaux routiers réglementant la priorité» et que «les indications données par les agents dûment habilités prévalent sur toutes signalisations, feux de signalisation ou règles de circulation», et donc entre autres sur le régime prioritaire des tramways, en cas de situation dégradée, par exemple.

Par ailleurs, les préfets, les présidents de conseils généraux et les maires ont la possibilité d'édicter des mesures plus rigoureuses²⁷ que les dispositions du Code de la route dès lors que la sécurité de la circulation l'exige, et ceci dans la limite de leurs attributions légales ou réglementaires (article R. 225 du Code de la route). Rappelons qu'en matière de police de circulation sur les voies publiques situées dans les limites d'un département, le préfet du département est l'autorité compétente pour les routes nationales hors agglomérations et le président du Conseil Général pour les routes départe-

mentales hors agglomérations. Le maire a compétence sur les voiries communales ainsi que sur les portions de routes nationales et départementales situées à l'intérieur des agglomérations (article L. 2213-1 du Code général des collectivités territoriales).

²⁶ Complétés par les signaux B 33 (fin de limitation de vitesse) et B 51 (sortie de zone 30).

²⁷ Plus rigoureuxs elles ne peuvent donc pas être en contradiction avec les règles du Code de la route, donc avec le priorité du tramway.

3

Les droits et obligations des tramways à l'égard des piétons

3.1. La priorité de passage accordée au tramway

Il convient en préalable de souligner que l'article R. 220 du Code de la route, relatif au céder le passage aux piétons régulièrement engagés²⁸ ne concerne pas les tramways puisque, en vertu de l'article R. 228, le Code de la route ne s'applique pas aux véhicules circulant sur les voies ferrées empruntant l'assiette des routes.

Rappelons également que l'article 76 du décret du 22 mars 1942 indique qu'à l'approche d'un véhicule circulant sur une voie ferrée, tout piéton a l'obligation de dégager cette voie de façon à laisser passer le véhicule.

3.2. La responsabilité et la réparation en cas d'accident corporel dans lequel est impliqué un tramway

La détermination des responsabilités en cas d'accident corporel découle des dispositions du Code de la route, des principes posés par le Code civil (notamment des articles 1382 et suivants). Le régime de réparation est issu, selon les cas, soit du Code civil, soit de la loi du 5 juillet 1985.

La notion de «voie propre» est soumise à l'appréciation du juge. Ainsi, constitue une voie propre au sens de la loi du 5 juillet 1985 :

— la voie de circulation réservée aux tramways et séparée de la rue par un terre-plein planté d'arbustes formant une haie vive ; la Cour de cassation exonère totalement la société gardienne du tramway de la présomption de responsabilité qui pèse sur elle, pour comportement imprévisible et

irrésistible de la victime, dès lors que la victime d'une collision avec un tramway quitte le terre-plein planté d'arbustes constitutifs d'une haie vive faisant obstacle au passage des piétons, pour traverser la chaussée²⁹ en biais sans précaution, en courant, au moment où le tramway arrivait à sa hauteur³⁰ ;

— une voie ferrée implantée sur la chaussée, dans un couloir de circulation qui lui est réservé, délimité d'un côté par le trottoir, et de l'autre par une ligne blanche continue³¹.

A contrario, la loi du 5 juillet 1985 est applicable dans le cas d'un trolleybus³² circulant grâce à des câbles aériens dans un couloir de circulation propre³³.

Un passage piétons ne fait pas perdre à lui seul³⁴, à la voie de circulation réservée au tramway, son caractère de «voie propre». Bien que la Cour de cassation ne se soit pas encore prononcée à ce sujet, la jurisprudence actuelle, après quelques hésitations, semble aller dans ce sens.

Le tribunal de grande instance de Saint-Étienne et la Cour d'appel de Lyon arguant que le passage pour piétons n'est pas une voie ouverte à la circulation publique, celui-ci ne peut faire perdre à la voie tramway son caractère de site propre. Par conséquent, il n'y a pas lieu d'appliquer la loi du 5 juillet 1985 pour un accident à l'origine duquel un piéton circulant sur un passage réservé a été heurté par un tramway circulant sur une voie qui lui était propre. Les responsabilités doivent alors être recherchées sur le fondement du droit commun des articles 1382 et 1384 du Code civil³⁵.

Une décision contraire de la Cour d'appel de Lyon indique que le fait pour la victime de s'être engagée sans précaution

²⁸ Conformément aux articles R. 219 à 219-3, sur ou hors passages prévus à leur intention.

²⁹ Il ne s'agit pas stricto sensu d'une chaussée, puisque voie réservée aux seuls tramways (cf. Terminologie).

³⁰ Cour de cassation, chambre civile, 25 mai 1996, Consorts Lambert-Poté contre société des transports urbains de l'agglomération stéphanoise.

³¹ Cour de cassation, chambre civile, 18 octobre 1996, M. Languier contre TRAS.

³² Considéré comme un véhicule au sens du Code de la route.

³³ Cour de cassation, chambre civile, 12 mai 1983, Société Lyonnaise de Transports en Commun contre Tassinier.

³⁴ C'est-à-dire sans signalisation lumineuse (en fonctionnement).

³⁵ Tribunal de grande instance de Saint-Étienne, 19 février 1981, Dery contre TRAS. Cour d'appel de Lyon, chambre civile, 15 décembre 1982, Debary contre TRAS. Dans ce dernier cas, le fait du piéton consistant d'un tiers l'auteur du dommage.

sur le passage réservé, alors que le feu de signalisation était rouge²⁶, n'était pas constitutif d'une faute inexcusable l'empêchant d'être totalement indemnisée pour ses dommages corporels²⁷.

Il semblerait en fait que, pour l'application de la loi du 5 juillet 1985 :

– un simple passage piétons, sans signalisation lumineuse ne constitue pas, en tant que tel, une interruption de site propre ;

– un passage piétons avec signalisation lumineuse (en fonctionnement) constitue une interruption de site propre, ceci étant corroboré par le fait que le tramway est alors tenu, en vertu des articles R. 228 (1°b) et R. 44 du Code de la route, de respecter ce signal.

Conclusion

Pour conclure ces développements, il paraît utile d'attirer l'attention du lecteur sur la nécessité d'accorder une grande attention à la rédaction des règlements d'exploitation par les exploitants de tramways, ces règlements étant soumis à l'approbation du Secrétaire d'Etat chargé des Transports, en vertu de l'article 72 du décret du 22 mars 1942.

²⁶ *Rouge pour les piétons*, NDLR.

²⁷ *Cour d'appel de Lyon, chambre civile, 12 novembre 1983, Perret contre STAS*.

D E U X I È M E P A R T I E

La signalisation



Avec le renouveau du tramway en France, depuis 1985, un certain nombre de signaux non réglementaires sont apparus, avec un cortège de silhouettes, héritées du passé, ou bien nées de l'imagination de certains gestionnaires. La signalisation de passage à niveau, peu adaptée, est également parfois utilisée.

Cette floraison de nouveaux signaux, plus ou moins réussis au plan du graphisme (esthétique et lisibilité), de forme généralement triangulaire (signalisation avancée de danger) ou circulaire (voie ou site réservé), a montré à l'évidence la nécessité d'une remise à plat de la signalisation liée à la présence de tramways.

Cette remise à plat a permis de définir une nouvelle silhouette réglementaire unique de tramway et la création de 4 nouveaux signaux : de danger, de position, de début et de fin de voie réservée. À cette occasion, le signal existant d'indication d'arrêt de tramway a reçu la nouvelle silhouette.

Les signaux lumineux d'intersection destinés aux conducteurs de tramways ont fait l'objet d'un phénomène similaire, avec utilisation de nombreux modèles non réglementaires, alors même qu'une signalisation réglementaire existait, en l'occurrence les signaux tricolores modaux, avec mention TRAM. Un nouveau type de signal, tenant compte de la demande des exploitants, mais aussi de l'expérience engrangée, tant en France que chez nos voisins européens, a de même été défini.

Cette nouvelle signalisation fait l'objet :

– de l'arrêté du 13 novembre 1998 modifiant l'arrêté du 24 novembre 1967 relatif à la signalisation des routes et autoroutes,

– de l'arrêté du 16 novembre 1998 relatif à l'approbation de modifications de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière,

parus au Journal Officiel du 17 mars 1999.

La partie qui suit fait le point des règles générales qui doivent être appliquées en matière de signalisation des voiries recevant des transports collectifs de surface (bus, tramways, systèmes intermédiaires).

Il n'est toutefois pas inutile de rappeler que la signalisation doit accompagner un aménagement, en contribuant à sa réussite, mais qu'en aucune manière, elle ne peut s'y substituer.

La signalisation verticale statique destinée aux conducteurs de véhicules³⁸

1.1. La signalisation de danger (signalisation avancée)



A 9 (nouveau) - Traversée d'une ligne de tramway

Ce signal constitue la signalisation avancée inhérente à la proximité de voies de tramway, avec possibilité de traversée.

En milieu urbain, comme pour tous les signaux de danger en signalisation avancée, la distance normale d'implantation de ce signal est comprise entre 0 et 50 mètres; cette distance est aussi proche que possible de 50 mètres, a fortiori si le signal de position correspondant C 20 c (voir ci-contre) est implanté.

L'implantation du signal A 9 n'est obligatoire que lorsque la traversée des voies de tramway est équipée du signal d'arrêt R 24 (feu rouge clignotant), ce dernier signal devant alors être complété par un signal de position C 20 c.

Un panneau d'indications diverses M 9 z PRIORITÉ AU TRAMWAY peut être associé au signal A 9, dans un but didactique, à la double condition :

- qu'il ne soit pas implanté de C 20 c (qui recevrait alors ce panneau),
- que la ligne de tramway soit de création récente.

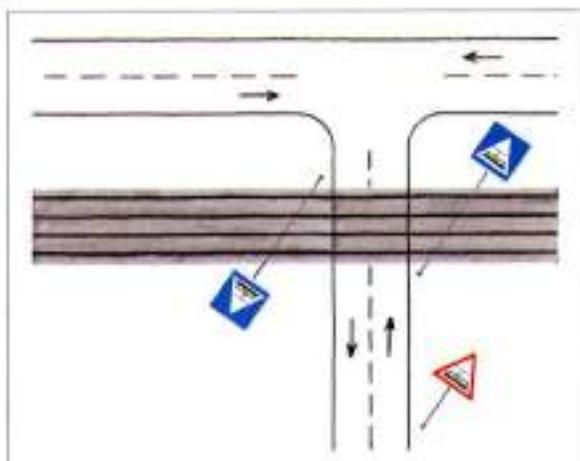
1.2. La signalisation de position



C 20 c (nouveau) - Indication d'une traversée d'une ligne de tramway

Ce signal constitue la signalisation de position des traversées de lignes de tramway.

Comme pour tous les signaux de ce type, il est implanté au plus près de la traversée, en règle générale à proximité immédiate du gabarit limite d'obstacles (GLO, voir cette définition). Néanmoins, lorsque le tramway est implanté en site banal, ou encore sur certains carrefours à caractère urbain très marqué, carrefours plateaux par exemple, l'implantation pourra **exceptionnellement** se faire en entrée de carrefour.



Exemple d'utilisation des signaux A 9 en signalisation avancée et C 20 c en signalisation de position.

³⁸ Au sens du Code de la route, seuls les tramways, véhicules ferroviaires sont exclus.

L'implantation de ce signal n'est obligatoire que lorsque la traversée est équipée du signal d'arrêt R 24 (feu rouge clignotant) ; dans ce cas, ces deux signaux doivent être associés (sur support commun).

Un panneau d'indications diverses M 9 2 «PRIORITY AU TRAMWAY» pourra être associé au signal C 20 c, dans un but didactique, à la double condition :

- que la ligne de tramway soit de création récente,
- que la traversée ne soit pas équipée de signalisation lumineuse (ni signaux tricolores, ni signaux d'arrêt rouges clignotants).

Nota : si les divers utilisateurs de l'espace public perçoivent généralement bien les espaces réservés aux tramways (ne serait-ce que par la présence physique des rails, sans compter les lignes aériennes et leurs supports), ils perçoivent très mal l'encombrement réel des véhicules (gabarit dynamique).

Ceci tient au fait que cet encombrement est, hors présence du véhicule, totalement immatériel, la largeur des caisses de véhicules variant de 2,00 m à 2,65 m, voire plus, suivant son type, alors que la largeur de la voie est de 1,00 m (voie métrique) ou de 1,435 m (voie normale) ; en courbe, le déport des caisses («ventres» en intérieur de courbe et «cornes» vers l'extérieur) peut quelquefois être important.

Il est donc nécessaire de matérialiser au sol ce gabarit, soit par un marquage³⁸ approprié, soit encore par une différenciation visuelle nette au niveau des matériaux de revêtement, cette différence devant rester perceptible quelles que soient les circonstances. Une légère dénivellation peut également constituer une solution intéressante dans certains cas.

De plus, les automobilistes perçoivent assez mal la distance qui les sépare d'un repère au sol, généralement en la surestimant, d'où des engagements souvent involontaires de gabarit. Il convient donc, au niveau des traversées automobiles de sites tramway de prévoir une certaine marge au niveau de la figuration du gabarit. Cependant, pour être respectée, cette marge doit rester crédible et homogène au sein d'un même aménagement. Un recul de 1,00 m à 1,50 m peut être considéré comme satisfaisant.

Les **bus** (autobus, trolleybus, systèmes intermédiaires routiers) ne bénéficiant, contrairement aux tramways, d'aucune règle particulière de priorité, il n'existe pas, bien entendu, de signal équivalent pour cette catégorie de véhicule.

³⁸ Voir ci-après à ce sujet la partie 2 consacrée à la signalisation horizontale, page 36.

1.3. Le site réservé

Rappel: un site est constitué d'une ou plusieurs voies affectées à un même usage; une voie réservée constitue de fait un site réservé unidirectionnel.



B 27 a (ex B 27) - Voie réservée aux autobus

Ce panneau est utilisé pour indiquer que le site est réservé aux bus (autobus, trolleybus ou autre système intermédiaire classé réglementairement dans la catégorie des véhicules automobiles) des lignes régulières dûment autorisées par l'autorité compétente.



B 27 b (nouveau) - Voie réservée aux tramways

Ce panneau peut être employé pour indiquer que le site est réservé aux tramways (ou autres systèmes intermédiaires de type ferroviaire).

Pour ces deux signaux, un panneau directionnel M 3 peut préciser la voie réservée. Un panneau M 9 d'indications diverses peut préciser les autres catégories autorisées à utiliser le site et/ou les modalités d'application. Le lecteur pourra se reporter à ce sujet à la quatrième partie - Aménagements en section courante.

Pour le cas particulier des sites mixtes, réservés aux tramways **et** aux bus, le signal B 27 b doit être retenu, accompagné d'un panneau M 9 portant la mention BUS [nom de l'exploitant] AUTORISÉS.

Des indications concernant l'implantation de la signalisation sont données dans les quatrième et septième parties ci-après, lorsque des difficultés particulières se présentent (site unidirectionnel à contresens de la circulation générale, par exemple).

Les **fins de sites réservés** pourront si nécessaire être signalées à l'aide des signaux :



B 45 a (ex B 45) - Fin de voie réservée aux véhicules de transport en commun



B 45 b (nouveau) - Fin de voie réservée aux tramways

1.4. Les arrêts de transports en commun



C 6 - Indication d'un arrêt d'autobus

En milieu urbain, les arrêts de bus disposent d'une signalétique beaucoup mieux reconnue que le panneau C 6 réglementaire : le plus souvent aubette ou, au minimum, potelet d'arrêt, ainsi que, fréquemment, quelques aménagements complémentaires.

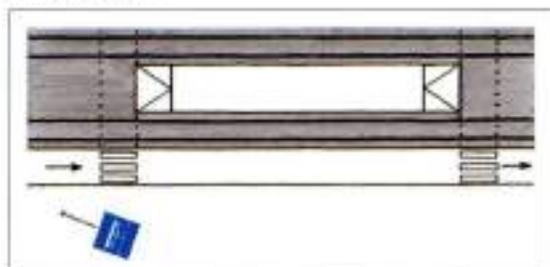
De ce fait, l'implantation de ce signal ne se justifie que très rarement.



C 7 (nouvelle silhouette) - Indication d'un arrêt de tramway

Ce qui précède, concernant les bus, est a fortiori vrai pour le panneau C 7, arrêt de tramway, les tramways modernes étant conçus de manière intégrée, avec véritables stations, points forts du réseau, et perçus comme tels.

L'emploi de ce signal devrait donc être réservé aux rares lignes de tramways de conception ancienne, où la montée et la descente des voyageurs s'effectuent à même la chaussée. Son emploi peut également être envisagé pour signaler des risques de traversées erratiques de chaussées par des usagers du tramway, à proximité d'une station, ce qui, bien entendu, devrait être évité par une bonne conception de l'aménagement.



Même si le tramway ne marque pas son arrêt à même la chaussée, il est possible de renforcer le caractère prioritaire d'une station à l'aide du signal C 7.

1.5. L'utilisation des panonceaux

Un panonceau portant la seule mention TRAMWAY (ou TRAM), ou encore la silhouette d'un tramway, constitue de fait un panonceau de catégorie M 4.

Les tramways bénéficiant d'une signalisation spécifique (feux d'intersections et signalisation d'exploitation), l'emploi de panonceaux de ce type n'a aucun fondement et est donc à ce titre à proscrire.

Toute autre utilisation de cette mention ou de cette silhouette, par exemple à titre d'indication (panonceau M 9, d'indications diverses), ne peut qu'apporter confusion et doit donc être totalement exclue.

Le panonceau M 4, de catégorie, avec silhouette de bus peut, par contre, être utilisé.

Des panonceaux avec mention SAUF BUS ou SAUF TRAMWAY peuvent également être employés.



C 20 c + M 9 z

Un panonceau M 9 z PRIORITÉ AU TRAMWAY peut, dans un but didactique, être associé au panneau C 20 c, sous réserve que :

- la ligne de tramway soit de création récente ;
- la traversée ne soit pas équipée de signalisation lumineuse (ni signaux tricolores, ni signaux d'arrêt rouges clignotants).

A 9 + M 9 z

Ce même panonceau peut être associé au signal A 9 - Traversée d'une ligne de tramway, s'il n'est pas implanté de signal de position C 20 c, sous la même réserve que la ligne de tramway soit de création récente.

La signalisation horizontale

2

2.1. Le marquage des sites réservés

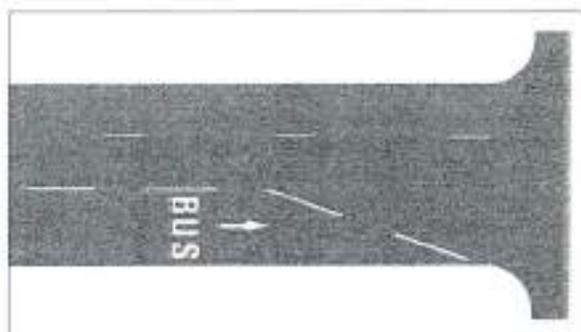
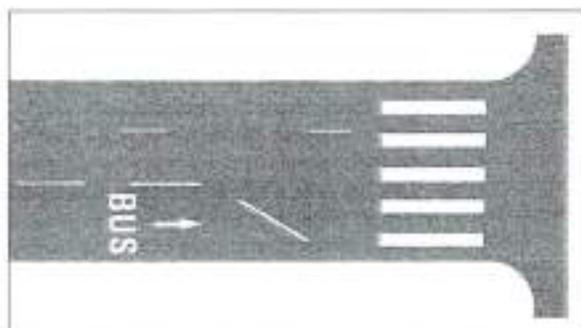
Les voies réservées aux autobus

Les voies réservées aux autobus (éventuellement accessibles à d'autres catégories de véhicules) sont, au moins en l'absence de séparateur «physique», séparées des voies principales par⁴⁶:

- une ligne continue de largeur 5 u dans le cas de sites unidirectionnels à contre-sens;
- une ligne continue de largeur 5 u dans le cas de sites dans le sens de la circulation générale, réservés en permanence et sur lesquels tout dépassement est interdit;
- une ligne discontinue de type T 3, de largeur 5 u dans tous les autres cas.

Certains séparateurs physiques, bourrelets en enrobé par exemple, recevront ces marquages, de manière à améliorer leur perception visuelle.

À l'approche des carrefours, il est possible d'interrompre les voies réservées aux transports en commun de plusieurs manières:



Si on souhaite bien marquer la présence du transport collectif, il est déconseillé d'interrompre le site dans les carrefours, mais au contraire d'en matérialiser la continuité par un marquage en damier (on s'efforce de disposer 3 carrés dans la largeur de la voie réservée, d'où des carrés de 0,80 à 1,20 m de côté), *a fortiori* lorsqu'il y a ambiguïté sur la trajectoire des véhicules.

Ce marquage constitue une information pour l'ensemble des usagers, mais ne modifie en rien les règles de priorité du carrefour.

Un séparateur «physique» franchissable sera de préférence poursuivi jusqu'en entrée de carrefour. On l'interrompra

⁴⁶ Instruction interministérielle sur la signalisation routière, art. 114-3 (Livre 1, 7^e partie).



2 à 3 mètres avant le passage piétons. Il sera de même interrompu, hors carrefours, au droit de chaque passage piétons.

L'efficacité des voies réservées aux bus et surtout leur sécurité peut-être accrue par l'inscription au sol du mot BUS, notamment dans les circonstances suivantes :

- au droit des passages piétons ;
- aux extrémités du site réservé ;
- en répétition le long du site, notamment avant et après les points singuliers.

Dans le cas d'un site à contresens, le mot BUS sera complété par une flèche directionnelle. Cette disposition sera également retenue, en cas d'ambiguïté, dans le cas de voies bus dans le sens de la circulation générale.

Pour éviter le stationnement à l'emplacement d'un **arrêt de bus**, on aura recours à une ligne zigzag, de couleur jaune, la longueur de l'arrêt étant déterminée en fonction du nombre et de la longueur des bus utilisant l'arrêt. Cette ligne rappelle qu'il est interdit de stationner sur toute la zone marquée. Cette disposition n'a pas lieu de s'appliquer sur les sites propres.

Les sites réservés aux tramways

Un site tramway est « naturellement » marqué par la présence de rails ; il n'est donc en général nécessaire d'avoir recours ni aux damiers en traversées de carrefours ni au marquage en section courante, sauf s'il peut y avoir ambiguïté sur le sens de circulation.

Les traversées de sites réservés aux tramways par les voies routières (ainsi que les principaux accès riverains) comporteront à l'amont du franchissement (à 1,00 m ou 1,50 m du GLO⁴¹) une matérialisation transversale, constituée :

- soit d'une différenciation nette de matériaux, celle-ci devant rester parfaitement perceptible en tous temps (pluie, nuit),
- soit d'un marquage blanc ; en l'absence de réglementation en ce domaine, la ligne de cédez-le-passage, T2 - 0,50 m (carrés de 0,50 m x 0,50 m espacés de 0,50 m) peut être retenue.

La ligne d'effet des signaux (largeur 0,15 m) est insuffisamment perceptible ; la ligne STOP (ligne continue de largeur 0,50 m) peut prêter à confusion, en incitant certains à marquer un temps d'arrêt préjudiciable au bon fonctionnement du franchissement.

Une différenciation des matériaux du site réservé aux transports collectifs, avec, hors carrefours, une légère dénivellation (séparateur franchissable), voire même avec séparateur infranchissable, est toujours préférable (voir quatrième partie - Aménagements en section courante).

2.2. Les passages pour piétons

La cinquième partie - Traversées piétonnes - précise toutes les dispositions y compris réglementaires à mettre en œuvre pour les traversées piétonnes des voies destinées aux transports collectifs.

Signalons toutefois le statut réglementaire particulier du tramway pour lequel le Code de la route ne s'applique pas (à quelques rares exceptions près, voir première partie - Partie réglementaire, ci-avant).

De ce fait, **aucun marquage de traversées piétonnes ne devra être réalisé sur un site réservé aux tramways.**

⁴¹ Gabarit Limon d'Obstacles.
Voir cette définition
à la neuvième partie -
Terminologie.



La continuité du site tramway n'est pas assurée par la traversée. Le piéton devrait se rendre compte de la différence.

Néanmoins la traversée pourra être figurée, à l'aide, par exemple, d'une différenciation de matériaux, lorsque sa continuité n'apparaîtra pas à l'évidence.

La différenciation (longitudinale) entre voies routières et site tramway doit alors toujours être plus forte que celle (transversale) existant, au sein du site tramway, pour matérialiser le cheminement piéton, cette dernière ne devant constituer qu'une indication.

3 La signalisation lumineuse

3.1. La signalisation lumineuse destinée aux conducteurs de véhicules⁴²

3.1.1. Les signaux réglementaires

La signalisation lumineuse destinée aux conducteurs de véhicules pour le franchissement de sites réservés aux transports collectifs, en ou hors carrefours, présente peu de spécificité, en dehors du fonctionnement particulier de certains carrefours à feux (voir à ce sujet la septième partie - Les Carrefours).

Les règles générales d'emploi et d'implantation des différents signaux lumineux doivent - bien entendu - être respectées, en conformité avec les prescriptions du Livre I, 6^e partie. Sont notamment utilisés :

les signaux d'intersection



signaux circulaires

R 11 v (vert sur l'optique du bas)

R 11 j (jaune clignotant sur l'optique du bas)



signaux modaux

R 13 c (vert sur l'optique du bas)

R 13 cj (jaune clignotant sur l'optique du bas) avec pictogramme cycle



signaux directionnels R 14 tg, dtg, d, dtd et td (toujours vert sur l'optique du bas)

les signaux d'anticipation

Les signaux d'anticipation modaux R 15 c (cycles) et R 15 b (bus), ainsi que les signaux d'anticipation directionnels R 16 tg, dtg, d, dtd et td peuvent également être utilisés, à condition cependant, de ne pas compliquer exagérément le fonctionnement des carrefours.

les signaux de contrôle d'accès



Pour des carrefours fonctionnant avec un régime de priorité hors présence de véhicules de transport collectif, carrefours giratoires par exemple, et régis par signalisation lumineuse uniquement à leur approche et leur en présence, le signal R 22 de contrôle de flot peut constituer une solution; il s'agit alors le plus souvent du R 22 j (jaune clignotant sur l'optique du bas);

⁴² Au sens du code de la route, y compris bus (autobus et trolleybus), seuls les tramways, métro et les ferroviaires, sont exclus.

le signal d'arrêt R 24



L'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière, Livre I, 6^e partie prévoit maintenant la possibilité d'utiliser le signal d'arrêt R 24 pour les traversées de lignes de tramways, mais uniquement dans certains contextes bien spécifiques.

Ce signal peut être utilisé en agglomération, pour signaler une traversée de ligne de tramway, à condition que cette traversée se situe dans une intersection routière qui n'a pas lieu d'être équipée de feux tricolores (faible trafic, carrefours giratoires...), ou à proximité de celle-ci ; il doit alors être associé (support commun) à un signal statique C 20 c, et obligatoirement précédé d'une signalisation avancée, constituée du signal A 9.

L'attention du lecteur est cependant attirée sur le fait que bien des conducteurs ignorent la signification de ce signal⁴³ : il y a confusion, dans leur esprit, entre rouge clignotant et jaune clignotant : ils considèrent (à tort) le feu rouge clignotant R 24 comme un signal de danger, et non comme un signal d'arrêt impératif immédiat.

En outre, le feu R 24 ne permet pas la distinction entre le non-fonctionnement du signal (aucun tramway présent ou en approche) et un dysfonctionnement de ce même signal.

Une réflexion doit donc être menée avant toute utilisation du signal R 24 : son implantation n'est donc, en fait, envisageable que lorsque l'installation d'un signal trichrome R 11 s'avère techniquement ou financièrement rédhibitoire.

En règle générale (détection fiable du tramway, présence de signalisation lumineuse destinée aux conducteurs de

tramways, pas de perte de priorité de l'automobiliste à l'aval immédiat de la traversée), le signal R 11 v (feu vert sur l'optique du bas) est à préférer. Dans les autres cas, le R 11 j (jaune clignotant en bas) s'impose.

3.1.2. La prise en compte des véhicules de transport collectif - Le calcul des durées de rouge de dégagement

L'approche des véhicules de transport collectif, tramways notamment, ainsi que leur passage, doivent être traités comme des événements ponctuels, à l'inverse des flux d'automobiles. En outre on doit tenir compte de leur cinématique particulière (freinage, accélération), mais aussi de leur grande longueur, qui peut, dans le cas des tramways, atteindre, voire dépasser, 40 mètres.

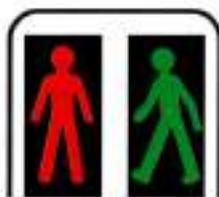
3.1.3. Le fonctionnement au jaune clignotant général

Le jaune clignotant général est un mode de fonctionnement dégradé, généralement dangereux, qui, fortuit ou volontaire, ne saurait se prolonger sans obérer la perception de l'ensemble de l'installation.

Sur un carrefour franchi par un axe lourd de transports collectifs, ce fonctionnement reste heureusement très exceptionnel. En l'absence de panneaux de priorité, le jaune clignotant général implique que les conflits entre véhicules sont réglés par le régime de la priorité à droite, complété le cas échéant par la priorité à laisser aux tramways. Des consignes seront néanmoins données aux conducteurs de tramways pour franchir les intersections avec la plus grande prudence.

⁴³ Au moins lorsqu'il n'est pas associé à des barrières de passage à niveau.

3.2. La signalisation lumineuse destinée aux piétons



Le seul signal dynamique utilisable est le signal réglementaire R 12, constitué de deux feux (figurines), vert et rouge. Aucun autre type de signalisation destiné aux piétons ne peut être rendu dynamique.

En règle générale, au sein d'un aménagement de carrefour à feux, l'ensemble d'une traversée d'une voirie, constituée de deux ou plusieurs traversées successives de couloirs de circulations, doit être équipé en totalité de signaux piétons. Quelques cas particuliers, notamment à proximité immédiate de stations méritent réflexion ; pour ce faire, on se reportera à la cinquième partie - Les traversées piétonnes.

3.3. La signalisation lumineuse d'intersection destinée aux conducteurs de tramways

3.3.1. Les signaux

Des signaux spécifiques R 17, R 18 g et R 18 d, destinés exclusivement aux conducteurs de tramways se substituent aux feux modaux R 13 t, R 13 tj et aux signaux d'anticipation TRAM R 15 t.

Ces signaux ont été introduits dans l'arrêté du 24 Novembre 1967 modifié, article 7, et dans l'Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière (Livre I, 6^e partie).

Ces signaux sont similaires aux traditionnels signaux tricolores, tant par leur forme que par leurs dimensions, mais ils

diffèrent totalement par les couleurs et les signes qu'ils présentent ; ils comportent successivement, de haut en bas :



- une barre horizontale blanche sur fond noir ;
- un disque blanc sur fond noir ;
- une barre verticale blanche sur fond noir.

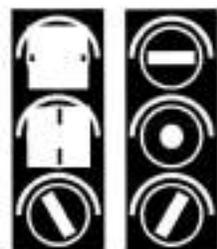
Ces feux sont destinés à être implantés aux intersections avec des voies routières ou aux traversées piétonnes réglées par signalisation lumineuse.

La **barre horizontale blanche** (fixe) signifie interdiction de passer la ligne d'effet du signal (équivalent du rouge).

Le **disque blanc fixe** constitue une annonce du signal d'interdiction de passer (barre transversale). Le conducteur de tramway est tenu de s'arrêter sauf dans le cas où, à l'allumage de ce signal, il ne puisse plus arrêter son convoi dans des conditions de sécurité suffisante pour ses passagers (sensiblement équivalent du jaune).

La **barre verticale blanche** (fixe) signifie autorisation de passer la ligne d'effet (équivalent du vert).

Seul le disque central peut être **clignotant**, ce qui a alors pour objet d'attirer l'attention des conducteurs de tramways sur un danger particulier (équivalent du jaune clignotant de sécurité). Bien que les tramways bénéficient d'une priorité de passage, leurs conducteurs doivent alors faire preuve de la plus grande prudence.



Dans le cas d'une bifurcation de lignes de tramway, la barre verticale peut éventuellement être inclinée vers la gauche (signal R 1B g) ou vers la droite (R 1B d), pour indiquer le mouvement correspondant.

Cette disposition est facultative et laissée à l'appréciation de l'exploitant, qui peut lui préférer l'utilisation d'un seul feu R 17 associé à une signalisation ferroviaire d'indication d'itinéraire, donnant la position de l'aiguille.

Aucun autre message dynamique destiné aux conducteurs de tramways ne relève de cette signalisation, mais de la signalisation dite d'exploitation (cf. ci-après, page 45).

La confirmation de prise en compte prioritaire peut être associée à la signalisation d'intersection.

L'annonce d'autorisation de passer la ligne d'effet peut également l'être; toutefois, cette disposition doit rester exceptionnelle (par exemple stations immédiatement à l'amont d'un carrefour à feux).

La nature des signaux correspondants à ces deux fonctions est laissée à l'appréciation de l'exploitant, sous réserve que ces signaux d'exploitation ne puissent se confondre, ni par la forme, ni par la couleur, ni par la taille, avec les signaux réglementaires.

Ils doivent être physiquement dissociés des feux de signalisation, afin de ne pas en gêner la perception.



Pas de confusion possible entre signaux tricolores, destinés aux automobiles, et signaux à barre blanche, destinés aux tramways.

3.3.2. Les règles d'emploi

Les règles générales d'emploi des signaux lumineux d'intersection figurant dans l'Instruction Interministérielle sont applicables.

Néanmoins, les signaux R 17 et R 1B peuvent exceptionnellement être implantés **immédiatement** à gauche de la voie de tramway concernée.

La durée du disque blanc est obligatoirement (comme le jaune fixe) soit de trois, soit de cinq secondes; une durée de trois secondes est cependant préférable, une durée plus grande pouvant inciter au franchissement des carrefours à vitesse élevée.

Pour la détermination des durées de dégagement, il est préférable, pour les tramways, d'avoir recours à une détection permettant de s'assurer que ce véhicule a dégagé la

zone de conflit, avant d'engager la phase suivante ; à défaut, on doit tenir compte de la cinématique particulière de ces matériels (freinage, accélération), ainsi que de leur grande longueur.

Rappelons que dans tout carrefour à feux, tous les courants de véhicules doivent être gérés par des signaux tricolores. Pour les carrefours à feux avec tramway, la règle doit être encore plus intangible : aucun accès, même avec trafic très faible, ni avec courant très faiblement conflictuel ne sera admis sans signal tricolore.

Lorsqu'une signalisation lumineuse équipe une traversée d'un site tramway par une chaussée (signaux R 11, R 14 ou encore R 24), ou par un cheminement piétonnier (signal R 12, figurines piétons), une signalisation destinée aux conducteurs de tramways lui est obligatoirement associée, dans un but évident de sécurité.

En effet, comme pour toute installation de feux de signalisation, les défauts de fonctionnement les plus graves doivent être contrôlés en permanence :

- allumage simultané au signal d'autorisation de franchir la ligne d'effet (vert ou jaune clignotant sur le feu du bas ou encore barre verticale) de deux signaux antagonistes ou «verts en croix» ; on y ajoutera le non-fonctionnement du R 24 alors que le tramway dispose de la barre verticale ;
- défaut de rouge sur un signal principal d'une entrée de véhicules (automobiles) ou de barre transversale sur un (quelconque) signal tramway.

La détection de tels défauts entraîne le passage de toute l'installation au jaune clignotant général, voire même de préférence, pour certains carrefours, l'extinction.

3.3.3. Les cas des tramways en site banal et des sites tramways autorisés à d'autres véhicules

Lorsque le tramway circule en site banal, ou lorsque l'accès à un site tramway est autorisé à d'autres véhicules (autres que les seuls véhicules d'urgence), en permanence ou à certaines heures seulement, il est nécessaire d'installer des signaux tricolores conformes à la réglementation à l'arrivée aux carrefours à feux.

Sur site banal, où la circulation des automobiles est régulièrement autorisée, l'installation des seuls signaux R 17 ou R 18 n'est pas autorisée ; des feux tricolores leur seront alors obligatoirement associés ou substitués.

Il en est de même pour les intersections en limite de zone mixte piétons (tramway) ou de zone à accès contrôlé.

Rappelons qu'en vertu de l'article R. 228 1^{er} b du Code de la route, les conducteurs de tramways sont tenus, en l'absence de signalisation spécifique, de respecter la signalisation tricolore.

La signalisation d'exploitation

4

On entend par signalisation d'exploitation toute signalisation destinée exclusivement aux exploitants du tramway, à l'exclusion de la signalisation lumineuse d'intersection.

Il peut s'agir de signalisation statique ou dynamique, de prescription (rappels de dispositions du Règlement d'Exploitation par exemple) ou de simple indication.

Le signal de confirmation de prise en compte prioritaire aux intersections, ainsi que celui d'annonce d'autorisation de passer la ligne d'effet des feux en font partie.

Cette signalisation ne fait l'objet d'aucune réglementation sur domaine routier. Elle est laissée à la libre appréciation de l'exploitant, **sous réserve qu'elle ne puisse se confondre, ni par la forme, ni par la couleur, ni par la taille, avec les signaux réglementaires**.

Ils devront en être physiquement dissociés, de manière à ne pas en gêner la perception ; les signaux réglementaires et les signaux d'exploitation pourront néanmoins être implantés sur support commun, sous réserve que la distance verticale les séparant soit au moins égale à 300 mm.

En particulier, aucun signal lumineux vert, jaune ou rouge, fixe ou clignotant destiné aux tramways (signaux «de cantonnement», par exemple) ne doit être perceptible par les autres conducteurs de véhicules.

De même, il convient de ne pas employer de panneaux routiers (signaux d'intersection, de danger, d'interdiction...) à usage d'exploitation. On utilisera de préférence des signaux de connotation ferroviaire, afin d'éviter tout risque de confusion pour les automobilistes.



L'utilisation de ces signaux ne laisse aux automobilistes aucune possibilité de confusion avec des signaux réglementaires routiers qui leur sont destinés.

Conclusion

Le développement important que nous connaissons actuellement en matière de transports collectifs de surface, avec aménagement d'un maximum de sites réservés, qu'il s'agisse de bus, de tramways ou autres systèmes intermédiaires, nécessite la mise en place d'une signalisation parfaitement adaptée.

Cette signalisation, même si elle peut paraître, en premier abord, relativement complexe, part d'une logique assez simple, logique qui, bien respectée, permettra, associée à un aménagement bien conçu, une bonne lisibilité de l'ensemble, gage de la réussite de l'aménagement.

T R O I S I È M E P A R T I E

L'insertion géométrique et cinématique des matériels roulants



L'objet de cette partie n'est pas de décrire en détail l'ensemble des caractéristiques des matériels roulants sous forme de catalogue⁴⁴, mais d'en présenter les plus pertinentes, en regard notamment :

- des contraintes d'insertion dans le site, tant au niveau des emprises, des profils en long, que des contraintes de giration,
 - des installations fixes nécessaires (voie, alimentation en énergie) et de leur insertion,
- mais aussi, d'une manière plus générale,

- du choix d'un type de matériel en fonction de la demande, de la fréquentation à écouler (capacité), en situation actuelle et à terme (évolution de l'urbanisation, restructuration et développement du réseau de transports urbains,...),

- de l'attractivité pour la clientèle : accessibilité, confort,...

Une méthode de détermination de la largeur des voies ou sites réservés est également proposée, ainsi que quelques éléments de géométrie pour l'insertion des voies de tramway.

Ce guide concerne exclusivement les transports collectifs de surface, sur voirie ; ne donc sont pris en compte ici que :

- les **véhicules routiers** : gamme bus, à moteur thermique (autobus), ou électrique (trolleybus) ;
- les véhicules ferroviaires, de type tramway.

Néanmoins, des **systèmes intermédiaires** sont actuellement proposés sur le marché. Il ne s'agit actuellement, à l'exception d'un seul, le TVR⁴⁵, que de projets de systèmes en cours de recherche et de développement, voire de prototypes.

• Les véhicules routiers

Les **autobus**, à propulsion thermique, **standard** (longueur 12 mètres) ou **articulés** (18 mètres, 2 caisses)⁴⁶, sont proposés par de nombreux constructeurs européens, notamment.

La propulsion se fait généralement à l'aide d'un moteur Diesel, mais on assiste à l'apparition de véhicules équipés au **gaz naturel comprimé** (GNC)⁴⁷, moins bruyants et moins polluants. Il existe également des véhicules fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié (GPL).

Six réseaux seulement, en France, ont conservé des **trolleybus** (Grenoble, Limoges, Lyon, Marseille, Nancy⁴⁸ et Saint-Étienne). Ces véhicules **électriques**, alimentés par une double ligne aérienne (600 à 750 volts, courant continu), par l'intermédiaire de perches, sont parfois équipés d'un moteur Diesel leur permettant de s'affranchir de l'alimentation électrique, soit en dépannage ou pour manœuvres (cas général, moteur de faible puissance), soit pour une utilisation courante sur certains tronçons de lignes (trolleybus articulés bimodes de Nancy).

⁴⁴ Pour de plus amples informations, le lecteur pourra consulter l'ouvrage : *matériels français de transports collectifs urbains* CETUR, DTI, 1988 (mise à jour en cours).

⁴⁵ Transport sur Voie Réservée, homologué, constructeur Bombardier.

⁴⁶ D'autres tailles moins courantes existent sur le marché européen : 9 mètres, 15 mètres isocoréales, non conforme au Code de la Route français, sans ouvrir aux deux extrémités, les minibus et le «Nigabus» (24 mètres, deux articulations), dont seuls quelques exemplaires circulent à Berlesau.

⁴⁷ Dit également gaz naturel pour véhicules (GNV).

⁴⁸ Encore s'agit-il pour cette ville d'une création récente ex nihilo (1982).



Un trolleybus ET 100 à Lyon. Ces trolleybus datent de la fin des années 70.

Il existe des **trolleybus standard** et des **articulés**. Leur fabrication est, pour l'instant, arrêtée en France, compte tenu de la étroitesse du marché. Plusieurs constructeurs européens proposent des matériels.

À noter que différents matériels bimodes sont en cours de développement : thermique (Diesel ou GNC) et/ou électriques (trolley) + batteries.

• Les tramways

Les tramways sont des matériels **strictement ferroviaires** (utilisant le roulement roue métallique/rail, dit fer/fer), généralement constitués de deux ou trois caisses en alliage léger, et reposant sur des bogies. Ils peuvent être couplables. En France, après leur éviction quasi-totale au cours des années 50 et 60^{es}, leur renouveau a été impulsé par la création des réseaux de Nantes (1985) et de Grenoble (1987).



Un tramway à Grenoble. Il s'agit du «tramway français standard» de 2^e génération, à plancher bas partiel. Il circule également dans les agglomérations parisiennes et rouennaise.

Ils sont mus à l'aide de moteurs électriques (généralement alimentés en 600 à 750 volts courant continu), alimentés à l'aide d'une ligne aérienne simple par l'intermédiaire d'un pantographe.

Ces matériels, de grande capacité, sont en pleine mutation technologique depuis une dizaine d'années, avec notamment le développement des véhicules à plancher bas, intégral ou non, offrant une excellente accessibilité, et des matériels modulaires, avec plusieurs gabarits possibles (de 2,20 à 2,85 mètres), mais aussi un **design** à la demande.

Ils sont produits par plusieurs groupes industriels européens.

Des matériels, tramways d'interconnexion, (généralement bi- ou polycourants) aptes à circuler à la fois sur voirie et sur emprises ferroviaires traditionnelles (hors voirie) existent dans certaines villes européennes (Karlsruhe, Sarrebruck, des projets similaires existent à Mulhouse, Nantes, Luxembourg...).

• Les systèmes intermédiaires

Un certain nombre de systèmes intermédiaires, allant du bus assisté pour l'accostage en station, au tramway léger, sont proposés par différents constructeurs européens.

Ces différents matériels, le plus souvent en cours de développement ou d'expérimentation diffèrent entre eux essentiellement :

- par leur mode de guidage (1 rail central, 2 rails, guidage optique...);
- par leur mode de roulement (roue métallique sur rail, pneumatique sur piste de roulement...).

48 Au début des années 1980, il ne subsistait que 3 lignes de tramway en France, à Lille, Marseille et Saint Etienne, seule cette dernière ville ayant conservé son tramway en centre-ville.

Ils sont généralement bimodes, avec une autonomie plus ou moins grande (moteur thermique, accumulateurs...).

On pourra notamment citer, en France, le CMS (RVI-Matra), les TRANSLOHR (Lohr-Industrie), le TVR (Bombardier-Eurorail), tous trois systèmes guidés sur pneus, et le STIF (Alstom) qui, en fait, est un tramway léger.



Le TVR de Nancy; système intermédiaire en cours de mise au point finale.

Un système de transport adapté à la demande

Le choix du mode ne constitue pas l'objet de ce guide ; néanmoins, la connaissance des limites et des possibilités des principales familles de matériels et d'infrastructures présente un certain intérêt pour le lecteur, tant en ce qui concerne la desserte et son adaptabilité qu'en ce qui concerne la capacité et sa modularité.

• Le bus standard

De longueur voisine de 12 m, maximum fixé par le Code de la route⁵⁰, il vise toutes les tailles d'agglomérations, pour leurs réseaux maillés, ainsi que les lignes de rabattement sur les axes lourds. Il s'agit alors le plus souvent de lignes omnibus, sur une large gamme de distance, en général de l'ordre de 3 à 15 kilomètres.

La desserte est très facilement adaptable, au moins en ce qui concerne les autobus, à traction autonome. Pour les **trolleybus**, il est nécessaire de déplacer les lignes aériennes pour des modifications d'itinéraire. Le moteur thermique auxiliaire permet, dans certains cas, de s'affranchir de cette contrainte, *a fortiori* pour les versions bimodes.

Avec une **capacité** unitaire de 70 personnes environ⁵¹, la capacité d'une ligne peut être évaluée à 1 000 voy./h/sens, avec un intervalle moyen entre véhicules de 4 minutes. Il est possible d'aller au-delà de ce chiffre, moyennant une augmentation des fréquences, avec alors, souvent, une exploitation plus difficile et/ou une dégradation du niveau de service (irrégularité...).

Il n'existe pas d'autre possibilité de modularité de la capacité, sauf à remplacer les bus standards par des articulés.

• Le bus articulé

De longueur maximale fixée réglementairement à 18 m, il est destiné au même type de desserte, mais pour les lignes les plus fréquentées.

La desserte présente la même souplesse et les mêmes contraintes qu'avec les bus standards.

Avec une **capacité** unitaire de 100 places environ, la capacité passe à 1 500 voy./h/sens, avec un même intervalle moyen de 4 minutes. On peut, dans les mêmes conditions, atteindre 3 000 voy./h/sens (avec un intervalle de 2 minutes). Ceci peut permettre, moyennant mise en place de sites propres, d'envisager la constitution d'un axe lourd, par exemple pour une agglomération de taille moyenne, jusqu'à 200 000 habitants environ.

• Le tramway

Matériel de type ferroviaire, il est généralement constitué d'éléments de 20 à 40 m de longueur, éventuellement couplables entre eux. La réglementation ne fixe pas de longueur maximale pour ce type de matériels, les matériels de longueur supérieure à 40 mètres pouvant cependant poser de sérieuses difficultés d'insertion en milieu urbain. Il est destiné aux axes lourds, au réseau armature, dans des tissus urbains denses, a priori pour des agglomérations d'au moins 200 000 habitants. Il peut éventuellement, dans de grandes métropoles, venir compléter le maillage d'un mode plus lourd (métro, RER). Les services concernés doivent avoir des fréquences attrayantes, sur des lignes de 7 kilomètres au moins, avec des interstations de l'ordre de 400 à 500 mètres au minimum.

⁵⁰ Article R. 61.
⁵¹ 4 voyageurs debout/m²,
même site de confort.

La desserte est très difficilement adaptable; la continuité du système au niveau de la voie est impérative. Avec certains nouveaux matériels, il est néanmoins possible d'envisager une plus ou moins grande autonomie de traction.

La **capacité** est évidemment fonction de la longueur choisie pour le matériel. Avec des rames de 30 mètres, d'une capacité unitaire de 175 places⁵², la capacité s'établit à 3 500 voy./h/sens environ, pour un intervalle moyen de 3 minutes, qui peut être obtenu dans de bonnes conditions d'exploitation, dans le cadre d'un aménagement avec un maximum de sites propres. Avec des rames de 40 mètres et un intervalle réduit à une minute et demie, il est possible d'approcher 10 000 voy./h/sens, dans des conditions d'exploitation, il est vrai, des plus délicates.

Les matériels les plus récents sont de construction modulaire et effectivement modulables, permettant d'adapter la capacité à la demande, par adjonction (ou plus rarement suppression) de modules d'une dizaine de mètres en général.

• Les systèmes intermédiaires

Ils visent, pour la plupart, le même créneau que les tramways, mais avec un objectif de coût et une capacité en général moindres, ce qui leur permet d'envisager leur implantation dans des villes de taille plus réduite (de l'ordre de 100 000 habitants).

Suivant le type de matériel, la desserte est plus ou moins facilement adaptable (guidage débrayable ou non), le matériel s'apparentant alors plus soit à un trolleybus soit à un tramway.

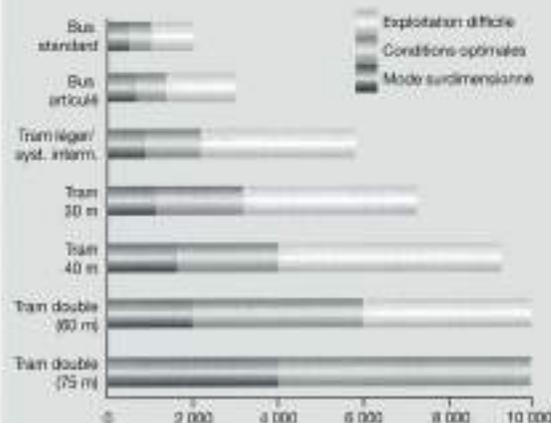
La **capacité** maximale unitaire ne peut guère excéder 140 à 170 places⁵⁷ pour un véhicule de 24,50 m de longueur,

longueur maximale autorisée pour un véhicule à 3 caisses par le Code de la route⁵³, code auquel doivent se soumettre la plupart de ces matériels, qui ne sont, pour la plupart, à l'heure actuelle, pas conçus comme modulables.

Le diagramme ci-après permet de donner une idée de l'adéquation du mode de transport en terme de capacité.

La capacité unitaire des différents modes est déterminée sur la base de 4 voyageurs debout par mètre carré. Les conditions sont réputées optimales, dès lors que les intervalles moyens en heure de pointe sont au plus de 10 minutes (7 min. $\frac{1}{2}$ pour le métro et au moins de 5 minutes pour les bus et de 3 minutes $\frac{1}{2}$ pour les tramways et systèmes intermédiaires (3 minutes pour les métros). L'exploitation peut être rendue difficile par des intervalles plus réduits. Les espacements inférieurs à 2 minutes pour les bus ou à 1 min. $\frac{1}{2}$ pour les systèmes ferrés et intermédiaires ne sont pas pris en compte ici, sachant qu'ils restent néanmoins possibles pour les métros automatiques.

CAPACITÉ COMPARÉE DES DIFFÉRENTS MODES
(voyageurs/heure/sens)



À titre de comparaison, une autoroute à 2 x 3 voies permet d'évacuer 6 000 véhicules par heure et par sens soit environ 7 000 personnes par heure et par sens avec le taux moyen d'occupation constaté de 1,15 personne par véhicule.

⁵² 4 voyageurs debout/m², norme dite de confort.

⁵³ Article R. 81.

Un matériel attractif 2

Outre les modalités d'exploitation (fréquence, régularité, finesse de la desserte), le type de matériel, ainsi que son niveau de confort, ont un impact fort en termes d'image des transports collectifs.

• L'accessibilité

Elle est très importante, non seulement en termes de confort et d'image, mais également en termes d'exploitation : une bonne accessibilité peut permettre des gains de temps non négligeables en station.

Le **nombre de portes** est un paramètre important d'accessibilité. Il est généralement de 2 ou 3 portes (de 1,20 m) pour les bus standards, 3 ou 4 pour les articulés. Pour les tramways et systèmes intermédiaires, le nombre de portes est variable et bien entendu fonction de la longueur des matériels. Certains réseaux préfèrent, pour mieux lutter contre le phénomène de fraude, imposer, au moins pour les bus, la montée par l'avant du véhicule, en limitant le nombre de portes.

La **hauteur de plancher** à l'intérieur du véhicule en est l'autre composante essentielle.

Avec les véhicules traditionnels, cette hauteur est généralement comprise entre 550 et 700 mm, voire plus, ce qui suppose un emmarchement plus ou moins pénalisant. Un grand nombre de réseaux s'équipent actuellement de bus à plancher bas, 350 à 450 mm sur une partie importante de la longueur de ces véhicules ; cette hauteur peut être ramenée à moins de 250 mm avec un système d'agenouillement.

Tous les tramways français récents sont à plancher bas, 300 à 350 mm, sur tout ou partie du véhicule. Les divers systèmes intermédiaires proposent également un plancher bas.

Un constructeur européen propose un tramway avec plancher à moins de 200 mm, avec agenouillement à 100 mm.

Ce plancher bas ne trouve son plein intérêt que si l'accostage en station est parfait et permet un accès de plain-pied du quai vers l'intérieur du véhicule et vice-versa. Cette condition est réalisée *ipso facto* dans le cas des tramways modernes en site propre. Elle nécessite par contre, le plus souvent, pour le cas des bus des réaménagements de points d'arrêt.



Bus à plancher bas. Une bonne accessibilité est conditionnée par l'utilisation de véhicules à plancher bas, l'aménagement de quais adaptés et un bon accostage.

- **L'impact sur l'environnement**

En termes de bruit et d'émission de polluants, il constitue également un des soucis majeurs. Le faible niveau sonore et l'absence de pollution constituent un des avantages des divers matériels électriques, trolleybus et tramways notamment. Il faut cependant noter l'avantage qu'apportent, en matière de bruit et de pollution, les bus au gaz, GPL et surtout GNC.



Axibus Agora fonctionnant au gaz naturel.

On notera *a contrario*, en ce qui concerne les tramways, que si leur niveau de bruit mécanique (motorisation, transmission) est effectivement très faible, il convient de tenir compte du bruit de roulement et des vibrations, pour lesquelles des précautions doivent être prises, afin d'éviter leur propagation aux immeubles riverains.

L'insertion géométrique et cinématique

3

3.1. Les dimensions des véhicules – Le gabarit statique

Le gabarit des véhicules routiers est fixé par l'article R. 61 du Code de la route. Leur largeur ne doit pas excéder 2,55 mètres, leur longueur 12,00 m s'il s'agit de véhicules à une seule caisse (bus standard) et à 18,00 m pour les véhicules à deux caisses (bus articulés). Ces longueurs n'incluent pas, dans le cas des trolleybus, le débord des perches et dispositifs enrôleurs. Pour les véhicules tricaisses, la longueur maximale hors tout est fixée à 24,50 m (y compris le cas échéant débord des perches et dispositifs enrôleurs).

La largeur des tramways peut différer très fortement d'un réseau à un autre. Elle peut varier de 2,20 mètres, voire moins, pour certains réseaux anciens, jusqu'à 2,65 m, voire plus. Les plus faibles largeurs facilitent l'insertion dans des emprises réduites. À l'opposé, un gabarit confortable donne un meilleur confort à l'usager (sensation d'espace) et facilite l'interconnexion en vue de dessertes périurbaines (le gabarit SNCFSM est voisin de 3 mètres).



Le gabarit réduit (2,10 m) a rendu réalisable le complexe essai du tramway péripicard par des bus. C'est ce qui lui a valu sa note.

Leur longueur unitaire varie généralement de 20 à 40 mètres, et ils peuvent être couplés pour former alors des rames de 40 à 60 mètres, voire plus, les rames de 50 mètres ou plus étant généralement réservées à des cas spécifiques (interconnexion, périurbain...).

La hauteur des différents types de véhicules varie de 3,00 mètres pour les bus à 3,25 mètres environ pour les trolleybus, avec les équipements électriques en toiture et à 3,50 mètres pour les tramways, y compris pantographe replié. La hauteur de la ligne aérienne peut varier généralement de 3,50 m à 6,00 m dans le cas des trolleybus (perches) et de 3,60 m à 6,50 m dans le cas des tramways (pantographe).

SM Plus précisément UIC (Union Internationale des Chemins de fer).

3.2. Les contraintes d'insertion

• Le tracé en plan

Le **rayon minimum** acceptable, qui descend à 9 mètres environ pour les bus, constitue un «challenge» pour les différents constructeurs de tramways et de systèmes intermédiaires. Le seuil des 20 mètres est franchi pour les tramways; pour les systèmes intermédiaires, le rayon minimum est compris entre 10 et 15 mètres.

Même si cette valeur minimale peut présenter un certain intérêt dans les voies de service (centre de maintenance), ainsi que pour l'insertion dans des secteurs particulièrement difficiles, il convient d'en limiter l'emploi à ces cas très spécifiques, les faibles rayons induisant :

- un vieillissement prématuré de l'infrastructure et du matériel;
- une réduction drastique des vitesses;
- un inconfort notoire des passagers;
- des nuisances pour l'environnement (grincements...).

• Le profil en long

La **pente** est limitée par le coefficient d'adhérence (cas des matériels ferroviaires), par le couple mobilisable (cas des autobus) ou par le confort des usagers (composante longitudinale de l'accélération de la pesanteur, cas des trolleybus et systèmes intermédiaires assimilables).

On peut, en première approche, avancer les valeurs suivantes :

- autobus et systèmes intermédiaires : 10 à 13 %⁵⁵;
- trolleybus : environ 13 %
- tramways : 9 à 10 % (90 à 100 %⁵⁶) en adhérence totale (toutes les roues motrices); dans le cas contraire, appliquer

un coefficient de réfraction égal au taux de motorisation, rapport de la masse adhérente (masse sur les seules roues motrices) à la masse totale.

• **Pour les tramways**, on ne cumulera jamais courbe de faible rayon et forte rampe. Dans les courbes, la rampe maximale, exprimée en ‰ subira une réfraction égale à $800 / R$, R étant le rayon exprimé en mètres.

En station, la pente maximale sera normalement limitée à 20 ‰ (voir sixième partie), de même que sur les voies de manœuvre ou encore en terminus, de façon à éviter tout risque de dérive de véhicule dont les freins n'auraient pas été bloqués. Tout dépassement de cette valeur sera nécessairement conditionné par l'obtention de l'agrément du fabricant de matériel roulant.

3.3. Les éléments cinématiques et de confort dynamique

Le tableau ci-après donne quelques indications sur les performances des différents matériels, en termes de vitesses maximales, d'accélération et de freinage. Il s'agit d'ordres de grandeur.

La **vitesse maximale** est fonction de la motorisation et de la chaîne cinématique des véhicules. Les vitesses réellement pratiquées en ligne peuvent varier de 15 km/h, voire moins, à plus de 50 km/h, suivant la nature du tissu urbain traversé, le type d'aménagement, la fréquence des carrefours, la réglementation et la géométrie (tracé, profil en long...).

Pour les **accélérations**, il s'agit d'une valeur moyenne de 0 à 40 km/h, en palier.

⁵⁵ 13 ‰ constitue également une limite liée au confort des passagers.

⁵⁶ Les pentes sont généralement exprimées en ‰ (au mètre par mètre) dans le domaine ferroviaire.

	Vitesse maximale km/h	Accélération 0 à 40 km/h m/s ²	Freinage m/s ²
Autobus (standard et articulé)	65 à 90	0,7 à 0,9	normal: 1 à 1,5 urgence: 5,5 à 8
Trolleybus (standard et articulé)	55 à 70	1,1 à 1,2	
Tramway	60 à 80	0,8 à 1,1	normal: env. 1,25 urgence: 2,75 à 3
Systèmes intermédiaires sur pneus	50 à 70	Performances voisines de celles des trolleybus	

Un passager debout peut supporter des accélérations (longitudinales, freinage ou accélération, ou transversales, effet de la force centrifuge dans les courbes) allant jusqu'à 2 m/s² (0,2 g), pourvu que la variation instantanée de celle-ci («à-coup» ou «jerk») ne dépasse pas 0,6 à 0,7 m/s³ (0,06 à 0,07 g/s). Les performances indiquées ci-dessus sont cohérentes avec ces valeurs, sauf en ce qui concerne le freinage d'urgence, dont l'utilisation peut entraîner des chutes de personnes à l'intérieur des véhicules, ainsi qu'une usure anormale des éléments de roulement (méplats sur les roues); elle est donc à réserver aux cas extrêmes.

Dans le cas des tramways, pour un bon confort des passagers, on s'efforcera de limiter les variations instantanées d'accélérations ou à-coups à environ 0,4 m/s³ (0,04 g/s), tant en accélération et freinage que dans les courbes, sous l'effet de la force centrifuge transversale. L'accélération transver-

sale ressentie sera, quant à elle, limitée à environ 1 m/s² (0,1 g). La limitation de l'accélération verticale à 0,2 m/s² (0,02 g) ne pose généralement pas problème dans le cas des tramways.

Ces conditions permettent de ne pas dépasser une accélération résultante de 1,5 m/s² et un jerk de 0,6 m/s³, avec des clothoïdes de longueur relativement faible et surtout des déports de courbes compatibles avec le milieu urbain, tout en assurant un compromis satisfaisant entre les vitesses pratiquées et le confort des passagers.

Dans le cas des bus, ces conditions sont plus difficiles à satisfaire, du fait des trajectoires beaucoup moins satisfaisantes des véhicules (carrefours, giratoires notamment), des dégradations des chaussées, ainsi que des nombreux obstacles rencontrés (émergences, ralentisseurs, dénivellations...).

On s'efforcera cependant au maximum de les satisfaire, au moins sur sites réservés.

Les généralement éléments de géométrie figurant plus loin tiennent compte des notions de confort développées ci-dessus.

4

Les contraintes liées aux équipements et installations – Les lignes aériennes

L'avantage des **autobus** réside, à ce point de vue, dans l'absence de toute contrainte d'équipement ou installation, qu'il s'agisse d'alimentation en énergie (ligne aérienne simple ou double) ou de dispositif de guidage.

Les **trolleybus** nécessitent une double ligne aérienne (+ et -), la tension étant généralement comprise entre 600 et 750 volts, courant continu. La continuité de cette double ligne aérienne est plus ou moins impérative, suivant le degré d'autonomie (bimodalité) des véhicules.

Les **tramways** ne nécessitent qu'une ligne aérienne simple, le retour du courant électrique s'effectuant par les rails. En milieu urbain, la tension est généralement de 750 volts, courant continu, quelquefois 600 volts. Il ne peut être question de s'affranchir de la continuité des rails, jusque et y compris dans les centres de maintenance et autres lieux de garage.

Les **systèmes intermédiaires** s'apparentent plus ou moins, suivant leur type, aux trolleybus ou aux tramways :

- la ligne aérienne peut être simple ou double, sa continuité impérative ou non ;
- la continuité du dispositif de guidage est nécessaire ou non.

Les **dispositifs de retournement** aux terminus et aux terminus partiels sont plus ou moins contraignants, en fonction des éléments ci-dessus et suivant le degré de réversibilité des matériels.

Les **soutiens de lignes aériennes** posent un double problème d'insertion :

- insertion visuelle ;
- insertion au plan de la sécurité, ces supports constituant des obstacles particulièrement redoutables sur ou à proximité de voies circulées.

Il est particulièrement recommandé, à ce double point de vue, et chaque fois que cela est possible, d'avoir recours aux **ancrages en façades**. À défaut, l'implantation des supports sera faite de manière à réduire au strict minimum les risques de chocs de véhicules sur ces supports, mais aussi de réduire les risques d'aggravation de collision tramway - automobile par la proximité de supports de ligne aérienne.

Un certain nombre de contraintes techniques viennent cependant - bien entendu - limiter les possibilités d'implantations.

La détermination de la **hauteur des lignes aériennes**, comme celle de leur positionnement latéral, obéit à un certain nombre de règles qu'il est impossible de transgresser : si, pour un tramway, la hauteur de la ligne de contact peut varier de 3,60 m à 6,50 m, la variation de hauteur doit être progressive, l'angle entre plan des rails et ligne aérienne ne devant pas dépasser, suivant les matériels et les vitesses pratiquées, 3° à 4° (pente 5 à 7 ‰).

Cette disposition permet d'insérer relativement facilement la ligne aérienne sous un passage supérieur, mais limite d'autant le gabarit disponible sous cette même ligne aérienne à proximité de ce même passage supérieur.



Abaissement d'une ligne aérienne à proximité du passage sous un ouvrage d'art.

La largeur des sites réservés

5

- La largeur des voies parcourues par des transports collectifs

5.1. Les principes généraux

Chaque mobile sur l'espace public, piéton, cycliste, automobile, bus, tramway occupe un espace délimité par un gabarit.

À l'arrêt, ce **gabarit**, dit alors **statique**, se définit assez simplement à l'aide de dimensions extérieures (largeur maximale ou à différentes hauteurs et hauteur maximale) ; il s'agit donc de fait d'un contour de référence.

En mouvement **en ligne droite**, il conviendra de majorer ce gabarit, pour tenir compte de différents mouvements accessoires :

- en mode non guidé, la trajectoire est imparfaite ;
- quel que soit le mode, guidé ou non, du fait des inégalités plus ou moins fortes du support, des débattements de suspensions, ainsi que d'autres paramètres auxiliaires, d'autres mouvements parasites sont à prendre en compte :
 - mouvements de translation dans le sens transversal (tamis) et dans le sens vertical (pompage) ;
 - mouvements de rotation autour de l'axe longitudinal (roulis), de l'axe transversal (tangage) et enfin de l'axe vertical (acet).

En courbe, des surlargeurs sont à prévoir :

- du fait des dévers (inclinaison de caisse), vers l'intérieur de la courbe ;
- du fait de la longueur des caisses, il conviendra d'introduire une surlargeur en intérieur de courbe (ventre), ainsi qu'en extérieur de courbe (cote).

Pour les **modes guidés**, le calcul devra être mené avec précision (tracé de la voie, caractéristiques géométriques des véhicules). On détermine ainsi un **gabarit dynamique**.

Pour les **bus**, des épures de giration seront tracées. On pourra, par exemple, utiliser le programme **GIRATION**.

Enfin, des surhauteurs (lignes aériennes, passages supérieurs, zones souterraines) sont à prévoir, en fonction du dévers et des raccordements de **profil en long** (creux et bosses).

Le **gabarit limite d'obstacle** sera obtenu par ajout au gabarit dynamique d'une lame d'air (de l'ordre de 0,15 m).

Concrètement, à titre d'exemple, pour le **tramway français standard (TFS)** de 2,30 m de largeur de caisse (soit 1,15 m de part et d'autre de l'axe de la voie), les cotes minimales à respecter, en alignement droit, par rapport à l'axe de la voie, sont :

• en site protégé inaccessible ⁵⁷ latéralement, bordure du séparateur :	1,40 m
• en site protégé accessible ⁵⁷ latéralement, bord de chaussée :	1,70 m
• en site banal ⁵⁷ avec bande cyclable séparée, bord de la bande cyclable :	1,70 m
• axe de support de ligne aérienne (largeur 200 mm) :	1,70 m

⁵⁷ Cf. définition dans la neuvième partie.

5.2. La largeur des voies bus – Détermination rapide

Pour les voies ou sites réservés aux bus, le tableau suivant donne des largeurs indicatives, en fonction de la vitesse pratiquée :

Vitesse bus ⁵⁸	Largeur normale par voie (jusqu'à la borne ou jusqu'à l'axe du marquage)	Avec bande de stationnement contiguë
10 km/h	2,80 m à 3,00 m	2,90 m à 3,20 m
30 km/h	3,00 m à 3,25 m	3,20 m à 3,50 m
50 km/h	3,25 m à 3,50 m	
70 km/h ⁵⁹	3,40 m à 3,60 m	

Ces largeurs s'entendent en alignement droit, et sans tenir compte de la possibilité de cohabitation avec les cyclistes (traitée dans la quatrième partie – Les aménagements en section courante).

Pour 30 km/h et plus, la largeur basse des fourchettes peut imposer un croisement ou un dépassement à vitesse réduite des autres véhicules lourds (bus et PL).

La circulation immédiatement le long de véhicules en stationnement ou de trottoirs ou de terre-pleins fréquentés par les piétons exclut les vitesses supérieures à 30 km/h (sauf éventuellement avec barriérage continu).

– gabarit statique du véhicule en largeur (caisse et jumelage) : 2,55 m⁶⁰;

débords rétroviseurs 0,25 m à gauche
0,25 m à droite

– intervalle avec obstacles au sol (bordures, séparateurs, trottoirs, terre-pleins...) ou dénivelées (sites surélevés) :

Vitesse bus	Sans piétons ou avec barriérage continu	Avec piétons, sans barriérage
10 km/h	0,20 m	0,20 m
30 km/h	0,30 m	0,40 m
50 km/h	0,40 m	
70 km/h ⁶¹	0,50 m	

– intervalle avec d'autres véhicules :

Vitesse bus	Véhicules en circulation	Véhicules en stationnement
10 km/h	0,20 m	0,30 m
30 km/h	0,30 m	0,50 m
50 km/h	0,40 m	
70 km/h ⁶²	0,50 m	

Ce dernier intervalle inclut les mouvements de caisses (débattements de suspension); ainsi qu'un souffle d'air, lié à la conduite des véhicules (écarts de trajectoire). Il s'entend entre éléments extrêmes du gabarit :

– entre rétroviseurs, s'ils sont à la même hauteur (entre deux bus);

– entre caisse et rétroviseur dans le cas contraire (entre bus et VL).

5.3. La largeur des voies bus – Détermination plus fine

Pour une détermination plus fine, on pourra simplement additionner judicieusement les dimensions des différents éléments constitutifs du profil en travers :

⁵⁸ La vitesse des bus n'a pas lieu de différer, en règle générale, de plus de 30 km/h (en plus ou en moins) de celle de la circulation générale.

⁵⁹ Zones périurbaines, avec TL.

⁶⁰ Réglementation amendée en 1987, 2,56 m arrièvement.

On peut, dans certains cas, envisager une réduction de la vitesse, lors du croisement ou du dépassement de certains véhicules (PL ou autres bus).

De part et d'autre de la voie (de circulation) concernée, on recherchera la règle la plus contraignante parmi celles énoncées ci-avant :

- au niveau du sol (et des jumelages de bus);
- au niveau des rétroviseurs des automobiles (et des caisses de bus);
- au niveau des rétroviseurs des bus;

puis on fera le cumul des largeurs nécessaires : largeur de caisse, avec ou sans rétroviseurs, obstacles avec ou hors présence de piétons, véhicules en circulation ou en stationnement..

Dans le cas d'une délimitation par simple marquage (bande blanche), l'intervalle avec d'autres véhicules s'entend normalement entre véhicules (entre rétroviseurs ou entre caisse et rétroviseur), ce qui ne permet pas de dimensionner la voie bus indépendamment de là ou des voies contiguës. La largeur ainsi déterminée s'entendra en axe de marquage.

Côté stationnement, le cas échéant, la largeur s'entendra hors marquage du dit stationnement.

Exemple de calcul : site bus unidirectionnel, contre-sens de la circulation générale, le long d'un trottoir, avec fréquentation piétonne (pas de barriérage continu), et séparé de la circulation générale (qui s'effectue sur 2 voies) par un simple marquage ; il n'y a pas de stationnement côté voie bus.

Côté trottoir, il y a présence de piétons, donc a priori la vitesse sera limitée à $V = 30 \text{ km/h}$.

De ce fait, on prendra entre trottoir et caisse (ou jumelage) $0,40 \text{ m}$ [1^{er} tableau];

La caisse a une largeur de $2,55 \text{ m}$;

Côté circulation, il ne devrait y avoir que des VL, puisqu'il s'agit d'une voie de gauche ; on prendra donc $0,20 \text{ m}$ [2^e tableau];

ce qui donne donc une largeur totale de **3,15 m entre trottoir et axe de marquage**.

6 Quelques éléments de géométrie (cas des tramways)

Les règles énoncées ci-après résultent de la nécessité de limiter les effets de la force centrifuge :

Tout point de masse m animé d'une vitesse V sur une trajectoire circulaire de rayon R subit une accélération Γ perpendiculaire à sa trajectoire $\Gamma = V^2/R$.

Une partie Γ_1 de cette accélération peut être compensée par l'inclinaison du plan de roulement (dévers). Le complément $\Gamma_2 = \Gamma - \Gamma_1$ constitue l'accélération non compensée, ressentie par le voyageur.

6.1. La limitation de l'accélération non compensée

Afin de :

- conserver un confort suffisant au voyageur ;
- limiter l'inclinaison des caisses de véhicules (gîte) et les oscillations de suspension ;
- limiter la poussée latérale sur la voie, qui nuit à sa stabilité, et provoque une usure accélérée des rails ;

cette accélération non compensée doit être limitée.

Une valeur maximale de $\Gamma_2 = 1 \text{ m/s}^2$ peut être retenue pour le calcul d'implantation. Des études menées par l'INRETS établissent qu'une valeur de $0,68 \text{ m/s}^2$ ne doit pas être dépassée pour que le confort des usagers soit assuré. Lors de l'exploitation de la ligne les vitesses maximales des tramways sont définies de manière à respecter cette valeur.

6.2. Le rayon minimal en courbe sans dévers

Limiter Γ_2 revient à limiter inférieurement le rayon des courbes.

En l'absence de dévers $\Gamma = \Gamma_2 = V^2 / R$.

En règle générale, le rayon R est fixé par l'environnement urbain, avec un rayon minimum souhaitable de 50 mètres en exploitation et un minimum absolu de 20 à 25 mètres (suivant les matériels) sur les voies de service. On obtient ainsi la **vitesses maximale** en courbe sans dévers, pour $\Gamma_2 \leq 1 \text{ m/s}^2$:

$$V \leq R^{0,5} \text{ (V en m/s) ou } V \leq 3,6 R^{0,5} \text{ (V en km/h)}$$

On pourra, pour limiter l'accélération centrifuge à une valeur voisine de $0,68 \text{ m/s}^2$ définie ci-dessus, retenir pour la définition des **vitesses d'exploitation** :

$$V \leq 0,83 R^{0,5} \text{ (V en m/s) ou } V \leq 3 R^{0,5} \text{ (V en km/h)}$$

6.3. Les courbes de transition

Pour des raisons de confort, et pour limiter les oscillations de suspensions, il convient également de limiter la **variation de l'accélération dans le temps** $J = d\Gamma / dt$.

On impose généralement : $J \leq 0,4 \text{ m/s}^3 \text{ (m/s}^3\text{)}$.

La clothoïde, seule courbe dont la courbure $1/\rho$ croît linéairement de 0 à l'infini, permet de satisfaire à cette condition : la force centrifuge étant proportionnelle à la courbure, la clothoïde assure une variation linéaire de cette force.

La clothoïde est définie par : $p.l = A^2 = \text{constante}$.

(A est le paramètre de la clothoïde).

La condition de confort définie ci-avant impose la relation :

$V^3 / A^2 \leq 0,4$, soit

$$A \geq (2,5 V^3)^{0,5} \quad (V \text{ en m/s}) \quad \text{ou} \quad A \geq 0,231 V^{1,5} \quad (V \text{ en km/h}),$$

V étant la vitesse maximale en courbe

D'après sa définition, la longueur de clothoïde nécessaire, pour raccorder un alignement droit à une portion de cercle est : $L = A^2 / R$,

d'où, avec les valeurs maximales d'accélération et d'à-coup retenues,

$$L \geq 2,5 V^3 / R \quad (V \text{ en m/s}) \quad \text{ou} \quad L \geq V^3 / 18,66 R \quad (V \text{ en km/h})$$

L'implantation d'une clothoïde implique un déport de la partie circulaire égal à :

$$\Delta R = L^2 / 24 R$$

(à 0,5 % près)

Lorsque la courbe est déversée, le dévers est introduit dans la clothoïde.

• La spécificité du tracé dans le cas des tramways

Au contraire des tracés routiers ou ferroviaires classiques (chemin de fer, métro...), où les clothoïdes sont en général symétriques par rapport au tronçon de cercle à raccorder, l'environnement ne permet pas, dans la plupart des cas, en mode tramway, une réalisation symétrique. Il est, en effet, courant de trouver d'un côté de la courbe un obstacle (station, appareil de voie...), limitant la vitesse, et de l'autre côté, un alignement droit incitant à la vitesse.

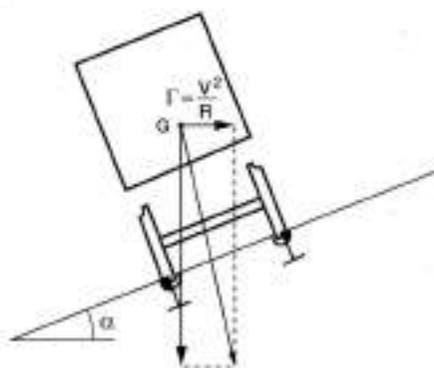
De plus, la longueur importante des véhicules conjuguée à la faible longueur des parties courbes du tracé (portions de cercles et clothoïdes) font bien souvent que le conducteur, situé à l'avant du véhicule, est déjà sorti de la courbe, alors que l'arrière rencontre seulement la partie circulaire, avec le plus faible rayon de courbure.

Le projet mérite alors réflexion (et bon sens, lié au comportement prévisible des conducteurs).

Les principes suivants peuvent être retenus :

1. Éviter les clothoïdes trop courtes limitant la vitesse à une valeur inférieure à celle admissible en partie circulaire.
2. La vitesse à prendre en compte pour le calcul de la clothoïde sera déterminée pour un $\Gamma^2 = 1 \text{ m/s}^2$; cette vitesse ne pourra être éventuellement réduite qu'après s'être assuré qu'elle ne sera pas régulièrement dépassée.
3. Lorsque la sortie de courbe est suivie d'un alignement incitant à la vitesse, la vitesse de calcul de la clothoïde sera prise égale à la vitesse en partie circulaire, majorée de 20 %.

6.4. La compensation de l'accélération centrifuge Γ_1 par un dévers



Si le dévers compense en totalité l'accélération transversale centrifuge, on a $\Gamma_2 = 0$,

$$\text{d'où : } m \cdot \Gamma_1 \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

avec m masse en mouvement

g accélération de la pesanteur

α angle de dévers

Γ_1 partie de Γ compensée par le dévers

d'où la **valeur du dévers**, avec $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$d (\%) = 100 \cdot \Gamma_1 (m/s^2)$$

soit encore :

$$d (\%) = 100 \cdot V^2 / R \quad (V \text{ en m/s}, R \text{ en m})$$

$$\text{ou } d (\%) = 7,7 \cdot V^2 / R \quad (V \text{ en km/h}, R \text{ en m})$$

d'où le dévers ΔH en mm (il s'agit en fait d'une dénivellée entre les 2 rails) :

$$\text{en voie normale : } \Delta H (mm) = 150 V^2 / R (m/s) = 11,6 V^2 / R (km/h)$$

$$\text{en voie métrique : } \Delta H (mm) = 100 V^2 / R (m/s) = 7,7 V^2 / R (km/h)$$

Le dévers est limité à 100 ‰ ($\Delta H = 150 \text{ mm}$ en voie normale, $\Delta H = 100 \text{ mm}$ en voie métrique), afin d'assurer la stabilité de la voie, celle des véhicules en cas d'arrêt ou de ralentissement en pleine voie, ainsi que le confort des voyageurs dans les mêmes circonstances.

Si le dévers réalisé est inférieur au dévers calculé, nécessaire pour compenser l'accélération centrifuge, il y a **insuffisance de dévers**, notée i . Elle correspond à l'accélération non compensée Γ_2 .

En **base de calcul** ($\Gamma_2 \leq 1 \text{ m/s}^2$), i ne doit pas dépasser 100 ‰ :

- 150 mm en voie normale ;
- 100 mm en voie métrique ;

en **exploitation** ($\Gamma_2 \leq 0,68 \text{ m/s}^2$), i doit rester inférieur à 70 ‰ :

- 100 mm en voie normale ;
- 70 mm en voie métrique.

La **vitesse maximale autorisée en exploitation** sera donc, en présence d'un dévers, de :

$$V (m/s) \leq 0,1 \cdot ((d + i) \cdot R)^{0,5} \quad (d \text{ et } i \text{ en } \%, R \text{ en m})$$

$$V (km/h) \leq 0,36 \cdot ((d + i) \cdot R)^{0,5} \quad (d \text{ et } i \text{ en } \%, R \text{ en m})$$

Exemple de calcul, avec une courbe de rayon en plan $R = 75 \text{ m}$, un dévers $d = 60 \text{ ‰}$, la **vitesse maximale autorisée en exploitation** peut être au maximum de :

$$V = 0,36 \cdot ((60 + 100) \cdot 75)^{0,5} = 40 \text{ km/h},$$

alors qu'elle ne serait que de 30 km/h sans dévers ($0,36 \cdot (100 \cdot 75)^{0,5}$)

En exploitation, on se limitera à $V = 0,36 \cdot ((60 + 70) \cdot 75)^{0,5} = 35 \text{ km/h}$,

6.5. Le profil en long

La pente maximale admissible en ligne dépend essentiellement du type de matériel utilisé (cf. 3 ci-avant : l'insertion géométrique et cinématique). Elle varie avec le taux de motorisation $T_m = M_m / M_t$ (rapport de la masse sur essieux moteurs à la masse totale).

Généralement, en première approche, on peut considérer que la pente maximale admissible sur une longueur de 250 mètres, est voisine du dixième de ce taux : pente maximale de 60 à 70 ‰ (6 à 7 ‰) pour des matériels à 2 bogies moteurs et 1 bogie porteur (T_m de l'ordre de 70 ‰), de 90 à 100 ‰ (9 à 10 ‰) pour des matériels à adhérence totale ($T_m = 100$ ‰ : tous les essieux moteurs) :

$$P_{\max, l} (\text{‰}) = T_m (\text{‰})$$

En courbe en plan de rayon R , il convient de minorer cette pente maximale admissible en ligne d'une valeur $800 / R$, pour tenir compte de la résistance supplémentaire à l'avancement, liée au roulement fer sur fer dans ces courbes :

$$p (\text{‰}) \leq P_{\max, l} - (800 / R) \quad (P_{\max, l} \text{ en } \text{‰}, R \text{ en mètres})$$

Ceci n'exclut pas le franchissement de courtes sections de plus forte pente dans des zones protégées, des chutes de feuilles notamment.

Enfin, en station, voies de manœuvre, terminus..., la pente sera normalement limitée à 20 ‰, du fait des risques de dérive d'un véhicule dont les freins n'auraient pas été bloqués.

Deux pentes successives seront raccordées par des éléments de paraboles.

La courbure sera limitée de manière à ce que l'accélération centrifuge verticale $\Gamma = V^2 / r$ ne dépasse pas une certaine valeur.

Avec $\Gamma \leq 0,2 \text{ m/s}^2$,

$$r \geq 5 \cdot V^2 \quad (V \text{ en m/s}) \text{ ou } r \geq 0,39 \cdot V^2 \quad (V \text{ en km/h})$$

ou inversement

$$V \leq (0,2 \cdot r)^{0,5} \quad (V \text{ en m/s}) \text{ ou } V \leq 1,61 \cdot r^{0,5} \quad (V \text{ en km/h})$$

La longueur de parabole doit être au minimum de 20 mètres.

Ces valeurs minimales sont liées aux caractéristiques des matériels roulants (possibilité de cabrage).

Par exemple, avec les premières générations de matériel roulant Alstom (Nantes, Grenoble, Paris...), ces chiffres peuvent être de 1000 mètres pour le rayon minimum normal en profil en long, les rayons minimaux absolus étant de 700 mètres en bosse et de 350 mètres en creux.

6.6. La combinaison du tracé en plan et du profil en long

Pour des raisons d'adhérence, de puissance installée et de confort des voyageurs, mais aussi de difficulté de mise en place des voies, on évite au maximum d'implanter des raccordements en profil en long dans les courbes du tracé en plan (raccordements circulaires et clothoïdes). Si la géométrie des lieux ne le permet vraiment pas, on peut tolérer, pour rattraper des variations de déclivités faibles, les combinaisons suivantes :

- R en plan de 40 à 70 m : r en profil en long $\geq 3\,000$ m
- R en plan de 70 à 200 m : r en profil en long $\geq 1\,500$ m.

Les aménagements en section courante



La création, l'extension, la restructuration ou la requalification d'un réseau de transports collectifs, y compris sa mise partielle ou totale en site propre, imposent, suivant ces différents niveaux, toute une série de réflexions et études préalables quant à la pertinence des choix opérés.

Dans ce contexte, il est considéré, au titre du présent chapitre, que toutes les études amont ont été réalisées et que l'étude de projet à mener se situe au niveau de la mise en œuvre la plus satisfaisante possible sur le ou les axes retenus.

Les aménagements de traversées piétonnes font l'objet d'un développement spécifique à la cinquième partie, et ne sont donc pas traités dans cette quatrième partie.

Il n'en reste pas moins que les développements ci-après peuvent également, par certains aspects, notamment en termes de faisabilité, aider à la décision dans le cadre des études préalables. Il n'est pas non plus exclu que l'application de certaines préconisations ci-après puisse remettre en cause certains partis fixés au titre des études amont, voire susciter des variantes de tracé.

Une fois traités, à la partie précédente, les problèmes d'insertion des véhicules de transport en commun, la présente partie traite successivement des réflexions préalables à mener, après observation et analyse de la situation actuelle, d'éléments de partage de l'espace public, en faveur des transports en commun, bien entendu, mais sans omettre aucun des autres acteurs de cet espace (cyclistes, piétons, automobilistes...), pour terminer par les aménagements.

Cette troisième partie est complétée, en annexe, par une série de fiches d'aménagements types (fiches «section courante»).

La situation actuelle

1

- Observation et analyse

L'aménagement d'un transport en commun en site propre⁸¹ en section courante est fortement dépendant d'un certain nombre de critères, au demeurant parfois contradictoires.

L'analyse des lieux traversés va donc induire dans la majorité des cas la solution la plus adéquate ; ceci suppose un recueil de données suffisamment approfondi pour avoir une bonne connaissance de l'état initial et de son évolution prévisible. Mais cela implique aussi, compte tenu de la complexité du milieu urbain, d'envisager les conséquences qui peuvent découler d'un nouvel état d'équilibre entre modes de transport.

Les principaux points à analyser peuvent être classés sous les rubriques ci-après.

1.1. La hiérarchisation des voies

Les études préliminaires réalisées pour la définition du réseau de transports collectifs ont -logiquement- déjà intégré une réflexion sur la hiérarchisation des voiries.

L'analyse du type de voie dans lequel va se situer l'aménagement va donc apporter des éléments de réponses. Suivant que l'on est en présence de voies artérielles ou de quartier⁸², la mise en œuvre de l'implantation pourra être très variable. On pourra ainsi aller de la séparation stricte des modes à la mixité la plus complète.

1.2. L'urbanisme et les activités latérales

Les caractéristiques et l'occupation du bâti riverain de voirie vont également contribuer à des choix divers suivant les spécificités rencontrées.

En effet, en regard du positionnement de l'axe dans l'agglomération (hypercentre, intermédiaire, périurbain), la structure de l'aménagement sera vraisemblablement diversifiée. Généralement, dans les quartiers périphériques, souvent de construction relativement récente, la densité de l'urbanisation est très faible ou, du moins, en terme de largeur, la distance entre deux fronts bâtis le plus souvent élevée. La conception de l'aménagement sera donc en règle générale plus aisée que dans un site urbain central où l'espace entre façades est quelquefois très réduit.

De même, les poids respectifs de l'habitat, des commerces, des équipements publics, de leur mixité, induiront des liaisons infrastructure de transport - activités latérales variables. D'importantes activités commerciales impliqueront de fortes et nécessaires perméabilités entre les façades, alors qu'avec prédominance de l'habitat, le fonctionnement urbain sera différent. Faciliter les traversées pourra donc, suivant les cas, être un critère de plus ou moins grand poids.

Enfin, il convient de ne pas négliger l'aspect visuel de la voie qui, compte tenu des symétries (ou dissymétries) existantes, peut imposer un type bien précis de composition urbaine.

1.3. L'exploitation du réseau de voiries

L'organisation des circulations générales au travers de l'exploitation du réseau de voirie est également déterminante pour décider de l'aménagement le plus judicieux.

Cela passe par le constat du réseau de voiries, des intersections, des trafics et vitesses pratiquées.

⁸¹ Au sens large du terme : système de transport en commun utilisant par ses passages un maximum de sites propres ou sites réservés.

⁸² Nouveau mode de hiérarchisation : les voies de quartier correspondent généralement aux voies antérieurement dénommées de distribution et de desserte.

• Le schéma de voiries

Par le passé, la quasi totalité des villes françaises ont mis en place des plans de circulation qui avaient généralement pour logique principale l'écoulement des trafics automobiles.

Il s'ensuit qu'actuellement de nombreux axes sont à sens unique, que parfois le stationnement est disposé en épis, et que les carrefours à feux ont été multipliés.

Sens unique ou double sens de l'axe étudié, nombre de voies de circulation, spécialisation et largeur des voies, disposition et gestion du stationnement, interdistances entre carrefours, exploitation à sens unique ou à double sens des voies adjacentes, induiront des choix variables ou remettront en cause l'exploitation du réseau notamment quant au positionnement du site réservé par rapport à la circulation générale, en termes de réduction de capacité et de niveau de service souhaités.

• Les intersections

Points clés du réseau de voirie, déterminant le niveau de service, les intersections doivent être analysées avec un soin tout particulier.

Outre la fonction repérage dans la trame urbaine, avec des activités et un paysage environnants, les carrefours constituent également un système de gestion des trafics et des aspects sécurité routière. De ce fait, leur rôle est donc stratégique.

L'absence, la simplicité ou la complexité d'un système de régulation par signalisation lumineuse, ainsi que les niveaux de capacité offerte, et plus précisément à partager vont donc, là aussi, orienter la façon dont l'infrastructure sera géométriquement et fonctionnellement implantée (cf. septième partie - Carrefours).

Le niveau et les systèmes de prise en compte des transports collectifs vont influencer sur l'exploitation, rendue plus complexe.

• Les trafics et les vitesses pratiquées

Il convient par ailleurs de ne pas négliger le fait que la mise en œuvre d'un aménagement favorable aux transports collectifs peut s'accompagner d'une limitation de la circulation générale, soit par la mise en place de contraintes complémentaires fortes, soit par transferts modaux, avec une offre satisfaisante en transports collectifs, mais aussi en occupant la place antérieurement dévolue aux automobiles.

La connaissance de l'importance des différents modes de déplacements individuels (véhicules légers, 2 roues, marche à pied) doit permettre de confirmer ou infirmer leurs possibilités de cohabitation sur un même site, en particulier compte tenu des vitesses pratiquées par chacun.

Des trafics véhicules légers peu importants, avec vitesses faibles, n'impliqueront pas, suivant les lieux, les mêmes aménagements qu'avec des flux de trafic importants et rapides; toutes les situations intermédiaires sont -bien sûr- possibles.

• Les cheminements piétons

Dans une même logique, l'importance et le positionnement des cheminements et traversées des piétons vont être un élément déterminant dans la recherche de principes d'aménagement, compte tenu du type d'urbanisation et de la présence éventuelle d'arrêts des transports collectifs.

La connaissance et l'analyse de la voirie, de ses fonctions, de ses usages, de ses dysfonctionnements éventuels, sont donc un préalable indispensable à l'élaboration de l'aménagement d'un tronçon de ligne en section courante.

Les réflexions préalables

2

Le constat et l'analyse proposés dans le chapitre précédent doivent donc amener à des choix en harmonie avec les situations rencontrées, après avoir défini des principes d'aménagement conformes aux objectifs.

La réflexion à organiser porte alors en priorité sur le meilleur partage possible de l'espace public, l'optimisation du type d'aménagement possible et, par là :

- le positionnement optimum du site dans l'artère étudiée,
- l'implantation ou non de séparateurs, leur type, leur emplacement, pour séparer qui de quoi?
- le traitement des traversées piétonnes.

La réponse à ces questions, fortement interdépendantes, va ainsi conduire à la production du projet final, après avoir répondu aux nombreuses interrogations préalables :

- quels sont les modes de transports collectifs, combien de lignes, quelles fréquences?
- l'existence ou le développement d'une circulation deux-roues impose-t-elle des dispositions particulières?
- comment gérer la circulation des services d'urgence, de nettoyage, des taxis...?
- y a-t-il à organiser l'accès à des parcelles riveraines?
- comment prendre en compte le stationnement?
- les vitesses qui seront pratiquées tant par les transports collectifs que par les autres véhicules seront-elles compatibles avec les différents autres usages de la voirie?
- y a-t-il des réseaux, soit enterrés, soit aériens, des plantations, qui amènent à des contraintes particulières?
- des convois de transport exceptionnel utilisent-ils cet itinéraire?

– comment prendre en compte les aspects liés à la lisibilité des espaces et à la visibilité réciproque des usagers?

Plus précisément, ces différents thèmes peuvent être déclinés de la façon suivante :

• La ou les lignes de transports collectifs utilisant le site

- le site projeté est-il à l'usage de tramways ou de bus, voire de systèmes intermédiaires, éventuellement mixte, ou susceptible d'évoluer à terme, pour passer, par exemple, d'un mode bus à un mode tramway? le guidage sur rail peut, à vitesse pratiquée égale, induire une réduction de la largeur nécessaire;
- quel va être le nombre de lignes et en particulier ce nombre va-t-il être constant ou, au contraire, très variable suivant les différents tronçons délimités par les carrefours importants?
- les fréquences pratiquées vont-elles, par leur importance, créer un effet de coupure dans le tissu urbain ou, au contraire, n'être qu'une contrainte mineure pour les cheminement transversaux? La capacité maximale du site réservé aux transports collectifs ne va-t-elle pas être atteinte aux heures de pointe?
- quelles sont les vitesses envisagées? La recherche d'une vitesse commerciale la plus élevée possible conduira vraisemblablement à positionner la voie réservée aux transports en commun à gauche de la voie de circulation générale la plus rapide; inversement, une circulation de véhicules de transports en commun le long d'un trottoir utilisé par de nombreux piétons amènera inéluctablement une réduction de la vitesse, sous peine d'avoir une forte accidentologie.

– y aura-t-il des stations en section courante, en plus de celles positionnées à proximité immédiate des carrefours? Comment seront gérés les accès à ces stations si le site TC est axial et impose donc des traversées par les piétons des voies latérales de circulation générale?

• Les piétons

La réflexion concernant les piétons est également fortement dépendante de leur quantité et de leurs pratiques, en terme de cheminements tant latéraux que transversaux. En matière de traversées, la réflexion ne peut être menée sans tenir compte de la mise en place ou non d'un séparateur, de son caractère franchissable ou non par les différents acteurs (véhicules, deux-roues, piétons), de sa largeur. Dans la mesure où le séparateur risque d'être perçu comme un refuge intermédiaire, une largeur minimale de 1,00 mètre semble nécessaire⁶³; si cette largeur ne peut absolument pas être obtenue, on visera des séparateurs de largeur la plus faible possible, voire nulle (simple dénivellation de la plateforme, par exemple) de façon à ce qu'il n'y ait absolument pas possibilité de confusion.

• Les deux-roues légers, cyclistes notamment

Outre le volume de circulation deux-roues légers, il y a lieu de s'interroger sur:

- les vitesses relatives des différents usagers;
- les origines et destinations, notamment en terme d'accès aux parcelles et bâtis riverains;
- les conflits possibles avec les véhicules en stationnement;
- plus généralement l'intérêt d'une bande cyclable, du maintien dans la circulation générale ou de la cohabitation avec les transports collectifs sur un site mixte bus - deux-roues.

En règle générale, la meilleure solution consiste à faire circuler les cyclistes le plus à droite possible; on exclura ainsi la circulation deux-roues des sites axiaux réservés aux bus, et, a fortiori aux tramways.

Il convient néanmoins de ne pas perdre de vue que de nombreux cyclistes choisiront de fait la trajectoire qui leur paraîtra la plus directe, et leur semblera présenter le moins de danger, quelles que soient la réglementation et la signalisation en place, d'où la nécessité de leur ménager un itinéraire le plus adapté possible, suite à une étude fine; cette étude est d'ailleurs imposée par la loi du 31 décembre 1996, dite «Loi sur l'air», dans son article 20.

• La circulation générale

Les points essentiels concernent:

- les vitesses pratiquées par les véhicules circulant le long de l'axe transports collectifs,
- et les débits de véhicules à écouler sur l'espace résiduel, l'interaction étant très forte entre ceux-ci et le type d'aménagement retenu.

Même si la limite de capacité est, le plus souvent, atteinte en premier lieu en carrefour, on examinera également ce point en section courante.

• Les usagers particuliers (véhicules de secours, de service, taxis...)

Du fait de leur grande variété, leurs préoccupations sont très diverses: on peut citer:

- les services de secours, qui, dans la plupart des cas, sont autorisés, explicitement ou non, à emprunter les sites réservés; tant sur les sites propres qu'à l'extérieur de ceux-ci, vérification sera faite que le gabarit disponible (largeur

⁶³ En dehors de toute traversée estériale, voir à ce sujet la 5^e partie - Les traversées piétonnes; sur les traversées matérialisées, une largeur au moins égale à deux mètres en tout point doit absolument être recherchée pour les refuges; cette largeur ne devra en aucun cas descendre en-dessous de 1,50 m.

notamment] est suffisant; la résistance mécanique du revêtement devra également permettre leur circulation et éventuellement leur intervention⁶⁴;

– l'utilisation ou non, limitée à certaines sections, des sites réservés par les taxis, sera également analysée, en particulier en terme de capacité résiduelle, mais également en terme de possibilité de prise en compte prioritaire des véhicules de transport collectif aux carrefours à feux;

– enfin, il y a lieu de rappeler le problème posé par les services de collecte des ordures ménagères: un site propre accolé aux trottoirs, surtout unidirectionnel à contre-sens, rend dangereuse sa traversée par les personnels chargés de ces services.

En règle générale, exception faite des services de secours, les sites réservés aux tramways ne feront l'objet d'aucune autorisation d'utilisation par d'autres catégories d'usagers. Pour les sites bus, on tiendra compte des difficultés de prise en compte prioritaire sélective, et donc d'exploitation, à hauteur des intersections, les usagers autres que véhicules de transport collectif risquant de perturber les priorités accordées à ces derniers.

• Les accès riverains

Outre les problèmes de livraisons des marchandises, notamment lorsque la structure commerciale latérale est importante, il y a aussi fréquemment à gérer l'accès à des propriétés riveraines de natures très diverses (garages privés, parcs de stationnement d'entreprises, stations services...). Il va de soi que l'accès est grandement facilité lorsque la circulation générale est en bordure immédiate, et qu'il n'est pas nécessaire de franchir le site réservé aux véhicules de transport collectif; de ce point de vue, le site réservé axial est, de très loin, le plus favorable.

• Le stationnement

L'offre de stationnement s'avère nécessaire à la vie urbaine; le stationnement peut, de plus, contribuer à la perception du milieu aggloméré. Cependant, eu égard au peu d'espace disponible, et aux nécessités de certains aménagements, il peut être nécessaire de l'interdire.

Néanmoins, avant d'en arriver à cette interdiction, on s'interrogera sur les conséquences réelles de cette interdiction; pourra-t-on réellement, *in fine*, résister à la pression du stationnement: le stationnement sauvage ne se fera-t-il pas au détriment des voies de circulation, la circulation automobile se reportant alors sur le site réservé, du moins s'il est facilement accessible?

Là où le stationnement est maintenu, la logique veut que ce soit préférentiellement à proximité des activités et donc, en principe, le long des trottoirs, à droite de la circulation générale (sauf dans le cas particulier de voies à sens unique).

Là encore, le site axial semble plus favorable pour limiter les franchissements. Toutefois, dans certaines configurations particulières, avec un stationnement de longue durée, on peut éventuellement concevoir une zone de stationnement séparée du trottoir par le site réservé aux transports collectifs, parfaitement délimité.

Dans ce cas, ainsi que dans tous les cas où le stationnement sera positionné le long d'un site propre, on s'assurera que l'ouverture des portières et l'accès peuvent s'effectuer sans difficultés et que le cheminement des usagers de ce stationnement, devenus piétons, est organisé sur un espace suffisamment large et dégagé, avec éventuellement guidage par barrières.

⁶⁴ Qui peut demander un espace plus important, par exemple pour la mise en place de vélos, nécessaire pour la stabilité de certains véhicules (grands échelles des pompiers...).

• Les réseaux

L'existence ou la mise en place de réseaux impose également une analyse particulière:

– **pour les réseaux souterrains**: ceux-ci sont-ils suffisamment enterrés et suffisamment résistants pour permettre la construction de la chaussée et/ou de la voie de tramway? Pourront-ils supporter le passage répété de charges lourdes? Les interventions sur réseaux seront-elles possibles sans interruption du service, ou avec report de la circulation des bus sur des voies parallèles proches? Faudra-t-il les reconstruire sur place, partiellement ou en totalité, ou bien encore les déplacer? Des plantations hautes tiges ou arbustives sont-elles envisageables compte tenu du développement des racines?

– **pour les réseaux aériens** que constituent les lignes aériennes de contact (LAC), avec leurs supports. Ces lignes aériennes d'alimentation électrique présentent, outre leur coût, deux, voire trois inconvénients majeurs:

- difficulté d'insertion visuelle (nécessité d'un support au minimum tous les 50 mètres en alignement droit et, dans le cas des trolleybus, double ligne aérienne, avec dispositifs peu esthétiques aux bifurcations et croisements de lignes);
- implantation d'obstacles au sol, pouvant constituer des circonstances aggravantes de collisions.

Ces deux points militent en faveur des ancrages en façades ou, à défaut, en faveur de supports bilatéraux (sur larges trottoirs ou bandes de stationnement latérales), plutôt qu'en axe ou en limite de site réservé, notamment à proximité des intersections. Des supports latéraux combinés avec l'éclairage public peuvent également être envisagés.

- difficulté d'entretien (élagages...) des plantations à proximité des lignes aériennes et difficulté d'entretien des lignes aériennes à proximité des plantations; on peut également citer l'incompatibilité entre ligne aérienne et fontaines ou bassins avec jets d'eau de grande hauteur (risques en cas de vent violent);

- difficultés pour les interventions des services d'incendie.

• Le végétal

Outre les problèmes racinaires et les difficultés possibles d'entretien mentionnés ci-avant, on n'oubliera pas, pour les tramways, les inconvénients liés à la chute de feuilles sur les rails et leur accumulation dans leurs gorges: risques de patinage et d'enrayage.

Inversement, sous réserve de bien prendre en compte les aspects visibilité (sans omettre les tailles régulières indispensables pour maintenir la visibilité), le végétal participe à la structuration et à la caractérisation des espaces, permet d'accompagner les cheminements et de séparer les fonctions: un alignement renforce la lisibilité du site réservé, en le séparant visuellement; le végétal constitue un des éléments fondamentaux de l'espace public.

La confrontation de ces différents thèmes avec la réalité du terrain et avec les objectifs retenus va permettre de faire une synthèse assurant la définition des choix par rapport aux points fondamentaux déclinés plus loin, que sont le positionnement du site dans l'espace, la mise en place ou l'absence de séparateur «physique», le traitement des traversées piétonnes. Bien évidemment, le projet final conjuguera des différents constats, ce qui suppose de nombreux allers et retours de validation entre tous les éléments explicités précédemment.

Le partage de la voirie en faveur des transports collectifs

3

3.1. L'intérêt d'un site réservé

Un aménagement spécifique aux transports en commun est séduisant à plusieurs titres :

- il permet de donner aux transports collectifs de bonnes conditions de desserte et des possibilités de circulation rapide et régulière, en proposant à l'utilisateur une qualité de service compétitive par rapport à d'autres moyens de déplacement, en particulier à l'utilisation de la voiture particulière ;
- pour l'exploitant, donner ces avantages aux transports collectifs permet de diminuer le coût d'exploitation du réseau à fréquence donnée : augmenter la vitesse commerciale, c'est diminuer le nombre de véhicules en ligne et donc de conducteurs ; améliorer la régularité, c'est réduire les temps de battement aux terminus et donc diminuer encore le nombre de véhicules engagés ;
- des aménagements qui marquent la place particulière accordée aux transports collectifs contribuent largement à améliorer l'image de marque du réseau.

Néanmoins, l'aménagement d'un site réservé aux transports collectifs ne peut trouver son plein intérêt que moyennant une prise en compte prioritaire performante aux carrefours : quel intérêt a-t-on à gagner quelques secondes en section courante, si le débouché rapide n'est pas assuré aux carrefours, si possible sans arrêt (gain de temps, mais aussi de confort).

Dans certains cas, il peut être préférable d'assurer la prise en compte des véhicules de transport collectif au sein de la circulation générale (avec nécessairement une prise en compte sélective), plutôt que de créer une voie réservée, avec feu spécifique, qui compliquera le fonctionnement du carrefour et, finalement, retardera tous les usagers.

Dans d'autres cas, un simple « couloir d'approche » (site réservé unidirectionnel immédiatement à l'amont d'un carrefour permettant aux bus de s'affranchir des files d'attente) pourra constituer une solution satisfaisante.



Couloir d'approche à Gréboil (=Tram - Nd de Marren).

Enfin, et notamment dans le cas de **lignes importantes à fort débit**, ou de **trones communs** à plusieurs lignes, le site propre s'imposera et sera alors, en règle générale, bien respecté par les différents autres utilisateurs de la voirie.

Ceci n'exclut pas -bien entendu- sur une ligne importante (tramway par exemple), dite en site propre (« TCSP ») de réaliser de **courtes sections en site banal**, dans des voies étroites, par exemple.

L'implantation d'une ligne de transport collectif ne doit pas en effet se faire au détriment de la vie locale, mais en sa faveur : quid d'un transport qui pénalise tout accès riverain, qui interdit toute livraison ou encore qui impose de telles contraintes (horaires par exemple), que toute vie disparaît ?

Les sections en **site banal** doivent en outre faire l'objet d'une étude fine d'exploitation, de façon à favoriser le passage du tramway, à l'aide d'un dispositif très élaboré de prise en compte (cf. fiche correspondante).

Une autre solution peut consister, dans les zones les plus étroites, et toujours sur de courtes sections, à implanter un dispositif de **voie unique**, exploitée en alternat (bus ou tramway). Moyennant un système de détection et d'exploitation performant, les pertes de temps peuvent être minimales (temps perdu moyen inférieur à 10 secondes, pour 200 mètres de voie unique et des intervalles de 5-minutes). Il ne faut néanmoins pas perdre de vue que cette disposition peut quelquefois induire ou aggraver des irrégularités par rapport au graphique horaire.



Dijon - Rue de la Liberté - Sa partie centrale, en voie unique permet, à l'heure de pointe, le passage d'une centaine de bus.

Faute de mesures coercitives ou de séparations physiques fortes, un site réservé à **très faible fréquentation**, dans un environnement à forte pression automobile (congestion du trafic, demande en stationnement...), résistera mal à cette

pression automobile et sera envahi soit par la circulation soit par le stationnement; on peut citer, comme ordre de grandeur de fréquence minimale, un bus toutes les 5 minutes environ, par sens. Pour les tramways, le risque est moindre, mais existe néanmoins.

Les séparateurs physiques pourront plus ou moins limiter ces risques d'envahissement, suivant le niveau de difficulté de franchissement qu'ils procurent aux véhicules.

Un site réservé non respecté discrédite l'ensemble des aménagements de ce type, au moins au sein de l'agglomération directement concernée.

A *contrario*, l'excès de fréquentation, même s'il s'agit uniquement de véhicules de transport collectif, peut être néfaste à un double point de vue :

- altération des conditions d'exploitation au-delà d'un véhicule par cycle de feux, en moyenne, soit un intervalle moyen d'une minute à une minute et demie (40 à 60 véhicules par heure et par sens);
- désagréments pour les piétons et les riverains au-delà d'une certaine fréquentation :
- pour des intervalles moyens supérieurs à 5 minutes, le piéton est relativement tranquille (absence de bruit, pollution peu ou pas ressentie pour les véhicules à moteur Diesel, facilité d'aller et venir...);
- en dessous de deux minutes à deux minutes et demie, son confort est plus ou moins fortement altéré (la gêne est alors ressentie pendant environ 20% du temps, pour les deux sens de circulation confondus).

3.2. L'ouverture à d'autres catégories d'utilisateurs

L'ouverture des sites bus à d'autres catégories d'utilisateurs (véhicules d'urgence, bien entendu, mais aussi taxis, autocars de tourisme, cyclistes...) peut être envisagée à la triple condition :

- que l'aménagement en tienne compte (largeur, signalisation...);
- que la fréquentation (véhicules de transport en commun et autres usages) permette une bonne cohabitation;
- que l'incidence de la décision au niveau des carrefours ait été examinée avec soin, par exemple au débouché d'une voie secondaire avec STOP ou balise de rédez-le-passage sur un site unidirectionnel à contre-sens : l'automobiliste sera peut-être vigilant vis-à-vis des bus à contre-sens, mais risque de l'être beaucoup moins vis-à-vis des taxis, et encore moins vis-à-vis des cyclistes.

• La mixité bus - cyclistes

Rationnellement, la place des cyclistes est, du fait de leur faible vitesse relative et de leur grande vulnérabilité, à l'extrême droite de la chaussée. Tout doit être fait pour que cette place leur soit offerte, faute de quoi, ils pourraient non seulement courir un grave danger, mais également perturber le fonctionnement d'ensemble de l'espace public (utilisation intempestive des trottoirs...).

Si la largeur de la voie bus n'excède pas 4,00 m, les dépassements des cyclistes par les bus sont possibles en sortant partiellement de la voie. On est dans le cas d'un «couloir ouvert».

Cette solution fonctionne, même si le trafic général est important, sous certaines conditions :

- le trafic des bus reste relativement limité (moins de 15 véhicules environ par heure et par sens, donc une fréquence moyenne de l'ordre de 4 minutes à l'heure de pointe);
- les vitesses des bus et des cyclistes sont voisines; à ce point de vue, les sites unidirectionnels en descente ou à plat sont favorables.

Avec une largeur au moins égale à 4,25 m («couloir élargi»), les bus peuvent doubler les cyclistes sans sortir de leur voie réservée. Il est alors préférable de ne pas marquer de bande cyclable.

Cette solution peut, si l'espace le permet, être appliquée en toutes circonstances :

- trafic bus important;
- vitesse des bus élevée; prévoir cependant une surlargeur plus importante dans le cas de fortes rampes (4 % et plus).

Le «couloir élargi» peut également être retenu lorsqu'une voie bus est établie à contre-sens de la circulation générale.

Les sites réservés bidirectionnels donnent plus de souplesse à ce niveau et ne nécessitent donc, en règle générale, de surlargeur dans le cas où ils sont ouverts aux cyclistes.

• Les sites réservés aux tramways

L'ouverture des sites tramways à d'autres catégories d'utilisateurs, même aux bus urbains, est toujours délicate :

- les caractéristiques d'encombrement (longueur) et surtout cinématiques (freinage, accélération, trajectoire) du tramway différent largement de celles des véhicules automobiles, quels qu'ils soient, y compris bus;
- de ce fait même, les dispositions réglementaires et donc la signalisation concernant le tramway d'une part, les véhicules routiers d'autre part, différent (cf. première et deuxième parties);
- enfin, la circulation longitudinale des cyclistes (incidence inférieure à 30° environ par rapport aux gorges de rails), peut poser de graves problèmes de sécurité, notamment par temps pluvieux; de ce fait même, la circulation des cyclistes ne peut pas être autorisée dans les sites réservés aux tramways.

3.3. Le positionnement du site

Les constats et réflexions menées ci-avant, en particulier en termes de typologie des voies, de structure du bâti, de dessertes tous véhicules ou transports collectifs, de nuisances et de profils en travers disponibles, permettent de cadrer le contexte des espaces concernés.

Plusieurs familles de sites réservés sont envisageables: unidirectionnel ou bidirectionnel, axial ou latéral, avec circulation générale à double sens ou à sens unique, sans exclure les solutions «mixtes» avec, par exemple, un seul sens en site propre, l'autre en site banal, ou encore lorsque les deux sens se trouvent sur des voies proches, mais distinctes.

Le choix du positionnement des transports collectifs devra donc émerger pour l'essentiel d'une réflexion itérative entre les réalités du terrain et la recherche d'une efficacité maximale pour les transports collectifs. Ainsi, on peut considérer que:

- de fortes activités commerciales ou un habitat dense d'un côté, ou peu ou pas de vie locale de l'autre côté (présence d'un mur aveugle, rivière, voie ferrée...) peuvent inciter au choix d'un positionnement unilatéral du côté des activités et de l'habitat, avec mise en place d'une station, afin d'assurer une bonne desserte;
- *à contrario*, s'il y a de nombreux accès d'un seul côté (garages privés, cours ou parcs de stationnement résidents, stations services...), imposant de nombreux franchissements du site réservé, l'implantation unilatérale sera plus satisfaisante de l'autre côté, voire à éviter; on pourra cependant, dans certains cas, utiliser ou créer une contre-allée pour rassembler les accès;
- de même, notamment, s'il n'y a pas de station, l'option pourra être prise de positionner le site propre à l'opposé de l'habitat, de façon à réduire au maximum les nuisances phoniques et vibratoires;
- s'il y a un bon équilibre entre les activités des deux côtés de la voie, ou encore des symétries visuelles prépondérantes (continuité de bâti, alignements d'arbres...), le principe du positionnement axial s'imposera, plus rarement celui du bilatéral;
- dans la mesure où des séparateurs larges seront jugés nécessaires, les sites axiaux et bilatéraux imposeront généralement deux séparateurs, alors qu'un seul serait à prévoir avec un site latéral⁶⁵; la largeur disponible pourra ainsi orienter le choix;

⁶⁵ De même pour les refuges au droit des passages piétons.

– un site axial facilite largement la desserte du bâti riverain, la circulation générale se trouvant alors directement au contact des activités latérales⁶⁶;

– les « accès cochers » ne sont pas pénalisés par la traversée du site réservé (ou son emprunt) ; ils n'affectent ni l'avancement, ni la sécurité du transport collectif ;

– les fonctions de gestion quotidienne (nettoie-ment, collecte des ordures ménagères...), ainsi que les accès pour les secours, sont, de même, beaucoup plus aisément assurés ;

– les livraisons se font dans de bien meilleures conditions ;

– enfin, le positionnement du stationnement, au contact des activités latérales, est optimal, le piéton issu du stationnement n'ayant plus à franchir le site réservé.

– la réflexion sur le choix du positionnement ne peut se faire indépendamment de l'étude menée sur les intersections (cf. septième partie : Carrefours), et de celle du tracé en plan, en particulier pour les secteurs en courbe.

Les planches en annexe présentent en détail, pour bon nombre de cas envisageables, les avantages, difficultés et limites des différentes possibilités de positionnement.

66 Néanmoins ce positionnement peut quelquefois entraîner aux utilisateurs des transports en commun des difficultés d'accès aux stations, notamment si la circulation automobile est importante et rapide.

4 Les aménagements

4.1. Les séparateurs

Des séparateurs de différents types sont conçus pour délimiter les espaces, séparer les flux, guider les véhicules et protéger les piétons lors de leurs traversées de la chaussée. Ils participent à la lisibilité de l'aménagement, y compris en période nocturne, tout en valorisant le cadre de vie, ce qui peut faire admettre aux piétons quelques contraintes de cheminement. Une simple différenciation visuelle par marquage, une différence de couleur, de texture, de nature, de matériau, peut tenir lieu de séparateur. Cette différenciation, bien entendu matériellement franchissable, peut permettre de délimiter un **site réservé accessible non protégé**.

Les séparateurs⁸⁷, parfois abusivement appelés terre-pleins [un terre-plein peut ou non constituer un séparateur] ou refuge, comportent en général une certaine dénivellation, voire même un obstacle, plus ou moins difficile à franchir, tant par les piétons, que par les deux-roues et enfin par les véhicules automobiles, voire même, dans certaines circonstances exceptionnelles, par les bus utilisant le site qui leur est réservé.

Les séparateurs peuvent être classés en trois catégories principales, en fonction de leur «perméabilité» :

- **franchissable par les véhicules routiers**, le séparateur peut être constitué soit d'un bourrelet, réalisé en matériaux divers (matériaux bitumineux, noirs ou de couleur, béton préfabriqué ou coulé en place, pavés...), de largeur voisine de 30 cm, soit d'une dénivellation du site réservé aux transports collectifs, alors délimité par une bordure franchissable [arrondie ou chanfreinée]; il délimite un **site protégé accessible**;

le respect du site réservé par les automobilistes est très largement fonction de la hauteur du séparateur : en règle générale, le respect est assez bon avec des hauteurs de

l'ordre de 8 cm et décroît assez rapidement avec la hauteur du séparateur;

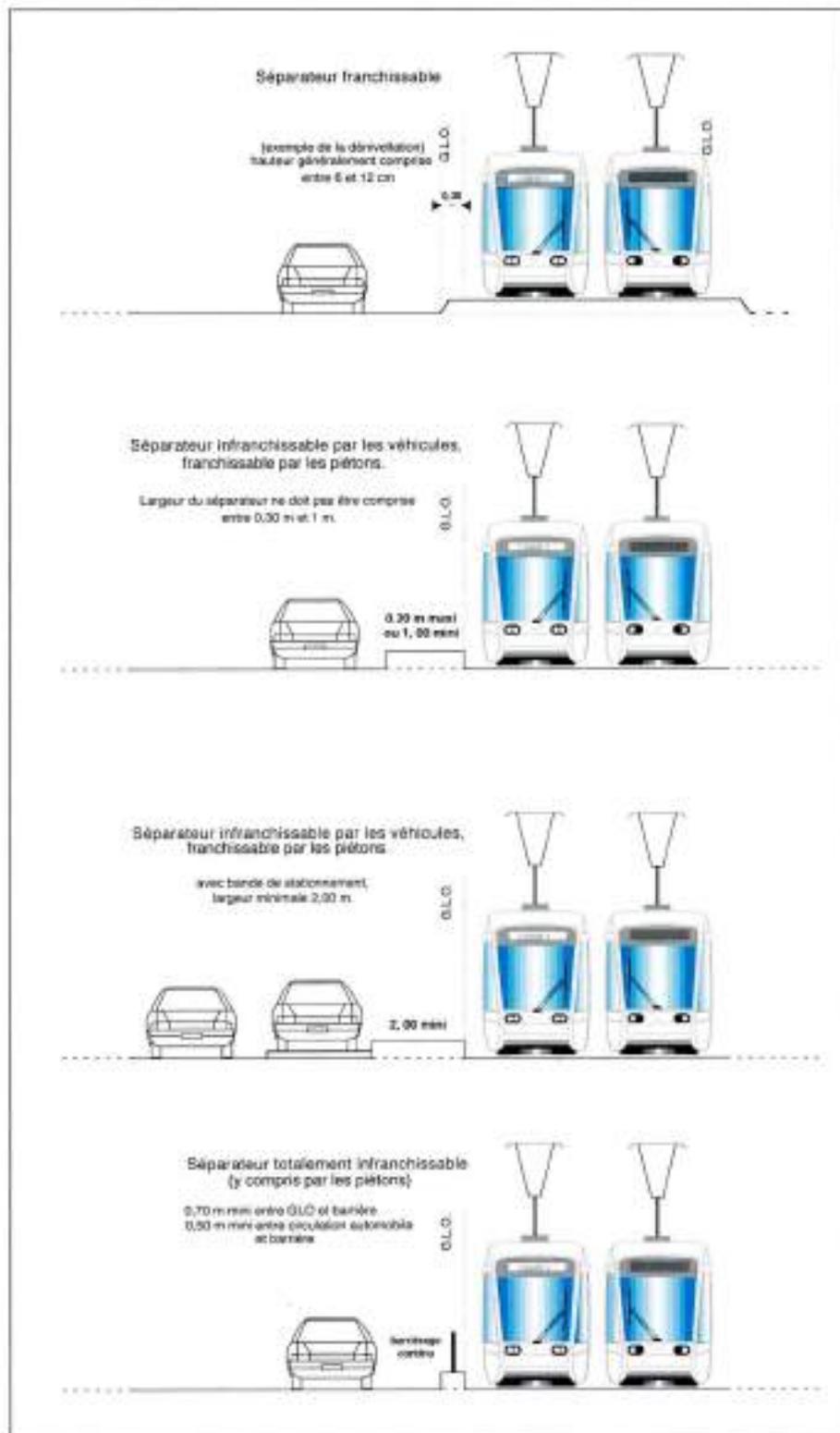
- **infranchissable par les automobiles, franchissables par les piétons**, le séparateur est généralement constitué de bordures hautes encadrant un terre-plein, ou d'un dispositif similaire quant à son fonctionnement; il délimite alors un **site protégé inaccessible**;

- dans la mesure où des traversées piétonnes, peu importantes, mais existantes, s'effectueront sur des espaces non aménagés à cet effet, on s'efforcera d'obtenir un séparateur d'au moins 1,00 mètre de largeur utile; toute largeur inférieure ne peut jouer le rôle de refuge, en risquant d'en donner la perception, ce qui peut, dans certains cas, s'avérer particulièrement dangereux; à défaut de pouvoir implanter un séparateur de largeur au moins égale à 1,00 mètre, on préférera se limiter à un dispositif de largeur nulle ou quasi-nulle (maximum 0,30 mètre), qui ne pourra en aucun cas être perçu comme une possibilité de refuge;
- si une bande de stationnement borde le séparateur, la largeur minimale utile du séparateur sera de 2,00 mètres, de façon à permettre l'ouverture des portières et l'accès aux véhicules en stationnement; cette disposition est vivement déconseillée et doit être précédée d'une étude fine d'opportunité et de sécurité;

- au droit des accès riverains, le séparateur pourra être localement rendu franchissable, par abaissement des bordures et du terre-plein, ou encore par interruption complète;

- **infranchissable par tous les usagers** de la voirie, y compris piétons, avec dispositifs adéquats (barrière, clôture...); il s'agit alors d'un **site propre intégral** (interrompu, rappelons-le, au niveau des carrefours ou autres traversées, routières ou piétonnes).

⁸⁷ L'appellation séparateur s'entend hors passages piétons matérialisés.



Ces aménagements sont **transposables au cas des sites réservés aux bus** (il n'est alors - bien entendu - pas question de gabarit limité).

Ces notions s'appliquent directement aux séparateurs entre site réservé et voies de circulation générale. Entre cheminement piéton ou bande cyclable, d'une part, et site transport collectif, d'autre part, la délimitation des espaces respectifs constitue une nécessité : suivant l'environnement, la fréquentation (piétons, deux-roues, transports en commun) et les vitesses pratiquées (transports en commun), la délimitation sera également plus ou moins marquée.



Le tramway grenoblois en périurbain (Echirrolieu) et en hypercentre (avenue Abaue - Leraime) : suivant l'environnement et la vitesse pratiquée, la séparation entre le tramway et les piétons sera plus ou moins marquée.

Outre l'utilisation de matériaux spécifiques d'aménagement, des plantations de toute nature, ainsi que du mobilier urbain, peuvent être implantés sur les séparateurs infranchissables, en apportant un soin particulier à la visibilité réciproque des différents utilisateurs de la voirie.

On n'omettra cependant pas de prendre en compte la nécessité d'écoulement des eaux pluviales à leur aplomb.

En regard des objectifs retenus, des fonctions à assurer, de la largeur de voirie disponible, la largeur du séparateur sera, bien évidemment, plus ou moins importante, sa nature pourra être différente.

Dans ces conditions, on peut considérer que :

- le séparateur s'avère indispensable et, dans la plupart des cas nécessairement infranchissable lorsque :
 - les vitesses pratiquées par la circulation générale sont élevées (vitesse limitée à 50 ou 70 km/h) et/ou que le nombre de voies par couloir de circulation est au moins égal à deux ;
 - les vitesses pratiquées par les véhicules de transport collectif sont élevées, en secteur périurbain notamment ;
 - les flux de piétons sont importants ; les traversées doivent le plus souvent s'effectuer en plusieurs temps ;
 - il y a nécessité d'interdire physiquement certains mouvements de circulation (mouvements tournants issus de la voie parallèle au site réservé ou issus de voies adjacentes, accès aux propriétés riveraines) ;
 - la « pression automobile » est très forte et la capacité réduite peut inciter l'automobiliste à emprunter l'espace affecté aux transports collectifs ;

- il y a volonté de végétaliser (plantations arbustives ou hautes tiges sur les séparateurs), sans négliger les problèmes de visibilité;
- inversement, le séparateur sera de préférence franchissable, voire même totalement évité;
- dans des secteurs de voirie mixte ou dans des quartiers tranquilles⁸⁸, afin de bien marquer la cohabitation entre vie locale, circulation générale et transports collectifs;
- lorsque la circulation générale ne se fait que sur une seule voie par sens, relativement étroite, et que, par suite de livraisons, stationnement sauvage, panne... la présence d'un séparateur infranchissable interdirait toute possibilité d'évitement.

Dans ce dernier cas, et suivant les poids respectifs des circulations générales et transports collectifs (en particulier avec des fréquences relativement limitées de ces derniers, intervalle moyen minimum de l'ordre de 3 à 4 minutes), et sous réserve d'une excellente visibilité, on constate que le site réservé aux transports collectifs joue alors un rôle de refuge pour des traversées en deux temps de la circulation automobile, même si cette pratique peut paraître quelque peu surprenante. Elle nécessite toutefois des interruptions du stationnement pour permettre les traversées.

Qu'il y ait ou non séparateur, quel que soit son type, on attachera une importance fondamentale à la lisibilité des lieux, suivant le caractère global des espaces; lorsque tout est uniforme, banal, sans différenciation, il est difficile de percevoir les droits et devoirs de chacun, les cohabitations possibles. Matériaux, plantations, éclairage, mobiliers divers, peuvent et doivent, dans la plupart des cas, permettre une structuration des espaces.

4.2. Les traversées piétonnes

Les traversées d'une voirie par les piétons sont toujours difficiles en section courante, qu'il y ait site propre ou non, avec:

- une circulation automobile dense;
- des fréquences importantes de passages de transports collectifs;
- des vitesses élevées (transports collectifs, mais surtout circulation automobile);
- des voies nombreuses et larges;
- des conditions de visibilité réciproque parfois insuffisantes.

Partant de ce constat, de l'importance des cheminements piétons et de la réalité des comportements piétons, il y a lieu de choisir si:

- les séparateurs évoqués ci-avant peuvent constituer des refuges acceptables, avec des largeurs suffisantes (2,00 mètres, 1,50 m minimum absolu), en admettant **des traversées**, en deux ou trois temps, **tout au long de l'axe** et donc sans contrainte par rapport à la réalité des pratiques; dans les cas où les traversées piétonnes sont quasi inexistantes, mais tout de même possibles, rappelons qu'un minimum de 1,00 mètre de largeur utile sera la règle pour tout séparateur, afin qu'il puisse être utilisé, le cas échéant, comme refuge, par un piéton valide isolé;
- les flots de piétons doivent être canalisés sur des **passages spécifiques** bien mis en évidence, jumelés avec les arrêts des transports collectifs;
- les flots de piétons doivent être **reportés au droit des carrefours** avec, comme dans le cas précédent, des traversées par ailleurs physiquement interdites (barrières métalliques...);

⁸⁸ Dits également zones 30 même si les axes prioritaires pour transports collectifs sont normalement à éclairer de ce type d'aménagement, on peut néanmoins quelquefois être contraint à y faire transiter une ligne de tramway.

– les traversées organisées hors carrefours, équipées de signalisation lumineuse peuvent être accompagnées d'une mise en place de feux tricolores à bouton poussoir, suivant l'importance et le rapport de force entre les trafics automobiles et les piétons, mais aussi entre la circulation générale et les transports collectifs, en particulier lorsqu'il s'agit de tramways.

Dans tous les cas, un soin particulier sera apporté aux aspects de la visibilité, afin que ces usagers vulnérables soient suffisamment bien perçus.

La cinquième partie - Traversées piétonnes - donne plus de précisions pour l'aménagement des différents types de traversées piétonnes, quel que soit l'environnement: station, carrefour, section courante...

4.3. Les vitesses pratiquées

Pour les transports collectifs, l'obtention de vitesses élevées en lignes ne constitue pas un objectif en soi; ce n'est qu'un moyen parmi d'autres permettant de tendre vers le double objectif consistant à:

- minimiser le temps de parcours total (incluant les temps de trajets terminaux, d'attente et de correspondance);
- assurer la régularité de ce temps de parcours.

En site urbain, dense notamment, parmi les causes les plus importantes d'augmentation de temps de parcours, la réduction de la vitesse de pointe ne vient qu'en 4^{ème} ou 5^{ème} rang, après:

- les arrêts aux intersections;
- les temps d'arrêt aux stations;
- les réductions de vitesses liées aux caractéristiques géométriques du tracé de la ligne (courbes notamment) et,

pour les tramways, aux franchissements de certains appareils de voie;

– d'autres causes, diverses, telles que la vente des titres de transport, lorsqu'elle est effectuée par le conducteur, le stationnement ou la circulation sur la voie affectée aux transports collectifs.

À titre d'exemple, sur une ligne d'une dizaine de kilomètres, avec une distance moyenne interstation de 500 mètres et une cinquantaine d'intersections,

– un simple arrêt à un carrefour sur deux, avec redémarrage immédiat fait chuter la vitesse commerciale de près de 10 % (2 km/h en moins, près de 3 minutes en plus pour un parcours de 30 minutes); outre le moindre attrait pour le client potentiel, c'est également, pour l'exploitant, la nécessité d'engager un à deux véhicules supplémentaires;

– avec, en plus, 15 secondes d'arrêt moyen à ces mêmes carrefours, l'incidence est plus que doublée;

– 15 secondes d'arrêt supplémentaire à chaque station occasionnent à elles seules une chute de plus de 15 % de la vitesse commerciale (chute de plus de 3 km/h, 5 à 6 minutes en plus pour le même parcours); ceci peut impliquer l'engagement de 2 à 3 véhicules supplémentaires;

– une seule courbe de très faible rayon entre deux artères à angle droit, entraîne un allongement du temps de parcours d'une vingtaine de secondes.

Comparativement, la réduction de la vitesse de pointe de 10 % n'entraîne, sur ce même exemple, qu'une réduction de 5 % environ de la vitesse commerciale (environ un kilomètre/heure de moins, allongement du temps de parcours d'une minute et demie); l'enjeu pour l'exploitant est au pire d'un véhicule.

En milieu urbain relativement dense, une vitesse élevée ne peut être atteinte que sur de faibles longueurs, alors que des vitesses plus faibles, de l'ordre de 35 km/h, pourraient, moyennant des aménagements bien conçus, être maintenues sur une forte proportion de l'itinéraire.

La vitesse pratiquée en ligne doit toujours être adaptée à l'environnement; une vitesse élevée ne constitue pas le meilleur moyen de réduction du temps de parcours.

Les transports collectifs, tramways, mais également bus, transportent des passagers debout; pour une bonne sécurité de ces passagers, leurs distances d'arrêt sont importantes. Dans un même environnement, il n'y a donc aucune raison pour que ces véhicules pratiquent des vitesses maximales plus élevées que les autres véhicules.

Conclusion

L'ensemble des développements menés au niveau de l'observation, de l'analyse et des réflexions préalables fait ainsi apparaître qu'il n'y a pas de solution de base générale, mais que, dans la totalité des cas, les concepteurs auront à mener une réflexion prenant en compte tous les aspects relatifs à un ou plusieurs axes, pour déboucher sur un aménagement en section courante satisfaisant.

C I N Q U I È M E P A R T I E

Les traversées piétonnes



Parmi les accidents corporels qui surviennent en agglomération et qui impliquent un piéton, une part non négligeable a lieu sur les passages piétons ou à leur proximité immédiate. Les piétons sont les usagers les plus vulnérables de nos réseaux de voirie.

Il convient de se remémorer les caractéristiques essentielles de ce type d'usager, au plan du fonctionnement de la voirie :

- lenteur de déplacement, par rapport aux automobiles ;
- recherche naturelle du trajet le plus direct, le plus simple et le moins contraignant ;
- impatience devant une attente prolongée.

Le présent chapitre consacré aux traversées piétonnes des voiries spécialement aménagées en faveur des transports collectifs traite de l'ensemble des modes de transports collectifs de surface et non des seuls tramways. Toutefois, le tramway, de par sa spécificité et de par les règles de priorité⁸⁸ qui s'y rattachent, réclame une attention et un soin particuliers, notamment lors de la conception des aménagements. Cette attention doit être d'autant plus soutenue qu'il s'agit d'un aménagement auquel le piéton est peu ou pas habitué.

Ce chapitre ne traite pas spécifiquement des aménagements pour transports en commun :

- ni dans les rues mixtes piétons – transports collectifs ;
- ni dans les quartiers tranquilles (zones 30).

En effet, même si leur circulation dans ces secteurs n'est en aucun cas à exclure, ils demandent des aménagements particuliers, qui devraient faire ultérieurement l'objet d'un ouvrage spécifique.

Il convient cependant de rappeler que des vitesses en ligne élevées ne peuvent être atteintes dans de tels secteurs.

Les principes généraux d'aménagement

En dehors des carrefours à feux, toute signalisation lumineuse des traversées piétonnes sera, chaque fois que cela s'avérera possible, évitée, tant sur le site réservé aux transports collectifs que sur les chaussées qui lui sont parallèles.

1.1. Les règles générales d'implantation de la signalisation verticale

Au plan de la signalisation verticale dynamique, la traversée piétonne d'une voirie comportant un site spécialement affecté aux véhicules de transport collectif est traitée de façon homogène [absence totale de signalisation lumineuse ou à contrario ensemble des traversées équipées de signalisation destinée aux piétons].

Cependant, dans certains cas particuliers, on peut se dispenser de feux sur la traversée piétonne du site réservé, même si les voies routières adjacentes en sont équipées, par exemple :

- dans un environnement station fortement marqué, c'est-à-dire lorsque l'événement prépondérant de l'aménagement est constitué par la station ; en pratique, à proximité immédiate d'une station ;
- en dehors de ce cas, exceptionnellement, et sous réserve que les trois conditions suivantes soient réunies :
 - excellente lisibilité de l'aménagement,



Station de tramway à Bouigny. Il est généralement préférable de ne pas équiper de feux la traversée du site tramway. En contrepartie la réalisation de traversées des voies routières aux deux extrémités de la station doit toujours être envisagée.

- bonnes conditions de visibilité réciproque,
- refuges pour les piétons particulièrement bien dimensionnés, permettant l'implantation de chicanes (cf. principes au paragraphe 2.2. de ce chapitre).

1.2. La signalisation verticale destinée aux piétons

• La signalisation statique

Lorsque la traversée piétonne d'un site réservé n'est pas équipée de signalisation lumineuse destinée aux véhicules de transport en commun, seule une signalisation verticale statique peut être mise en place pour les piétons.

Celle-ci peut éventuellement être lumineuse (fixe ou clignotante) mais non dynamique³⁰. Le type de signal ainsi que les modalités d'implantation ne font pour l'instant l'objet d'aucune réglementation.

Les messages à faire passer sont les suivants :

- attention, possibilité de venue d'un véhicule, bus ou tramway;
- priorité du tramway (et de ce seul mode);
- sens de circulation (utilisation possible de flèches).

Afin d'éviter tout risque de confusion, l'utilisation de signaux réglementaires destinés habituellement aux automobilistes est vivement déconseillée; par contre, l'utilisation des silhouettes réglementaires du bus et du tramway est tout à fait envisageable.

• La signalisation lumineuse dynamique

Seules les figurines piétons réglementaires (signaux R 12) peuvent être utilisées.

Elles seront positionnées de manière à éviter toute prise involontaire d'information par les piétons sur des signaux qui ne leur seraient pas destinés.

³⁰ Dans son assiette à l'approche d'un véhicule de transport en commun.

³¹ Au moins en zone réglementaire du tram.

³² Sauf éventuellement en quartier tranquille (zone 30).



Aucun éblouissement ne doit être possible quant à la lecture des figurines piétons.

1.3. La signalisation horizontale

• Sur site bus

Le bus étant un véhicule automobile, la traversée sera matérialisée à l'aide d'un marquage réglementaire.

• Sur site tramway

La traversée d'un site tramway ne comportera **pas de passage piétons**³¹:

– les traversées sur chaussées (automobiles) contiguës seront matérialisées à l'aide d'une signalisation horizontale réglementaire³²,

– la traversée du site ferroviaire (tramway) ne sera normalement pas marquée; on s'assurera néanmoins que le revêtement est suffisamment confortable pour le passage des piétons et que la continuité de la traversée de l'ensemble de la voirie apparaît clairement, ceci afin de bien marquer les différences de régimes de priorité, définis en première partie, et, par la même démarche, d'attirer la vigilance des piétons.

En tout état de cause, la différenciation entre voies routières et site tramway doit toujours⁷³ être plus forte que celle pouvant exister, au sein du site tramway, pour matérialiser le cheminement piéton⁷⁴.

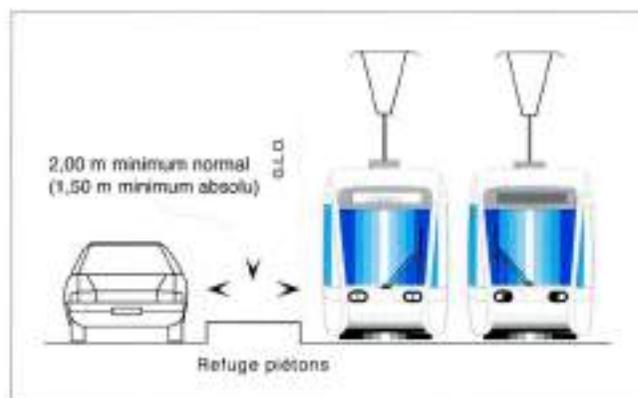
Cette règle n'a pas lieu, bien entendu, de s'appliquer en **site banal**, puisqu'il est alors impossible, sur un même lieu, de combiner deux règles de priorité différentes (voir détails au paragraphe site banal ci-après).

1.4. La géométrie des traversées piétonnes

Pour traverser une voirie empruntée par une ligne de tramway, les piétons sont le plus souvent amenés à franchir successivement un ou plusieurs couloirs routiers et un site ferré. Afin de bien marquer les différentes traversées et d'attirer l'attention du piéton sur les dangers spécifiques liés aux deux types de véhicules (vitesse d'approche, distance de freinage, nombre et fréquence différents), on retiendra les principes suivants :

- la distance à parcourir par le piéton est pratiquement toujours supérieure à 9 mètres (3 m de chaussée au minimum et 6 m environ pour le site tramway) ; il est donc important que le piéton puisse effectuer sa traversée en deux temps (ou plus) et qu'il puisse se réfugier sur un îlot.

Ces îlots-refuges doivent être parfaitement dimensionnés et aménagés ; une largeur au moins égale à 2,00 m en tout point doit absolument être recherchée ; cette largeur ne devra en aucun cas être inférieure à 1,50 m :



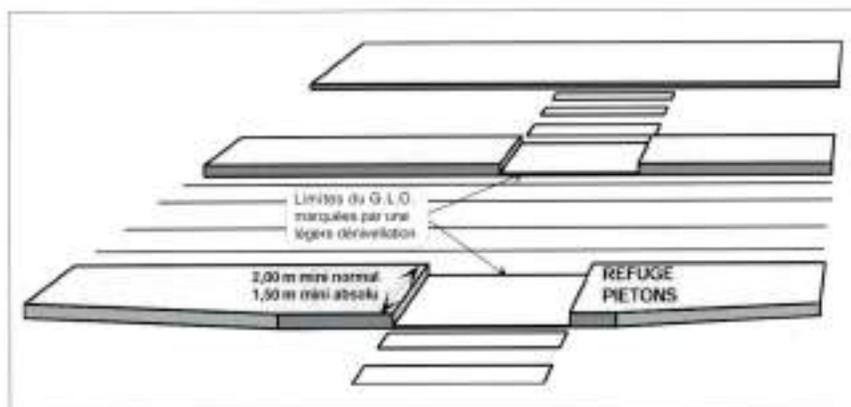
GLO : Gabarit Limite des Obstacles.

La largeur du refuge est mesurée à partir du gabarit limite d'obstacles (GLO) du tramway jusqu'à l'autre extrémité de l'îlot.

Les piétons perçoivent mal l'encombrement réel des tramways, totalement immatériel hors présence du véhicule (largeur de caisse, déport pouvant être important à l'intérieur et à l'extérieur des courbes...). Il est donc impératif de matérialiser au sol ce gabarit soit par un marquage soit encore par une différenciation nette (nature des matériaux, peinture, léger dénivelé, matériaux podotactiles spécifiques...). Ceci pourra le cas échéant être complété par quelques potelets ou encore quelques éléments de barrièrage.

⁷³ Sauf impossibilité technique telle que site organisé, balisé... où il est en outre nécessaire d'améliorer le confort de marche du piéton et/ou de pérenniser la tenue du revêtement (cas d'urgence).

⁷⁴ Dont la signification ne peut être qu'indicative, mais absolument pas réglementaire.



- En l'absence de signalisation lumineuse, s'il est impossible d'implanter des refuges de largeur au moins égale à 1,50 m, il est préférable de ne pas réaliser de passage piéton.
- En carrefour à feux, sans refuge, la traversée ne doit être matérialisée qu'à la condition que le piéton puisse l'effectuer en un seul temps et que les temps de rouge de dégagement lui permettent d'atteindre le côté opposé avant l'arrivée des véhicules antagonistes.

1.5. Le fonctionnement des signaux piétons

• Rappels

La signalisation lumineuse dynamique destinée aux piétons est exclusivement constituée de signaux réglementaires R 12 (figurines vert/rouge).

«L'existence de signaux pour piétons [R12] est indissociablement liée à la présence de signaux tricolores contrôlant les courants de véhicules avec lesquels les piétons qu'ils

protègent sont en conflit.» (Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière, Livre I, 6^e Partie, art. 110-2).

L'existence de figurines piétons à la traversée du site réservé implique donc obligatoirement l'implantation de signaux destinés aux véhicules de transport collectif.

Ce même article précise que, dans une intersection contrôlée par feux, les traversées piétonnes matérialisées ne sont pas obligatoirement équipées de figurines.

Les temps de vert minimum et de rouge de dégagement doivent -bien entendu- toujours être respectés. Rappelons ici les différentes valeurs à respecter :

- temps de vert minimum piétons, véhicules automobiles et tramways, 6 secondes ;
- temps de dégagement minimal piétons basé sur une vitesse de progression de 1 m/s ;
- temps de dégagement véhicules basé sur une vitesse de progression de 10 m/s.

Pour les tramways, la pratique veut que leur temps de dégagement soit déterminé par une action d'acquiescement située en sortie de carrefour. Ce délai dépend de la position du système d'acquiescement, de la vitesse et des accélérations du tramway. À défaut, on pourra déterminer ce délai à partir de ces seuls paramètres cinématiques.

L'autorisation de franchissement d'une traversée piétonne ne sera donnée au tramway qu'après respect du temps de dégagement piétons.

Le respect de ces diverses contraintes nécessite l'implantation d'une détection parfaitement fiable du véhicule de transport collectif, suffisamment en amont du point de

conflit, pour assurer le fonctionnement du système dans les meilleures conditions de sécurité et de confort pour les piétons et pour les clients du transport collectif, avec des performances optimales de ce même transport collectif.

De même, l'implantation et le fonctionnement de la signalisation se feront avec le souci constant de rendre l'équipement parfaitement crédible aux yeux de l'utilisateur, de façon à en minimiser le taux d'inobservance.

2 Les traversées en section courante

L'implantation de passages piétons en section courante doit rester chose exceptionnelle, à réserver aux cas où l'interférence entre deux carrefours est trop importante.

2.1. Les traversées sans feux

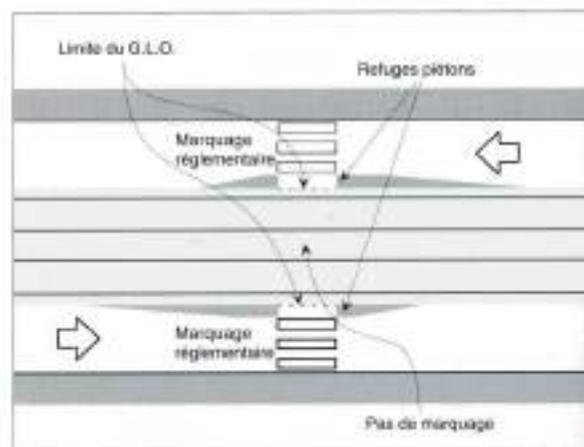
Les passages piétons sans feux devraient constituer la règle générale⁷⁵; en l'absence de signalisation lumineuse, les traversées successives de plusieurs couloirs de circulation peuvent être alignées.

Il est indispensable de prévoir, entre le site réservé et les voies routières, des refuges pour piétons réalisés avec des bordures hautes infranchissables par les véhicules routiers, abaissées au droit du passage piéton.

• L'aménagement géométrique

L'exemple ci-dessous traite du cas d'un passage piétons sans feux d'un site tramway contigu à une chaussée, avec ou sans séparateur.

À l'approche du passage piétons, la voie de circulation générale est quelque peu rétrécie et/ou déviée, afin de permettre l'implantation d'un refuge pour les piétons. Ce type d'aménagement devrait également permettre une meilleure appréhension du passage piétons par les automobilistes, ainsi qu'une réduction de leur vitesse.



Dans le cas des sites réservés unidirectionnels à contre-sens, sur un axe à sens unique, l'implantation d'un refuge est absolument indispensable au droit de tout passage piétons.

2.2. Les traversées avec feux

L'implantation d'une signalisation lumineuse sur un passage piétons en section courante doit rester **exceptionnelle**. Elle ne peut se justifier que dans les cas suivants :

- présence d'un fort générateur de piétons (école, usine, ...) situé en dehors de tout carrefour,
- trafic automobile dense et rapide, justifiant de disposer de deux ou plusieurs voies pour certains couloirs de circulation,
- mauvaise visibilité réciproque.

Lorsqu'une traversée piétonne est équipée de signalisation lumineuse, l'ensemble des divers couloirs et sites spécialisés doivent l'être, quels que soient les modes de transport.

⁷⁵ Précisons que le motif de site propre intégral exclut la possibilité de toute traversée piétonne; il ne peut, dans ce cas, y avoir traversée piétonne que moyennant interruption du site propre, par exemple à l'aide d'une signalisation lumineuse.

En présence d'un site réservé aux tramways ou à un autre mode « lourd » (fréquences relativement faibles et régulières, prise en compte prioritaire nettement affirmée), le mode de fonctionnement des traversées piétonnes des différents couloirs ou sites spécialisés doit, sauf cas particuliers, être différent et dissocié :

- sur les couloirs de circulation générale, la position de repos est constituée du vert circulation générale et du rouge piétons ; le vert piétons est alors commandé par bouton-poussoir ;

- sur le site réservé, la position de repos est au contraire constituée du vert piétons et du rouge TC, le vert TC étant obtenu par détection de ce dernier.

Ce type de fonctionnement implique la **présence impérative d'îlots-refuges** pour les piétons, qui effectuent alors le plus souvent leur traversée en deux ou plusieurs temps.

Ces îlots-refuges permettent également l'implantation des supports de signaux lumineux (transports collectifs, figurines piétons, voire répéteurs circulation générale).

L'absence de refuges, entre le site réservé et les chaussées qui lui sont parallèles, est incompatible avec l'équipement en feux d'un passage piétons en section courante.

En effet, sans refuges, ce fonctionnement ne peut plus s'appliquer : l'implantation des boutons-poussoirs d'appel piétons ne peut alors se faire que sur les deux trottoirs, le vert piéton ne peut être donné que pour l'ensemble de la traversée.

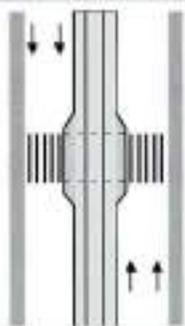
Le temps de dégagement piéton doit être déterminé pour l'ensemble de la traversée, de trottoir à trottoir (temps compris entre 9 et 14 secondes environ, suivant le site).

Pendant toute cette durée les feux véhicules sont maintenus au rouge même si le piéton a déjà atteint le site réservé⁷⁶. Cette disposition ne peut alors que décrédibiliser la signalisation lumineuse et, par là, inciter les automobilistes à franchir les feux au rouge.

En outre, la réponse à l'appel piéton peut ne pas être immédiate, le vert piéton ne pouvant être accordé que si aucun véhicule de transport en commun n'est en approche.

⁷⁶ Que l'on peut alors considérer comme un vaste refuge, le piéton y étant alors en totale sécurité, puisqu'il n'attend pas le vert piétons si un véhicule de transport collectif est à l'approche.

Suivant le positionnement du site [axial ou latéral] et la configuration des voies routières, les cas suivants peuvent être rencontrés :

Implantation	AXIALE			LATERALE	
					
Nombre de voies	2 x 2	2 x 1	2 x 1	1 x 2	1 x 2
Refuges	IMPÉRATIFS	OUI	NON	OUI	NON
Feux	Souhaitables	Possibles	NON	Souhaitables	NON
Matérialisation	OUI	OUI ^A	NON ^B	OUI	NON ^C

A - Type d'aménagement envisageable mais, sauf dans le cas de fort générateurs de piétons, non nécessaire (voir schéma suivant et note B correspondante) ; aménagement pas toujours crédible, les traversées pouvant le plus souvent se pratiquer aisément en n'importe quel point.

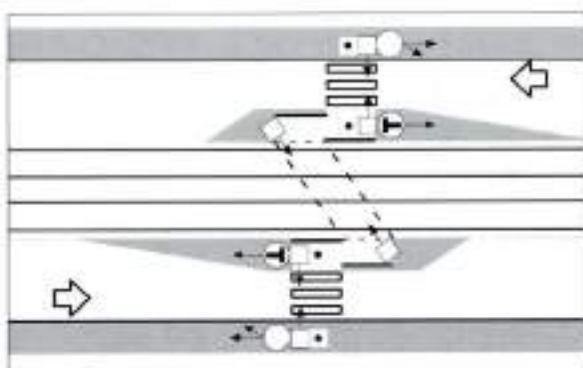
B - L'expérience montre que si les fréquences TC ne sont pas trop importantes (au maximum un véhicule toutes les 2 à 3 minutes, dans chaque sens), si les flux automobiles sont maîtrisés (importance et vitesse), et si la visibilité est bonne, les traversées piétonnes se font aisément en tout point, le site réservé jouant en fait le rôle de vaste refuge entre les deux chaussées, elles-mêmes aisément traversables (de largeur réduite à 3 ou 4 m environ).

C - Un aménagement de ce type peut être envisagé uniquement si le trafic automobile et les fréquences TC sont faibles, le piéton prenant alors refuge sur le site réservé ; la mise en place d'une signalisation lumineuse impliquerait la traversée en un seul temps de l'ensemble de la voirie, ce qui ne serait pas forcément crédible, donc certainement assez mal respecté.

L'implantation des figurines piétons ne doit laisser subsister aucune ambiguïté sur le courant de piétons auxquels elles s'adressent. Des dispositions appropriées telles que des cheminements piétons décalés doivent attirer l'attention des piétons sur ce mode de fonctionnement. En complément à cet aménagement géométrique, un soin tout particulier doit également être apporté à l'implantation et l'orientation des optiques destinées aux piétons.

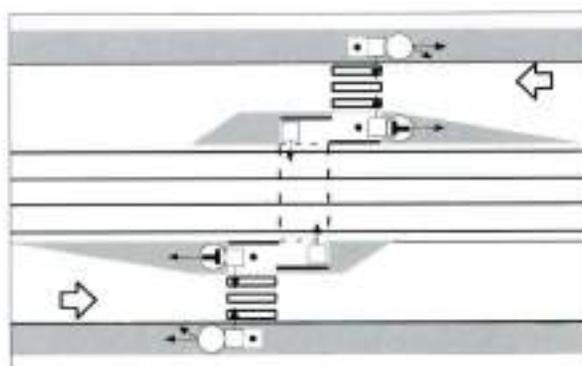
• L'aménagement géométrique

Le principe retenu dans les deux aménagements présentés ci-après consiste à décaler la traversée du site réservé par rapport aux traversées de couloirs de circulation générale. Le premier schéma préconise l'implantation en biais de la traversée du site réservé afin d'amener le piéton à se présenter au maximum face au danger (véhicules, première voie bus ou tramway rencontrée).



Néanmoins, quelle que soit l'orientation de la traversée du site réservé, le piéton sera confronté, à un moment ou à un autre, à l'arrivée d'un véhicule de transport en commun dans son dos.

Le deuxième type d'aménagement propose des traversées en baïonnette permettant de décaler l'ensemble des trois traversées, de manière à éviter tout alignement de figurine.



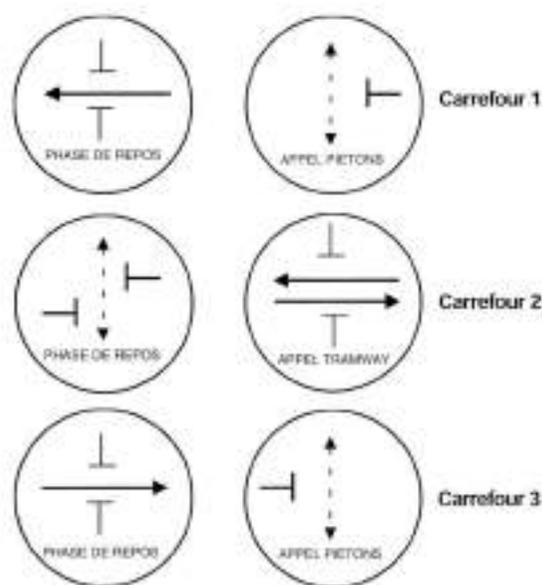
Dans le deuxième type d'aménagement, le choix du sens de la baïonnette a été fait en privilégiant la perception, par les piétons, des automobiles, au détriment de celle des véhicules de transport en commun. Des choix différents peuvent être effectués.

S'agissant de schémas de principe, ils doivent bien entendu être adaptés au contexte local. De telles baïonnettes sont à réserver à des traversées de voies où la circulation reste importante et rapide.

En tout état de cause, pour que de telles traversées soient réellement utilisées, le détour occasionné doit être le plus réduit possible.

• Le fonctionnement

Cet aménagement doit être assimilé, pour le fonctionnement de la signalisation tricolore, à trois carrefours successifs indépendants, possédant chacun leur position de repos. Les deux traversées de circulation générale fonctionnent de manière identique. Le découpage en phases est le suivant :



Les «carrefours» 1 et 3 correspondent aux traversées de couloirs de circulation générale; la position de repos est constituée du vert circulation générale et du rouge piétons, le vert piétons étant obtenu par appel sur bouton poussoir. Il est souhaitable que la réponse soit immédiate sauf dans le cas d'appels rapprochés.

Le «carrefour» 2 correspond à la traversée du site réservé. La position de repos correspond au rouge TC et au vert piétons, le vert TC étant obtenu sur détection en approche.

Les piétons sont donc amenés à appuyer successivement sur deux boutons d'appels différents («carrefours» 1 et 3).

Les traversées en carrefours 3

Les passages piétons en carrefour sont les plus nombreux. Ils seront traités selon le type et la géométrie du carrefour. Dans le présent chapitre, seules sont rappelées les règles générales.

La prise en compte des piétons dans les intersections est abordée, tant du point de vue géométrique que du fonctionnement, dans la septième partie - Carrefours et autres traversées à niveau.

3.1. En carrefour à feux

En carrefour à feux, la règle générale veut qu'une même traversée piétonne soit équipée de signaux lumineux (figurines piétons R 12) sur l'ensemble des couloirs, qu'il s'agisse de couloirs de circulation générale ou de sites réservés, routiers ou ferroviaires, ceci afin d'avoir un traitement homogène, et donc compréhensible.

La présence de feux sur le site réservé implique la présence de refuges pour accueillir les piétons en attente et pour y implanter les supports de la signalisation lumineuse.

S'il s'avère impossible d'implanter des refuges de taille suffisante, la traversée ne peut être matérialisée qu'à la condition qu'elle puisse s'effectuer en un seul temps (et bien entendu que les temps de dégagement piétons soient respectés).

3.2. En carrefour sans feux

La traversée piétonne d'une voirie comportant un site réservé aux tramways ou aux bus doit comporter des refuges bien dimensionnés pour y accueillir les piétons : les distances importantes que les piétons ont à parcourir imposent, pour des raisons de sécurité, la présence de refuges.

• Rappel

Ces refuges doivent être parfaitement dimensionnés et aménagés ; une largeur au moins égale à 2,00 m en tout point doit être recherchée ; cette largeur ne devra en aucun cas être inférieure à 1,50 m.

3.3. En carrefour giratoire

Les piétons empruntent les passages dans les mêmes conditions que dans un carrefour giratoire classique, indépendamment de l'état des feux. Il n'y a donc pas lieu d'installer des feux piétons, ni sur le site réservé, ni sur les voies routières contiguës.

4 Les traversées d'un site banal⁷⁷ (cas des tramways)

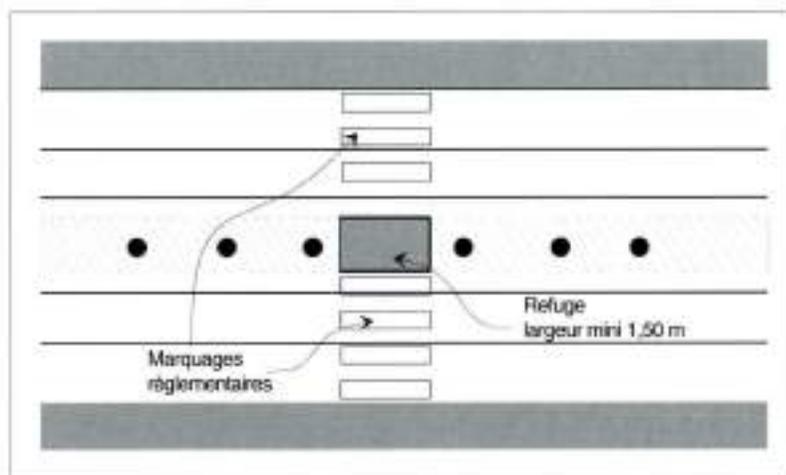
À l'heure de la rédaction du présent guide, ni la réglementation, ni la jurisprudence n'ont abordé précisément ce cas de figure; aucune règle intangible ne s'y rattache. On ne donnera donc que des orientations.

En site banal les tramways et les autres véhicules circulent sur une même voie. Il n'est pas alors possible, vis-à-vis des piétons, de fixer, sur cette seule et unique voie de circulation, des règles différentes de priorité. Il semble donc, de ce fait, que les tramways doivent alors se plier aux mêmes règles que les véhicules automobiles (article R. 220 du Code de la route).

De ce fait, le marquage au sol doit refléter cette règle; le marquage réglementaire s'impose donc.

En section courante, hors traversée matérialisée, un séparateur infranchissable par les automobiles, de largeur minimale 1,00 m s'impose, pour éviter tout face à face entre automobile et tramway. L'implantation de traversées piétonnes matérialisées implique des refuges de largeur minimale 1,50 m. De fait, en règle générale, le tracé des voies de tramway nécessitera une largeur constante de 1,50 m au minimum pour le séparateur.

Le séparateur infranchissable présente en outre l'avantage d'interdire tout dépassement au droit des traversées piétonnes.



⁷⁷ Par définition, site accessible à tous les véhicules (cf. troisième partie - Terminologie).

Les traversées à proximité immédiate d'une station



La présence de la station constitue également un environnement particulier, qui annonce de manière très forte la présence d'une ligne de transport collectif, de manière plus forte même, dans le cas des tramways, que la présence des rails et des lignes aériennes.

À proximité d'une station, la vitesse des véhicules de transport en commun est réduite; les piétons, en majorité des clients, traversent le site aussi bien dans la station qu'à ses abords, bien souvent de manière anarchique. La signalisation lumineuse ne permet généralement pas de donner une information fiable quant à l'instant de départ du véhicule de la station.

De ce fait, l'équipement de la traversée du site réservé avec figurines piétons R 12 risque le plus souvent de s'avérer peu judicieux.

En présence d'une station, les passages piétons matérialisés sur les chaussées routières sont positionnés aux extrémités des quais ou, plus précisément, de leurs prolongements.

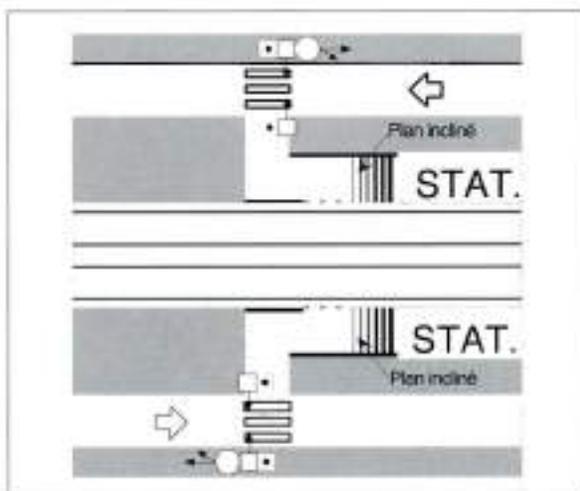
Lorsque les voies de circulation générale sont équipées de signaux tricolores, les traversées piétonnes des différents couloirs seront décalées entre elles, afin d'éviter l'alignement des figurines, la traversée du site réservé pouvant alors ne pas être équipée de signalisation lumineuse destinée aux piétons (figurines R 12).

La plate-forme affectée aux transports en commun étant généralement plus large à proximité des stations (largeur nécessaire pour l'implantation des quais), ce décalage ne devrait pas poser de problème particulier.

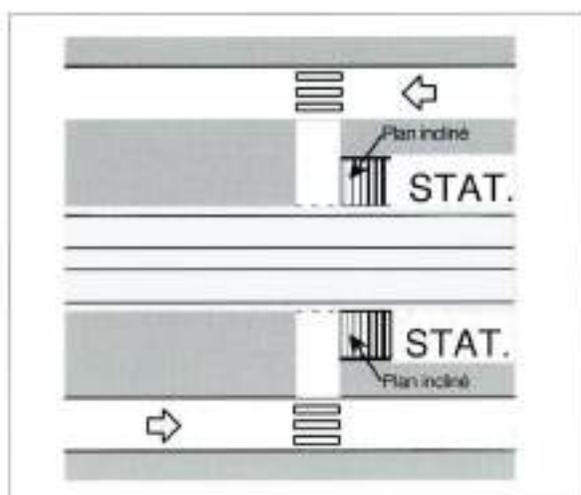
Si aucune traversée de couloir n'est équipée de feux, il n'est pas alors nécessaire de décaler les traversées.

5.1. En dehors de tout carrefour

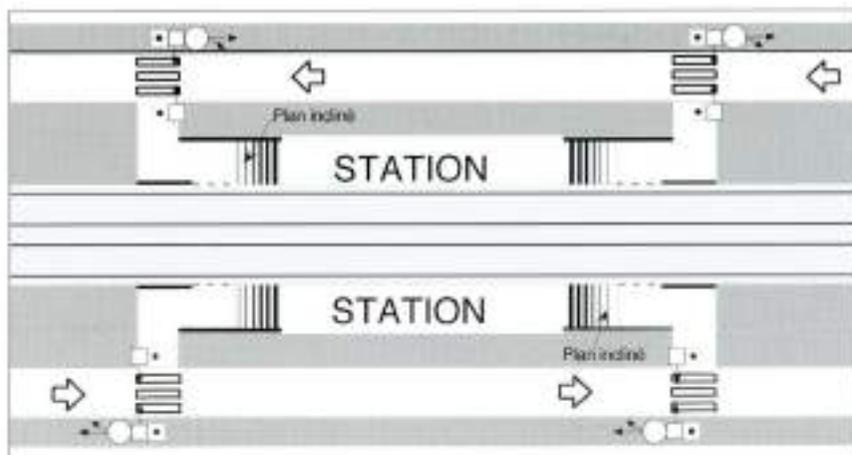
Feux sur circulation générale



Absence totale de feux



Si la station comporte à chaque extrémité une traversée équipée de signalisation lumineuse, le fonctionnement des feux sera synchronisé.



Il faut néanmoins être conscient que les feux sont souvent, dans ce cas, assez mal respectés par les piétons :

- lors de l'arrivée du tramway ou du bus, les gens se précipitent pour accéder au quai, au mépris de toute signalisation ;
- à son départ, les gens sortent groupés en forçant le passage.

D'autres solutions peuvent être étudiées, comme, par exemple, la création de plateaux dénivelés à l'arrière des quais de stations, avec, le cas échéant, plusieurs traversées piétonnes au droit de la station.

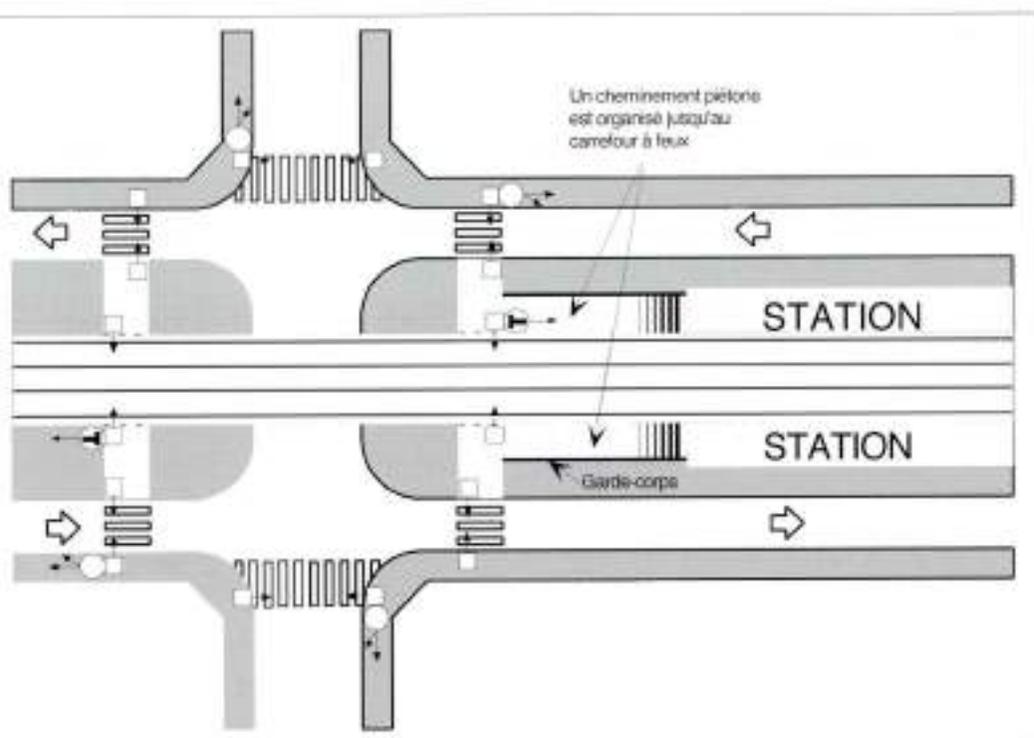
5.2. À proximité d'un carrefour à feux

Pour les raisons évoquées ci-avant (vitesse réduite des véhicules de transport en commun, traversées erratiques des piétons, difficulté de mettre en place une signalisation dynamique crédible) il est préférable, en carrefour à feux, d'exclure, du côté où est située la station, toute signalisation piétons pour la traversée du site réservé : la station « prime » sur le carrefour.

Un cheminement piéton est organisé entre le carrefour à feux et la station qui, à ce point de vue, doit être positionnée au plus près du carrefour.

Du côté opposé à la station, l'environnement transport collectif est généralement moins marqué, du moins lorsque la taille du carrefour est importante ; de ce fait, il est généralement préférable d'installer des feux piétons tant sur le site réservé que sur les chaussées qui lui sont parallèles.

Le mode de fonctionnement des feux piétons est indissociablement lié à la présence de refuges de taille suffisante. Faut de tels refuges, la traversée ne peut s'effectuer qu'en une seule fois, avec les temps de dégagement correspondants.



Contrairement à ce qui se passe en section courante, les traversées piétonnes en carrefour à feux ne sont pas équipées de boutons-poussoirs d'appel piétons.

Résumé

RÈGLES D'IMPLANTATION DE LA SIGNALISATION LUMINEUSE

1. En dehors des carrefours à feux, éviter autant que possible toute signalisation lumineuse des traversées piétonnes.
2. Sauf cas particuliers (proximité immédiate des stations...), la traversée piétonne d'une voirie comportant plusieurs couloirs de circulation, qu'il s'agisse de couloirs de circulation générale ou de sites réservés aux tramways ou aux bus, doit être traitée de manière homogène au plan de la signalisation verticale, dynamique notamment.

AMÉNAGEMENTS AU SOL - GÉOMÉTRIE

1. Les traversées de chaussées routières sont matérialisées à l'aide d'un marquage réglementaire, de même que celles d'un site banal.
2. Les traversées de sites réservés aux tramways se font sans marquage réglementaire ; une continuité de la traversée doit néanmoins être matérialisée ; une légère différenciation au niveau des matériaux (nature, couleur, texture, mode de pose...) peut être envisagée.
3. Pour les refuges pour piétons, une largeur au moins égale à 2,00 m en tout point doit être recherchée ; cette largeur ne devra en aucun cas être inférieure à 1,50 m [dans le cas des tramways, ces dimensions s'entendent jusqu'au gabarit limite d'obstacles (GLO)].
4. La limite du GLO doit être perceptible en tout point accessible aux piétons, a fortiori au niveau des refuges.

5. Hors carrefours à feux, en présence d'un site réservé aux transports collectifs, aucune traversée ne doit être matérialisée si des refuges correctement dimensionnés ne peuvent être implantés.

6. En carrefour à feux, aucun refuge de largeur inférieur à 1,50 m ne doit être implanté ; une traversée sans refuge implique obligatoirement :

- une traversée en un seul temps ;
- un respect scrupuleux des rouges de dégagement piétons correspondants.

7. En site banal, la tendance voudrait qu'on applique les règles suivantes :

- marquage réglementaire ;
- refuge en axe.

S I X I È M E P A R T I E

Les stations



Comme indiqué dans l'ouvrage «les arrêts de bus dans leur contexte urbain», une station doit satisfaire à quatre fonctions :

- **fonction de signal** : repérer le réseau dans la ville ;
- **fonction d'information** : renseigner sur le réseau et ses conditions d'accès ;
- **fonction d'accueil** : améliorer les conditions de l'attente ;
- **fonction de quai** : faciliter la montée et la descente du véhicule.

Ce bref rappel montre bien l'importance des enjeux liés à la localisation, la conception et l'aménagement (tant dans le qualitatif que dans l'équipement) d'un arrêt ou d'une station, qui ne doivent pas être sous-estimés. Ces enjeux mériteraient, bien souvent, la mise en place d'une équipe pluridisciplinaire intégrant : urbaniste, aménageur, technicien circulation, gestionnaire du réseau ...

La typologie des points d'arrêt:

les stations

1

Sur un réseau de transports collectifs urbains on rencontre généralement plusieurs types de points d'arrêts :

– **l'arrêt simple** : arrêt réservé aux véhicules d'une seule ligne dont les caractéristiques et les équipements sont fonction du type de véhicules et de l'importance de la demande (fréquentation) ;

– **l'arrêt multiple** : arrêt commun à deux ou plusieurs lignes ;

– **le terminus** : arrêt situé en bout d'une ligne, mais qui peut également n'être qu'un arrêt simple pour une autre ligne. Ce type de point d'arrêt nécessite de prendre en compte les aspects retournement, stationnement pour prise de service, voire réserve pour les heures de pointe, équipements pour le personnel et les usagers ; certains arrêts peuvent constituer des **terminus partiels**, pour certains services, voire à certaines heures seulement ;

– **le pôle d'échange** : point d'arrêt (situé ou non en terminus d'une ligne) au niveau duquel s'effectuent des correspondances internes au réseau de transports collectifs, mais aussi, éventuellement des échanges intermodaux avec les autres modes de transports individuels (deux-roues, voiture) ou collectifs (SNCF, réseau de transport collectif non urbain).

Ce dernier type nécessite donc l'aménagement d'aires d'arrêts et/ou de stationnement à proximité pour les véhicules des lignes de transport en commun en correspondance, mais aussi pour les autres modes d'accès au réseau. Quels que soient les modes concernés (y compris SNCF), il s'agit de faciliter et réduire les distances de marche à pied des usagers effectuant une correspondance, un échange entre modes de transport.

Un pôle d'échange nécessite une étude particulière détaillée.

• Les choix effectués

Compte tenu des objectifs du guide (conception des aménagements de voiries pour des axes lourds dits de transport en commun en site propre, ou TCSP) :

– nous utiliserons le terme **station** plutôt que celui d'arrêt ;

– nous n'évoquerons, ci-après, que les aspects à prendre en compte pour une **station simple**, les autres types nécessitant, en règle générale, des études particulières détaillées, intégrant les contraintes de site.

2 Le positionnement des stations

L'expérience montre que la localisation des stations résulte, bien souvent, d'un compromis entre différents points de vue s'appuyant sur l'analyse de différents critères. Cinq, au minimum, sont à prendre en compte : l'interdistance entre stations, la présence de pôles générateurs importants, les cheminements piétons, les intersections et l'intégration dans le site.

2.1. L'interdistance entre stations

Il n'existe pas de règle absolue ; toutefois, l'expérience montre que, pour offrir une certaine attractivité de l'offre de transport collectif, sans trop pénaliser son niveau de service (temps de parcours...), les valeurs suivantes peuvent, en première approche, servir de référence :

MODE DE TRANSPORT	INTERDISTANCE		
	minimale	moyenne	maximale
Bus en site banal	200 mètres	300 mètres	400 mètres
« Axe lourd » bus	300 mètres	350 mètres	450 mètres
Tramway ou système intermédiaire	400 mètres	450 mètres	600 mètres

Les valeurs maximales peuvent, bien entendu, être parfois plus importantes en présence de « trous » dans l'urbanisation ou en l'absence de riverains à desservir sur le tronçon concerné.

2.2. La présence de pôles générateurs importants

Outre sa prise en compte dans le choix des itinéraires (tracés) de lignes, la présence de gros générateurs de trafic (lycées, hôpitaux...) doit être intégrée dans la réflexion sur le positionnement des stations. Il est souhaitable de minimiser les distances de rabattement à pied entre la station et les pôles générateurs de trafics.

2.3. Les cheminements piétons

Une ligne de transport collectif dessert les riverains de la voie qu'elle emprunte, mais aussi une aire d'urbanisation (logements, activités...) qui peut être importante, située de part et d'autre de cette voie sur une bande de 300 à 500 mètres environ.

Il est donc nécessaire de prendre en compte les cheminements piétons actuels (voies transversales...) ou à créer, permettant d'accéder à la voie empruntée par les transports en commun ; ceci conduit à rapprocher les stations de ces cheminements pour minimiser les distances de rabattement à pied. D'une manière générale, la station doit s'intégrer dans la continuité du maillage piétonnier, en relation avec celui-ci.

2.4. Les intersections

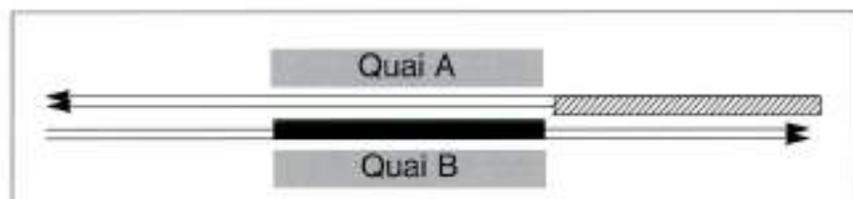
Sauf dans le cas particulier de site propre intégral, une ligne de transport collectif franchit un certain nombre de carrefours sur son parcours ; très souvent, les stations sont situées à proximité de ces carrefours.

La prise en compte prioritaire des véhicules de transport en commun au niveau de ces carrefours sera plus ou moins facile à réaliser, suivant la localisation de la station :

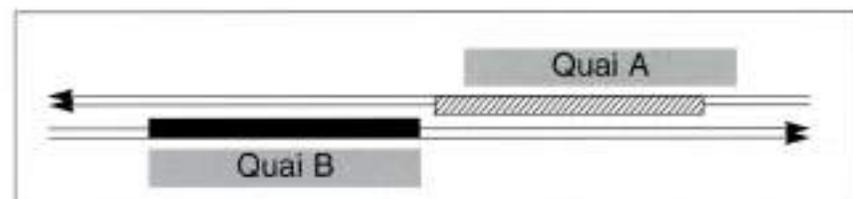
- avec quais en face à face, avant ou après le carrefour, avec incertitude sur le temps d'arrêt en station dans le sens où la station est située à l'amont du carrefour (programmation de la prise en compte);

- station avec quais décalés en sortie de carrefour (quais décalés «vers l'aval»); cette solution, outre le fait qu'elle peut parfois faciliter l'intégration dans l'espace, en rendant plus aisée l'implantation de voies spécialisées, améliore les possibilités de prise en compte des véhicules de transport collectif en permettant de s'affranchir de l'incertitude sur le temps d'arrêt en station; cette solution n'est pas très prisée par les différents acteurs des transports en commun (autorité organisatrice, exploitants), qui lui préfèrent généralement une «seule station», offrant une meilleure lecture du réseau.

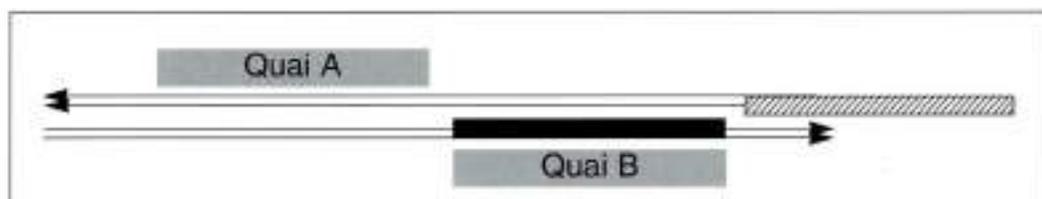
Au plan de la **sécurité**, les stations à quais décalés sont controversées; les Suisses, notamment, sont assez farouchement opposés aux quais décalés «vers l'aval» (en sortie de carrefour).



avec des **quais en face à face**, l'approche de la station (quai A) se fait toujours à vitesse relativement réduite, de même que le départ; les risques d'accidents de piétons surgissant masqués par le tramway sont relativement limités;



avec des **quais décalés vers l'amont** (entrée de carrefour), le tramway en sortie de station sera en phase d'accélération; lors du passage au niveau de l'arrière du tramway à l'arrêt quai B, il aura pris un peu de vitesse; toutefois, la visibilité étant masquée par le tramway à l'arrêt, sa vigilance sera forte et il aura tendance à limiter son accélération;



enfin, cette dernière configuration, avec **quais décalés vers l'aval** (en sortie de carrefour) est la plus défavorable au plan des vitesses du tramway en station : la vitesse du tramway en approche, à droite, peut être très élevée, alors qu'il est déjà au droit de la station pour le sens inverse (quai B) ; entre ce point et l'arrêt effectif, la distance peut atteindre une centaine de mètres].

2.5. L'intégration dans le site

La nature de l'espace public situé entre le bâti et le site réservé aux transports collectifs (voie de circulation ou plate-forme) varie le long de l'itinéraire, tant en largeur qu'en nature d'aménagement. Cette dimension est également à prendre en compte car elle peut offrir, en certains points, des opportunités telles que : présence d'une place, possibilité d'intégration d'un quai dans un trottoir large en veillant à ne pas pénaliser le cheminement des piétons sur le trottoir (largeur résiduelle minimale de deux mètres). Dans certains cas, l'intégration dans le site peut conduire à concevoir la station comme point de rencontre, de vie, d'animation, pour le quartier desservi.

Les contraintes techniques

3

Huit types de contraintes ont été recensés; ces contraintes concernent le matériel roulant, le confort des voyageurs, l'exploitation de la ligne de transport collectif, ainsi que certaines contraintes particulières d'insertion.

3.1. La pente longitudinale

Pour le confort des usagers, la pente au droit d'une station ne doit pas dépasser 2 % (20 ‰). Pour les tramways, il est également préférable de ne pas dépasser cette valeur maximale pour des questions de sécurité, vis-à-vis des matériels roulants (risques de «dérive», difficultés de redémarrage par mauvaises conditions, météorologiques notamment, présence de feuilles sur les rails...).

3.2. Le tracé en plan, les stations en courbe

Sauf avec de très grands rayons, les stations en courbe sont déconseillées, pour deux principales raisons:

- largeur variable, pouvant quelquefois être importante, entre le quai et le véhicule (lacune horizontale), d'où de possibles difficultés d'accès;
- mauvaise visibilité de l'ensemble du quai par le conducteur.

3.3. La configuration des stations, les quais, les emprises

Afin d'offrir un certain confort aux usagers – espace suffisant, absence de bousculade entre montées et descentes, mise en place des équipements – et de permettre une exploitation rationnelle, les largeurs minimales suivantes sont nécessaires:

- **quai latéral**: 2,50 à 3 mètres pour un axe lourd bus, 3 mètres pour un tramway; ce qui conduit à une emprise totale de 11,50 à 12 mètres pour une station à quais latéraux;
- **quai axial** (tramway uniquement): 3 à 4 mètres, d'où une largeur totale d'emprise de 9 à 10 mètres.

Au vu de ces chiffres, il est tentant, lorsque les emprises sont réduites, de remplacer la traditionnelle station à quais latéraux par une station à quai unique axial. Ce type d'implantation axiale implique l'ouverture des portes à gauche dans le sens de la marche, ce qui la réserve aux matériels équipés de portes bilatérales, donc aux **tramways**, ainsi qu'à certains systèmes intermédiaires.

Cette configuration présente en outre un certain nombre d'inconvénients qu'il convient de ne pas occulter:

- au plan de la sécurité des usagers, notamment lorsque le site réservé est implanté axialement; l'emprise étant réduite, on fait le plus souvent abstraction de tout refuge entre le quai axial et les trottoirs; il peut alors se produire des accidents de piétons, heurtés par des véhicules, au droit de l'avant ou de l'arrière du tramway, par manque de visibilité;
- au plan du confort des usagers et de l'exploitation de la ligne:
 - l'implantation axiale implique d'augmenter l'entraxe des voies par rapport aux sections adjacentes; il en résulte un certain inconfort des usagers dans les véhicules (courbes et contre-courbes en entrée et en sortie de station), ainsi qu'une usure plus rapide de la voie et du matériel roulant, inconvénients auxquels l'exploitant sera sensible,
 - la montée et la descente des voyageurs s'effectuant habituellement par la droite, la montée/descente par la gauche est source d'inconfort et de pertes de temps (ouverture tantôt à droite, tantôt à gauche, ce qui peut perturber le

voyageur et compliquer les circulations à l'intérieur des véhicules à l'arrivée en station).

- enfin, sur l'unique quai central, on multiplie les conflits entre voyageurs; si la fréquentation est forte pour les deux sens, le gain effectif en emprise risque d'être assez faible, voire nul (voir dimensionnement ci-après);
- au plan des emprises, la sur largeur du site tramway règne sur une longueur plus importante que celle de la station elle-même, compte tenu des dépôts de voies.

En pratique, on préférera réserver le quai unique axial à des cas spécifiques, tels que :

- station implantée en site banal (disposition permettant d'éviter le franchissement par les cyclistes des rails sous un angle d'attaque très fermé, voir paragraphe 8 ci-après);
- fréquentation dissymétrique : stations en bout de ligne, avec nombre important de montées et peu de descentes dans un sens, peu de montées dans l'autre sens;

Les stations à quai axial nécessitent en général l'implantation de refuges entre le site réservé et les voies de circulation générale, de manière à pallier l'insuffisance de visibilité en présence de tramway.

• Le dimensionnement des quais

Il doit tenir compte des éléments suivants :

- la surface utile (hors bande de sécurité de 0,50 m de large le long du quai) doit être calculée sur la base d'une densité de l'ordre de 1,5 voyageur/m² (2 au maximum);
- le calcul de la densité doit prendre en compte le nombre total de voyageurs montant et descendant dans l'intervalle

entre deux véhicules, pondéré suivant l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

- prise en compte d'un coefficient d'hyperpointe (1,3 à 1,5) et d'un coefficient de sécurité (1,4 à 1,6);
- prise en compte d'éventuelles perturbations (retards par rapport aux horaires), par doublement de l'intervalle théorique, minoré si celui-ci est au moins égal à 5 minutes, du temps de parcours de l'interstation précédente.

Dans la majorité des cas, on pourra utiliser en première approche une méthode simple, consistant à prendre en compte le nombre de voyageurs montant et descendant sur un intervalle double de l'intervalle théorique.

• Le déplacement des voyageurs

On tiendra compte des spécificités des différentes catégories d'usagers (voyageurs avec bagages, avec poussette ou landau, personnes à mobilité réduite avec ou sans fauteuil roulant) pour :

- l'accès aux zones d'attente et aux équipements;
- la circulation devant les abris et les équipements;
- les liaisons d'accès aux portes et aux sorties de la station.

3.4. La hauteur des quais, leur pente transversale

Compte tenu des évolutions technologiques tant pour les bus (plancher bas, agenouillement) que pour les autres matériels roulants tels les tramways (plancher bas intégral ou partiel), la hauteur des quais n'est plus une contrainte forte dans la mesure où, dans bien des cas, elle se limite à 25, voire 30 cm au maximum.

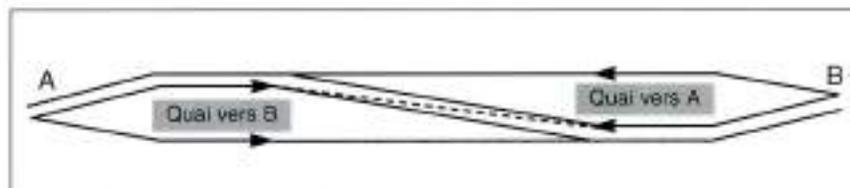
Pour une bonne accessibilité, la hauteur du quai doit respecter les règles émises par le COLITRAH⁷⁸ concernant les lacunes :

- horizontales⁷⁹: 8 cm ± 2;
- verticales⁸⁰: 3,5 cm ± 2 (sans palette).

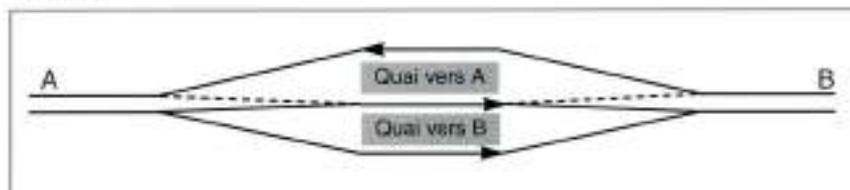
Ceci impose cependant des dispositions particulières pour un bon accostage des bus à plancher bas. Pour l'aménagement des arrêts bus, on se reportera au document «les arrêts de bus dans leur contexte urbain».

La pente transversale des quais devra être suffisante pour assurer un bon écoulement des eaux, sans créer de désagrément aux usagers. Concrètement, cette pente pourra être comprise entre 0,5 et 2 % suivant les matériaux retenus pour les quais et suivant la pente longitudinale; les pentes les plus faibles imposent une excellente planéité, durable dans le temps.

- avec deux voies à quai par sens (disposition plus aisée à mettre en œuvre avec des quais décalés);



- avec trois voies encadrant deux quais (en face à face), la voie centrale étant utilisée dans le sens le plus chargé aux heures de pointe.



Ces dispositions permettent d'organiser facilement des services partiels.

3.5. La longueur des stations

Elle est bien évidemment fonction de la longueur du matériel roulant⁸¹ (cf. caractéristiques des matériels roulants). Notons toutefois qu'au niveau de la conception et de la réalisation, il convient de prendre en compte :

- le développement possible du réseau: allongement des convois par adjonction de caisses ou de modules intermédiaires ou couplage de rames;
- la possibilité d'arrêts simultanés de deux véhicules sur des troncs communs, même si cela n'est généralement pas souhaitable au plan de l'exploitation.

Pour les stations les plus chargées, sur des troncs communs à deux (ou plusieurs) lignes notamment, on pourra également envisager des stations :

3.6. L'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (PMR)

La réglementation en la matière impose quelques normes, en particulier au niveau des rampes d'accès aux quais. Leur pente devra être inférieure à 5% dès que leur longueur excède 2 mètres⁸².

Pour l'ensemble des aspects à prendre en compte concernant les PMR (aménagement des passages piétons, gabarit des cheminements...) le lecteur pourra consulter le Dossier du CETUR «cheminement piétonnier urbain».

⁷⁸ Comité de Liaison pour le Transport des personnes Handicapées.

⁷⁹ Lacune horizontale: espace résiduel entre le quai et la caisse du véhicule au niveau des essieux.

⁸⁰ Lacune verticale: différence de hauteur entre le quai et le plancher du véhicule à l'arrêt.

⁸¹ Ou plus précisément de la longueur totale concernée par les portes des matériels les plus longs.

⁸² Ce qui correspond à une déclivité de 10 cm seulement.

3.7. L'accès aux stations

Toute station doit irriguer le tissu urbain environnant, aussi convient-il de prendre en compte les cheminements piétons existants (à aménager ou non, voire à créer) pour faciliter les déplacements piétons à destination et en provenance de la station.

Au droit de la station, on devra se préoccuper de la localisation et de l'aménagement des passages piétons, tant pour l'entrée que pour la sortie, au besoin en «canalisant» les déplacements piétons via des aménagements (paysagers, barrières...) pour minimiser les risques de conflits, d'accidents.

Signalons que l'aspect gestion des passages piétons est traité par ailleurs dans la cinquième partie - Les Traversées piétonnes.

3.8. Les stations de tramway en site banal

Bien que cette disposition ne soit pas susceptible de généralisation, il est néanmoins envisageable d'implanter une station en site banal.

Outre les conditions générales d'implantation d'un tramway en site banal (voir quatrième partie - Section courante et septième partie - Carrefours), les points suivants doivent absolument être résolus :

– tout dépassement du tramway à l'arrêt par des véhicules doit être matériellement impossible (sauf éventuellement par les cyclistes, et ce à faible vitesse); ceci impose :

- soit l'implantation d'un **terre-plein central**, avec refuges piétons (ou dispositif en tenant lieu),

- soit la configuration à **quai unique axial**, l'espace résiduel devant cependant permettre, en l'absence de tramway, le passage des véhicules routiers dans des conditions normales;

– si les cyclistes (et cyclomotoristes) doivent franchir les rails, l'angle d'attaque du rail devra être aussi proche que possible de l'angle droit et ne jamais descendre en dessous de 30 grades (27°); ce franchissement ne devra jamais s'effectuer au droit d'un appareil de voie (aiguillage...); ceci amène logiquement à deux possibilités :

- **quai axial** : les rails, accolés à l'unique quai, sont déportés vers l'axe de la voie, ce qui laisse un espace suffisant pour les cyclistes (environ 1,50 m) entre le rail droit et le bord droit de la chaussée ;

- **itinéraire cyclable contournant la station** avec quais latéraux par l'extérieur; il convient alors de traiter les conflits possibles piétons/cyclistes; de plus, un séparateur axial avec refuges piétons est indispensable dans cette configuration.

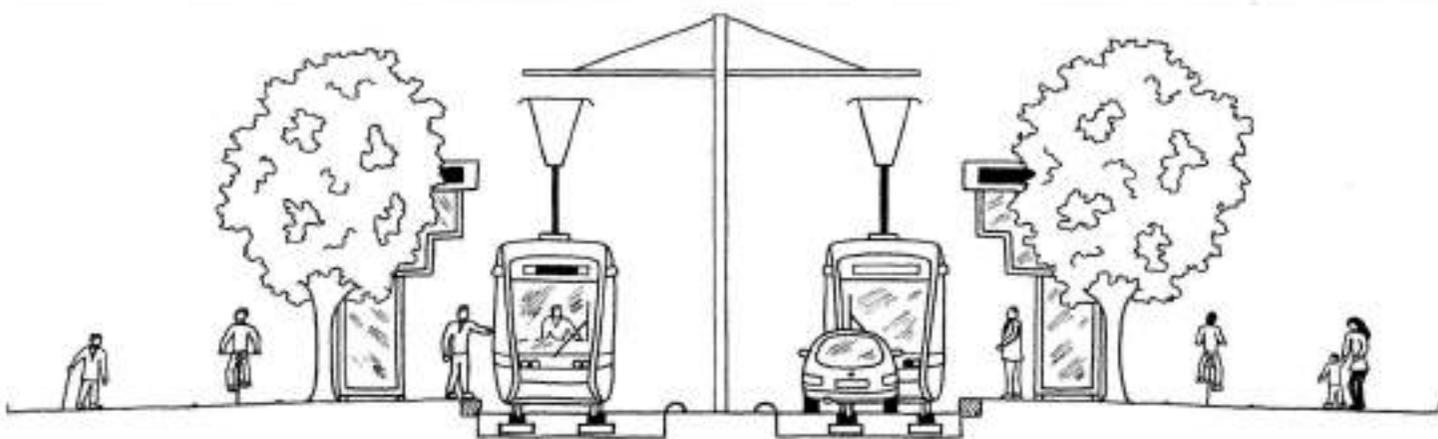


Schéma station en site banal, à quais latéraux



Schéma station en site banal, à quai central

– avec quais latéraux, les piétons, utilisateurs ou non du tramway, doivent obligatoirement pouvoir disposer de refuges entre les deux voies (un tramway peut en cacher un autre...);

– l'entrée des véhicules en site banal doit, autant que possible, être dissociée de l'entrée en station (séparation des conflits);

– enfin, l'implantation des stations et le plan de circulation à l'échelle du quartier doivent être organisés de manière à ce qu'un évitement (shunt) soit toujours possible en cas d'arrêt prolongé imprévu en station (panne, porte ou palette bloquée...); en règle générale, l'itinéraire d'évitement ne doit cependant pas être attrayant, afin de ne pas inciter à sa trop grande utilisation.

4 Les équipements

Bien que quelque peu à la marge des objectifs de ce guide, signalons que la conception et l'aménagement des stations doivent, pour tenir compte des différentes fonctions qu'elle doit assurer, intégrer :

- des équipements de **sécurité** : éclairage, barrières de protection...
- des équipements **internes au système de transport collectif** : information des usagers, billettique (distributeur de titres ou non, valideur ou composteur sur les quais ou non)...
- des équipements de **confort** pour les usagers : banc, protection des intempéries...
- des équipements de **services** complémentaires : téléphone, plan du quartier...

Conclusion

L'aménagement d'une station, et surtout de ses abords, constitue l'une des difficultés majeures d'un projet de transport en commun.

Une station se situe généralement à la croisée de tous les cheminements : véhicules de transport collectif desservant la station et ses clients, bien entendu, mais aussi courants divers et variés de véhicules automobiles, deux-roues, autres véhicules de transport en commun, autres piétons...

Bien souvent, la station constitue de fait un élément d'un pôle d'échanges, plus ou moins important, et pas toujours bien dissocié de la circulation automobile ; les usagers en correspondance entre modes de transport, collectif ou individuel, souvent pressés, pas toujours disciplinés, n'ont pas toujours leur vigilance parfaitement en éveil. Aussi convient-il d'en tenir compte dans les aménagements, constitués d'une combinaison plus ou moins complexe de carrefours, souvent à feux, de cheminements piétons erratiques, de points d'arrêts..., en fait, un espace public bien particulier.

S E P T I È M E P A R T I E

Les carrefours et autres traversées à niveau



Ce chapitre aborde plus spécifiquement le franchissement des voies de circulation par les lignes de transport en commun, généralement en site propre, que ces franchissements se fassent en ou hors carrefour.

La démarche adoptée consiste à traiter le cas le plus typé, celui des tramways, puis de la transposer aux autres axes lourds, caractérisés par des passages relativement peu fréquents et réguliers, et enfin aux autres cas (véhicules de moindre capacité, passages plus fréquents ou plus aléatoires, dans le cas d'un tronçon commun à plusieurs lignes, par exemple).

Rappelons que cet ouvrage n'a pas l'ambition d'être exhaustif : il est impossible de décrire tous les types de carrefours.

Faute de dispositions favorisant les transports en commun, le franchissement des carrefours peut s'avérer particulièrement consommateur de temps.

Parmi les mesures permettant de minimiser le temps de parcours entre stations, l'assurance de passage des carrefours sans arrêt, avec un ralentissement modéré, est celle qui permet les gains de temps les plus sensibles.

L'enjeu en termes de vitesse commerciale est de l'ordre de 3 à 5 km/h, alors qu'une augmentation de 10 km/h de la vitesse de pointe ne permettra jamais un gain supérieur à 1 ou 2 km/h de la vitesse commerciale, et cela au détriment de la sécurité en général et du confort des passagers en particulier.

En fait, un passage sans arrêt ne peut être absolument garanti ; il reste dans tout carrefour une probabilité, faible mais non nulle, d'arrêt imposé.

Outre la priorité réglementaire dont bénéficie le seul tramway⁸³, deux moyens sont offerts pour privilégier le passage du transport collectif : la signalisation lumineuse et l'affectation d'une priorité à l'axe où circule le véhicule de transport collectif, à l'aide d'une signalisation verticale appropriée : stop ou cédez-le-passage.

Ce dernier moyen ne peut s'appliquer que dans des carrefours secondaires, où les conflits entre véhicules ne nécessitent pas de gestion particulière (rues à très faible trafic, accès à des parcs de stationnement...). Il arrive que ce soient des points à risques et, ne pouvant gérer par feux les multiples carrefours secondaires, il est alors parfois préférable de reporter la traversée de ligne de transport collectif sur un accès ou un itinéraire voisin.

Il est difficile de se passer de signalisation lumineuse pour la gestion des carrefours où les trafics secondaires dépassent quelques centaines de véhicules par jour. L'aménagement est alors généralement celui d'un carrefour à feux, mais ce peut être également, dans le cas des modes les plus lourds (tramways, systèmes intermédiaires, voire trolleybus), un giratoire traversé par la ligne et temporairement géré par feux au passage des véhicules de transport collectif.

Deux autres types de conflits entre les transports collectifs et la circulation générale peuvent également justifier l'installation de signalisation lumineuse. Il s'agit des traversées de voirie par le tramway hors carrefour, ainsi que des passages de site propre à site banal ou vice-versa.

⁸³ Véhicule sur rail, avec gabarit abaissé, à l'exclusion de tout système intermédiaire sur pneus (cf. première partie, Partie réglementaire).

Les traversées piétonnes sont traitées en détail dans la cinquième partie. Les principes de base des aménagements et de la signalisation des passages piétons s'appliquent bien entendu aux intersections. On s'attachera en particulier à limiter le délai d'attente des piétons au strict minimum (temps maximal de rouge des figurines piétons); en aucun cas, ce délai ne doit atteindre le maximum réglementaire de 120 secondes. Les fiches de cas en annexe présentent les implantations des figurines piétons (feux R 12), ainsi que les phases de vert associées dans les plans de feux proposés.

Bien que **les deux-roues** ne fassent pas l'objet d'un développement particulier dans ce document, la réflexion intègre leur prise en compte. L'existence ou le projet de bandes ou pistes cyclables peut nécessiter des aménagements complémentaires dans les carrefours traversés par des aménagements liés aux transports collectifs.

Rappelons que, pour des raisons de sécurité, l'angle formé par des rails à gorge (tramway ou système intermédiaire guidé par rail) et un cheminement deux-roues doit être le plus proche possible de l'angle droit, sans jamais descendre en dessous de 30 degrés.

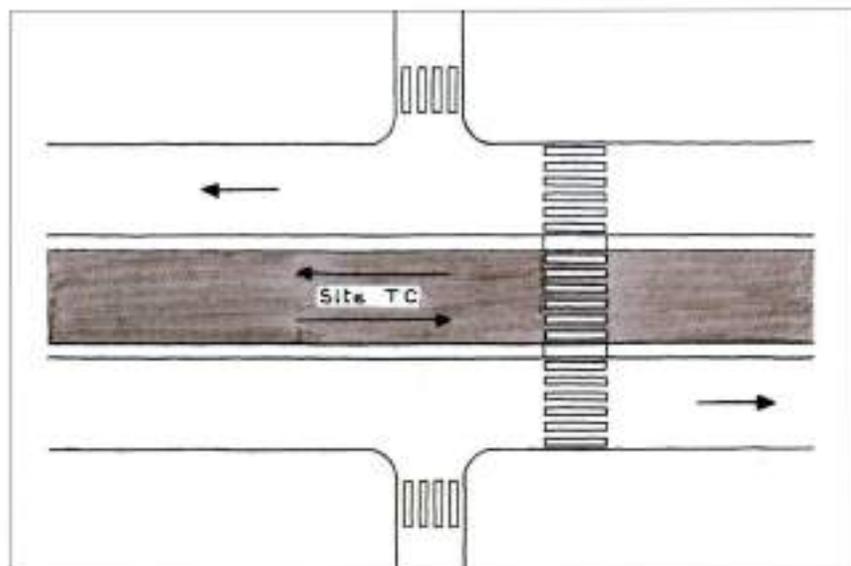
1

Les petits carrefours avec signalisation statique (cas des tramways)

Le long d'une ligne de tramway, il existe une multitude de carrefours secondaires auxquels il n'est pas envisageable d'associer systématiquement une signalisation lumineuse. Il s'agit de rues à très faible trafic, d'impasses, d'accès à des parcs de stationnement, soit publics, soit de petits collectifs soit encore d'entreprises. Quatre configurations peuvent se présenter: site axial matériellement inaccessible par les automobiles, site axial matériellement accessible, site banal, site latéral.

1.1. Avec un site axial inaccessible (cf. fiche SF 1)

Cette configuration ne présente pas de problème majeur de sécurité. Les conflits sont identiques à ceux rencontrés en carrefour en T, dans une rue en sens unique.



La signalisation est alors indépendante de la présence du site réservé: stop ou cédez-le passage ou encore absence de signalisation de priorité, B 21-1 (direction obligatoire, à droite) et/ou B 21 c 1 (annonce de direction obligatoire) ou B 2 a (interdiction de tourner à gauche); ces divers signaux sont tous à l'intention des usagers en provenance de la voie secondaire.



B 21.1



B 21c1



B 2a

Ceci impose bien entendu aux usagers voulant se diriger à gauche en sortant de la rue secondaire de faire un détour par la droite jusqu'au carrefour suivant.

1.2. Avec un site axial accessible (cf. fiche SF 1)

Avec deux séparateurs franchissables, le site est matériellement accessible, et donc franchissable, sauf si un dispositif infranchissable est implanté entre les deux voies de tramway.

Les mouvements de tourne-à-gauche, pour entrer et sortir de la voie secondaire, de même que les traversées dans les éventuels carrefours en croix, seront plus ou moins pratiqués, que ces mouvements soient autorisés ou non.

Les traversées du site présentent donc certains risques, notamment avec les tourne-à-gauche devant un tramway roulant dans le même sens. Dans cette configuration, si ces mouvements restent physiquement possibles, la vitesse d'exploitation devra être réduite. On s'efforcera de rendre faciles les demi-tours aux carrefours voisins importants (carrefours à feux, giratoires).

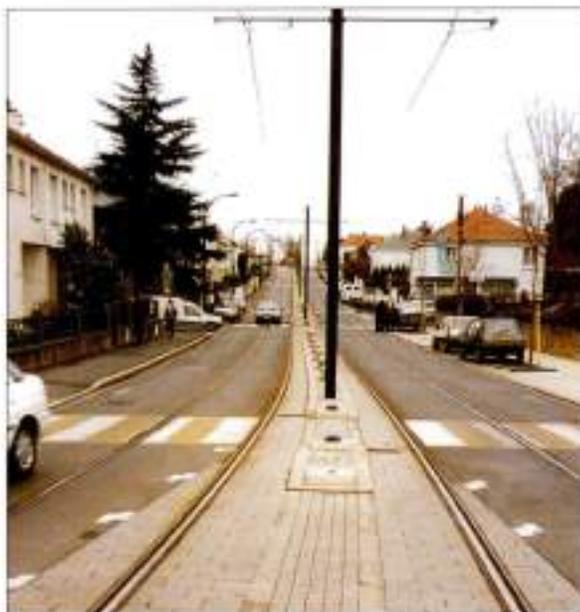
Les accès concernés devront être équipés d'une signalisation spécifique (signal A 9 - traversée de voies de tramway).



Nantes - Bd. Courbet.

1.3. Avec un site banal

En site banal, on s'efforce de séparer les sens de circulation, sauf en des points judicieusement choisis, où les mouvements de tourne-à-gauche présentent peu de risque; la vitesse d'exploitation est obligatoirement réduite, la circulation générale s'effectuant sur la voie du tramway.



Nantes - Rue des Perroquets.

1.4. Avec un site latéral

Il s'agit alors essentiellement de carrefours en T dont la branche secondaire traverse le site latéral. Cette configuration peut, dans certains cas, s'avérer particulièrement accidentogène; le plus souvent, il ne s'agit cependant que de collisions matérielles.

Les conflits à risques sont :

- l'accès à la branche secondaire, en tourne-à-droite ou en tourne-à-gauche, le tramway (ou autre véhicule de transport en commun) arrivant de l'arrière ;
- la sortie de la branche secondaire, avec fréquemment une visibilité médiocre sur le site réservé, puis l'arrêt et l'attente sur ce dernier pour laisser la priorité aux usagers circulant sur la voie principale.

C'est pourquoi il est préférable, dans les sections comportant de nombreux accès secondaires, d'implanter la ligne en axe de voirie, du moins lorsque les emprises le permettent.

Lorsqu'une entrée/sortie automobile dispose d'un (ou d'autres) accès sans conflit non protégé avec la ligne, il est préférable de fermer l'accès traversant la ligne.

Dans les autres cas, les mesures suivantes doivent être envisagées :

- dégagement maximal de la visibilité, de façon à ce que les usagers sortant de la branche secondaire perçoivent de manière satisfaisante les véhicules en approche ;
- limitation de la vitesse d'exploitation ;
- recherche d'une possibilité de stockage d'un véhicule entre site réservé aux transports collectifs (au-delà du gabarit limite d'obstacles (GLO)) et voie principale ;
- signalisation de la priorité du tramway et (le cas échéant) de la rue principale.

Ce cas fait l'objet de la fiche SF 2 en annexe.

Le traitement dynamique - Principe 2

À l'approche d'un tramway ou d'un autre véhicule de transport collectif, une détection commande un signal indiquant aux usagers du carrefour l'arrivée de ce véhicule, et donc l'injonction de lui céder le passage. Concrètement, cela se traduit uniquement par une signalisation lumineuse dynamique: le temps de manœuvre de barrières de passage à niveau est généralement incompatible avec la fréquence de passage des transports en commun et avec les débits automobiles à assurer.

Un retour d'information aux **conducteurs** sur le fonctionnement du dispositif est **indispensable**, d'où l'implantation obligatoire de **signaux lumineux** à leur intention; le franchissement des voies routières par les tramways ou autres véhicules de transport collectif est conditionné par l'interdiction de franchir imposée aux automobilistes qui peuvent se trouver en conflit avec eux.

Les carrefours à feux traversés par un site réservé aux véhicules de transport collectif sont plus ou moins complexes, suivant qu'ils comportent 3, 4, 5 branches, ou plus, et que le site est latéral ou axial, ou encore qu'on se situe à l'extrémité d'un site propre intégral ou, *a contrario*, d'un site banal.

Le fonctionnement des carrefours à feux intègre alors une prise en compte prioritaire du véhicule de transport collectif. L'objectif étant «pas d'arrêt tramway», un système de détection à l'amont du carrefour influe sur le plan de feux, soit pour ajouter une phase spéciale, soit pour passer à une phase compatible avec le mouvement tramway, soit encore pour anticiper ou prolonger une phase compatible.

Le respect des temps de sécurité nécessite une implantation de la détection suffisamment en amont. Celle-ci déclenche:

- une modification du déroulement des feux du carrefour;
- un signal de confirmation (facultatif) de la prise en compte du tramway par le système;
- la signalisation spécifique du «vert» tramway;
- le décompte du temps maximal de passage, au-delà duquel il y a retour au fonctionnement normal.

Une détection d'acquiescement (en sortie de carrefour) signale la fin du passage du véhicule et déclenche le retour au fonctionnement normal.

À l'objectif de **minimisation des pertes de temps**, il convient de **superposer** celui de la **sécurité maximale** dans l'optique de réduire les risques de collisions avec ou sans tramway. Ceci implique d'**interdire tous les mouvements en conflit avec le passage du tramway**, y compris, bien entendu, les différents mouvements tournants.

Il faut savoir que certains mouvements en conflit avec le tramway, interdits, mais physiquement possibles, seront de toute manière pratiqués. Les minimiser et, si possible, les éviter totalement, doit conduire à des choix d'aménagements optimisés mais différents suivant les types de carrefours et la configuration en amont et en aval.

Il est aussi **fréquemment nécessaire d'optimiser la capacité** des carrefours et de réduire les attentes. L'implantation d'un site réservé nécessite souvent d'utiliser des infrastructures essentielles à la circulation générale. Dans certains carrefours (carrefours «à contraintes de capacité»), on sera amené à trouver le meilleur compromis entre la minimisation des pertes de temps pour les transports collectifs et l'optimisation de la capacité, tout en recherchant la sécurité maximale.

3

L'intégration d'une phase transports collectifs dans le plan de feux

Le «vert» donné aux véhicules de transport collectif est conditionné par l'interdiction de franchir imposée aux conducteurs de véhicules qui peuvent se trouver en conflit avec lui. La phase transports collectifs offre ainsi le «vert» au véhicule de transport en commun, soit en même temps qu'un vert pour des mouvements qui ne sont pas en conflit avec lui, soit en même temps qu'un rouge intégral pour toute la circulation générale.

Plusieurs systèmes sont envisageables :

- une phase spécifique est ajoutée dans le plan de feux avant chaque phase non compatible avec le passage des véhicules de transport collectif ; cette phase est escamotable et n'est déclenchée que sur détection ;
- la détection déclenche un plan de feux spécial comportant une phase de «vert» pour les transports collectifs, et éventuellement pour les mouvements compatibles. Après passage de la rame, le système repart dans le plan de feux normal à la première phase ou à celle en coordination avec d'autres carrefours ;
- la phase transports collectifs, avec les mouvements compatibles, s'inscrit dans un système acyclique de gestion en temps réel (Prodyn, par exemple) et est alors privilégiée.

Ce dernier système peut permettre d'optimiser la capacité et n'est pas incompatible avec un souci de coordination minimale sur un axe principal. Les deux précédents peuvent, le cas échéant, amener à interrompre momentanément une onde verte, qui pourra cependant être réactivée après passage du véhicule de transport en commun. Le maintien du principe d'onde verte n'est donc alors réaliste que pour des fréquences des transports en commun moyennes à faibles.

L'utilisation de feux d'anticipation pour des mouvements compatibles avec le «vert» transport en commun est, conformément à la réglementation, envisageable si et seulement si les mouvements concernés obtiennent le vert à la phase suivante.

Les détections pendant les interséquences (rouge de dégagement, par exemple) justifient parfois une phase transports collectifs différente de celle qui est généralement donnée. L'étude du plan de feux doit intégrer tous les cas de détection à tout instant du cycle.

Pour chaque carrefour, **tous les modes dégradés doivent être envisagés** (panne des feux, des détections ou du système) afin d'éviter toute situation ambiguë («rouge» permanent aux transports collectifs ou à un mouvement de véhicules).

De même, **les conséquences des passages rapprochés** de deux véhicules de transport en commun, voire plus sur les troncs communs à plusieurs lignes, doivent être **étudiées** (détection d'un 2^e véhicule juste après la fin d'une phase spécialisée, dans le même sens ou en sens opposé). Certains cas peuvent ne pas permettre de donner un «vert» immédiat au 2^e (ou 3^e) véhicule et lui occasionner un arrêt, afin d'assurer les temps minimaux de sécurité.

Des franchissements tardifs peuvent parfois déclencher une phase transports collectifs injustifiée ; ce phénomène doit être évité.

Le délai d'attente de tout usager ne doit réglementairement pas dépasser 120 secondes.

Le perfectionnisme d'un plan de feux peut conduire à une incompréhension de la part des usagers qui voient se dérouler des cycles dans un ordre changeant, donc difficilement prévisible. Si l'anticipation du vert est assez rare, mais existe, la mise en situation de démarrage à l'observation du déroulement des autres phases est fréquente.

On veillera donc à éviter les systèmes complexes, présentant des risques d'incompréhension, s'ils n'apportent pas un gain notable sur les temps d'attente des différents usagers (transports collectifs, piétons, cyclistes, automobilistes..)

Le respect de la signalisation lumineuse est lié, entre autres, à leur crédibilité. Il est donc primordial de ne pas prolonger inutilement un feu rouge destiné à protéger le passage d'un véhicule de transport en commun, alors que celui-ci a déjà terminé le franchissement du carrefour. On s'attachera donc à redonner le vert de la phase suivante aussitôt que le bus ou le tramway aura dégagé le carrefour (sous réserve, bien entendu, qu'un autre véhicule ne soit pas en approche).

4 Les systèmes de détection

4.1. Les capteurs

L'activation des fonctions de micro-régulation repose sur la détection des différents modes : piéton, automobile, tramway... Pour ce faire, on dispose de différents types de capteurs.

4.1.1. La boucle magnétique

Du type bidirectionnel ou unidirectionnel, elle détecte le passage et la présence d'une masse métallique.

Elle est bien adaptée à la détection des automobiles et des véhicules de transport en commun en site propre, mais sans permettre de les distinguer.

4.1.2. L'émetteur de fréquence embarqué

Le véhicule émet en permanence une fréquence correspondant à son service commercial. Le récepteur, constitué d'une boucle, est placé dans sa trajectoire normale (entre les deux rails, dans le cas d'un tramway).

Contrairement au précédent, ce dispositif (boucle sélective) permet d'individualiser un type de véhicule, voire même un véhicule donné.

4.1.3. Le compteur de tour de roue

L'odomètre est installé à bord du véhicule. À partir du nombre de tours de roue et de la connaissance de sa circonférence, on peut connaître la position du véhicule sur son itinéraire. Cette information permet alors à la logique

embarquée d'émettre, par voie hertzienne, une demande de prise en compte au contrôleur de feux.

M.B. : attention à la précision de la mesure et à l'échantillonnage des transmissions.

4.1.4. Les circuits de voie (véhicules ferroviaires seulement)

L'exploitant a également besoin de capteurs pour la commande des appareils de voie et des signaux « ferroviaires » : ce sont les circuits de voie.

Il est également possible de retransmettre les informations ainsi recueillies à l'équipement de signalisation lumineuse, pour les besoins de la prise en compte.

4.1.5. Le bouton-poussoir

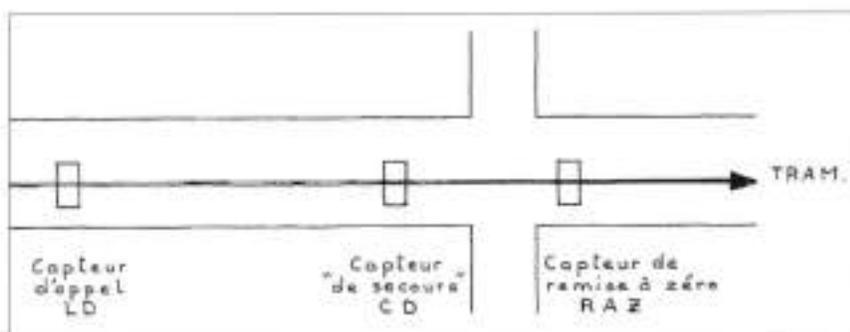
La prise en compte des piétons, lorsqu'elle n'est pas systématique, nécessite un appel de ceux-ci. Le bouton-poussoir est actuellement le seul dispositif véritablement opérationnel pour assurer cette fonction.

4.2. L'équipement de détection

Il comprend, pour chaque sens de circulation (chaque voie pour les tramways) :

- un capteur d'appel, placé à longue distance du carrefour (LD); il est normalement utilisé pour déclencher la procédure de prise en compte du tramway (ou du bus) dans le plan de feux; il est placé à une distance suffisante pour permettre le déroulement des temps de sécurité (durée minimale de vert, durée du jaune fixe et durée des rouges de dégagement) avant de donner le vert au tramway ou au bus, sans trop le ralentir; afin qu'une fausse détection ne provoque le blocage permanent au «vert» tramway (ou bus), une durée maximale de prise en compte est préalablement fixée;
- un capteur dit de secours, placé à courte distance (CD); il est utilisé en cas de dysfonctionnement du capteur LD, ayant provoqué un acquittement par dépassement de la durée maximale de prise en compte, ou en l'absence de capteur LD, par exemple lorsqu'une station est située immédiatement à l'amont du carrefour;
- un capteur de remise à zéro de l'appel (RAZ), généralement en sortie de carrefour;
- éventuellement un capteur de demande de passage à contre-sens dans le cas de voie unique temporaire (VUT).

L'équipement complet d'un carrefour nécessite donc de 6 à 8 capteurs pour la détection et une bonne prise en compte d'un véhicule de transport en commun, pour les deux sens de circulation confondus.

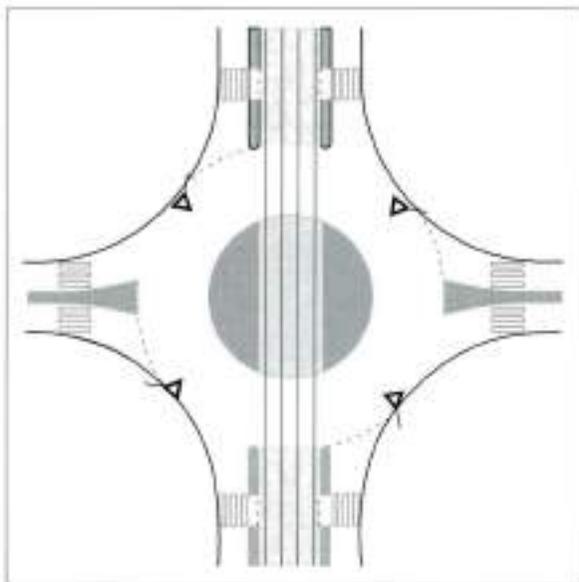


Positionnement des capteurs.

5

Les giratoires avec transports collectifs - Avantages - Inconvénients - Limites

Développés en premier lieu et actuellement implantés essentiellement sur le réseau nantais, les carrefours giratoires traversés par un site réservé apparaissent très séduisants. Ils présentent cependant, en contrepartie, un certain nombre d'inconvénients et de limites, qu'il convient de cerner, par rapport aux carrefours à feux traditionnels.



Rappelons qu'en dehors des passages de véhicules de transport collectif, ce carrefour fonctionne en giratoire. Lorsqu'un tramway est en approche, une signalisation lumineuse lui permet de franchir le carrefour, avec un ralentissement limité.

Ce type de fonctionnement limite son utilisation aux modes les plus lourds, avec des intervalles relativement réguliers, supérieurs à 2 minutes, ce qui exclut donc souvent les troncs communs à deux ou plusieurs lignes. Il est difficile d'en envi-

sager l'utilisation en dehors d'une implantation axiale, avec 3 ou 4 branches (5 branches ou plus si l'emprise le permet).

Les principaux **intérêts** de l'aménagement d'un **carrefour giratoire** traversé par le tramway (ou autre mode voisin) résident en :

- la relative facilité, pour les automobilistes, d'effectuer des **demi-tours**;
- la plus grande facilité de traitement des mouvements de **tourne-à-gauche**;
- l'adaptabilité à **plus de 4 branches** (sous réserve de disposer d'une emprise suffisante);
- la **réduction des temps perdus** inutiles;
- la facilité de **programmer** les effets de la **détection**.

5.1. La sécurité

Les carrefours giratoires sont réputés pour les gains qu'ils apportent en matière de sécurité; cette réputation ne s'applique toutefois pas aux giratoires percés à feux; on peut même supposer que ces derniers cumulent les risques spécifiques aux giratoires à ceux des carrefours à feux.

Au plan de la sécurité, **le bilan global des giratoires traversés par le tramway est positif**, le nombre total d'accidents corporels (avec et sans tramway) y étant plus faible⁹⁴.

Le choix du giratoire est bien entendu subordonné au **respect des recommandations habituelles de sécurité** de ce type d'aménagement: **perception en approche, pas d'obstacle dangereux face aux entrées, minimum de déflexion de trajectoire, visibilité en entrée et sur l'anneau**. La percée dans l'îlot central ne facilite pas la lisibilité du carrefour. La limitation à une seule voie des entrées est importante ici.

⁹⁴ Statistiques accidents, Nantes, années 1982 à 1994; on note cependant plus de collisions (y compris uniquement matricielles) entre véhicules et tramways dans ces giratoires que dans les carrefours à feux.

5.2. La capacité

Au plan de la capacité, la limitation à une voie des entrées réduit le domaine d'emploi du giratoire par rapport aux carrefours à feux.

Dans un giratoire, le passage d'un tramway induit :

- un temps de vidage plus long [5 secondes de jaune fixe + 6 à 12 s de vidage, en l'absence de feux sur l'anneau, pour le giratoire, contre 3 s de jaune fixe et environ 2 s de rouge intégral, pour les carrefours à feux];
- un temps de traversée plus long;
- la mise au rouge de toutes les entrées à chaque tramway alors que pour certains carrefours à feux, le plan de feux permet le passage des rames pendant une phase.

On peut estimer qu'un giratoire de rayon extérieur compris entre 15 et 25 mètres, avec une fréquence moyenne de passages de tramways de 4 minutes (pour un sens), peut écouler jusqu'à 2000 véh./h environ, si le trafic est relativement bien équilibré.

5.3. La fluidité

Le giratoire présente l'intérêt d'éviter les attentes inutiles en dehors du passage des tramways, en s'adaptant au volume de circulation.

À l'approche des limites de capacité et à saturation, les phases rouges lors des passages tramway peuvent être suivies, surtout lorsqu'elles sont rapprochées, de perturbations et de dysfonctionnements : files d'attente importantes entraînant des passages en force en début de rouge et des tentatives d'intégration dans des créneaux trop courts.

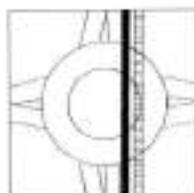
5.4. L'intégration des transports en commun dans le fonctionnement

Dans un carrefour giratoire, la détection d'un véhicule de transport en commun (tramway ou autre) entraîne un processus de mise au vert pour ce véhicule, indépendant de la position dans un cycle préétabli. Cependant, lorsqu'une seconde détection intervient aussitôt après une fin de passage, un temps minimum doit être accordé aux véhicules, temps qui peut, dans certaines circonstances, imposer un arrêt de la seconde rame.

5.5. Les piétons

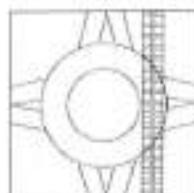
Le giratoire crée un détour, donc un allongement de parcours, mais l'attente est le plus souvent réduite (avec les entrées à une voie). Sauf cas particuliers, aucune traversée ne comportera de figurine piétons R 12 (cf. deuxième et cinquième parties Signalisation - et - Traversées piétonnes).

5.6. Les dispositions à éviter



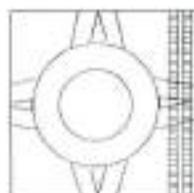
Un site latéral tangente l'îlot central :

mauvaise lisibilité de l'aménagement ; fonctionnement hétérogène des feux ; trajectoire tangentielle et risque de choc frontal en cas de franchissement au rouge.



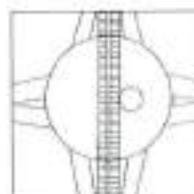
Un site latéral passe sur l'anneau :

mauvaise lisibilité de l'aménagement ; mauvaise perception des feux sur l'anneau ; risque de choc frontal en cas de franchissement au rouge ; risque aggravé de dégradation de la plate-forme du site réservé par les poids lourds en giration.



Un site séparé de la chaussée traverse une sortie d'un giratoire :

la présence de feux à la sortie immédiate d'un giratoire est généralement mal perçue ; une distance minimale de 25 mètres entre giratoire et site propre est nécessaire.



Un site axial franchit le giratoire dans son axe, avec un îlot central de taille réduite, décalé par rapport à cet axe :

un anneau de largeur variable est déconseillé ; certaines trajectoires sont tangentielles ; cette disposition, peu lisible, favorise des prises à contre-sens.

Les places 6

Un site réservé aux transports collectifs, tramway ou bus, peut traverser une place, ancienne ou moderne, réaménagée pour la circonstance ou bien encore conçue à l'occasion de la réalisation du site réservé. Le franchissement des grands carrefours giratoires (rayon extérieur supérieur à 25 mètres) peut être traité de manière similaire.

Il est difficile de généraliser et de donner des orientations communes aux différents cas: ces places varient par la taille, la forme, l'environnement, la fonction, le trafic et sa composition, le nombre et la disposition des entrées et sorties, le tracé du site réservé aux transports collectifs.

Les traversées du site réservé par les véhicules peuvent, si les trafics le justifient (débit véhicules, fréquence et vitesse des transports en commun), être gérés par feux. Dans ce cas, on ne cherchera pas forcément à coordonner les deux points de traversée, a fortiori si une station est implantée entre les deux, induisant des intervalles de temps incontrôlables. Les autres points de conflit (entrées / anneau) constituent des carrefours élémentaires en T, pour lesquels on peut envisager différents modes de fonctionnement.

Un stationnement peut quelquefois être organisé sur ces places, soit en périphérie, soit à l'intérieur. Dans ce dernier cas, on prendra soin de positionner les sorties du parc de stationnement sur l'anneau de façon à limiter les ambiguïtés sur les sens de circulation et les conflits avec le transport collectif. En particulier, il convient de dissocier les entrées des sorties et de les disposer dans le sens de rotation de la circulation annulaire. Il est également judicieux de ne pas placer une sortie trop près des points de conflit transport en commun/véhicules.



Saint-Etienne - Place Louis Courcier

Il est fréquent qu'une station soit implantée au milieu de la place, induisant alors des traversées de la chaussée annulaire par les piétons. Il convient alors de réduire le nombre de passages, en recherchant les cheminements les plus opportuns et les plus sécurisants, et en les équipant, si nécessaire, de feux spécifiques. La chaussée, ou plutôt l'anneau, par similitude avec les giratoires, sera si possible, pour une meilleure sécurité des piétons, réduite à une seule voie de circulation.

7 La transposition aux autres modes de transport collectif de surface

Les principes applicables au tramway sont transposables pour tout ou partie aux autres transports collectifs de surface. Ils peuvent, le cas échéant, être amendés, en fonction d'un niveau de priorité plus ou moins fort recherché.

Avant de vouloir transposer aux autres modes de transports collectifs les principes applicables au tramway, il convient de répondre aux questions suivantes :

- qui est autorisé à circuler (ou toléré) sur le site, autobus ou trolleybus uniquement, autres véhicules de transport collectif tels qu'autocars de tourisme ou de ramassage scolaire, taxis, deux-roues...)?
- quel mode de détection est employé (tous véhicules ou sélectif par boucles ou spécifique aux bus par radio...)?
- quelle est la fréquence des bus et le nombre de lignes regroupées dans le site propre ?
- comment sont organisées les stations, dans le cas où plusieurs lignes sont en présence ?
- quels sont les mouvements des bus dans le carrefour ?
- quel est le niveau de priorité recherché ?

L'aménagement de type tramway est directement transposable aux bus (autobus ou trolleybus) si :

- l'axe est réservé aux seuls transports collectifs urbains ; la présence d'autres usagers ne justifiant pas une minimisation des attentes, leur non-prise en compte par le système perturberait la prise en compte des bus ;
- la fréquence par sens n'est pas supérieure à un véhicule toutes les 3 minutes environ. Pour des fréquences plus élevées, tous les cycles (ou presque) seraient « perturbés » ;
- aucun mouvement tournant (divergences de lignes) ne se produit dans le carrefour ; si des tourne-à-gauche, par exemple, sont originaires du site propre, aucun mouvement

véhicule n'est compatible avec ceux-ci (de plus, ils sont en conflit avec le courant direct bus en sens inverse).

(Toutes ces diverses conditions doivent simultanément être réunies)

Contrairement au tramway, avec site propre bus :

- il convient d'utiliser les signaux tricolores circulaires (R 11) ou modaux (R 13 b) ;
- il est préférable, dans le cas d'un giratoire, de ne pas faire traverser l'îlot central par les transports collectifs (sauf éventuellement dans le cas des trolleybus et a fortiori des systèmes intermédiaires) ; le fonctionnement traditionnel en « cèdez-le-passage », avec contournement de l'îlot central est alors préférable à la gestion temporaire par feux.

La disposition avec voies bilatérales (double site propre unidirectionnel) n'est pas évoquée ici.

Sur des trancs communs à plusieurs lignes de bus en site propre, il peut arriver que la fréquence moyenne dépasse les limites acceptables pour une prise en compte performante en carrefour (maximum 30 à 40 par heure, deux sens confondus). En outre, les arrivées aux carrefours peuvent être très aléatoires, compte tenu du nombre important de lignes. Il convient alors de réfléchir à une organisation différente du réseau de transports en commun, par exemple :

- en ne conservant sur le site qu'un minimum de lignes (celles auxquelles on souhaite donner une priorité) et en redistribuant les lignes moins importantes sur des axes parallèles, tout en organisant des points d'échange avec les lignes fortes, mais plutôt perpendiculairement ;
- en minimisant le nombre d'intersections entre deux axes forts de transports collectifs ;

– en organisant au mieux le passage des bus (par exemple, en convois ou «trains»).

• Exemple d'application de différentes configurations de bus en site propre dans un carrefour

Cas fiche C 22 : carrefour à 4 branches -site propre axial-aménagement avec voies de tourne-à-gauche.

Cet aménagement comporte, de part et d'autre du carrefour :

- une voie directe et tourne-à-droite parallèle au site réservé,
- une voie de tourne-à-gauche, dotée de signaux R 14 dtd ;
- une voie de tourne-à-gauche, dotée de signaux R 14 tg.

Si la voie tourne-à-gauche est séparée de la voie directe par un îlot, on utilise alors des feux R 11. Ce dernier type d'aménagement sera préféré lorsqu'il y a plusieurs voies directes.

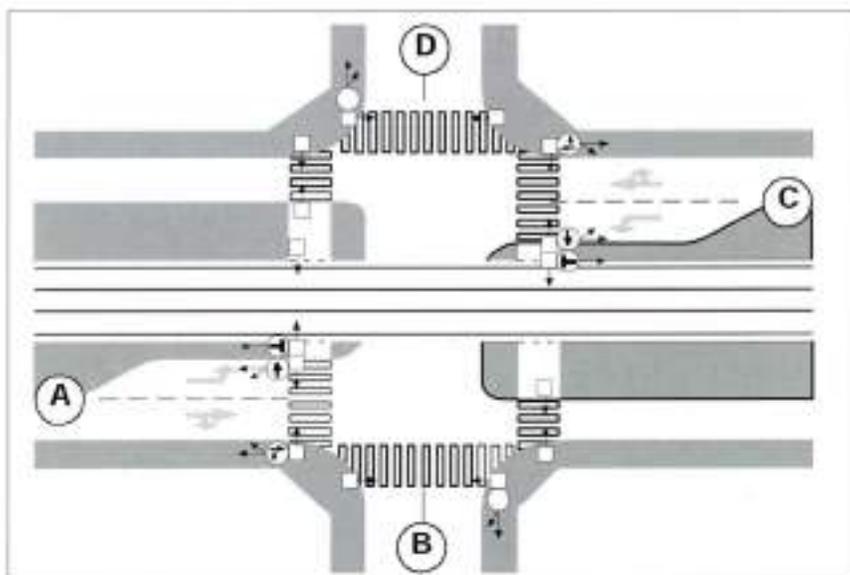
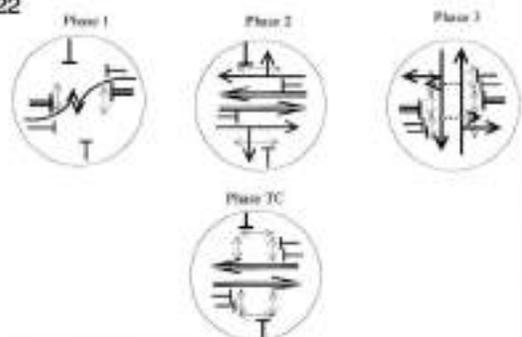


Figure C.22

Phasage possible

C.22



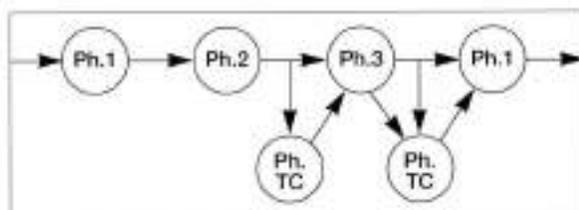
La phase 2 offre un «vert» au site propre uniquement si seuls des mouvements directs transports collectifs sont possibles.

Il faut distinguer les situations où le site propre est réservé uniquement aux véhicules de transport collectif et celles où l'accès d'autres usagers est autorisé et où les lignes restent ou sortent du site propre dans le carrefour.

Les fiches carrefours en annexe font référence aux trois situations ci-après, avec leurs deux niveaux de prise en compte.

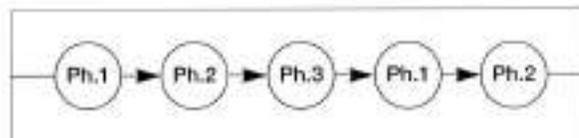
- Situation n°1: Site propre réservé exclusivement aux bus - pas de mouvement tournant bus dans le carrefour

a. prise en compte optimale - pas d'attente au carrefour



Les bus peuvent passer pendant la phase 2, éventuellement prolongée. Une détection pendant les interséquences 2-3 ou 3-1 déclenche la phase bus (TC). Une détection pendant la phase 3 l'écourte et déclenche la phase bus. Une détection pendant la phase 1 écourte celle-ci.

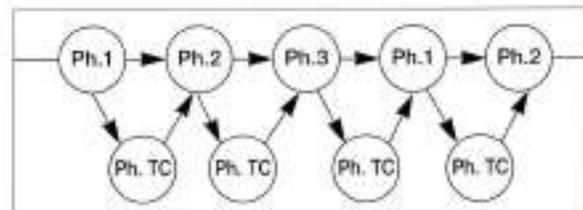
b. prise en compte minimale - pas de phase spéciale



Les bus ne peuvent passer que pendant la phase 2, éventuellement prolongée (ou anticipée).

- Situation n°2: Site propre réservé aux bus - avec mouvement tournant dans le carrefour

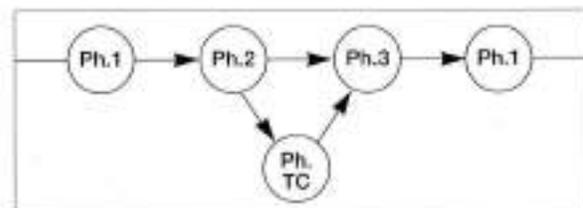
a. prise en compte optimale - pas d'attente au carrefour



Chaque détection écourte la phase en cours et déclenche la phase bus (TC). Si la fréquence est très élevée, ce fonctionnement ne peut être accepté, quelle que soit la charge de trafic du carrefour.

La phase 2 ne donne pas le vert aux bus.

b. prise en compte minimale - une seule phase bus escamotable

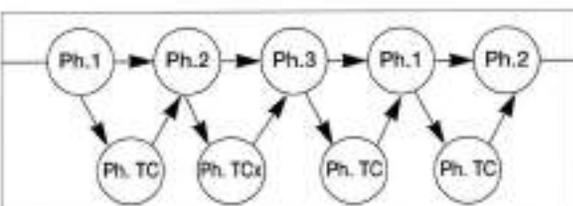


Les bus peuvent passer pendant la phase bus (TC), intercalée entre les phases 2 et 3. Cette phase n'est déclenchée que sur détection d'un bus. La phase 2 ne donne pas le vert aux bus.

• **Situation n°3 : Autres véhicules tolérés dans le site propre**

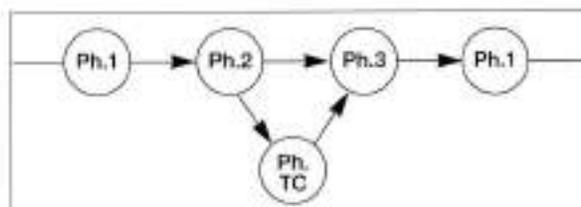
Dans cette situation, à chaque phase bus, d'autres usagers admis dans le site propre peuvent se présenter au carrefour. Même si les bus ne font que des mouvements directs, ils peuvent être accompagnés de mouvements tournants; le vert ne peut donc pas être donné aux bus pendant la phase 2.

a. prise en compte optimale - pas d'attente des bus au carrefour



Une détection sélective d'un bus écourte la phase en cours et déclenche une phase bus (TC). Une détection d'un autre véhicule déclenche la phase TCx entre les phases 2 et 3 sans influencer le déroulement en cours. Les bus ne peuvent pas passer pendant la phase 2.

b. prise en compte minimale - une seule phase TC escamotable



Les bus et autres véhicules peuvent passer pendant la phase bus (TC), intercalée entre les phases 2 et 3. Cette phase n'est appelée que sur détection d'un véhicule dans le site propre. La phase 2 ne donne pas le vert aux bus.

Fiches en annexe

Un certain nombre de cas sont détaillés dans les fiches carrefours en annexe. Chaque fiche traite d'un cas courant, fonction du positionnement du site (axial ou latéral) et du type de carrefour. On y trouvera un plan sommaire d'aménagement et une proposition de fonctionnement sous forme de plan de feux lorsque le carrefour est géré par signaux tricolores.

D'autres possibilités peuvent, bien entendu, être envisagées, en particulier en fonction :

- du trafic et de la distribution des mouvements prépondérants;
- du nombre de voies de chaque branche et des emprises disponibles;
- des éventuels sens uniques;
- de la proximité des stations;
- du système de gestion des feux et du mode de détection;
- d'une éventuelle coordination entre carrefours.

Néanmoins, les solutions proposées présentent des phasages et des enchaînements réalistes. Ils mettent en évidence certains points auxquels il faut particulièrement faire attention, par exemple les effets des détections pendant les interséquences⁸⁵.

Dans tous les cas et quels que soient les fonctionnements prévus, il est indispensable que les temps de sécurité soient intégralement respectés.

Les cas traités sont :

- les simples traversées à niveau (croisement d'une ligne de tramway et d'une rue, hors carrefour);
- la signalisation statique d'un carrefour en T, avec site latéral ou axial;
- les carrefours en T, avec site latéral ou axial, avec ou sans voie spécialisée;
- les carrefours en croix, avec site latéral ou axial, avec ou sans voie spécialisée;
- les carrefours giratoires, de dimensions réduites ou normales;
- les passages de site propre à site banal, en position axiale.

⁸⁵ Période entre la fin d'une phase et le début de la phase suivante.

Conclusion

L'aménagement d'un carrefour avec site réservé aux transports collectifs nécessite impérativement que soient fixés en préalable des objectifs clairs et précis en matière de prise en compte prioritaire de cette catégorie de véhicules.

Toutes les catégories d'usagers doivent être prises en compte, même si certaines bénéficient d'un traitement de faveur par rapport à d'autres.

Pour être bien compris, l'aménagement devra apparaître le plus simple possible.

Enfin, la chasse aux attentes injustifiées, ou ressenties comme telles, devra être impitoyable : l'usager est parfaitement capable de comprendre qu'il attend pour laisser passer un autre flux, ou un véhicule de transport collectif, mais il admet difficilement d'attendre pour rien, du moins en apparence.

Ce principe est à la base de la crédibilité de toute signalisation, dynamique notamment, la crédibilité constituant une des conditions indispensables de son respect.

H U I T I È M E P A R T I E

Les chaussées et revêtements



Ce chapitre n'a pas pour objet de traiter du choix des revêtements des sites dévolus aux véhicules de transport en commun, mais uniquement de leur conception technique pour une bonne mise en œuvre, afin de leur assurer une pérennité satisfaisante.

Le choix des revêtements résultera en effet le plus souvent d'une étude architecturale et paysagère. Quelques éléments sont fournis dans la quatrième partie - Aménagements en section courante.

Nous distinguerons :

- les voies circulées par les autobus ou trolleybus, dont le comportement sur les chaussées est assimilable à celui des poids lourds, avec souvent une difficulté supplémentaire liée à la forte canalisation du trafic (voies réservées);
- les sites circulés par les tramways, roulant sur des rails, dont le comportement est assimilable à celui des trains, avec des charges à l'essieu toutefois plus faibles (7 à 12 tonnes, contre 17 à 22).

Dans le premier cas, on est en présence d'une conception routière traditionnelle, traitée comme telle; dans le second, plus généralement à un problème d'habillage des rails, le tramway circulant généralement dans des centres urbains où l'aspect architectural est primordial et où les matériaux de surface jouent un rôle important.

La plus grande difficulté technique, du point de vue du comportement des chaussées, se rencontre dans les espaces où doivent circuler à la fois tramways et véhicules routiers, lourds notamment (bus et poids lourds): traversées de voies

de tramways, mais aussi sites banaux ou mixtes tramways/bus. La pérennité de l'ouvrage peut alors être limitée dans le temps et l'utilisation de matériaux modulaires devient alors très complexe.

Le guidage des systèmes intermédiaires sur pneumatiques induit une canalisation extrême de leur circulation; les bandes de roulement ne peuvent alors plus être assimilées à une chaussée, mais doivent être spécifiquement conçues

Les chaussées des voies bus

7

1.1. Le choix des matériaux de surface

Les voies circulées par les bus (autobus et/ou trolleybus) sont caractérisées par une circulation qui peut être, dans certains cas, très importante, mais surtout canalisée; les véhicules passent quasiment toujours au même endroit sur la chaussée.

En dehors de cette spécificité, la conception de la chaussée est classique, avec cependant une panoplie plus large de couches de roulement.

Au plan strictement technique, le matériau de surface privilégié est l'enrobé. Cependant le **choix architectural** peut se porter sur des matériaux plus colorés et d'aspect plus intéressant. Dans ce cas, il conviendra de vérifier leur comportement aux salissures et aux hydrocarbures et surtout de s'assurer de leur comportement sous trafic élevé, notamment de leur résistance à l'ornièrage par fluage.

Le choix du matériau de surface a également une incidence sur le choix du type de structure de chaussée à mettre en place, et donc des matériaux d'assise :

- assise peu déformable, avec matériaux traités aux liants hydrauliques, grave traitée ou béton de ciment, pour des matériaux modulaires ou de l'asphalte, ou assise pouvant être plus déformable; matériaux non traités ou bitumineux, pour une couche de surface bitumineuse, par exemple;
- couche de base non érodable, grave bitume ou béton de ciment, pour des matériaux modulaires, par exemple.

Des fiches descriptives sommaires présentant les avantages et contraintes d'utilisation des différents matériaux utilisables en couche de surface figurent en annexe 3. Elles concernent :

- les matériaux enrobés;
- les enrobés percolés;
- les asphaltes coulés;
- les enduits superficiels;
- les bétons de ciment;
- les pavés en béton;
- les pavés en pierre naturelle;
- les pavés de terre cuite;
- les résines.

Les dalles, qu'elles soient en béton ou en pierre naturelle, doivent être exclues de ces aménagements, qu'elles soient en «habillage» de la voie, ou disposées en bandeaux, perpendiculairement au sens de circulation.

Le concepteur retrouvera dans les documents référencés⁸⁶ les précisions nécessaires, notamment concernant la mise en œuvre des produits et les caractéristiques à mentionner dans les marchés (CCTP⁸⁷).

⁸⁶ Travaux d'aggrégation. Matériaux d'aménagement sur chaussées. Guide technique. CETE de l'Ouest, CETE de Lyon, SETRA, GETUR, 1990.

⁸⁷ Cahier des Clauses Techniques Particulières.

1.2. Le dimensionnement des chaussées

Une structure de chaussée est dimensionnée non seulement en fonction du trafic moyen journalier à sa mise en service, mais aussi du **trafic total** qu'elle aura à supporter **durant sa durée de service**.

La **durée de service** est la période pendant laquelle on n'a pas, en principe, à effectuer de **travaux liés à la structure** de la chaussée (une ou plusieurs interventions liées à l'état de surface sont néanmoins possibles pendant cette période). Le plus souvent, elle est prise égale à 15 ou 20 ans. C'est ce dernier chiffre que nous avons retenu par la suite.

Ce chapitre reprend la méthode française de dimensionnement, en la simplifiant. Le concepteur souhaitant faire une étude plus fine se reportera aux divers documents spécialisés, signalés dans ce chapitre et indiqués en bibliographie.

Cette méthode est basée essentiellement sur la connaissance du trafic lourd, dans le cas présent autobus et trolleybus, sur la portance des sols supports et sur les caractéristiques des matériaux de chaussée.

L'attention est attirée sur la nécessité de respecter les règles de dimensionnement et les principes décrits ci-après pour ne pas risquer une **détérioration de l'ouvrage, qui peut être rapide**.

1.2.1. La prise en compte du trafic

La **connaissance du trafic lourd** est primordiale pour le dimensionnement de la chaussée.

Le cas des voies réservées aux transports en commun présente une particularité intéressante: le trafic peut être apprécié avec une assez bonne précision, puisqu'on connaît le type de bus, donc leur agressivité, ainsi que le nombre de passages journaliers, avec souvent une bonne précision de l'évolution du trafic pendant un certain nombre d'années.

Le trafic supporté pendant la durée de service choisie (20 ans comme indiqué ci-dessus), ou trafic cumulé, est fonction:

- du trafic à la mise en service ;
- de la durée de service ;
- du taux d'accroissement annuel du trafic.

Pour un trafic moyen journalier T (nombre de véhicules par sens de circulation, ou plus précisément sur la voie la plus chargée) à la mise en service, le trafic cumulé est égal à:

$$N = T \times 365 \times C$$

avec C facteur de cumul, fonction de la durée de service choisie et du taux de croissance prévisionnel du trafic (lourd), donné par le tableau ci-après:

durée de service (ans)	10	15	20	25
taux de croissance (%)				
0	10	15	20	25
2	10,9	17,3	24,3	32
4	12	20	29,8	41,6
6	13,2	23,3	36,8	54,9

Pour un calcul plus précis de ce trafic cumulé, le projeteur pourra se reporter à différents documents⁸⁰.

Il est nécessaire de tenir compte de l'agressivité réelle des véhicules, c'est-à-dire des dommages qu'ils causent à la structure des chaussées, qui sont fonction du type de véhicule, et notamment des charges à l'essieu.

Compte tenu du caractère le plus souvent très canalisé du trafic bus, cette agressivité peut être prise égale à :

- 0,5 pour les autobus ;
- 1,0 pour les trolleybus ;

ce qui revient à dire qu'un autobus équivaut en moyenne à 0,5 essieu de référence de 13 tonnes, un trolleybus à 1 essieu de 13 tonnes ; les bus articulés ont en général une agressivité voisine de celle des véhicules standard.

Pratiquement, pour une durée de service de 20 ans et un taux de croissance annuel de 4% (facteur de cumul $C = 29,8$, suivant tableau ci-dessus), on peut définir 3 classes de trafic :

- **Trafic faible :** moins de 100 autobus ou moins de 50 trolleybus par jour, soit au maximum $0,5 \cdot 10^6$ équivalent essieux de 13 tonnes, pendant la durée de service choisie :

$$\begin{aligned} 100 \times 365 \times 29,8 \times 0,5 &= \\ 50 \times 365 \times 29,8 \times 1 &= \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} 100 \times 365 \times 29,8 \times 0,5 \\ 50 \times 365 \times 29,8 \times 1 \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} &0,544 \cdot 10^6 \\ &\text{arrondi à } 0,5 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

- **Trafic moyen :** de 100 à 300 autobus ou de 50 à 150 trolleybus par jour, soit $0,5$ à $1,5 \cdot 10^6$ équivalent essieux de 13 tonnes, pendant la durée de service.

- **Trafic fort :** plus de 300 autobus ou plus de 150 trolleybus par jour, soit plus de $1,5 \cdot 10^6$ équivalent essieux de 13 tonnes, pendant la durée de service.

1.2.2. La prise en compte de la portance des sols

La portance des sols supports est fonction de leur nature⁸¹ et de leur teneur en eau⁸².

Pour qu'une chaussée puisse être réalisée et fonctionne dans de bonnes conditions, le sol doit avoir une portance suffisante.

La portance des sols peut être définie de deux manières :

- la portance des sols en place, ou portance **à court terme** est classée conventionnellement en fonction des caractéristiques mesurées in situ en 5 classes de p0 à p4⁸³ (pour les routes à faible trafic) ;
- **à long terme**, 4 classes de plate-forme PF1, PF2, PF3, PF4 sont définies⁸⁴.

Dans ce document, la portance **à court terme**, classée p0 à p4 est utilisée.

Une portance de classe p0 ou p1 est insuffisante pour construire une chaussée. Dans ce cas, la réalisation d'une couche de forme est indispensable, afin d'améliorer cette portance.

En agglomération, les eaux superficielles sont recueillies et les diverses tranchées réalisées sous chaussées assurent généralement un bon drainage de plate-forme.

Faute d'élément plus précis, sauf cas exceptionnel, on pourra alors considérer que la portance du sol est de niveau p3.

Il convient cependant de s'en assurer par des observations visuelles ou, mieux, par des essais réalisés in situ, essai CBR, dynaplaque ou essais de plaque.

⁸⁰ Conception et dimensionnement de chaussées, LCPC, SETRA, 1994.

⁸¹ Renforcements en arriérés à module élevé en traversée d'agglomération, SETRA, 1985.

⁸² Chaussées réservées aux transports en caennais. Manuel de conception des structures, CETUR, LCPC, 1984.

⁸³ Pour le classement des sols, cf. norme NF P 11 380.

⁸⁴ Cf. Guide des terrassements routiers, LCPC, SETRA, 1992.

⁹¹ Cf. Chaussées routières à faible trafic, LCPC, SETRA, 1981.

⁸² Conception et dimensionnement de chaussées, LCPC, SETRA, 1994.

Le tableau ci-après indique les valeurs à obtenir.

Portance	Observations visuelles sous essieu de 13 tonnes	Essai CBR	Restitution Dynaplaque R	Module à la plaque EV2 (MPa)
p2	ornière < 3 cm	$6 < \text{CBR} \leq 10$	$45 \leq R < 50$	$30 < \text{EV2} \leq 50$
p3	pas d'ornière	$10 < \text{CBR} \leq 20$	$R \geq 50$	$50 < \text{EV2} \leq 120$
p4	pas d'ornière	$20 < \text{CBR} \leq 50$	-	$120 < \text{EV2} \leq 200$

Il est très rare de pouvoir obtenir une portance p4 en agglomération, compte tenu des difficultés de compactage du sol en place (nombreuses émergences, réseaux divers ...).

Dans ce qui suit, le dimensionnement des chaussées est donné pour une portance p3.

À défaut d'obtenir au minimum le niveau de portance p2, l'apport d'une couche de forme ou l'interposition d'un géotextile est nécessaire. On se reportera aux documents spécialisés existants pour définir avec précision les épaisseurs de matériaux à apporter.

1.2.3. Les matériaux d'assise

Ils sont définis par les normes produits qui sont des normes performantielles fixant les caractéristiques mécaniques à atteindre.

Les caractéristiques de formulation obtenues en laboratoire sont souvent difficiles à obtenir sur site, compte tenu des difficultés de mise en œuvre en zone urbaine : un compactage intensif, permettant d'obtenir les teneurs en vide requises, est souvent délicat à réaliser.

Les fourchettes basses des caractéristiques des matériaux ont été retenues pour le dimensionnement.

Rappel : le choix du matériau de surface a une incidence sur le choix du type de structure de chaussée, et donc des matériaux d'assise :

- assise peu déformable, avec matériaux traités aux liants hydrauliques, grave traitée ou béton de ciment, pour des matériaux modulaires ou de l'asphalte, ou assise pouvant être plus déformable : matériaux non traités ou bitumineux, pour une couche de surface bitumineuse, par exemple ;

- couche de base non érodable, grave bitume ou béton de ciment, pour des matériaux modulaires, par exemple.

On trouvera en annexe 3 les fiches descriptives des matériaux d'assise les plus répandus.

1.2.4. Le dimensionnement

Le tableau ci-après donne, à titre indicatif, quelques exemples de structures de chaussées prédéterminées en fonction du trafic lourd et pour un certain nombre de matériaux de surface. Seules les assises convenant à ces matériaux ont été indiquées. Le sol support est de portance p3.

Matériaux de surface	TRAFICS (voir définition en 1.2.1.)					
	Faible		Moyen		Fort	
BBSG¹⁰	6 cm BBSG		6 cm BBSG		6 BBSG	
(assise indifférente)	12 cm GB 20 cm GNT	8 cm GB 10 cm GB	15 cm GB 20 cm GNT	10 cm GB 10 cm GB	12 cm GB 20 GC	12 cm GB 12 GB
Enrobé percolé	4 cm EP		4 cm EP			
(assise peu déformable)	12 cm GB 12 cm GC	12 cm GB 12 cm GB	15 cm GB 22 cm GC	12 cm GB 20 cm GB		
Asphalte	3 cm AC		3 cm AC			
(assise peu déformable)	25 cm Bm -	10 cm GB 15 cm GC	15 cm Bm 17 cm Bm	12 cm GB 15 cm GC		
Béton de ciment	22 cm BC		22 cm BC		24 cm BC	
(assise peu déformable)	10 cm Bm		12 cm Bm		12 cm Bm	
Pavés béton ou pierre¹¹	Pavés 8 cm		Pavés parallélépipédiques 10 cm ou autobloquants 8 cm			
lit de pose (assise peu déformable)	3 cm (sable stabilisé)		3 cm (sable stabilisé)			
	25 cm Bm	10 cm GB 15 cm GB	32 cm Bm	12 cm GB 20 cm GB		

¹⁰ BBSG : béton bitumineux semi-pâte ; pour GB mixer (BBS), en 4 cm, ajouter 2 cm à la couche de base de GB ; pour BBSME, états spécifiques pour enduit, dimensionnement identique (épaisseur totale) à BBSG ; l'enduit ne vient généralement qu'en entrée ou en complément d'usure.

¹¹ Pour pavés de pierre, compter 4 cm de lit de pose (sable stabilisé).

L'utilisation des matériaux de surface sur site propre tramway

La technique de la pose de la voie tramway n'est pas traitée dans ce document. Actuellement, cette technique, très spécifique, fait le plus souvent appel à un coulage en béton armé.

L'effet de roulement du tramway entraîne des vibrations qu'il convient de contenir pour éviter leur propagation aux constructions riveraines.

Des précautions sont donc à prendre autour des rails en ajoutant, par exemple, des mousses de polyuréthane sur le pourtour du coulage, ainsi que des semelles en élastomère.

Les matériaux de surface utilisés en remplissage ne subissent pas d'efforts verticaux sauf aux carrefours routiers où, de plus, les effets du cisaillement entraînent des efforts supplémentaires qui rendent aléatoires la tenue des matériaux modulaires.

Dans un souci d'esthétique, ce sont souvent des matériaux modulaires qui sont utilisés, pavés béton ou pierres naturelles ou dalles, pour ces ouvrages.

La pose de ces matériaux doit se faire sur lit de pose souple, en sable de granulométrie 0/6 ou de préférence en gravillon 2/6. La teneur en fines doit être aussi faible que possible car, sous l'effet des vibrations, celles-ci ne tarderaient pas à s'échapper en fond de couche, fragilisant la tenue des matériaux de surface.

La pose des matériaux modulaires est classique sur ce lit de pose²⁵.

Les joints sont réalisés au sable 0/2 pour les pavés de béton, à refus. L'entretien de ces joints est très important, surtout au jeune âge, où les vibrations du tramway vont entraîner une densification du sable.

Pour les pavés et les dalles de pierre, les joints sont réalisés de préférence avec un matériau souple, à base d'un mélange de bitume et d'une charge minérale (l'objectif étant d'assurer l'étanchéité).

L'utilisation de mortier de ciment n'est pas recommandée car les vibrations entraînent le décollement et, à terme, la rupture du joint, ce qui favorise les entrées d'eau.

L'utilisation des mortiers spéciaux à retrait compensé, notamment dans les zones circulées, donne un meilleur comportement si l'utilisation de joint souple n'est pas envisageable.

Dans tous les cas le **recueil des eaux superficielles et le drainage** de la plate-forme doivent être **particulièrement soignés**; les matériaux modulaires, rappelons-le, ne sont pas parfaitement étanches.

Les points les plus délicats se situent, nous l'avons vu, aux endroits où cohabitent les **tramways et véhicules routiers**, lourds notamment (bus et poids lourds): traversées de voies de tramways, mais aussi sites barreaux ou mixtes tramways / bus.



Site Annil (Nantes).

²⁵ Guide de conception et de réalisation des chaussées en pavés de béton, CERIS, 1982. Les pierres naturelles en voirie urbaine, guide de mise en œuvre, CERIU, 1996.

La pérennité de l'ouvrage peut alors être limitée dans le temps et l'utilisation de matériaux modulaires devient alors très complexe. Au plan de la lisibilité, l'utilisation d'un matériau bitumineux (enrobé) est d'ailleurs souvent préférable pour les sites mixtes ou les sites banaux : la présence de rails indique à l'évidence le site ferroviaire, celle de l'enrobé une utilisation routière.

En règle générale, d'ailleurs, le choix des matériaux revêt une importance fondamentale quant à la **lisibilité de l'aménagement** : en effet, dans l'esprit des gens, consciemment ou non, chaque matériau revêt une connotation plus ou moins forte ; elle peut être générale (matériaux enrobés pour les voies routières, asphaltes pour les trottoirs...), plus locale (utilisation locale habituelle de certains matériaux par telle ou telle ville) ou encore liée à un aménagement (traitement homogène d'une ligne de tramway, par exemple). On voit donc l'intérêt d'une cohérence au sein d'un même projet, de même qu'entre projets similaires, au moins au sein d'une même entité urbaine.

Les mêmes principes peuvent être édictés en ce qui concerne le **mobilier urbain**, l'ensemble concourant à une bonne lisibilité de l'aménagement.

L'utilisation d'une **signalisation réglementaire** ne va pas à l'encontre de ces principes mais, bien au contraire, si elle est bien intégrée à la démarche, elle contribue à l'amélioration de la lisibilité de l'ensemble.

La traversée piétonne d'un site routier pourra recevoir un marquage réglementaire ayant une signification bien précise (cf. Code de la route), alors que la traversée du site ferré devra faire l'objet d'un traitement différent, puisque la réglementation qui s'y applique est toute autre (cf. première partie - partie réglementaire) ; ce sera, par exemple, un revêtement différent de celui du site routier, mais également différent de celui du site ferré en section courante.



Site routier tramway

Un **site propre engazonné** peut constituer une alternative intéressante à un revêtement minéral, au plan visuel, mais aussi au plan acoustique, car il permet de réduire, par rapport à des matériaux réverbérants, le niveau de bruit lié au roulement du tramway, bruit prépondérant pour ce type de véhicule.

Une technique consiste, après pose des rails à gorge sur dalle béton, à mettre en place jusqu'au niveau du plan de roulement une couche de terre végétale adaptée. Deux points sont primordiaux : mise en place d'un système de **drainage efficace** à la base de la couche de terre végétale et système d'**arrosage** (compatible avec la présence des lignes aériennes sous tension).

Rappelons également la nécessité d'entretien (tortes fréquentes notamment).



Saint-Étienne - Centre-Doux

N E U V I È M E P A R T I E

La terminologie



Dans les définitions, les **mots en caractères gras** renvoient à d'autres définitions.

De nombreuses professions travaillent à la définition des projets de transport en commun de surface, à leur réalisation, ainsi qu'à leur exploitation : constructeurs de matériels, ingénieurs, urbanistes, architectes, juristes, et tant d'autres... Le plus souvent, chacun emploie un langage qui lui est propre.

De ce fait, l'approche multidisciplinaire, par ailleurs très fructueuse au plan de la qualité des projets, induit fréquemment des difficultés aux plans de la terminologie utilisée et de la compréhension réciproque des différents partenaires :

- plusieurs termes peuvent définir un même concept ;
- plusieurs concepts peuvent être définis par un même terme.

Néanmoins, on constate, actuellement, une volonté générale d'utiliser les termes les plus appropriés et reconnus par les différentes professions.

Les définitions proposées ci-après tentent d'aller dans ce sens. Même si toutes ne font pas forcément l'unanimité, elles ne devraient pas apporter de contradiction majeure par rapport à d'autres et devraient au moins permettre au lecteur de se retrouver dans ce guide.

Les véhicules et les infrastructures spécifiques qui s'y rapportent

Autobus

bus à traction autonome, généralement à moteur thermique.

Automobile

voir **Véhicule automobile**.

Bimode (ou Multimode) (adjectifs)

se dit d'un matériel pouvant utiliser deux (ou plusieurs) sources d'énergie extérieures: par exemple, un trolleybus bimode fonctionne indifféremment à l'aide d'énergie électrique, fournie par lignes aériennes ou à l'aide d'énergie fossile (moteur thermique).

Ce terme est parfois aussi utilisé, de manière impropre, pour le guidage (possibilité de circuler pour partie guidé, pour partie non guidé). Il l'a de même été pour l'utilisation successive d'infrastructures différente (**interconnexion**).

Bus

véhicule automobile destiné au transport en commun des voyageurs dans les villes et leurs périphéries. Cette définition inclut les **autobus** et les **trolleybus**.

L'arrêté du 29 août 1984 définit les autobus comme des véhicules conçus et aménagés pour être exploités exclusivement à l'intérieur d'un périmètre de transports urbains. Ces véhicules ont des sièges, ainsi que (contrairement aux autocars) des places destinées à des voyageurs debout; ils sont agencés pour permettre les déplacements des voyageurs avec des arrêts fréquents.

Interconnecté (adjectif) ou d'interconnexion

se dit d'un matériel ou d'un service utilisant successivement des infrastructures de nature différentes: par exemple, un tramway interconnecté⁹⁶ (ou d'interconnexion) peut circuler tantôt sur voie, tantôt sur infrastructure ferroviaire.

Modal (ou Multimodal) (adjectifs)

qui se rapporte à un (ou plusieurs) mode(s) de transport: un pôle d'échange multimodal, entre voiture particulière, bus et métro par exemple.

Multimode (adjectif)

voir **Bimode**.

Système intermédiaire guidé

concept récemment apparu: véhicule destiné au transport en commun des personnes dans les villes et leurs périphéries, de capacité au moins égale à celle d'un bus articulé, et dont la trajectoire est guidée, sur tout ou partie du parcours, par un système approprié. Il s'agit le plus souvent de **véhicules automobiles** (pneumatique sur **chaussée** ou sur chemin de roulement), mais le terme est quelquefois aussi utilisé pour des tramways légers. Ce terme désigne à la fois l'infrastructure et le matériel roulant.

Tramway

chemin de fer, à traction électrique, généralement implanté sur la voie publique, mais pouvant, le cas échéant, circuler ponctuellement en souterrain ou utiliser des infrastructures ferroviaires classiques, et destiné au transport en commun des voyageurs dans les villes et leurs périphéries; par extension, véhicule circulant sur cette infrastructure.

Le décret n° 730 du 22 mars 1942 définit comme suit les tramways (urbains), dans son article 3:

«Sont considérés comme tramways urbains, pour l'application des dispositions ci-après les voies ferrées d'intérêt local établies sur des voies publiques dans les agglomérations et dans leur banlieue et affectées seulement au service des voyageurs et éventuellement des messageries. (...)»

⁹⁶ Les tramways d'interconnexion sont également appelés tram-trains.

Lorsqu'une voie ferrée d'intérêt local doit être soumise au régime des tramways urbains, l'acte qui autorise son établissement le spécifie.

À propos de tram sur pneus et de trolleybus, de tram et de tramway...

(...) Le terme même de tram sur pneus constitue une erreur étymologique, puisqu'un tram ne peut être sur pneus. En effet, «tram» est un mot anglais que l'on trouve dans tous les dictionnaires anglais : «vehicle running on rails, first drawn by horses, then by steam, now by electrical power» (véhicule roulant sur des rails, d'abord à traction hippomobile, puis à vapeur et maintenant électrique). (...) Le véhicule électrique sur pneus existe depuis longtemps et se nomme trolleybus. Mais, en France, on aime bien réinventer les choses, cela fait génial.

En matière de tram, la langue française utilise le mot tramway pour désigner à la fois l'infrastructure et le véhicule. L'anglais est plus précis : tramway ne concerne que l'infrastructure et tramcar désigne le véhicule. Tram est donc bien une abréviation de tramcar⁹⁷. Selon certains historiens, l'invention qui consiste à faire rouler un véhicule ferroviaire sur une voie noyée dans la chaussée serait due à un certain Outram. Les premières lignes hippomobiles sont apparues aux États-Unis⁹⁸, puis à Paris en 1855. On appelait alors le tramway «chemin de fer américain», ce qui ne laisse aucun doute quant à son appartenance ferroviaire. Paradoxalement, en France, c'est à Clermont-Ferrand qu'a été créée la première ligne de tramway électrique, en 1890.

Le terme trolleybus est composé du mot anglais «trolley», qui veut dire chariot, et de bus, lui-même dérivé de omnibus,

véhicule routier qui dessert tous les arrêts. Pourquoi trolley ? parce que le premier véhicule de ce type captait le courant grâce à un petit chariot roulant sur les fils de contact. On parlait à cette époque d'«électrobus». Les premières applications furent les systèmes Lombard-Gérin à Issy-les-Moulineaux, en 1900, et Mercedes-Stoll à Johannistal (Autriche), en 1902. Le système de perches à contact inférieur, que nous connaissons aujourd'hui, apparut en 1901 ou en 1903, à Charbonnières-les-Bains, dans la banlieue de Lyon. Bien que le chariot ait disparu, le terme trolleybus a subsisté.

Aux États-Unis, le mot trolley désigne un tramway, véhicule que les américains considèrent comme un chariot.

(extraits de *La Vie du Rail*, rubrique Dialogue, avec son aimable autorisation)

Transport en commun en site propre (TCSP)

système de transport en commun utilisant sur son parcours un maximum de **sites propres** (ou **sites réservés**).

Trolleybus

bus à traction électrique, l'énergie étant fournie par une double ligne aérienne, généralement à l'aide de perches.

Véhicule automobile

véhicule à moteur servant normalement au transport sur **route** de personnes ou de marchandises ou à la traction sur route de véhicules utilisés pour le transport de personnes ou de marchandises, à l'exclusion de tout véhicule sur rails. Englobe les **trolleybus**, véhicules reliés à une ligne électrique, mais ne circulant pas sur rails. Les véhicules automobiles utilisent le roulement pneumatique sur **chaussée** (ou sur chemin de roulement). Autre terme : véhicule routier.

⁹⁷ En fait, tram deviendrait la forme usuelle, tramcar tombant en désuétude (Ferragut).

⁹⁸ En 1822, par une ligne New-York - Harlem, mais la voie n'était pas noyée dans la chaussée.

Les notions routières: la voirie, les sites réservés et l'exploitation

2

Assiette (de la route)

surface du terrain réellement occupée par la **route**, limitée par l'intersection avec le terrain naturel des talus de déblai et de remblai et de la surface extérieure des ouvrages indispensables à la **route** (voir profil en travers ci-après).

Cantonnement

système de signalisation ferroviaire permettant d'assurer l'espacement entre deux véhicules qui se succèdent sur une même voie. L'utilisation du cantonnement permet, sur **site propre intégral**, l'exploitation en **voie libre**.

Chaussée

partie de la **route** normalement utilisée pour la circulation des véhicules **automobiles**; une chaussée peut comporter une, deux ou plusieurs **voies** de circulation; elle comprend éventuellement les surlargeurs supportant les **voies** réservées, les bandes de stationnement... (voir profil en travers ci-après). Un site réservé aux seuls tramways (et éventuellement véhicules de secours) ne constitue pas une chaussée, puisque le tramway n'est pas un véhicule automobile, mais un véhicule ferroviaire.

Couloir (de circulation)

1^{er} sens

espace disponible pour la circulation d'une **file** de véhicules; il peut être délimité par d'autres **files** de véhicules, des véhicules en stationnement, un trottoir, un séparateur, la signalisation horizontale...

2^e sens

(Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière): un couloir de circulation est constitué par les voies parallèles, de même sens et contiguës (ce dernier terme excluant

la présence d'un terre-plein de séparation, même de faible longueur au sein d'un couloir), par exemple, à l'approche d'un carrefour.

par extension

voie ou **site** unidirectionnel, le plus souvent réservé à une ou plusieurs catégories d'usagers.

Emprise (de la route)

surface du terrain appartenant à la collectivité et affectée à la **route** ainsi qu'à ses dépendances; l'emprise d'une **route** correspond exactement aux terrains appartenant à la collectivité propriétaire de la route (voir profil en travers p.160).

On pourra également parler d'emprise ferroviaire, pour le terrain affecté au chemin de fer et à ses dépendances.

File (de véhicules)

ensemble de véhicules circulant les uns derrière les autres, au sein d'un **couloir** de circulation.

Gabarit limite d'obstacles (GLO)

se dit au sujet d'un mode guidé, ferroviaire ou non: volume enveloppe maximal dans lequel s'inscrit le véhicule, en tenant compte des divers débattements dynamiques possibles; ce volume doit rester libre de tout obstacle, fixe (support de ligne aérienne, signalisation, mobilier urbain...), ou mobile (autre véhicule, piéton...), lors du passage des véhicules de TC.

Îlot

dispositif au sol destiné à matérialiser sur de faibles longueurs la trajectoire des véhicules, à permettre l'implantation de signalisation et/ou encore à protéger des **refuges** pour piétons.

L'ilot peut être « en dur » (en relief par rapport au plan de roulement), franchissable ou non (par les véhicules), ou simplement peint.

Marche à vue

système d'exploitation ferroviaire imposant au conducteur de pouvoir immobiliser son convoi à tout moment en présence d'un obstacle ou de tout autre véhicule présent sur sa trajectoire. Les tramways sont le plus souvent exploités suivant le système de la marche à vue (en dehors des zones spécifiquement signalisées).

Passage à niveau

croisement à niveau d'une voie routière (route) et d'une voie de chemin de fer (voie ferrée) ou de tramway à plate-forme (véritablement) indépendante, c'est-à-dire d'une voie ferrée implantée hors voirie. Dans le cas contraire, on parlera plus généralement de **traversée de voie ferrée**.

L'arrêté du 18 mars 1991 relatif au classement, à la réglementation et à l'équipement des passages à niveau exclut d'ailleurs, dans son article 1^{er}, les tramways urbains de son champ d'application. Ce même arrêté précise par ailleurs la réglementation s'appliquant aux passages à niveau.

Plate-forme (de la route)

surface de la route qui comprend la (les) chaussée(s), les accotements (en milieu urbain les trottoirs) et éventuellement les terre-pleins, ainsi que les voies et pistes spécialisées, si celles-ci sont contiguës ou restent proches de la (des) chaussée(s) principale(s) et ne sont pas notablement dénivellées par rapport à cette(s) dernière(s).

La plate-forme est incluse dans l'assiette, elle-même incluse dans l'emprise; en milieu fortement urbanisé, ces trois notions sont le plus souvent confondues; un profil en travers de rase campagne est plus explicite vis-à-vis de ces termes:

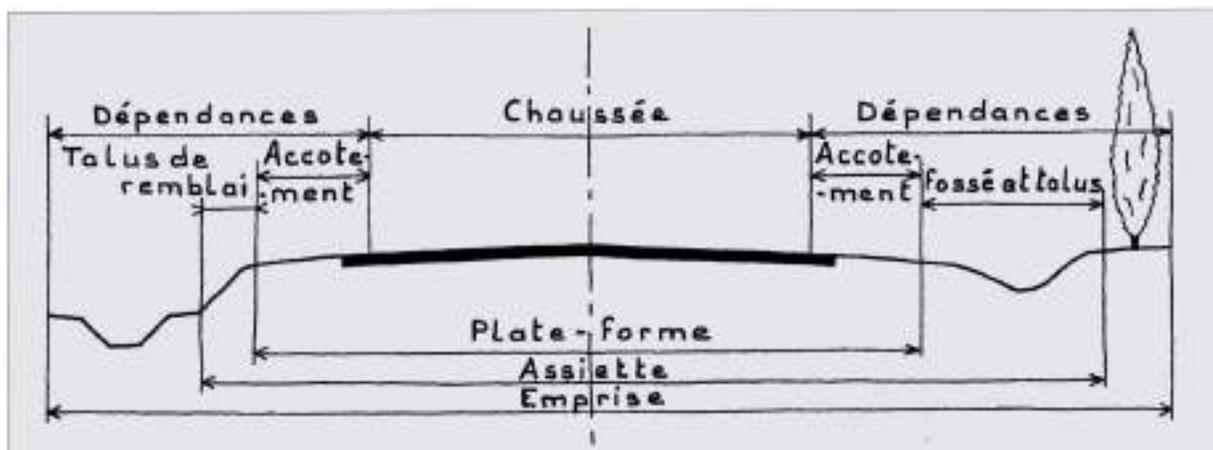


Plate-forme indépendante

plate-forme non contiguë à la voirie et/ou notablement dénivelée par rapport à celle-ci;

par extension

site propre de surface, constituant en fait une partie de la **plate-forme**, au même titre que les trottoirs, les terre-pleins, les voies et pistes spécialisées. On la dit alors indépendante parce qu'isolée de la circulation générale par un **séparateur** infranchissable par les **véhicules automobiles**.

Priorité

droit de passer en premier. Absolu dans son principe, le droit de priorité est relatif dans ses effets. Voir à ce sujet la partie réglementaire de ce guide (chapitre sur «la notion de priorité»).

Prise en compte (prioritaire)

aux carrefours à feux, et autres franchissements à niveau, action en faveur d'un véhicule, pour lui permettre de franchir le carrefour sans s'arrêter, ou avec un temps d'arrêt minimisé.

Refuge

zone spécialement aménagée entre deux **couloirs** de circulation, pour permettre aux piétons d'effectuer de manière satisfaisante la traversée d'une artère en deux ou plusieurs temps.

Route

emprise de tout chemin ou rue ouvert à la circulation publique; une route peut comporter plusieurs **chaussées** et éventuellement un ou plusieurs **sites propres** séparés les uns des autres, notamment par un (des) terre-plein(s) ou une (des) différence(s) de niveau(x), constituant un (des) **séparateurs**. Terme réglementaire général, incluant les rues, terme plus adapté au milieu urbain, mais aussi les avenues, boulevards, cours...

Séparateur

dispositif physique au sol, destiné à délimiter diverses parties de la **plate-forme** affectées à des usages différents: circulation générale, transports en commun... Il peut être franchissable: simple bourrelet ou légère dénivellation (**site protégé accessible**), franchissable par les piétons, mais non par les **automobiles**: terre-plein plus ou moins important, éventuellement planté ou agrémenté de mobilier urbain (**site protégé inaccessible**) ou totalement infranchissable: barrière, clôture (**site propre intégral**). Un marquage ou une différence de couleur ou de revêtement ne constituent pas à eux seuls un séparateur.

Site

surface, lieu, espace, ensemble de **voies** de circulation, réservé ou non à certaines catégories d'usagers de la voie publique, piétons ou véhicules.

Les définitions ci-après concernent les sites affectés (exclusivement ou non) aux transports collectifs. L'ordre alphabétique n'est volontairement pas respecté, afin d'introduire une certaine progressivité dans l'affectation aux véhicules de TC, puis, dans le cas des sites propres (réservés), une certaine progressivité quant à l'«impermeabilité» du ou des séparateurs.

Site banal (ou banalisé)

site accessible à tous véhicules; terme utilisé uniquement dans le cas des tramways: un bus circule soit sur site propre, soit au sein de la circulation générale; par contre le tramway (sa voie) est implanté en site propre ou en site banal.

Site partagé

site accessible uniquement aux véhicules de transport en commun et à certaines catégories de véhicules parfaitement identifiées, taxis ou bicyclettes par exemple.

Site propre (ou site réservé)

site à l'usage exclusif des véhicules de transport en commun (sauf dérogation accordée par le maître d'ouvrage).

L'arrêté du 21 septembre 1993 relatif à la terminologie des transports donne une définition plus restrictive : « emprise affectée exclusivement à l'exploitation de lignes de transport ».

Le site propre, ou site réservé, est interrompu, réglementairement, dès lors que le TC perd sa priorité :

- au franchissement des carrefours ;
- au franchissement des traversées piétonnes, dans le seul cas où elles sont équipées de signalisation lumineuse dynamique.

Site (propre) accessible non protégé

Rome - ligne 73

Le site propre n'est délimité que par un marquage et/ou un revêtement différencié, à l'exclusion de tout séparateur « physique ». Le site est alors matériellement accessible aux automobiles.

Site (propre) protégé accessible

Nantes - rue des Renards

Le site propre est délimité par un dispositif matériellement franchissable ; il est exceptionnellement et ponctuellement utilisable par d'autres catégories de véhicules, lorsque les circonstances l'exigent.

Site (propre) protégé inaccessible



FIG. 1 - Thiers

Le site propre est délimité par un dispositif (séparateur) infranchissable par les véhicules automobiles (mais franchissable par les piétons, ainsi que par les deux-roues).

Site propre intégral

Le site propre est rendu physiquement inaccessible y compris aux piétons et aux deux-roues. Les autres voies de circulation ne peuvent être franchies par un site propre intégral qu'à l'aide d'un passage dénivelé ou d'un passage à niveau, conforme aux stipulations de l'arrêté du 18 mars 1991. Dans le cas contraire, il y a interruption du site propre intégral.

Un site propre intégral est en règle générale implanté sur plate-forme indépendante, clôturée en continu ou encore sur viaduc ou en tunnel.

Un site partagé peut être accessible ou non (aux automobiles), protégé ou non; en règle générale, un site propre intégral ne sera pas un site partagé.

Le site propre... peut être axial ou latéral, uni- ou bidirectionnel et peut, dans le cas des tramways, comporter une voie unique ou deux voies; dans le cas des bus, en unidirectionnel, et notamment en bilatéral, on parle également de «voies» ou de «couloirs».

Le tableau ci-après résume ces diverses notions:

SITE	SEPARATEUR	VEHICULES	PIÉTONS
Accessible non protégé	Uniquement visuel (peinture, différenciation visuelle)	Aisément franchissable	Absolument perméable
Protégé accessible	Physique franchissable (bordure franchissable, bourrelet)	Occasionnellement franchissable	Très perméable
Protégé inaccessible	Physique infranchissable aux voitures (terre-plein avec bordures hautes)	Normalement infranchissable	Relativement perméable
Propre intégral	Totalement infranchissable (viaduc, tunnel, barrage)	Totalement infranchissable	Normalement infranchissable

Terre-plein

dispositif physique au sol, d'une certaine largeur, destiné à délimiter diverses parties de la plate-forme affectées à des usages différents: circulation générale, transports en commun... Il est généralement infranchissable par les automobiles, franchissable ou non par les piétons.

Traversée de voie ferrée

croisement à niveau d'une voie routière (route) et d'une voie de chemin de fer (voie ferrée) ou de **tramway**.

La définition du passage à niveau est plus restrictive que celle de la traversée de voie ferrée: une traversée de voie ferrée ne constitue pas forcément un passage à niveau [cf. arrêté du 18 mars 1991, art. 1^{er}].

La réglementation relative aux passages à niveau n'a pas lieu de s'appliquer aux tramways circulant sur voirie ou sur site immédiatement contigu à celle-ci.

Voie (de circulation)

subdivision (matérialisée) de la **chaussée** ayant une largeur suffisante pour permettre la circulation d'une **file** de véhicules.

Voie libre (marche en voie libre)

système d'exploitation ferroviaire assurant *a priori* au conducteur, dans un environnement approprié (**site propre intégral**), à l'aide d'une signalisation adéquate (**cantonnement**), qu'il ne rencontrera pas d'obstacle, de véhicule ou de personne sur sa trajectoire. Les trains et métros sont le plus souvent exploités suivant le système de la voie libre.

La domanialité et la gestion

3

Domanialité publique

un bien relève de la domanialité publique s'il est la propriété exclusive d'une collectivité publique (État, région, département, commune ou établissement public si son statut le lui permet), s'il est affecté à l'usage du public ou à un service public et s'il est aménagé spécialement à cet effet.

Permis de stationnement

autorisation d'occupation du domaine public routier pour une durée déterminée. Se caractérise par l'absence d'emprise sur le domaine occupé. L'autorité compétente est celle qui détient les pouvoirs de police de l'ordre public.

Permission de voirie

autorisation précaire d'occupation du domaine public routier caractérisée par une emprise sur la parcelle occupée en modifiant l'intégrité. Son octroi relève de l'autorité dont dépend la conservation du domaine.

Superposition de gestion (ou de domanialité, ou d'affectation)

nouvelle affectation donnée à un bien sans perte de sa première vocation ni transfert de propriété. Prend la forme d'une convention établie entre les parties concernées, relevant de domaines différents, pouvant éventuellement prévoir une indemnisation pour suppléments de charges ou pertes de revenus. Exemple type: les passages à niveau utilisés comme voies routières et voies ferrées.

Transfert de gestion

implique une modification de la collectivité gestionnaire d'un bien relevant de la domanialité publique sans transfert de propriété. Par nature, ce transfert de gestion est dispensé de formalité particulière sous condition de compatibilité avec le caractère domanial du bien nouvellement affecté. Transfert en principe gratuit sauf cas particulier (réalisation de travaux, perte de revenus). À noter que cette opération portant sur un bien concédé peut donner lieu à indemnisation du concessionnaire.

Transfert de propriété

cession d'un bien par une collectivité publique qui procède éventuellement à son déclassement, au profit d'une autre collectivité qui l'intègre, le cas échéant, à son domaine.

A N N E X E 1

Fiches section courante



Les fiches ci-après présentent les différents avantages et inconvénients de chaque type de configuration possible en section courante (hors carrefours, hors stations), vis-à-vis des différents acteurs de l'espace public sillonné par l'infrastructure de transport collectif, à savoir, outre le transport collectif lui-même :

- les piétons, quelles que soient leurs motivations, utilisateurs ou non d'autres modes;
- les cyclistes;
- les automobilistes et autre circulation générale;
- les autres usagers potentiels du site destiné aux transports collectifs (véhicules de secours, taxis, autocars de tourisme...);
- les riverains et leur desserte, par les véhicules de service et de livraison.

Sont également abordés :

- les possibilités d'implantation de stationnement;
- les règles concernant le ou les séparateurs entre site réservé et voies de circulation générale;
- quelques éléments de signalisation verticale.

Les 11 premières fiches, n°1 à 11, décrivent les cas les plus courants et s'appliquent tant aux sites routiers (bus) qu'aux sites ferrés (tramway).

Elles tentent de traiter au mieux toutes les combinaisons possibles :

- circulation générale à double sens ou à sens unique;
- sites réservés bidirectionnels ou unidirectionnels (un ou deux);
- position axiale ou latérale.

Les 6 dernières, T 1 à T 5, et VU se rapportent à des configurations plus spécifiques, cas des tramways, site banal, la dernière fiche, VU, voie unique avec alternat, pouvant également s'appliquer aux sites bus.

Les fiches 7 et 9 se rapportant à des configurations fortement déconseillées, n'ont, volontairement, de ce fait, pas été complétées, de même que la fiche 8, pour laquelle les implications vis-à-vis des différentes catégories d'usagers sont similaires à celles de la fiche 3 à laquelle on se reportera.

Les différentes implantations possibles des sites réservés

1. Cas généraux – Bus ou tramway

Les cases grisées correspondent aux cas peu ou pas rencontrés, difficiles à préconiser sans étude approfondie. Les indices renvoient aux fiches à consulter.

	Circulation générale	
	Double sens	Sens unique
Site bidirectionnel Bus ou tramway	axial 1 latéral 2	latéral à gauche 6 latéral à droite 7 axial
Un site unidirectionnel Plutôt bus	latéral à droite 3 position décalée axial 4	latéral à droite 8 axial 9 latéral à gauche contre-sens 10
Deux sites unidirectionnels Plutôt bus	2 latéraux à droite 5 1 latéral + 1 axial Cas particuliers	1 latéral + 1 contre-sens 11 cas particuliers

2. Cas spécifiques aux tramways

Au moins une des deux voies de tramway (un sens de circulation) est implantée en site banal. Les cases grisées correspondent aux cas les moins rencontrés; les indices renvoient aux fiches à consulter.

	Circulation générale	
	Double sens	Sens unique
Réservé 1 sens, banal autre sens	axial T 1	latéral T 4
Banal 2 sens	axial T 2	(sans objet)
Tramway un seul sens, en site banal	latéral à droite position décalée T 3 axial	latéral à droite axial T 5 latéral à gauche

3. Cas particulier des sites propres à voie unique avec alternat (bus ou tramways)

	Circulation générale	
	Double sens	Sens unique
Bus ou tramway double sens sur voie unique (tramway), avec alternat (bus)	axial latéral	VU latéral à gauche latéral à droite

Légende des fiches

- 
 limite de chaussée circulée, avec stationnement possible.
- 
 limite de chaussée circulée, stationnement impossible ou déconseillé.
- 
 séparateur préférentiellement franchissable; néanmoins, il peut s'agir également, dans certains cas, d'un séparateur infranchissable; voir commentaires spécifiques à chaque fiche.
- 
 séparateur préférentiellement infranchissable; néanmoins, il peut s'agir également, dans certains cas, d'un séparateur franchissable; voir commentaires spécifiques à chaque fiche.
- 
 circulation TC
- 
 circulation générale, VL et PL
- 
 circulation cyclistes

Liste des fiches

1. Cas généraux – Bus ou tramway

➤ Artère à double sens de circulation générale

– fiches 1-2-3-4-5

➤ Artère à sens unique

– fiches 6-7-8-9-10-11

2. Cas spécifiques aux tramways

➤ Artère à double sens de circulation générale

– fiches T1-T2-T3

➤ Artère à sens unique

– fiches T4-T5

3. Cas particulier des sites propres à voie unique avec alternat

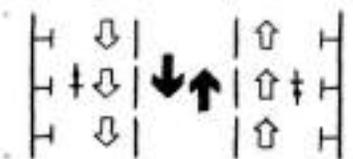
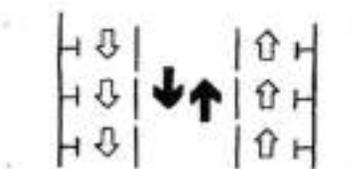
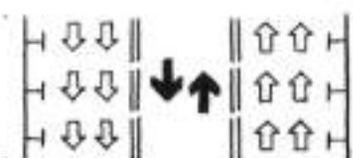
➤ Artère à double sens ou à sens unique

– fiche VU

Fiche 1

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à double sens de circulation générale
Site réservé bidirectionnel axial



En dehors de la (relative) difficulté d'accès aux stations, liée à la traversée des voies de circulation générale, cette configuration est celle qui présente le bilan avantages - inconvénients le plus favorable, tant du point de vue de la circulation du transport collectif de surface que de celui de la desserte des riverains.

Elle nécessite une largeur minimale entre façades de l'ordre de 18 à 20 m (avec une ou deux bandes de stationnement). Un séparateur infranchissable sera de préférence choisi dès lors que la vitesse automobile risque d'être élevée (plus de 40 km/h), notamment avec deux voies de circulation par sens.



TC utilisant le site

Positionnement bien adapté au mode tramway ou similaire, la difficulté pouvant cependant éventuellement se situer au niveau des accès aux stations.

Sous réserve des conditions générales de circulation, le fait que le site réservé soit implanté côté voie rapide peut permettre la pratique de vitesses relativement élevées (> 30 km/h), surtout avec un séparateur infranchissable.

Piétons

Tous les passages piétons **matérialisés** nécessitent des refuges entre site TC et couloirs de circulation générale. Une largeur minimale de 2,00 m en tout point doit absolument être recherchée. Elle ne devra en aucun cas descendre en dessous de 1,50 m.

Nota : avec une seule voie de circulation générale par sens de circulation (2^e et 3^e exemples), des trafics et des fréquences TC relativement faibles, et une bonne visibilité, la traversée hors passages matérialisés peut généralement s'effectuer sans difficulté majeure ; cependant, dans ce cas, des interruptions dans le stationnement devront être ménagées.

Cyclistes

Même s'il s'agit d'un site bus, son ouverture aux cyclistes est à proscrire; on lui préférera la création de bandes cyclables latérales (3^e exemple).

Circulation générale

Avec deux voies par sens de circulation (1^{er} schéma), sa vitesse risque d'être relativement élevée.

Autres usagers possibles du site réservé

La cohabitation tramway/véhicule routier, même TC urbain, est difficile, et donc à éviter.

S'agissant d'un site bus, l'ouverture à d'autres usagers (autocars de tourisme ou taxis) ne peut s'envisager que si la fréquentation globale et les débouchés aux carrefours le permettent (signalisation, mode de prise en compte...).

Desserte des riverains

Positionnement très favorable à la desserte des riverains; favoriser les dispositions n'incitant pas au franchissement du site réservé: séparateur dissuasif, accès facile à partir des carrefours voisins, demi-tour facilité à ces derniers.

Si le séparateur est franchissable, on pourra, si nécessaire, envisager un dispositif interdisant ces mouvements entre les deux voies TC, tel que potelets, plots, boules...

Stationnement

Sans difficulté particulière, côtés façades.

Le stationnement le long du site réservé ne pourra être envisagé qu'après analyse fine, et sous réserve que le séparateur auquel il sera accolé constitue un véritable trottoir, d'une largeur minimale de 2,00 mètres.

SÉPARATEUR

L'implantation d'un séparateur infranchissable est vivement recommandée lorsque la largeur permet le dépassement d'un véhicule arrêté (1^{er} schéma); dans le cas contraire (2^e schéma), on évaluera les risques de blocage en présence d'un véhicule immobilisé avant de faire ce choix.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

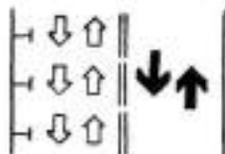
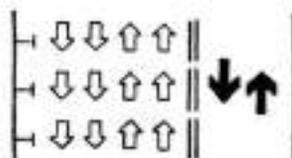
Signalisation verticale

En entrée de site réservé, à droite et à gauche, panneau B 27 a (site bus) ou B 27 b (site tramway), avec panneau M 3 b ou M 3 d (bleu). À droite, possibilité d'adjonction d'une balise J 5. S'il est impossible d'implanter ces signaux (par exemple seulement un séparateur franchissable), le traitement au sol devra à lui seul assurer la lisibilité de l'aménagement.

Fiche 2

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à double sens de circulation générale
Site réservé bidirectionnel latéral



Cette disposition permet une bonne desserte par le transport collectif des établissements et équipements situés du côté où il est implanté. En contrepartie, elle pénalise très fortement la desserte automobile des riverains de ce même côté. L'accès, pour ces riverains, peut même souvent poser des problèmes assez sérieux de sécurité et/ou imposer une réduction importante de la vitesse des véhicules de transport collectif utilisant le site réservé.

Elle complique également l'implantation du stationnement, sauf à disposer d'emprises importantes (terre-plein large entre site réservé et circulation générale).



TC utilisant le site

Moyennant une bonne visibilité, avec une fréquentation piétonne faible, voire nulle, et en l'absence de riverains, la pratique de vitesses relativement élevées est possible. Dans tous les autres cas, cette pratique peut s'avérer **dangereuse**.

Piétons

Ce type d'aménagement est complexe pour les piétons : véhicules pouvant survenir successivement de gauche, de droite (site réservé), de gauche puis encore de droite (circulation générale). La lisibilité de l'aménagement doit donc être particulièrement soignée.

Les passages piétons **matérialisés** doivent être parfaitement étudiés et incitatifs, avec large refuge (minimum absolu 2,00 m) entre voies de circulation générale et site TC, ainsi qu'entre les deux sens de circulation générale, lorsque la largeur à traverser excède 8,00 mètres.

Les traversées hors passages piétons doivent autant que possible être évitées. À défaut, le séparateur devra permettre à un piéton de s'y réfugier (largeur 1,00 m au minimum).

Cyclistes

En dehors du cas des sites tramways, toutes les possibilités sont envisageables, en tenant compte, bien entendu des dispositions retenues aux carrefours (signalisation, prise en compte prioritaire des seuls véhicules de TC...).

On n'incitera jamais à la circulation de cyclistes sur des sites ferrés.

Circulation générale

Sa vitesse est *a priori* sans rapport avec la présence du site réservé.

Autres usagers possibles du site réservé

La cohabitation tramway/véhicule routier, même TC urbain, est difficile, et donc à éviter.

S'agissant d'un site bus, l'ouverture à d'autres usagers (bus non urbains ou taxis) ne peut s'envisager que si la fréquentation globale et les débouchés aux carrefours le permettent (signalisation, mode de prise en compte...).

Desserte des riverains

Positionnement à éviter absolument s'il existe des débouchés nombreux ou importants côté site réservé, sauf à autoriser (ainsi qu'aux véhicules de livraison, de déménagement et de collecte des ordures ménagères) l'accès par le site lui-même ou à disposer d'une voie spécifique (contre-allée...).

Toutefois, ce positionnement peut, dans certains cas, s'avérer favorable, lorsqu'il s'agit d'établissements fréquentés principalement par des utilisateurs des transports collectifs.

Stationnement

Sans difficulté particulière, côté opposé au site réservé.

Le stationnement le long du site réservé ne pourra être envisagé qu'après analyse fine, et sous réserve que le séparateur auquel il sera accolé constitue un véritable trottoir, d'une largeur minimale de 2,00 mètres.

SÉPARATEUR

Du fait des croisements qui s'effectuent par la gauche, le séparateur sera impérativement infranchissable aux automobiles (aucune largeur inférieure à 1,00 m), sauf aux accès riverains.

Envisager également son «impermeabilité» aux piétons (voir la rubrique correspondante).

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

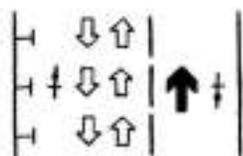
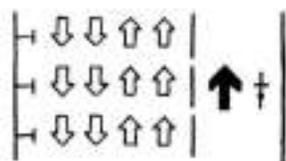
En entrée de site réservé, à droite et à gauche, panneau B 27 a (site bus) ou B 27 b (site tramway), avec panneau M 3 b ou M 3 d (bleu).

Si le site est autorisé aux cyclistes (uniquement site bus), l'indiquer à l'aide d'un panneau M 4 d 1 (bleu).

Fiche 3

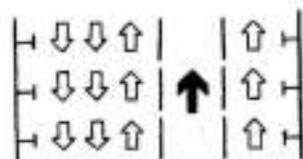
1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à double sens de circulation générale
Un site réservé unidirectionnel latéral



Ce type d'aménagement est plus particulièrement utilisé pour les sites bus («rouloirs bus»). Il peut s'agir, pour les tramways, du cas particulier de parcours différents suivant le sens de circulation, par exemple sur boucle en fin de ligne.

Sauf cas très particulier, le séparateur est franchissable, permettant l'accès et la desserte des riverains, accès et desserte qui peuvent cependant ne pas toujours s'avérer aisés, pouvant occasionner des problèmes de sécurité.



On peut envisager de décaler le site réservé comme indiqué ci-dessus, pour faciliter la desserte des riverains, ou bien, juste en amont de carrefour, pour faciliter certains mouvements tournants.

Cette disposition est perçue comme particulièrement complexe, notamment par les piétons et cyclistes; elle est, de ce fait, à réserver à des cas très particuliers.

TC utilisant le site

leur progression peut, dans certains cas, s'avérer lente et difficile, du fait d'utilisations parasites et de la contiguïté avec un trottoir fréquenté et/ou avec une rangée de stationnement.

Piétons

Dès lors que la largeur totale excède 8,00 mètres, ce qui est généralement le cas, tout passage piéton **matérialisé** nécessite un ou des refuges. Suivant les cas (signalisation notamment), l'implantation de ceux-ci se fera soit entre les deux sens de circulation, soit entre site TC et autres voies, soit encore les deux pour les largeurs les plus importantes.

Cyclistes

Sauf dans le cas des tramways (très particulier pour cette configuration), l'utilisation du site réservé par les cyclistes, dans le sens concerné, paraît constituer la meilleure formule, à condition - bien entendu - d'en tenir compte pour la détermination de sa largeur, ainsi que pour le choix de la signalisation.

Circulation générale

La vitesse est *a priori* sans rapport avec la présence du site réservé.

Autres usagers possibles du site réservé

La cohabitation tramway/véhicule routier, même TC urbain, est difficile, et donc à éviter.

S'agissant d'un site bus, l'ouverture à d'autres usagers (autocars de tourisme ou taxis) ne peut s'envisager que si la fréquentation globale et les débouchés aux carrefours le permettent (signalisation, mode de prise en compte...).

Desserte des riverains

Positionnement peu favorable si les accès riverains sont nombreux et/ou importants côté site réservé et si les fréquences sont élevées.

Les véhicules de livraison ou de collecte des ordures ménagères risquent de fortement perturber le fonctionnement de l'aménagement.

Stationnement

Sans difficulté particulière, côté opposé au site réservé.

Le stationnement le long du site réservé ne pourra être envisagé qu'après analyse fine, et sous réserve que le séparateur auquel il sera accolé constitue un véritable trottoir, d'une largeur minimale de 2,00 mètres.

Le stationnement entre le site réservé et le trottoir risque d'induire de gros problèmes de sécurité, a fortiori si les cyclistes sont autorisés.

SÉPARATEUR

Il s'agit le plus souvent de voies réservées aux bus («couloirs bus»), délimités par un simple marquage; cependant, de plus en plus, cette signalisation est renforcée par un séparateur franchissable, permettant le dépassement d'un véhicule immobilisé, véhicules de livraison, par exemple.

Si l'option séparateur infranchissable est néanmoins prise, sa largeur ne sera jamais comprise entre 0,30 et 1,00 m.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barrière discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

Uniquement dans le sens de parcours sur site réservé: panneau B 27 a (site bus) ou B 27 b (site tramway) en entrée de site réservé, avec éventuellement panneau M 3 b (bleu). Possibilité d'utiliser un B 21 a 2 si son implantation est possible (îlot, séparateur, refuge...).

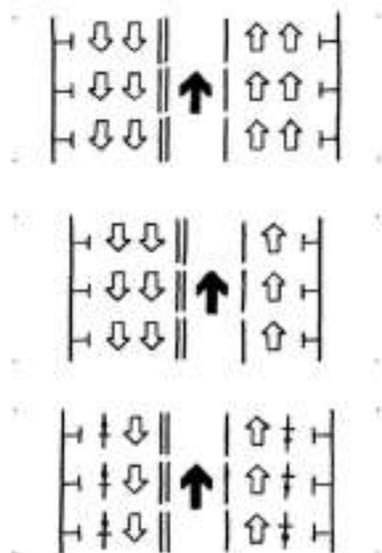
Si le site est autorisé aux cyclistes, l'indiquer à l'aide d'un panneau M 4 d 1 (bleu).

Possibilité d'implanter un signal de fin de voie réservée B 45 a (bus) ou, plus rarement, B 45 b (tramway).

Fiche 4

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à double sens de circulation générale
Un site réservé unidirectionnel axial



Ce type d'aménagement est plus particulièrement utilisé pour les sites réservés aux bus. Il peut s'agir, pour les tramways, du cas particulier de parcours différents suivant le sens de circulation, par exemple sur boucle en fin de ligne. L'implantation axiale peut s'avérer préférable en l'absence de point d'arrêt, lorsque l'on veut favoriser le stationnement latéral ou encore en approche de carrefour où la ligne de transport collectif effectue un mouvement vers la gauche, par exemple.



TC utilisant le site

L'implantation du site côté voie rapide peut permettre la pratique de vitesses relativement élevées (> 30 km/h), sous réserve que le séparateur gauche (sens opposé au TC) soit dissuasif, et/ou que la largeur des voies le permette.

Piétons

Tous les passages piétons **matérialisés** nécessitent des refuges, entre site TC et couloirs de circulation générale. Une largeur minimale de 2,00 m en tout point doit absolument être recherchée. Elle ne devra en aucun cas descendre en dessous de 1,50 m.

En dehors des traversées matérialisées, si le séparateur constitue un obstacle à la traversée des piétons, il devra être fortement dissuasif ou, au contraire, leur permettre de s'y réfugier le cas échéant (largeur 1,00 m au minimum).

Cyclistes

L'utilisation d'un tel site par les cyclistes est totalement à exclure; on lui préférera la création de bandes cyclables latérales (3^e schéma).

Circulation générale

Avec deux voies par sens de circulation, la vitesse risque d'être relativement élevée.

Autres usagers possibles du site réservé

La cohabitation tramway/véhicule routier, même TC urbain, est difficile, et donc à éviter.

S'agissant d'un site bus, l'ouverture à d'autres usagers (autocars de tourisme ou taxis) ne peut s'envisager que si la fréquentation globale et les débouchés aux carrefours le permettent (signalisation, mode de prise en compte...).

Desserte des riverains

Positionnement très favorable à ce point de vue; favoriser les dispositions n'incitant pas au franchissement du site réservé: au moins un séparateur infranchissable (voir cette rubrique), accès facile à partir des carrefours voisins, demi-tour facilité à ces derniers.

Stationnement

Sans difficulté particulière, côtés façades.

Fortement déconseillé le long du site réservé, sauf avec une seule voie de circulation, un terre-plein large (2,00 m minimum), traité comme un véritable trottoir, et moyennant des précautions particulières pour les piétons, issus ou non du stationnement; examiner les problèmes de visibilité réciproque.

SÉPARATEUR

S'il s'agit d'un site bus, disposer d'un séparateur franchissable, côté droit du site, permettra, le cas échéant, de dépasser un véhicule immobilisé.

Côté gauche (circulation en sens opposé au site réservé), le séparateur sera normalement infranchissable. Toutefois, si

les risques de blocage sont trop importants (circulation dans le sens opposé à celui des transports collectifs), on pourra néanmoins envisager un séparateur franchissable. Cette disposition ne peut être envisagée que s'il s'agit de bus, leur vitesse devant alors être réduite.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

Dans le sens de parcours du site réservé (sous réserve de possibilité physique d'implantation), panneau B 27 a (site bus) ou B 27 b (site tramway), avec panneau directionnel M 3 b (bleu).

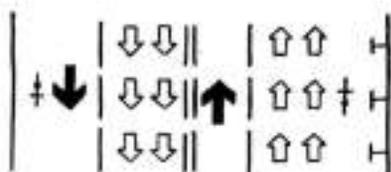
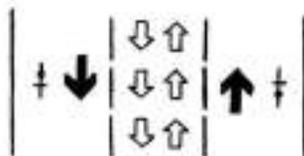
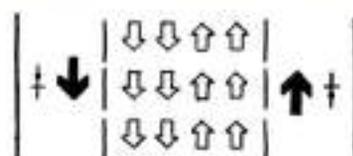
En sens inverse, B 21 a 1 ou balise J 5.

Fiche 5

1. Cas général – Bus ou tramway

► Artère à double sens de circulation générale Deux sites réservés unidirectionnels

Aménagement résultant de la juxtaposition de deux sites réservés unidirectionnels. Ce type d'aménagement est plus spécifiquement dédié aux bus, peu adapté aux tramways et autres modes guidés.



D'autres dispositions plus particulières peuvent le cas échéant être envisagées dans des configurations spécifiques, abords de carrefours...

Il convient de les réserver à des cas très exceptionnels, sur de très faibles linéaires, en s'assurant de leur compréhension par tous les usagers de la voirie, de leur lisibilité et enfin, et surtout, que l'aménagement offrira un bon niveau de sécurité.

TC utilisant le site

Se reporter aux fiches précédentes: 3. site unidirectionnel latéral et 4. site unidirectionnel axial.

Piétons

Aménagements pouvant s'avérer assez complexes pour les piétons.

De ce fait, les refuges entre couloirs de circulation doivent être «accueillants» (longueur maximale de traversée: 8,00 mètres; largeur minimale absolue des refuges: 2,00 m).

Cyclistes

Favoriser leur positionnement le plus à droite possible:

- au sein du site réservé lorsqu'il est latéral, sauf dans le cas particulier où il s'agirait de tramways (cf. fiche correspondante);
- à droite des voies de circulation générales, lorsque le site réservé occupe une autre position (avec, si possible, une bande cyclable).

On n'incitera jamais à la circulation de cyclistes sur des sites réservés.

Circulation générale

Sa vitesse est a priori sans rapport avec la présence des sites réservés.

Autres usagers possibles du site réservé

Se reporter aux fiches précédentes: 3. site unidirectionnel latéral et 4. site unidirectionnel axial.

Desserte des riverains

Se reporter aux fiches précédentes: 3. site unidirectionnel latéral et 4. site unidirectionnel axial.

Avec deux sites latéraux, on cumule les difficultés de desserte des riverains, de part et d'autre de la voie, ce qui rend très délicat ce type d'aménagement.

Stationnement

Mêmes difficultés que pour la desserte des riverains.

SÉPARATEUR

Il s'agit le plus souvent de voies réservées aux bus («couloirs bus»), délimités par un simple marquage; cependant, de plus en plus, cette signalisation est renforcée par un séparateur franchissable, permettant le dépassement d'un véhicule immobilisé, véhicule de livraison, par exemple.

Si l'option séparateur infranchissable est néanmoins prise, sa largeur ne sera jamais comprise entre 0,30 et 1,00 m.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

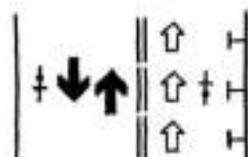
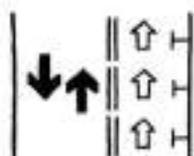
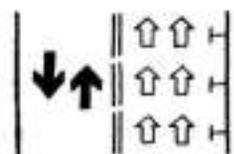
Signalisation verticale

Voir fiches 3. site unidirectionnel latéral et 4. site unidirectionnel axial.

Fiche 6

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à sens unique
Site réservé bidirectionnel latéral à gauche



Aménagement séduisant en premier abord, par le fait qu'il permet d'implanter un site réservé sur une emprise relativement étroite (de l'ordre de 15 mètres entre façades, avec une bande de stationnement).

Il convient cependant de ne pas perdre de vue les inconvénients qu'il présente, au plan de la desserte des riverains (côté site réservé) et de la desserte du quartier (problème général des voies à sens unique de circulation).



TC utilisant le site

Excepté dans le cas où, côté site TC, la visibilité est très bonne, et où il n'y a à la fois aucun accès riverain et une fréquentation quasiment nulle par les piétons, la vitesse du TC ne peut être qu'assez réduite, de l'ordre de 30 km/h au maximum, au moins dans le sens opposé à la circulation générale (côté riverains et piétons).

Piétons

Sauf avec signalisation lumineuse permettant d'effectuer la traversée en une seule fois, tous les passages piétons matérialisés nécessitent des refuges entre site TC et couloir de circulation générale. Une largeur minimale de 2,00 m en tout point doit absolument être recherchée. Elle ne devra en aucun cas descendre en dessous de 1,50 m.

En dehors des traversées matérialisées, si le séparateur constitue un obstacle à la traversée des piétons, il devra être fortement dissuasif ou, au contraire, leur permettre de s'y réfugier, le cas échéant (largeur 1,00 m au minimum).

Cyclistes

Dans le sens de la circulation générale, il est préférable de les faire circuler sur la droite, avec ou sans bande cyclable, suivant l'importance et la vitesse du trafic automobile ; dans

le sens opposé, on pourra éventuellement les accepter sur le site TC, (uniquement dans le cas d'un site bus).

S'il s'agit de tramways, sous réserve que l'emprise le permette, on pourra prévoir une bande cyclable à droite du site tramway, ou encore un espace mixte piétons/cyclistes (sous réserve que la fréquentation le permette).

On n'incitera jamais à la circulation de cyclistes sur des sites ferrés.

Circulation générale

Avec deux voies de circulation (1^{er} schéma), la vitesse risque d'être relativement élevée.

Autres usagers possibles du site réservé

La cohabitation tramway/véhicule routier, même TC urbain, est difficile, donc à éviter.

Dans le sens interdit à la circulation générale, il paraît judicieux d'interdire toute circulation autre que celle des TC, à laquelle est destiné le site (sauf éventuellement véhicules de secours).

Dans le sens opposé, il est préférable de l'interdire également, sauf aux riverains et aux véhicules de livraison et de collecte des ordures ménagères, lorsqu'il n'existe aucune autre possibilité.

Desserte des riverains

Disposition à éviter autant que possible s'il existe de nombreux riverains côté site réservé, sauf à autoriser l'accès (ainsi qu'aux véhicules de livraison, de déménagement et de collecte des ordures ménagères) par le site lui-même ou à disposer d'une voie spécifique (contre-allée...).

Cette disposition est très contraignante dans le cas des tramways et autres modes guidés en ce qui concerne les livraisons, si celles-ci ne peuvent s'effectuer qu'à partir du

site réservé, en risquant alors de bloquer temporairement la circulation du tramway.

Stationnement

Sans difficulté particulière, côté opposé au site réservé.

Le stationnement le long du site réservé ne pourra être envisagé qu'après analyse fine, et sous réserve que le séparateur auquel il sera accolé constitue un véritable trottoir, d'une largeur minimale de 2,00 mètres.

SÉPARATEUR

L'implantation d'un séparateur infranchissable est vivement recommandée lorsque la largeur permet le dépassement d'un véhicule arrêté (1^{er} et 3^e schémas); dans le cas contraire (2^e schéma), on évaluera les risques de blocage en présence d'un véhicule immobilisé avant de faire ce choix.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

En entrée de site réservé, dans le sens de la circulation générale, panneau B 27 a (site bus) ou B 27 b (site tramway) à gauche et à droite (avec éventuellement panneau directionnel M 3 b bleu); en sens opposé, à gauche panneau B 1, à droite B 27 a ou B 27 b ou encore B 1 avec panneau «SAUF TRAMWAY» ou «SAUF BUS», suivi du nom de l'exploitant.

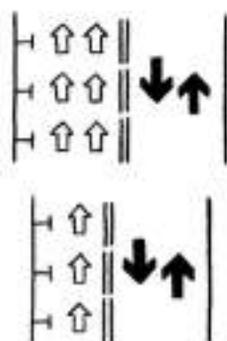
Le cas échéant, signalisation de l'autorisation d'emploi aux cyclistes; panneau M 4 d 1 bleu sous le B 27 a ou b, ajout de la mention «SAUF CYCLISTES» sous le B 1.

Fiche 7

1. Cas général – Bus ou tramway

➤ Artère à sens unique

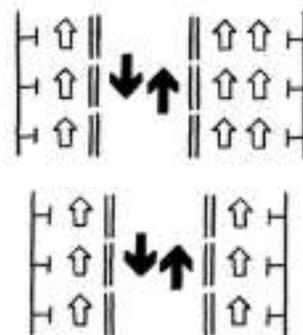
Site réservé bidirectionnel latéral à droite



Disposition fortement déconseillée - sauf cas très particuliers - difficilement lisible, car les véhicules se croisent par la gauche, ce qui impose **impérativement un séparateur infranchissable**, encombrant (1,00 m minimum), alors qu'a priori l'espace est limité, et contraignant notamment vis-à-vis des accès riverains. Préférer l'inversion du sens unique ou l'implantation du site du côté opposé.

En ce qui concerne la desserte des riverains, inconvénients similaires au site latéral à gauche.

Site réservé bidirectionnel axial



Disposition fortement déconseillée, sauf en des points singuliers, pour la desserte des riverains, par exemple (contre-allée).

Elle est en effet très difficilement lisible et, sauf cas spécifiques, complique les carrefours.

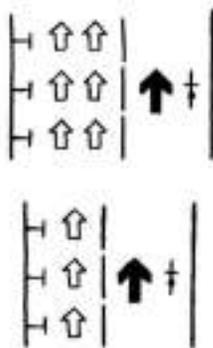
On lui préférera une mise à double sens.

Du côté où les véhicules se croisent par la gauche, un **séparateur infranchissable est indispensable**, ce qui peut, dans certains cas, poser problème (risque de blocage en présence d'un véhicule immobilisé).

Fiche 8

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à sens unique
Un site réservé unidirectionnel latéral à droite



Cette configuration est plus généralement utilisée pour les sites bus. Il peut s'agir, pour les tramways, du cas particulier de parcours différents suivant le sens de circulation, par exemple sur boucle en fin de ligne.

On se reportera à la fiche 3 - artère à double sens de circulation générale, site réservé unidirectionnel latéral.



Le fonctionnement est toutefois plus simple, notamment pour les piétons et les cyclistes.

Par contre, en ce qui concerne le stationnement et la desserte des riverains, les difficultés sont identiques.

Fiche 9

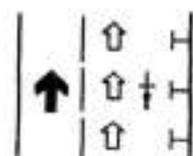
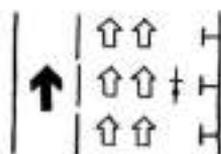
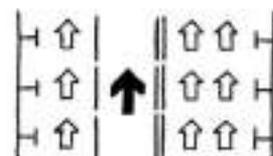
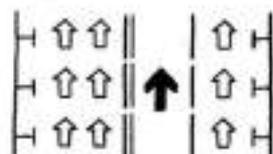
1. Cas général - Bus ou tramway

► Artère à sens unique

Un site réservé unidirectionnel axial ou latéral à gauche (dans le sens de la circulation générale)

Ces configurations sont plus généralement utilisées pour les sites bus. Il peut s'agir, pour les tramways, du cas particulier de parcours différents suivant le sens de circulation, par exemple sur boucle en fin de ligne.

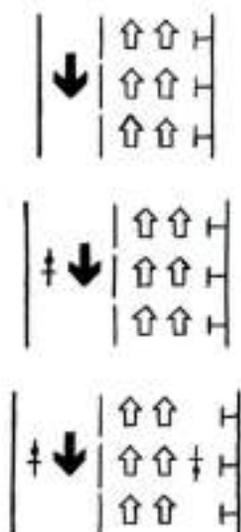
Elles sont à réserver à des situations particulières (riverains, approches de carrefours).



Fiche 10

1. Cas général - Bus ou tramway

- Artère à sens unique
Un site réservé unidirectionnel
à contre-sens



Ce type d'aménagement est plus particulièrement utilisé dans le cas de sites réservés aux bus. Il peut s'agir, pour les tramways, du cas particulier de parcours différents suivant le sens de circulation, par exemple sur boucle en fin de ligne.

Il est fréquemment le fruit d'une mise à sens unique d'un axe de circulation, dans le cadre de la mise en œuvre d'un plan de circulation, la circulation des transports collectifs étant alors maintenue dans les deux sens.

Il présente de nombreux inconvénients, les plus graves étant liés à la mauvaise perception par les différents usagers, mais surtout par les piétons, des circulations occasionnelles à contre-sens. La desserte des riverains côté site réservé pose également problème.



TC utilisant le site

Sauf cas très particulier, ce type d'aménagement ne permet absolument pas d'obtenir une vitesse en ligne élevée (site étroit entre circulation à contre-sens et trottoir, voire stationnement et desserte des riverains).

Piétons

En dehors des artères les plus étroites, tous les passages piétons matérialisés nécessitent des refuges, entre site TC et couloirs de circulation générale. Une largeur minimale de 2,00 m en tout point doit absolument être recherchée. Elle ne devra en aucun cas descendre en dessous de 1,50 m.

En dehors des traversées matérialisées, s'il existe un séparateur, et qu'il constitue un obstacle à la traversée des piétons, il devra être fortement dissuasif ou, au contraire, leur permettre de s'y réfugier le cas échéant (largeur minimale 1,00 m).

Prévoir une **signalisation** attirant leur attention sur la circulation à contre-sens.

Cyclistes

On pourra éventuellement les accepter dans le site bus, sous réserve d'en tenir compte pour le dimensionnement en largeur (le bus ne peut pas s'écarter pour dépasser un cycliste) ainsi que pour le choix de la signalisation. Veiller à ce qu'ils soient bien perçus aux carrefours sans feux.

On n'incitera jamais à la circulation de cyclistes sur des sites ferrés.

Circulation générale

Avec deux voies de circulation ou plus, sa vitesse risque d'être relativement élevée.

Autres usagers possibles du site réservé

Outre les véhicules de secours, voire éventuellement les cyclistes (cf. ci-dessus), il paraît préférable de ne pas autoriser le site à d'autres catégories d'usagers (problèmes de sécurité liés à leur perception par les piétons ainsi que par les véhicules débouchant aux carrefours sans feux).

Desserte des riverains

Disposition très défavorable pour la desserte des riverains côté site réservé :

- le stationnement et même le simple arrêt dans le site réservé sont impossibles (blocage complet temporaire) ;
- le stationnement dans les voies de circulation générale le long du site réservé perturbe fortement cette dernière ainsi que la circulation des transports collectifs ; la traversée du site réservé peut induire de graves problèmes de sécurité.

Stationnement

Sans difficulté particulière, côté opposé au site réservé.

Le stationnement le long du site réservé ne pourra être envisagé qu'après analyse fine, et sous réserve que le séparateur auquel il sera accolé constitue un véritable trottoir, d'une largeur minimale de 2,00 mètres.

À éviter absolument entre site réservé et trottoir (problèmes réglementaires et de sécurité, *a fortiori* si les cyclistes sont autorisés).

SÉPARATEUR

Tous les types de séparateurs peuvent être utilisés. Toutefois, l'implantation d'un séparateur infranchissable risque d'induire de graves blocages en présence d'un véhicule immobilisé.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

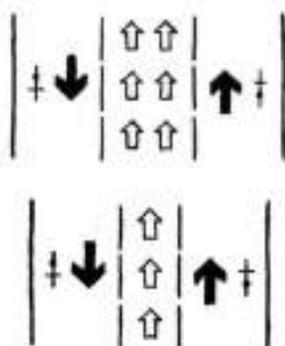
- **dans le sens de circulation générale**, panneau B 27 a (site bus), éventuellement B 27 b (site tramway), avec panneau M 3 b (bleu) et balise J 5 sur îlot-refuge, B 27 a ou B 27 b sur trottoir gauche ; à défaut d'îlot-refuge, B 27 a avec panneau M 3 b (bleu) sur trottoir gauche ;
- **dans le sens opposé**, panneau B 1 avec « SAUF BUS », suivi du nom de l'exploitant ou éventuellement « SAUF TRAMWAY », sur trottoirs droite et gauche.

Fiche 11

1. Cas général - Bus ou tramway

➤ Artère à sens unique Deux sites réservés unidirectionnels

Aménagement résultant de la juxtaposition de deux sites réservés unidirectionnels. Ce type d'aménagement est plus spécifiquement destiné aux bus, peu adapté aux tramways et autres modes guidés.



D'autres dispositions particulières peuvent, le cas échéant, être envisagées dans des configurations spécifiques, abords de carrefours, etc.

Il convient de les réserver à des cas exceptionnels, sur de très faibles linéaires, en s'assurant de leur bonne compréhension par tous les usagers de la voirie, de leur lisibilité et enfin, et surtout, que l'aménagement offrira un bon niveau de sécurité.

TC utilisant le site

Se reporter aux fiches précédentes sur les sites unidirectionnels :

- 8 - latéral à droite;
- 9 - axial ou latéral à gauche;
- 10 - à contre-sens.

Piétons

Aménagements pouvant s'avérer assez complexes pour les piétons.

De ce fait, les refuges entre couloirs de circulation doivent être « accueillants » (longueur maximale de traversée 8,00 mètres, largeur minimale des refuges 2,00 m, minimum absolu 1,50 m).

Cyclistes

Favoriser leur positionnement le plus à droite possible :

- au sein du site réservé lorsqu'il est latéral (cf. fiche correspondante);
- à droite des voies de circulation générales, lorsque le site réservé occupe une autre position (bande cyclable ou non).

Envisager avec précaution l'autorisation en couloir à contre-sens (perception aux carrefours sans feux).

Circulation générale

Sa vitesse est *a priori* sans rapport avec la présence du site réservé.

Autres usagers possibles du site réservé

Se reporter aux fiches précédentes sur les sites unidirectionnels :

- 8 - latéral à droite ;
- 9 - axial ou latéral à gauche ;
- 10 - à contre-sens.

Desserte des riverains

Se reporter aux fiches précédentes sur les sites unidirectionnels :

- 8 - latéral à droite ;
- 9 - axial ou latéral à gauche ;
- 10 - à contre-sens.

Avec deux sites latéraux, on cumule les difficultés de desserte des riverains, de part et d'autre de la voie, ce qui rend très délicat ce type d'aménagement, a fortiori avec aménagement à contre-sens.

Stationnement

Mêmes difficultés que pour la desserte des riverains.

SÉPARATEUR

Il s'agit le plus souvent de voies réservées aux bus («couloirs bus»), délimités par un simple marquage ; cependant, de plus en plus, cette signalisation est renforcée par un séparateur franchissable, permettant néanmoins le dépassement d'un véhicule immobilisé, véhicule de livraison, par exemple.

Si l'option séparateur infranchissable est néanmoins prise, sa largeur ne sera jamais comprise entre 0,30 et 1,00 m.

Le stationnement le long du site réservé impose un séparateur infranchissable d'une largeur minimale de 2,00 mètres, traité comme un véritable trottoir. Des éléments verticaux, tels que barriérage discontinu, potelets ou autres plantations basses, rappelleront la présence du site réservé aux transports collectifs.

Signalisation verticale

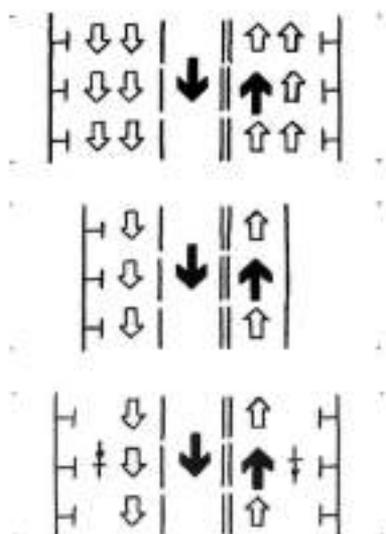
Se reporter aux fiches précédentes sur les sites unidirectionnels :

- 8 - latéral à droite ;
- 9 - axial ou latéral à gauche ;
- 10 - à contre-sens.

Fiche T 1

2. Cas spécifique aux tramways

- Artère à double sens de circulation générale
Site réservé dans un sens, banal dans l'autre



L'implantation d'une voie de tramway en site banal doit rester chose exceptionnelle. Elle permet néanmoins de passer dans des emprises étroites, de l'ordre de 15 à 18 m, avec un sens en site réservé, en conservant une bande de stationnement et des trottoirs de 2 m.

Toutefois, le site banal ne peut être envisagé que moyennant assurance de la fluidité de la circulation générale ; on choisira donc de préférence le sens le moins sujet à saturation, par exemple le sens de sortie d'agglomération.

On pourra également créer un système de sas : lorsqu'un tramway en approche est détecté, le sas, section élémentaire entre deux carrefours, est vidé des véhicules qui y circulent, à l'aide d'une signalisation lumineuse appropriée ; on peut alors y faire pénétrer le tramway, puis, derrière lui, le flot de véhicules.



Tramway

En site banal, la vitesse pratiquée ne peut généralement pas être élevée, même avec une bonne visibilité, une circulation relativement peu dense et moyennant une signalisation lumineuse performante.

Piétons

Les piétons doivent parfaitement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). Le site réservé doit impérativement présenter un aspect différent (nature du revêtement) de celui du site banal.

Les règles habituelles sont applicables (longueur maximale des traversées, refuges...). Suivant le nombre de voies, on prévoira un refuge entre les deux sens de circulation (donc entre les deux voies de tramway) et, si nécessaire, de l'autre côté de la voie en site réservé.

Cyclistes

Dans une telle configuration, les cyclistes rouleront sur la partie la plus à droite de la chaussée, à droite des rails, avec ou sans bande cyclable. Il est préférable que les cyclistes disposent d'une largeur minimale de 1,20 m à droite du BLO, ce qui correspond sensiblement à une largeur résiduelle de 2,00 m à droite du rail droit.

Circulation générale

Tout comme les piétons, les automobilistes doivent immédiatement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). Le site réservé doit impérativement présenter un revêtement différent de celui du site banal. La signalisation (verticale et horizontale) doit être irréprochable.

Autres usagers possibles du site réservé

Seuls les véhicules d'urgence peuvent être autorisés.

Desserte des riverains

Positionnement assez favorable à ce point de vue, sauf lorsque la voie de tramway est proche des limites de propriétés riveraines; rendre impossible, en dehors des carrefours, les demi-tours, ainsi que les tourne-à-gauche; les faciliter aux carrefours.

Stationnement

Latéral en long, sans difficulté particulière, côtés façades.

Cette configuration correspondant *a priori* à un profil en travers contraint, ne permettant pas l'implantation d'un site réservé bidirectionnel, il n'y a donc pas lieu d'envisager du stationnement contigu au site réservé, qui, en outre, rendrait l'aménagement totalement illisible.

SÉPARATEUR

Le meilleur parti consiste à installer un séparateur infranchissable entre les deux sens de circulation, au moins lorsque la largeur permet le dépassement d'un véhicule arrêté. Ceci ne préjuge pas du type de séparateur implanté entre site réservé et voies de circulation générale, qui, lui, pourra être franchissable.

Signalisation verticale

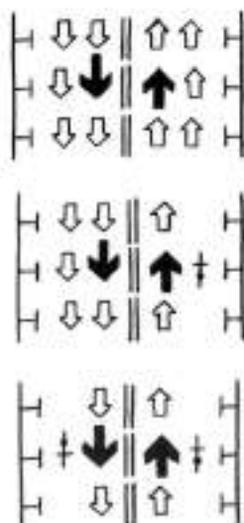
Dans le sens où le tramway circule **en site banal**, il est préférable de disposer, au moins en entrée, d'une signalisation lumineuse permettant d'assurer au tramway un passage privilégié (se reporter à la fiche Carrefour SB correspondante); dans le cas contraire, une signalisation statique rappellera la présence et la priorité du tramway: panneau A 9 en signalisation avancée, C 20 e avec éventuellement panonceau «PRIORITÉ AU TRAMWAY» en position; un B 45 b pourra évoquer le passage du site propre au site banal.

Dans le **sens opposé**, panneaux B 27 b de part et d'autre du site réservé, avec, éventuellement, panonceau M 3 b ou M 3 d (bleu).

Fiche T 2

2. Cas spécifique aux tramways

- Artère à double sens de circulation générale
Site banal dans les deux sens



L'implantation d'une voie de tramway en site banal doit rester chose exceptionnelle. Elle permet néanmoins de passer dans des emprises étroites, de l'ordre de 15 mètres entre façades, voire moins, avec les deux sens en site banal, en conservant une bande de stationnement et des trottoirs de 2 m environ.

Le site banal ne peut être envisagé que moyennant assurance de la fluidité de la circulation générale ; si tel n'est pas le cas, on peut également envisager de créer un système de sas : lorsqu'un tramway en approche est détecté, le sas, section élémentaire entre deux carrefours, est vidé des

véhicules qui y circulent, à l'aide d'une signalisation lumineuse appropriée ; on peut alors y faire pénétrer le tramway, puis, derrière lui, le flot de véhicules.



Tramway

En site banal, la vitesse pratiquée ne peut généralement pas être élevée, même avec une bonne visibilité, une circulation relativement peu dense et moyennant une signalisation lumineuse performante.

Piétons

Les piétons doivent parfaitement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails).

En section courante un séparateur infranchissable par les automobiles s'impose en tout point. La nécessité d'implanter, au niveau des passages piétons, un refuge de largeur minimale 1,50 m, impose de fait un séparateur de cette même largeur.

Cyclistes

Dans une telle configuration, les cyclistes rouleront sur la partie la plus à droite de la chaussée, à droite des rails, avec ou sans bandes cyclables. Il est préférable que les cyclistes disposent d'une largeur minimale de 1,20 m à droite du GLO, ce qui correspond sensiblement à une largeur résiduelle de 2,00 m à droite du rail droit.

Circulation générale

Tout comme les piétons, les automobilistes doivent immédiatement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). La signalisation (verticale et horizontale) doit être irréprochable.

Desserte des riverains

Positionnement assez favorable à ce point de vue, sauf lorsque la voie de tramway est proche des limites de propriétés riveraines; autant que faire se peut, rendre impossible en dehors des carrefours, les demi-tours et les tourne-à-gauche; les faciliter aux carrefours.

Stationnement

Possible uniquement le long des façades, de préférence en long.

SÉPARATEUR

Lorsque cela est possible, le meilleur parti consiste à implanter un séparateur infranchissable entre les deux sens de circulation, l'idéal étant de lui donner une largeur de 2,00 m, ce qui facilite l'implantation de refuges au droit des passages piétons sans inflexion du tracé des voies de tramway.

Signalisation verticale

Panneau B 21 a ou balise J 5 sur séparateur axial; en entrée en site banal, il est préférable de disposer d'une signalisation lumineuse permettant d'assurer au tramway un passage privilégié (voir fiche Carrefour SB); dans le cas contraire, une signalisation statique rappellera la présence et la priorité du tramway: panneau A 9 en signalisation avancée, C 20 c, avec éventuellement panneau «PRIORITÉ AU TRAMWAY» en position; un panneau B 45 b pourra indiquer le passage du site réservé au site banal.

Fiche T 3

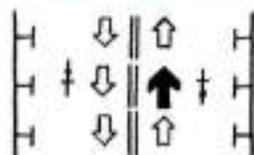
2. Cas spécifique aux tramways

➤ Artère à double sens de circulation générale Tramway un seul sens en site banal

Ce type d'aménagement ne peut qu'être exceptionnel: l'implantation d'un tramway en site banal doit constituer une exception, le passage par des itinéraires différents suivant le sens de parcours en constitue une autre.

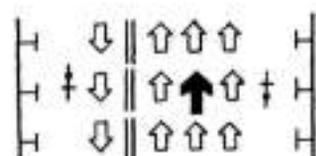
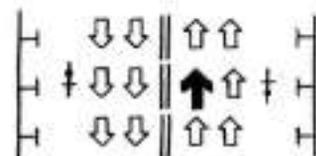
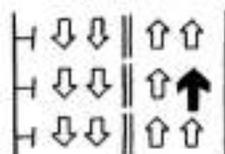
La voie de tramway pourra être implantée:

- sur l'unique voie de circulation de circulation générale (une voie de circulation dans le sens concerné):



- dans le cas où la chaussée comporte au moins deux voies de circulation générale dans le sens concerné:

- soit en position latérale (à droite);
- soit en position axiale;
- soit dans une position intermédiaire, lorsque la chaussée comporte au moins trois voies de circulation générale dans le sens concerné.



Cette dernière disposition, perçue comme particulièrement complexe, est à réserver à des cas très particuliers (approche de carrefour avec voie de tourne-à-gauche).

Tramway

En site banal, la vitesse pratiquée ne peut généralement pas être élevée, même avec une bonne visibilité, une circulation relativement peu dense et moyennant une signalisation lumineuse performante.

Piétons

Les piétons doivent parfaitement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails).

En section courante un séparateur infranchissable par les automobiles s'impose en tout point. La nécessité d'implanter, au niveau des passages piétons, un refuge de largeur minimale 1,50 m, impose de fait un séparateur de cette même largeur.

Cyclistes

Dans le sens avec tramway, les cyclistes rouleront sur la partie la plus à droite de la chaussée, à droite des rails, avec ou sans bande cyclable. Il est préférable que les cyclistes disposent d'une largeur minimale de 1,20 m à droite du GLD ce qui correspond sensiblement à une largeur résiduelle de 2,00 m à droite du rail droit.

Circulation générale

Tout comme les piétons, les automobilistes doivent immédiatement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). La signalisation (verticale et horizontale) doit être irréprochable.

Desserte des riverains

Positionnement assez favorable à ce point de vue, sauf lorsque la voie de tramway est proche des propriétés riveraines; autant que possible, interdire physiquement, en dehors des carrefours, les demi-tours ainsi que les tourne-à-gauche; les faciliter aux carrefours.

Stationnement

Dans le sens de circulation du tramway, possible uniquement le long des façades, de préférence en long.

SÉPARATEUR

Lorsque cela est possible, le meilleur parti consiste à planter un séparateur infranchissable entre les deux sens de circulation, l'idéal étant de lui donner une largeur de 2,00 m, ce qui facilite l'implantation de refuges au droit des passages piétons sans inflexion du tracé des voies de tramway.

Signalisation verticale

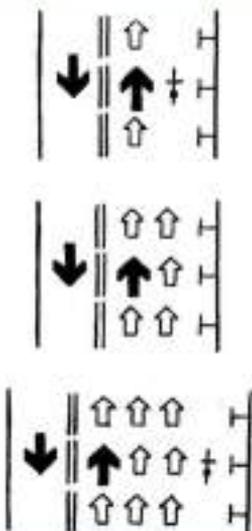
Panneau B 21 a ou balise J 5 sur séparateur axial; dans le sens où circule le tramway, il est préférable de disposer, au moins en entrée, d'une signalisation lumineuse permettant d'assurer un passage privilégié au tramway (voir fiche Carrefour SB); dans le cas contraire, une signalisation statique rappellera la présence et la priorité du tramway: panneau A 9 en signalisation avancée, C 20 c, avec éventuellement panneau «PRIORITÉ AU TRAMWAY» en position; un signal B 45 b pourra indiquer le passage du site réservé au site banal.

Fiche T 4

2. Cas spécifique aux tramways

- Artère à sens unique
Site réservé à contre-sens, site banal
dans le sens de la circulation générale

Une seule disposition, avec ses variantes, est possible :



Cette disposition est la seule possible, sauf à séparer les deux voies de tramway, ce qui rendrait l'aménagement particulièrement peu lisible.



Tramway

En site banal, la vitesse pratiquée ne peut généralement pas être élevée, même avec une bonne visibilité, une circulation relativement peu dense et moyennant une signalisation lumineuse performante.

Piétons

Les piétons doivent parfaitement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails).

En section courante un séparateur infranchissable par les automobiles s'impose en tout point. La nécessité d'implanter, au niveau des passages piétons, un refuge de largeur minimale 1,50 m, impose de fait un séparateur de cette même largeur.

Cyclistes

Les cyclistes circuleront sur la partie la plus à droite de la chaussée, à droite des rails. Il est préférable qu'ils disposent d'une largeur minimale de 1,20 m à droite du GLO, ce qui correspond sensiblement à une largeur résiduelle de 2,00 m à droite du rail droit.

Circulation générale

Tout comme les piétons, les automobilistes doivent immédiatement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). La signalisation (verticale et horizontale) doit être irréprochable.

Autres usagers possibles du site réservé

Seuls les véhicules d'urgence peuvent être autorisés.

Desserte des riverains

Disposition très défavorable pour la desserte des riverains côté site réservé :

- tout arrêt dans le site lui-même est impossible (blocage complet);
- tout arrêt dans la voie contiguë est également impossible, puisqu'il s'agit dans le cas présent de la voie de tramway en site banal.

Cette configuration ne peut donc s'envisager que s'il n'y a pas d'accès riverains côté site réservé.

Stationnement

Seule possibilité le long des façades, côté opposé au site réservé, en long de préférence.

SÉPARATEUR

Lorsque cela est possible, le meilleur parti consiste à implanter un séparateur infranchissable entre les deux sens de circulation, l'idéal étant de lui donner une largeur de 2,00 m, ce qui facilite l'implantation de refuges au droit des passages piétons sans inflexion du tracé des voies de tramway.

Signalisation verticale

– **dans le sens de circulation générale** : panneau B 21 a ou balise J 5, si implantation possible sur îlot, sinon panneau B 27 b avec panonceau M 9 b (bleu) sur trottoir gauche; en outre, il est préférable de disposer, au moins en entrée, d'une signalisation lumineuse permettant d'assurer au tramway un passage privilégié (voir fiche Carrefour SB); dans le cas contraire, une signalisation statique rappellera la présence et la priorité du tramway : panneau A 9 en signalisation avancée, C 20 c, avec éventuellement panonceau «PRIORITY AU TRAMWAY» en position; un panneau B 45 b pourra indiquer le passage du site réservé au site banal.

– **dans le sens opposé** : panneau B 1 avec panonceau «SAUF TRAMWAY».

Fiche T 5

2. Cas spécifique aux tramways

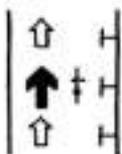
► Artère à sens unique

Tramway dans un seul sens, en site banal

Ce type d'aménagement ne peut être qu'exceptionnel: l'implantation d'un tramway en site banal doit constituer une exception, le passage par des itinéraires différents suivant le sens de parcours en constitue une autre.

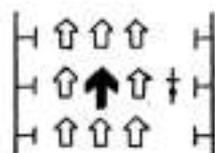
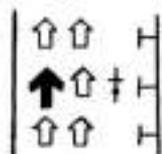
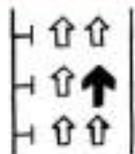
La voie de tramway pourra alors être implantée:

- sur l'unique voie de circulation de circulation générale (une seule voie de circulation):



- dans le cas où la chaussée comporte au moins deux voies de circulation générale

- soit à droite;
- soit à gauche;
- soit dans une position intermédiaire, lorsque la chaussée comporte au moins trois voies de circulation générale.



Cette dernière disposition, assez complexe, est à réserver à des cas particuliers (approche de carrefour avec voie de tourne-à-gauche).

Tramway

La vitesse pratiquée en site banal ne peut pas être élevée, *a fortiori* dans ces configurations, en principe destinées aux voiries les plus étroites.

Piétons

Les piétons doivent parfaitement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails).

Éviter les traversées excédant 8,00 m ou trop complexes (dernier schéma).

Cyclistes

Les cyclistes rouleront sur la partie la plus à droite de la chaussée, à droite des rails. Il est préférable qu'ils disposent d'une largeur minimale de 1,20 m à droite du GLO, ce qui correspond sensiblement à une largeur résiduelle de 2,00 m à droite du rail droit.

Circulation générale

Tout comme les piétons, les automobilistes doivent immédiatement se rendre compte de ce qui est site banal, routier (revêtement) et ferré (présence de rails). La signalisation (verticale et horizontale) doit être irréprochable.

Desserte des riverains

Positionnement assez favorable à ce point de vue, sauf lorsque la voie de tramway est proche des propriétés riveraines.

Stationnement

De préférence du côté opposé à celui où circule le tramway, de préférence en long.

SÉPARATEUR

[sans objet]

Signalisation verticale

Dans le sens de circulation il est préférable de disposer, au moins en entrée, d'une signalisation lumineuse permettant d'assurer un passage privilégié au tramway (voir fiche Carrefour 5B); dans le cas contraire, une signalisation statique rappellera la présence et la priorité du tramway; panneau A 9 en signalisation avancée, C 20 c, avec éventuellement panneau «PRIORITY AU TRAMWAY» en position; un panneau B 45 b pourra indiquer le passage du site réservé au site banal.

Fiche VU

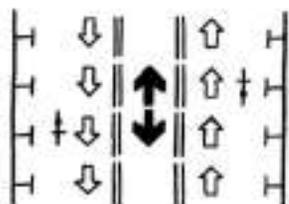
3. Cas particulier des sites propres à voie unique avec alternat

➤ Artère à double sens ou à sens unique

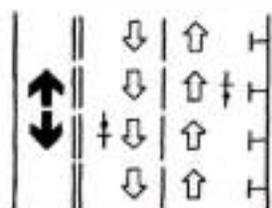
Cette configuration très particulière peut, lorsque les emprises sont réduites, constituer une solution alternative au site banal. Elle ne peut être envisagée que dans deux cas totalement différents :

- l'ensemble des circulations sont mixées; l'alternat s'applique indifféremment à tous types de véhicules, transports collectifs et autres; on se ramène alors au cas général de l'alternat; cette possibilité, particulièrement pénalisante pour les transports collectifs, n'est pas traitée;
- les transports collectifs sont totalement séparés de la circulation automobile (séparateur infranchissable, sauf aux points singuliers); on se ramène alors au cas général du site réservé bidirectionnel, axial ou latéral, sur artère à double sens de circulation ou à sens unique, avec quelques précautions particulières vis-à-vis des piétons notamment; il est alors quasiment impossible d'admettre d'autres catégories d'usagers sur le site réservé

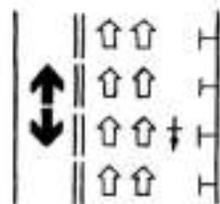
Exemple de site axial sur artère à double sens de circulation générale



Exemple de site latéral sur artère à double sens de circulation générale



Exemple de site latéral à gauche sur artère à sens unique



TC utilisant le site

Se reporter au texte concernant les alternats et voies uniques; disposition très contraignante quant aux fréquences et à la régularité des TC (points de croisement).

Piétons

Tous les passages piétons nécessitent impérativement des refuges, entre site TC et couloirs de circulation générale. En tout état de cause, leur largeur sera alors au moins égale à 2,00 mètres.

Une signalisation appropriée devra être mise en place, afin que les piétons soient parfaitement avertis que les véhicules de TC peuvent arriver **dans les deux sens**.

Cyclistes

Il est absolument hors de question de les accepter sur un site réservé fonctionnant en alternat, même s'il s'agit d'un site bus.

Circulation générale

Se reporter aux fiches site réservé bidirectionnel.

Autres usagers possibles du site réservé

Dans cette configuration, l'acceptation de toute autre catégorie de véhicules peut être très pénalisante pour les TC, à moins qu'il ne s'agisse que de sections très courtes, et que les fréquences soient réduites.

Desserte des riverains

Se reporter aux fiches site réservé bidirectionnel. Cependant, l'accès n'est plus envisageable par le site réservé, même s'il s'agit d'un site bus. Les sites latéraux sont d'autant plus à exclure, qu'il existe des accès riverains nombreux.

Stationnement

Sans difficulté particulière, en implantation axiale ou côté opposé au site réservé.

À proscrire le long du site réservé, sauf avec terre-plein très large (plusieurs mètres).

SÉPARATEUR

L'implantation d'un séparateur infranchissable (sauf localement, aux accès riverains, par exemple) est indispensable.

Une largeur de 2,00 m en section courante constitue un minimum, du fait des circulations possibles dans les deux sens sur une même voie.

Signalisation verticale

En entrée de site réservé, sur Tlots, à gauche et à droite panneau B 27 a ou b, à droite, balise J 5; la signalisation lumineuse d'exploitation doit permettre de gérer efficacement l'alternat.

A N N E X E 2

Fiches carrefours



Les fiches ci-après proposent, pour un certain nombre de configurations simples, des principes d'aménagement et de fonctionnement de carrefours avec traversée à niveau d'un site réservé aux transports collectifs, notamment :

- les carrefours sans aucune signalisation lumineuse ;
- les intersections (hors carrefour) de voies routières et de sites réservés (ferrés ou routiers) sur plate-forme indépendante ;
- les carrefours à feux les plus courants, en croix ou en T, avec site réservé axial ou site réservé latéral ;
- les giratoires traversés par le TCSP ;
- la convergence d'un site propre et d'une voie routière (entrée en site banal).

Les cas présentés sont relativement simples, mais les principes adoptés sont aisément transposables aux carrefours plus complexes qui d'ailleurs, bien souvent peuvent être analysés comme une combinaison de carrefours élémentaires.

Le fonctionnement proposé pour les carrefours à feux ne constitue certainement pas l'unique possibilité : des variantes, d'autres possibilités existent généralement ; ce qui est proposé constitue une solution parmi les plus simples, assez compréhensible, tout en permettant d'assurer un bon niveau de prise en compte prioritaire des véhicules de transport en commun et, bien entendu, la sécurité des différents acteurs de l'espace public. Des optimisations sont néanmoins possibles, en fonction de la réalité du terrain.

On se référera également aux deuxième et cinquième parties - La Signalisation et - Les Traversées piétonnes.

Liste des fiches

1. Les carrefours sans feux

- fiche SF 1 : à 4 branches, avec site axial ;
- fiche SF 2 : à 3 branches, avec site latéral à l'intérieur.

2. Les carrefours à feux

2.1. Les traversées simples d'une voie routière par un site réservé

- fiche TN.

2.2. Les carrefours à 3 branches (carrefours en T)

- fiche T 1 : avec site latéral à l'extérieur ;
- fiches T 2 : avec site latéral à l'intérieur :
 - fiche T 21 - T 22, sans voie spécialisée ;
 - fiche T 23, tourne-à-gauche avec voie spécialisée, tourne-à-droite sans voie spécialisée ;
 - fiche T 24, tourne-à-gauche et tourne-à-droite avec voies spécialisées.
- fiche T 3 : avec site axial, deux phases, sans voie spécialisée.

2.3. Les carrefours à 4 branches (carrefours en croix)

- fiches C 1, avec site latéral :
 - fiche C 11, sans voie spécialisée ;
 - fiche C 12, tourne-à-gauche avec voie spécialisée, tourne-à-droite sans voie spécialisée ;
- fiches C 2, avec site axial :
 - fiche C 21, sans voie spécialisée ;
 - fiche C 22, tourne-à-gauche avec voie spécialisée, tourne-à-droite sans voie spécialisée ;

3. Les giratoires traversés par le TCSP

- fiche G 1, gestion par feux aux entrées uniquement ;
- fiche G 2, gestion par feux aux entrées et sur l'anneau.

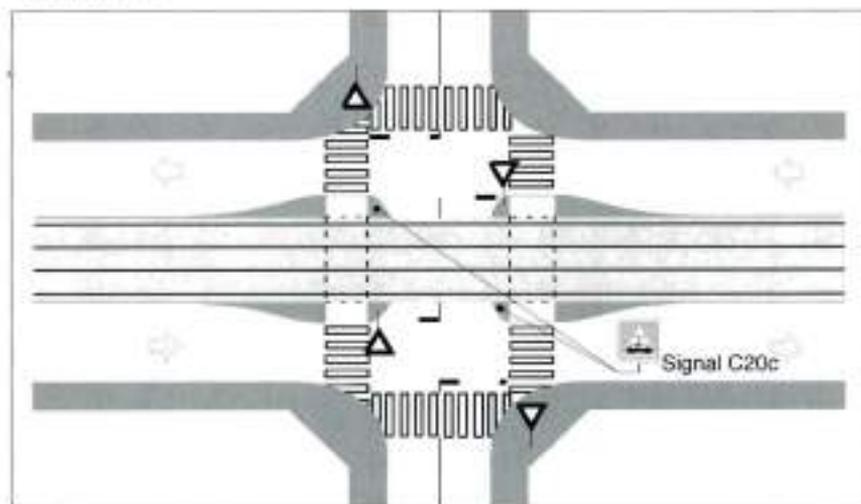
4. Le passage du site réservé au site banal

- fiche SB

SF 1 - Carrefour sans feux à 4 branches, avec site axial

Les carrefours sans feux ne peuvent être envisagés qu'avec des trafics secondaires très faibles et des mouvements prioritaires ne dépassant pas 300 véh./h/sens. Ils nécessitent une très bonne visibilité ; la vitesse du tramway doit être réduite. Ce cas peut se présenter dans des rues avec des emprises restreintes ne permettant pas d'assurer un stockage suffisant de part et d'autre du site réservé.

20 Ceci n'est pas une obligation : le régime de la priorité à droite entre les deux voies reste possible, mais ne renforce pas la priorité du tramway, mal connue des automobilistes.



Fonctionnement SF 1

Il est généralement préférable, dans un but de clarification, de donner la priorité à l'axe parallèle au tramway¹⁰⁰.

Les voies secondaires cèdent alors le passage (AB 3 a), tant à leur débouché sur l'axe principal qu'en sortie de site réservé¹⁰⁰.

En entrée de site réservé, de part et d'autre de celui-ci, un signal C 20 c¹⁰¹ rappellera la priorité du tramway.

La priorité à l'axe en conflit avec le tramway doit être exclue.

Autres fonctionnements possibles

S'il est possible de reporter les mouvements transversiers sur des carrefours proches (carrefours giratoires, par exemple), il est préférable d'aménager deux demi-carrefours, en rendant le site réservé physiquement infranchissable.

Si le tramway circule en site banal, seuls les cédez-le-passage (AB 3 a) en entrée sont conservés. Ils seront précédés par des signaux A 9 - Traversée d'une ligne de tramway¹⁰¹.

Une gestion par feux est préférable dès que le trafic traversier dépasse 200 véh./j (deux sens) ou lorsque la visibilité est réduite (voir par exemple fiche C 21).

Autres modes de transport collectif¹⁰²

L'aménagement est transposable aux autres modes (routiers).

Cette configuration paraît cependant difficilement concevable si des véhicules sont amenés à entrer ou à sortir du site réservé axial. Ces mouvements non prioritaires seraient alors en effet très pénalisants pour le fonctionnement de l'aménagement.

¹⁰⁰ L'utilisation du signal STOP (AB 4) est également possible, mais pas toujours judicieuse (arrêt imposé sur le site réservé).

¹⁰¹ Avec éventuellement panneau « PRIORITY AU TRAMWAY » - voir à ce sujet la deuxième partie - La Signalisation.

¹⁰² Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

SF 2 - Carrefour sans feux à 3 branches, avec site latéral à l'intérieur

Les carrefours sans feux ne peuvent être envisagés qu'avec des trafics secondaires très faibles et des mouvements prioritaires ne dépassant pas 300 véh./h/sens. Ils nécessitent une très bonne visibilité; la vitesse du tramway doit être réduite. Ce cas peut se présenter dans des rues avec des emprises restreintes ne permettant pas d'assurer un stockage suffisant en sortie de site réservé.

Fonctionnement SF 2

Il est généralement préférable, dans un but de clarification, de donner la priorité à l'axe parallèle au tramway¹⁰³.

La voirie secondaire cède alors le passage :

- au tramway, en entrée de site réservé (signal C 20 c¹⁰⁴);
- aux véhicules circulant sur l'axe principal, en sortie de site réservé (signal AB 3 a)¹⁰⁵.

En venant de l'axe parallèle, en entrée de site réservé, un signal C 20 c rappellera la priorité du tramway.

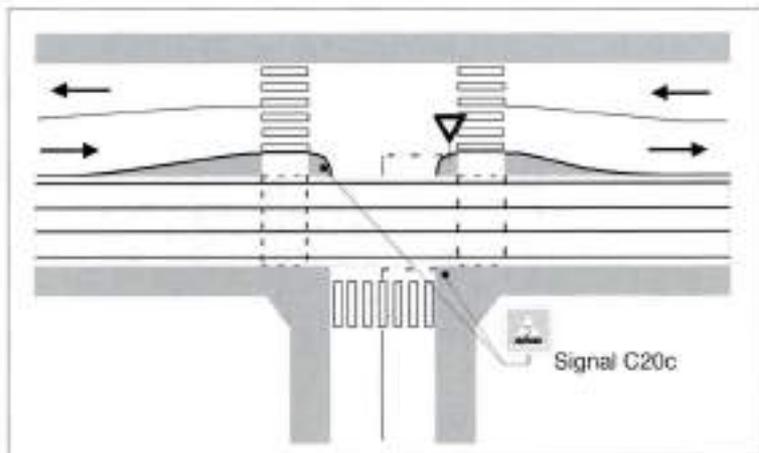
La priorité à l'axe en conflit avec le tramway doit être exclue.

Autres fonctionnements possibles

Il est toujours préférable d'éviter ce type d'aménagement, en reportant dans la limite du possible les mouvements correspondants sur des carrefours à feux voisins.

On pourra étudier la mise en sens unique sortant de la voie secondaire. À défaut, on rendra l'usage de l'itinéraire le plus dissuasif possible.

Une gestion par feux sera préférée dès que le trafic traversier dépassera 200 véh./j (deux sens) ou lorsque la visibilité est réduite (voir par exemple la fiche T 2).



Autres modes de transport collectif¹⁰⁶

L'aménagement est transposable aux autres modes (routiers).

Cette configuration paraît cependant difficilement concevable si des véhicules sont amenés à entrer ou à sortir du site réservé axial. Ces mouvements non prioritaires seraient alors en effet très pénalisants pour le fonctionnement de l'aménagement.

La signalisation verticale sera constituée de balises AB 3 a tant en entrée qu'en sortie de site bus.

¹⁰³ Ceci n'est pas une obligation: le régime de la priorité à droite entre les deux voies reste possible, mais ne renforce pas la priorité du tramway, mal connue des automobilistes.

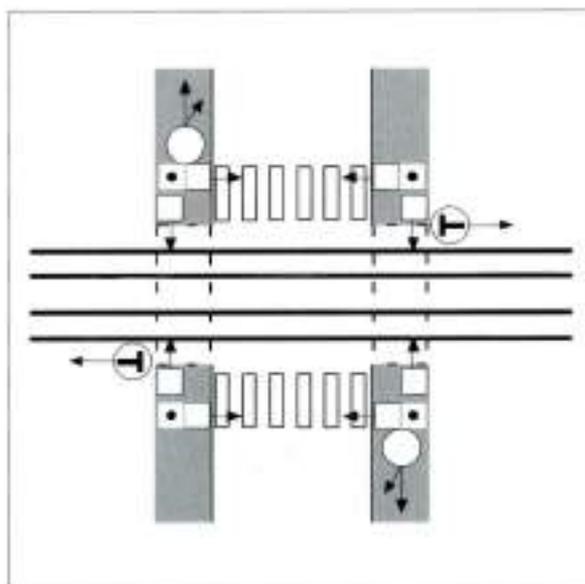
¹⁰⁴ Avec éventuellement panneau « PRIORITÉ AU TRAMWAY » - voir à ce sujet la deuxième partie - La Signalisation.

¹⁰⁵ L'utilisation du signal STOP (AB 4) est également possible, mais pas toujours judicieuse (arrêt imposé sur le site réservé).

¹⁰⁶ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

TN - Traversée simple d'une voie routière par un site réservé

Cette configuration est celle qui est rencontrée sur les passages à niveau. Le fonctionnement avec barrières étant incompatible avec les fréquences de passage des tramways, la gestion par signalisation lumineuse est la seule envisageable pour les tramways urbains.



Les feux tricolores R 11 sont généralement les mieux adaptés et les mieux respectés. L'utilisation de R 11 v sera préférée, sauf dans le cas où le trafic routier risque de se trouver en conflit avec une autre circulation à l'aval immédiat de la traversée, auquel cas l'utilisation de R 11 j s'imposera.

Dans le seul cas des tramways, avec des trafics très faibles et une très bonne visibilité, on peut envisager une simple signalisation statique : en position, C 20 c avec panneau M 9 2 «PRIORITY AU TRAMWAY», précédé d'un panneau A 9.

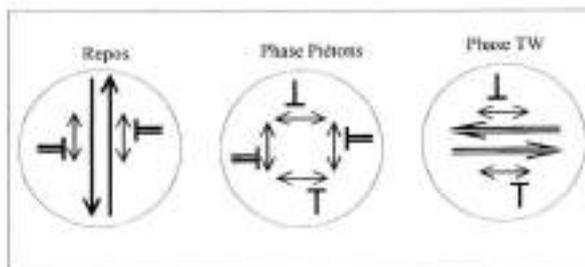
L'emploi du feu rouge clignotant R 24, associé au C 20 c, et précédé du A 9 sera réservé au cas des trafics faibles à très faibles avec mauvaise visibilité (**uniquement cas des tramways**). Il imposera, tout comme dans le cas de signalisation tricolore, l'implantation de signalisation lumineuse pour les tramways.

Fonctionnement TN

La position de repos donne le vert aux véhicules (signal R 11) et à la traversée des piétons sur la plate-forme (figurines R 12) ; les feux tramway et les figurines piétons pour la traversée de la rue sont au rouge.

Un appel piéton par bouton-poussoir fait passer au rouge les feux R 11 pour les véhicules ; sous réserve que l'appel soit fait après un temps minimum de vert, la réponse doit être immédiate. Il donne le vert aux piétons, pour une durée minimale, leur permettant de traverser la rue.

Si aucune approche de tramway n'est détectée, le vert piéton sur la traversée de la voie routière n'implique pas un «vert» pour le tramway ; ainsi, le vert est maintenu pour les piétons traversant la plate-forme du tramway.



La détection d'un tramway fait passer au rouge les feux R 11 (véhicules) et les figurines piétons R 12 de traversée de la plate-forme tramway, permettant de donner le «vert» tramway (phase TW)¹⁰⁷.

Nota : on prendra garde aux enchaînements rapprochés appel piéton - détection tramway.

Autres fonctionnements possibles

A priori, sans objet.

Autres modes de transport collectif¹⁰⁸

Cette configuration se rencontre essentiellement dans le cas des tramways. Si cette situation se rencontrait avec d'autres modes (routiers), un fonctionnement identique pourrait néanmoins être envisagé.

Seuls les signaux réglementaires R 11 seraient alors envisageables, tant sur le site propre routier que sur la voie traversière. En l'absence de signalisation lumineuse, la priorité du site TC routier ne peut être matérialisée qu'avec une signalisation de priorité (cédez-le-passage AB 3 a) sur la voie traversière.

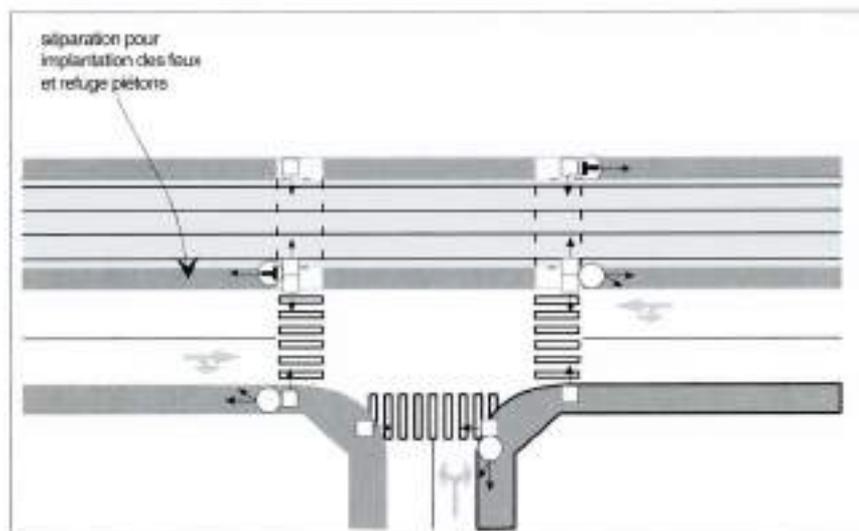
107 Concernant les figurines piétons de traversée de la voie routière, trois possibilités existent alors :
- passage au vert pour la durée minimale ;
- passage au vert pour la durée minimale uniquement si appel piétons (bouton-poussoir) ;
- pas de passage au vert.

108 Cf. système partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

T 1 - Carrefour à feux à 3 branches, avec site latéral à l'extérieur

Dans cette configuration, il ne peut exister de conflit entre la circulation générale et le tramway. L'aménagement implique nécessairement un véritable terre-plein entre la chaussée principale et le site réservé, pour l'implantation de la signalisation, ainsi que, surtout, des refuges pour les piétons.

100 1,50 m minimum absolu, sous certaines réserves. Cf. cinquième partie - Les Traversées piétonnes



110 L'implantation des figurines piétons (flax R 12) ne doit laisser aucune ambiguïté sur le sens de piétons auxquels elles s'adressent.

111 2,00 m constitue un minimum absolu dans ce cas.

112 L'implantation d'une chicane impose une largeur minimale de l'ordre de 2,50 m pour le refuge.

113 Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

Fonctionnement T 1

La gestion du carrefour est totalement indépendante des passages de tramways et de la gestion des traversées piétonnes du site réservé.

L'aménagement de carrefour représenté est celui d'un carrefour à feux simple (sans voie affectée).

Sur le site réservé, la position de repos est constituée du vert pour les piétons et de l'interdiction de passer pour les tramways. La détection de l'approche d'une rame commande le

passage au rouge des figurines R 12 pour la traversée de la plate-forme par les piétons, permettant de donner le « vert » au tramway.

Autres fonctionnements possibles

Si la visibilité réciproque est très bonne, il n'est pas indispensable d'installer de feux pour la traversée du site réservé.

Avec des trafics faibles, le carrefour en T peut être géré en priorité à droite, avec cédez-le-passage (AB 3 a) ou encore STDP (AB 4).

Différentes combinaisons sont ainsi envisageables:

	Traversée piétonne du site réservé	
	à feux	sans feux
Carrefour à feux	OUI Refuge impératif: 2,00 m minimum ^{100 110}	POSSIBLE si: - excellente visibilité - impérativement refuge 2,00 m ou plus ¹¹¹ Chicane souhaitable ¹¹²
Carrefour sans feux	DÉCONSEILLÉ sauf: très faibles trafics mauvaise visibilité tramway Chicane impérative ¹¹³	OUI Refuge impératif : 2,00 m minimum ¹⁰⁹

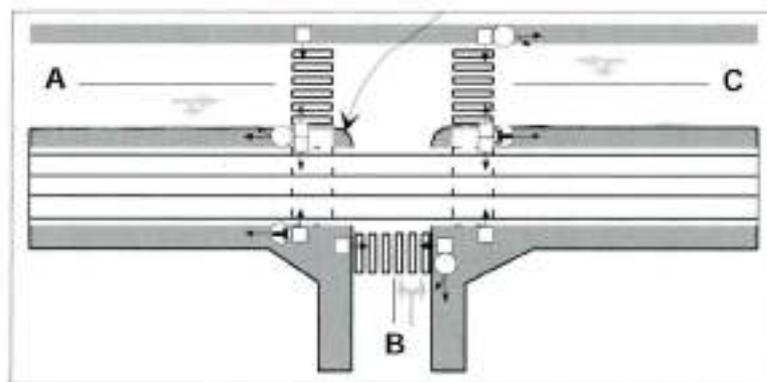
Autres modes de transport collectif¹¹³

L'aménagement est transposable aux autres modes (routiers), sous réserve, bien entendu, qu'aucun véhicule n'effectue de mouvement tournant issu ou à destination du site réservé.

T 2 - Carrefour à feux à 3 branches, avec site latéral à l'intérieur

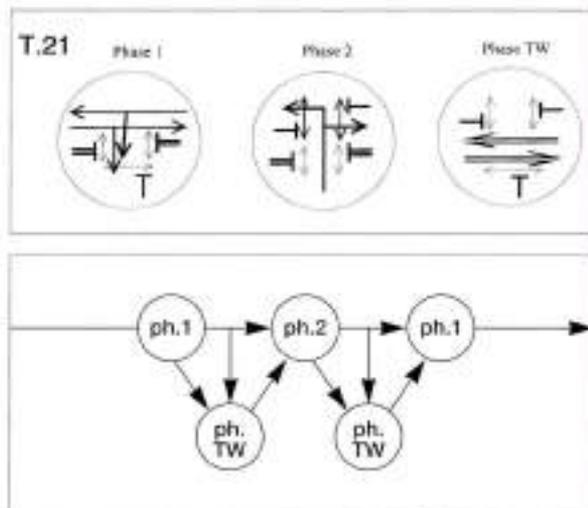
T 21 - T 22 sans voie spécialisée

Cette disposition s'applique lorsque l'emprise ne permet pas d'aménager une voie de tourne-à-gauche de C vers B. Cette configuration est obligatoirement gérée par feux si le trafic de la branche perpendiculaire dépasse quelques centaines de véhicules par jour. Entre le site réservé et les voies de circulation, un îlot est indispensable pour implanter les refuges piétons, ainsi que la signalisation. Suivant l'importance du trafic tourne-à-gauche de C vers B, deux plans de feux différents peuvent être envisagés.



Fonctionnement T 21 - Peu de tourne-à-gauche (< 50 véh./h) d'origine parallèle à la ligne

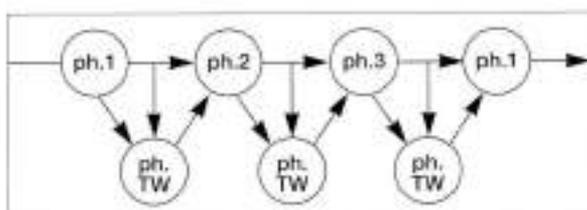
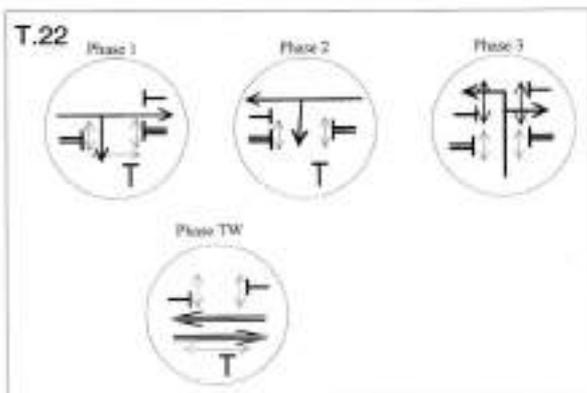
Le carrefour fonctionne en deux phases (ph 1, ph 2), plus une phase tramway (ph TW). La détection d'une rame écourte la phase en cours, sans descendre en dessous de la durée minimale réglementaire, et déclenche une phase TW. Le cycle reprend à la phase suivante. Un temps de sécurité est nécessaire après la phase 1 pour écouler les tourne-à-gauche (de C vers B) stockés dans le carrefour.



Le plan de feux comporte deux phases («fenêtres») tramway TW identiques.

Fonctionnement T 22 - Nombreux tourne-à-gauche

Le carrefour fonctionne en trois phases (accès par accès, ph 1 à ph 3), plus une phase tramway (ph TW), identique à celle du cas précédent. La détection d'une rame écourte la phase n en cours, sans descendre en dessous de la durée minimale réglementaire, déclenche une phase tramway et est suivie de la phase $n+1$. Ce fonctionnement est assez lourd et peut provoquer des attentes importantes.



Le plan de feux comporte trois phases («fenêtres») tramway TW identiques.

Autres fonctionnements possibles

T. 21: Un décalage à la fermeture de la phase 1 peut être envisagé lorsque le trafic tourne-à-gauche de C vers B risque de dépasser occasionnellement la capacité de stockage dans le carrefour.

Les modes de gestion acycliques permettent d'enchaîner une autre phase que $n+1$ après une phase TW, en fonction de la demande sur chaque branche.

Autres modes de transport collectif¹¹⁴

L'aménagement et les fonctionnements décrits ci-dessus sont transposables aux autres modes (routiers). Toutefois les cas b 1 avec prise en compte minimale n'intègrent qu'une seule phase TC escamotable dans le déroulement du cycle.

Traversées piétonnes

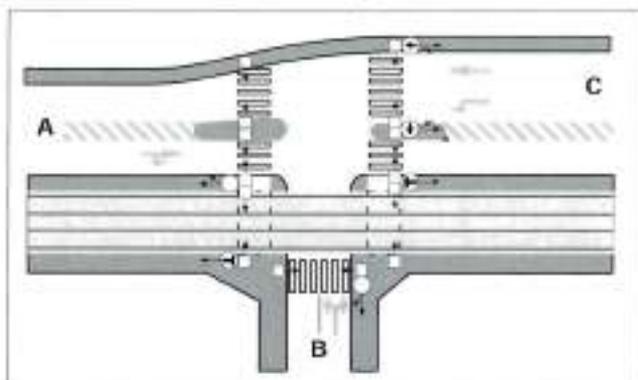
La phase donnant le vert à la branche B (ph 2 dans T. 21 ou ph 3 dans T. 22) permet la traversée complète mais le fonctionnement T. 22 est plus pénalisant pour les piétons, avec des attentes plus longues.

¹¹⁴ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à ronds, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

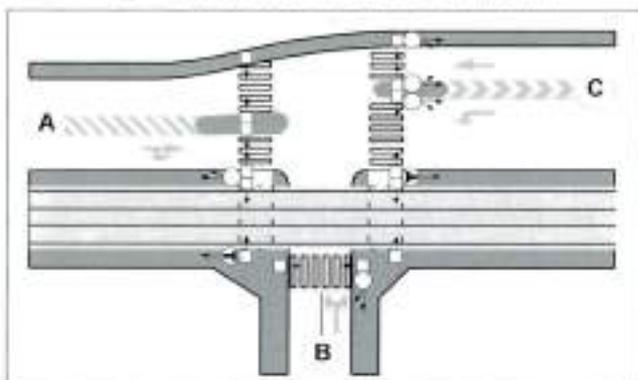
T 23 - tourne-à-gauche avec voie spécialisée, tourne-à-droite sans voie spécialisée

L'emprise permet ici d'implanter une voie de tourne-à-gauche de C vers B, mais non de tourne-à-droite de A vers B. Suivant que cette voie spécialisée est séparée (T 23 b) ou non (T 23 a) de la voie directe, on utilise des signaux R 11 ou des signaux directionnels R 14 d et R 14 tg :

– cas T 23 a : utilisation de signaux directionnels R 14

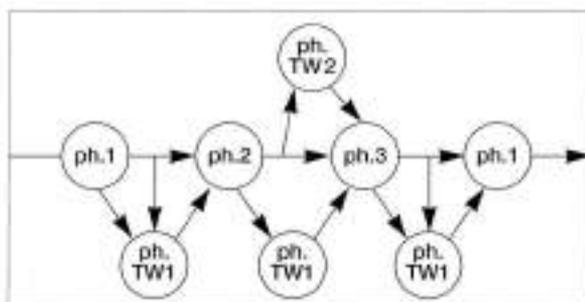
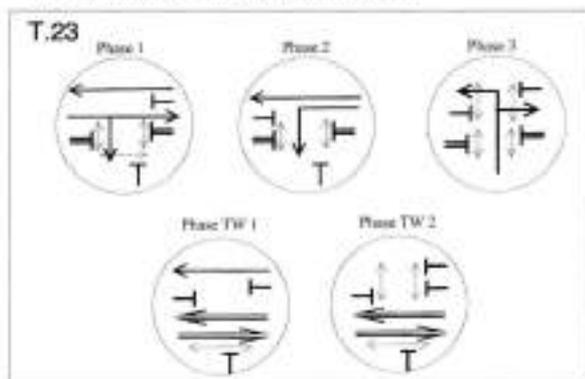


– cas T 23 b : utilisation de signaux circulaires R 11



Fonctionnement T 23

Le fonctionnement habituel est en trois phases (ph 1 à ph 3). Suivant l'instant où un tramway est détecté, deux phases spécifiques TW 1 et TW 2 sont possibles :



Le plan de feux comporte quatre phases («fenêtres») tramway, trois TW 1 identiques et une TW 2 :

- la phase TW 2 n'est appelée que sur détection pendant l'interséquence entre les phases 2 et 3 (après le début de la procédure de fin de phase 2 et le début de la phase 3) ;
- la phase TW 1 est appelée dans les autres cas ; elle accepte le mouvement direct isolé parallèle à la ligne. Appelée au cours de la phase n qu'elle occupe, elle est suivie de la phase $n+1$.

Autres fonctionnements possibles

D'autres solutions existent, selon les prises en compte des trafics ou des appels piétons, en particulier l'utilisation systématique de la phase TW 2, après la phase 2, quel que soit l'instant de détection (avant ou pendant l'interséquence). Ceci peut limiter le délai d'attente des piétons qui traversent les branches A et C.

Les modes de gestion acycliques permettent d'enchaîner une autre phase que n+1 après une phase TW, en fonction de la demande sur chaque branche; la phase TW 2 n'a plus alors lieu d'être.

L'adjonction d'une voie de tourne-à-droite de A vers B fait l'objet de la fiche T 24.

Autres modes de transport collectif¹¹⁶

L'aménagement est directement transposable dans la situation 1 a. La situation 1 b. impose d'intercaler une phase TC, équivalente à la TW 1 entre les phases 1 et 2. Pour les autres situations, la phase TC est équivalente à la TW 2; elle est appelée entre chaque phase dans les cas a ou entre les phases 2 et 3 dans les cas b.

Traversées piétonnes

La phase TW 2 autorise toutes les traversées autres que celle du site TC.

Dans les deux cas d'aménagement, la traversée des piétons de la branche C se fait en deux temps et nécessite deux paires de figurines R 12.

Avec l'aménagement T 23 a, les piétons peuvent traverser une demi-chaussée pendant la phase tourne-à-gauche C

vers B, ce qui offre une possibilité de traversée sans conflit avec les tourne-à-droite B vers C.

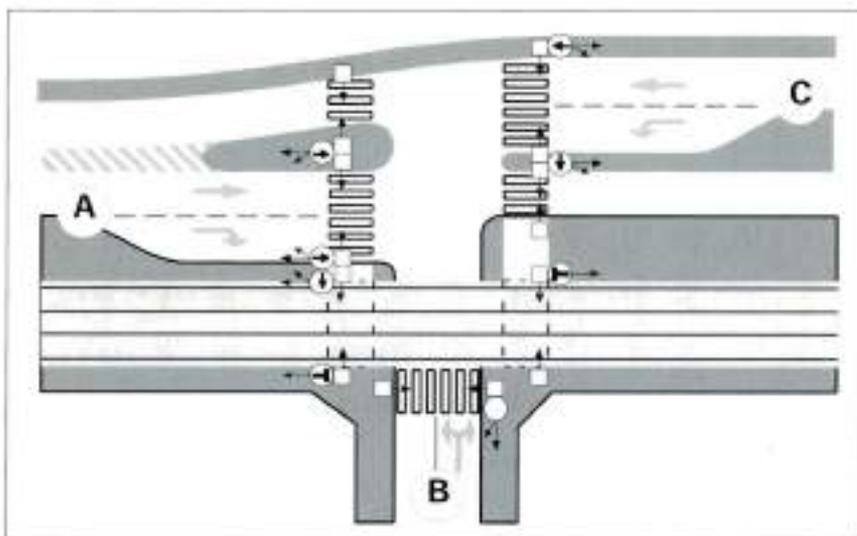
Dans l'aménagement T 23 b, cela n'est pas possible; les figurines ne peuvent donner le vert que pendant la phase verte de la branche B.

¹¹⁶ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

T 24 - tourne-à-gauche et tourne-à-droite avec voies spécialisées

L'emprise permet ici d'aménager une voie de tourne-à-droite pour la branche A et une voie de tourne-à-gauche pour la branche C.

Pour le tourne-à-gauche de C vers B, on peut, comme dans le cas précédent T 23, séparer ou non le couloir de celui du mouvement direct. De même, pour le tourne-à-droite de A vers B on peut ou non séparer le couloir correspondant de celui de la voie directe par un îlot.



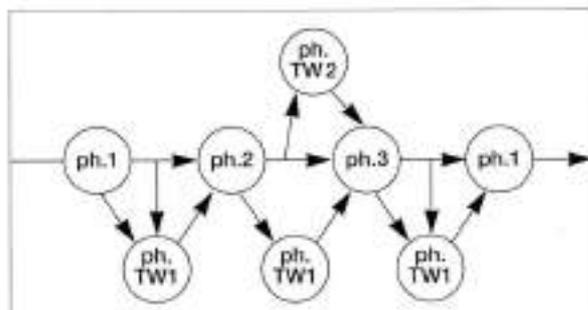
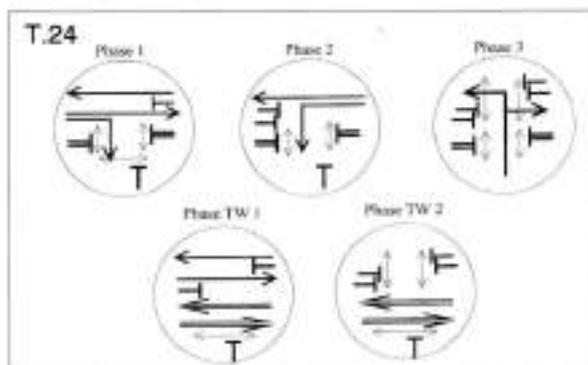
Cet aménagement présente l'avantage de permettre le passage des mouvements directs parallèles à la ligne pendant le passage des rames; le «vert» tramway n'est toutefois donné que sur détection.

La surlargeur face au tourne-à-droite de A vers B peut faciliter l'implantation d'une station en sortie de carrefour, du côté C.

Le mouvement de tourne-à-droite de A vers B ne peut obtenir le vert qu'associé au mouvement direct de A vers C. De ce fait, il ne doit pas être considéré comme un mouvement directionnel admis au moyen d'une phase spéciale. Il peut donc être admis en conflit (alors considéré comme secondaire) avec les piétons traversant la branche B.

Fonctionnement T 24

Suivant l'instant de détection du tramway, deux phases spécifiques sont possibles :



Le plan de feu comporte quatre phases («fenêtres») tramway, trois TW 1 identiques et une TW 2 :

- la phase TW 2 n'est appelée que sur détection pendant l'interséquence entre les phases 2 et 3 ;
- la phase TW 1 est appelée dans les autres cas ; elle accepte les mouvements directs de A vers C et réciproquement ; appelée au cours de la phase n, elle est suivie de la phase n+1.

Autres fonctionnements possibles

D'autres possibilités existent, selon les prises en compte des trafics ou des appels piétons ; le tourne-à-droite de A vers B peut, par exemple, être admis pendant la phase 3.

Les modes de gestion acycliques permettent d'enchaîner une autre phase que n+1 après une phase TW, en fonction de la demande sur chaque branche ; la phase TW 2 n'a plus alors lieu d'être.

Autres modes de transport collectif¹¹⁶

L'aménagement est directement transposable dans la situation 1 a. La situation 1 b impose d'intercaler une phase TC équivalente à la TW 1 entre les phases 1 et 2. Pour les autres situations, la phase TC est équivalente à la TW 2 ; elle est appelée entre chaque phase dans les cas a ou entre les phases 2 et 3 dans les cas b.

Traversées piétonnes

La phase TW 2 autorise toutes les traversées autres que celles du site TC.

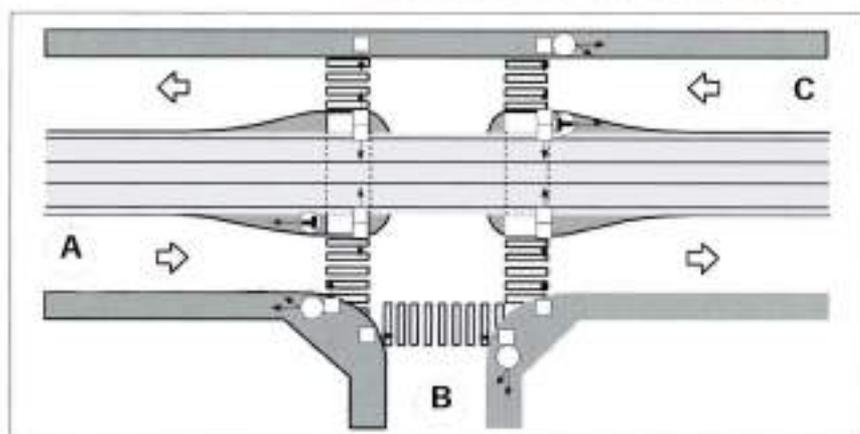
Les traversées piétonnes des branches A et C se font en deux temps et nécessitent deux paires de figurines R 12.

¹¹⁶ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

T 3 - Carrefour à feux à 3 branches, avec site axial

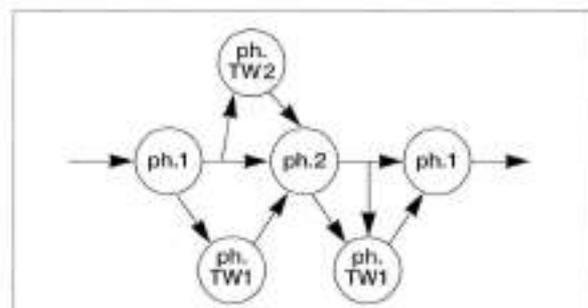
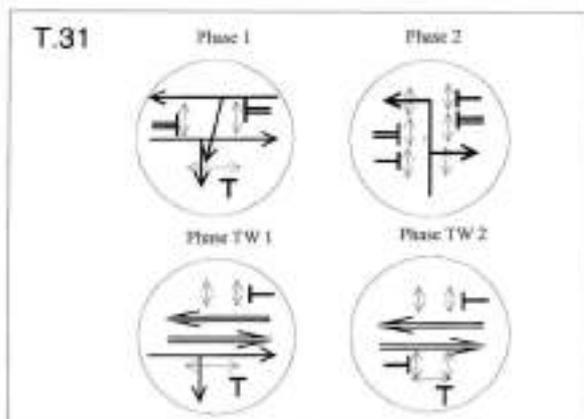
deux phases, sans voie spécialisée

Cas similaire au T 21, mais avec site axial. Il n'y a pas conflit entre le tourne-à-droite de A vers B et les tramways.



Fonctionnement T 31

Au fonctionnement normal à deux phases (ph 1 et ph 2) viennent s'intercaler deux phases tramway (TW 1 et TW 2), en fonction de l'instant où un tramway est détecté.



L'interdiction du tourne-à-gauche de C vers B (signal B 2 a), permettrait d'autoriser le mouvement direct de C vers A en même temps que le passage du tramway (ph TW 1). Cette possibilité doit cependant être envisagée avec la plus grande prudence, ce type d'interdiction étant généralement mal respecté.

Le plan de feux comporte trois phases («fenêtres») tramway : deux TW 1 identiques et une TW 2 :

- la phase TW 2 n'est déclenchée qu'en cas de détection pendant l'interséquence entre les phases 1 et 2 (après le début de la procédure de fin de phase 1 et le début de la phase 2) ;
- la phase TW 1 est utilisée dans les autres cas ; elle permet de donner simultanément le vert à l'entrée A.

Autres fonctionnements possibles

Pour un carrefour très secondaire, on pourra rechercher à reporter les tourne-à-gauche de B vers A sur des carrefours voisins, notamment à proximité de giratoires. Il n'y a alors plus de conflit avec le tramway ; la traversée du site doit alors être rendue matériellement impossible pour les véhicules. Cette solution peut permettre de limiter le nombre de carrefours à feux.

Nombreux tourne-à-gauche et chaussée à 2 x 1 voies :

un plan de feux similaire au T 22 doit être envisagé, avec trois phases (accès par accès) plus une phase tramway toujours indépendante. Le site axial offre néanmoins une plus grande possibilité de stockage de tourne-à-gauche qu'avec site latéral.

D'autres solutions existent en fonction des prises en compte des trafics ou d'appels piétons.

Les modes de gestion acycliques permettent de revenir à la phase 1 après une phase TW, quelle que soit la phase qui l'a précédée; la phase TW 2 n'a plus alors lieu d'être.

Autres modes de transport collectif¹¹⁷

L'aménagement est directement transposable dans la situation 1 a. La situation 1 b impose d'intercaler une phase TC équivalente à la TW 1 entre les phases 2 et 1. Pour les autres situations, la phase TC est équivalente à la TW 2; elle est appelée entre chaque phase dans les cas a ou entre les phases 2 et 1 dans les cas b.

Traversées piétonnes

La phase 2 permet la traversée complète des branches A et C (site tramway et couloirs contigus).

Les phases tramway offrent différentes possibilités de traversée des branches A et C, sous réserve de disposer de refuges de taille suffisante entre le site tramway et les couloirs contigus.

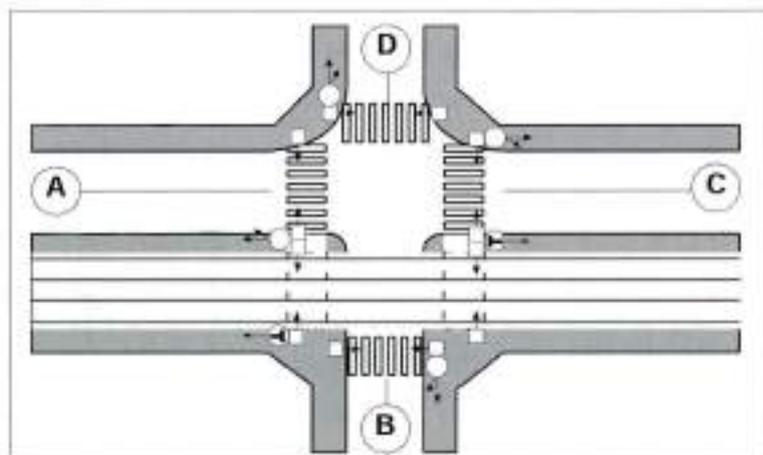
La traversée du site tramway est possible en dehors des phases tramway.

¹¹⁷ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

C 1 - Carrefour à feux à 4 branches, avec site latéral

C 11 - sans voie spécialisée

La chaussée jouxtant le site réservé est à double sens et ne comporte que deux voies de circulation.

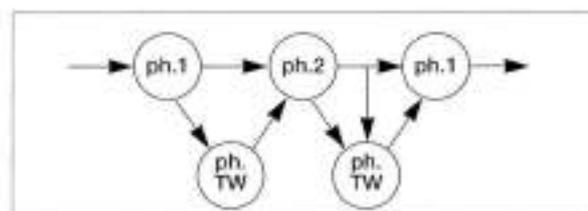
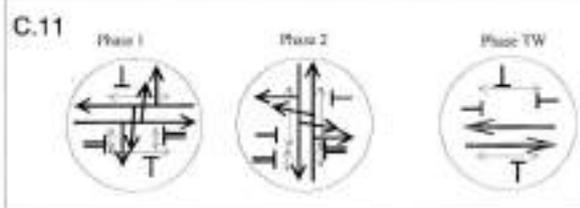


L'aménagement nécessite un séparateur entre la chaussée et le site réservé (cf. quatrième partie - Aménagements en section courante et fiches correspondantes). Au droit du carrefour, sa largeur doit permettre l'implantation de refuges piétons et de supports de feux. Des figurines piétons distinctes sont nécessaires pour la traversée de la chaussée et pour celle du site tramway.

Fonctionnement C 11

Hors détection de tramway, le carrefour fonctionne en deux phases, ph 1 et ph 2. La détection d'une rame écourté la phase en cours et insère une phase tramway (ph TW), compatible avec aucun autre mouvement. Afin de limiter le stockage des mouvements tournants dans le carrefour, on favorisera les cycles courts. Les temps de dégagement entre

phase 2 et phase tramway doivent impérativement permettre de vider le carrefour.



Le plan de feux comporte deux phases («fenêtres») tramway TW identiques.

Une détection pendant l'interséquence consécutive à une phase tramway peut déclencher de nouveau une phase tramway. Toute circulation autre que celle du tramway étant arrêtée, il est évident qu'il est nécessaire de limiter le nombre de phases tramway successives sans donner le vert aux autres entrées.

Autres fonctionnements possibles

Le cas représenté comporte des branches perpendiculaires bidirectionnelles sans voie affectée. En fonction des emprises et des trafics des diverses branches, d'autres possibilités existent. La mise en sens unique entrant (dans le carrefour) de la branche B permet le passage des rames durant la phase 1¹¹⁸.

¹¹⁸ Une simple intention de tourner à gauche de C vers B est en règle générale à éviter, car généralement mal respectée.

D'autres fonctionnements sont envisageables, en particulier pour éviter le stockage prolongé des tourne-à-gauche de B vers A sur le site tramway.

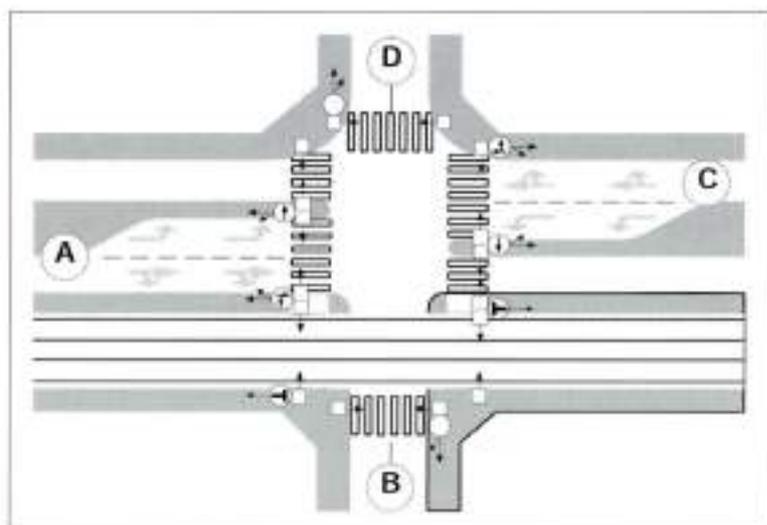
Autres modes de transport collectif¹¹⁹

L'aménagement est directement transposable dans les situations 1 a et 2 a. Les situations 1 b et 2 b nécessitent d'intercaler une seule phase TC entre les phases 1 et 2. Dans les situations 3 a et 3 b, suivant le type de véhicule détecté (TC ou non) et le niveau de prise en compte, une phase TC est appelée, soit immédiatement, soit entre les phases 1 et 2.

¹¹⁹ D. section partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

C 12 - tourne-à-gauche avec voies spécialisées, tourne-à-droite sans voies spécialisées

L'emprise permet ici d'aménager des voies de tourne-à-gauche.

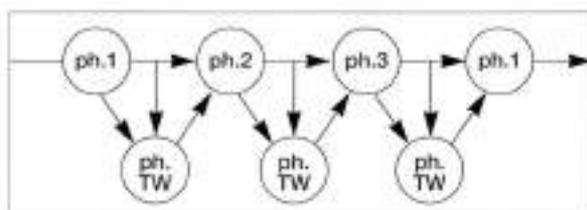
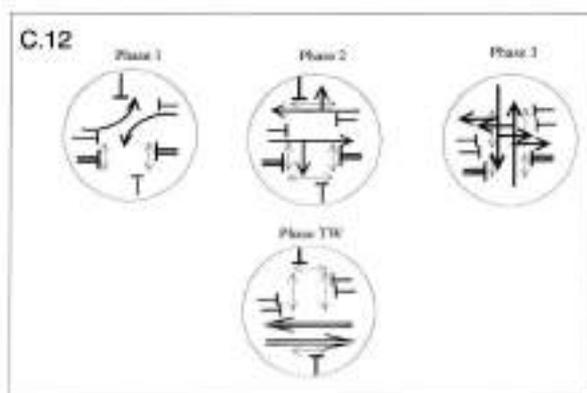


L'aménagement proposé comporte, sur l'axe parallèle à la ligne de tramway, des voies directes et tourne-à-droite dotées de signaux directionnels R 14 dt et des voies de tourne-à-gauche dotées de signaux R 14 tg.

Lorsque les voies de tourne-à-gauche peuvent être séparées des voies directes par un îlot, on utilise des feux circulaires R 11, ceci étant préférable lorsqu'il y a deux voies directes ou plus. Ce type d'aménagement rend plus lisible un fonctionnement à l'indonésienne des tourne-à-gauche d'origine parallèle au site ferré.

Fonctionnement C 12

Par rapport au cas C 11, la seule adjonction de voies spéciales de tourne-à-gauche ne permet pas d'intégrer le passage des rames dans l'une ou l'autre des phases de trafic.



Le plan de feux comporte trois phases («fenêtres») tramway TW identiques.

Dans cet exemple, le passage du tramway n'est compatible avec aucune phase. Chaque détection abrège la phase en cours et déclenche la phase tramway.

Autres fonctionnements possibles

De nombreux autres plans de feux sont envisageables, en fonction des trafics, avec des escamotages de lignes de feux incompatibles avec le tramway.

L'adjonction d'une voie de tourne-à-droite de A vers B, avec feux directionnels spécifiques, ou la mise en sens unique de la branche B modifient les possibilités de phasages : la mise en sens unique entrant de cette branche autorise le passage du tramway pendant la phase 1.

Le cas représenté comporte des branches perpendiculaires bidirectionnelles sans voie affectée. En fonction des emprises et des trafics des diverses branches, d'autres possibilités existent.

Autres modes de transport collectif¹²⁰

L'aménagement est directement transposable dans les situations 1 a et 2 a. Les situations 1 b et 2 b imposent d'intercaler une seule phase TC entre les phases 2 et 3. Dans les situations 3 a et 3 b, suivant le type de véhicule détecté (TC ou non), et le niveau de prise en compte, une phase TC est donnée, soit immédiatement, soit entre les phases 2 et 3.

Traversées piétonnes

Ce type d'aménagement impose la présence, entre la chaussée et le site réservé, d'un séparateur ; celui-ci doit être de largeur suffisante pour permettre l'implantation de refuges piétons, ainsi que des supports des feux. Il implique également l'installation de figurines piétons R 12 distinctes pour la chaussée et pour le site ferré.

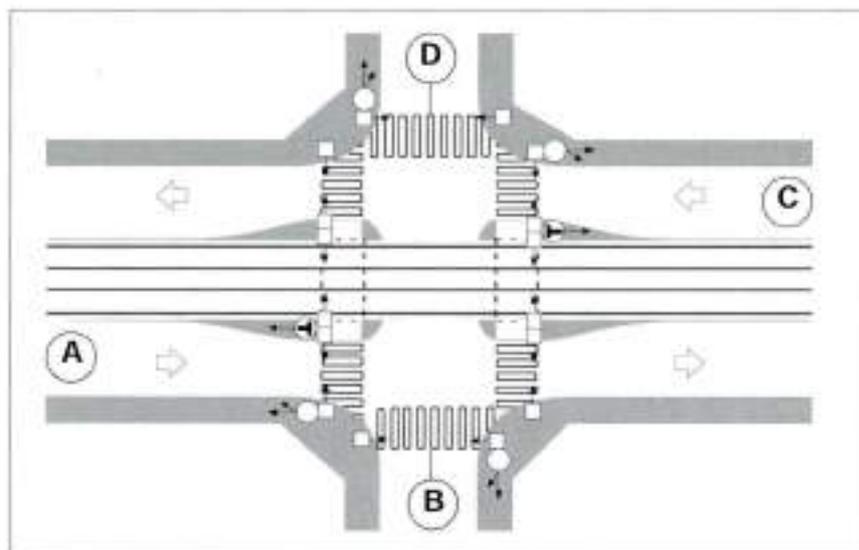
¹²⁰ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

C 2 - Carrefour à feux à 4 branches, avec site axial

C 21 - sans voie spécialisée, tous mouvements autorisés

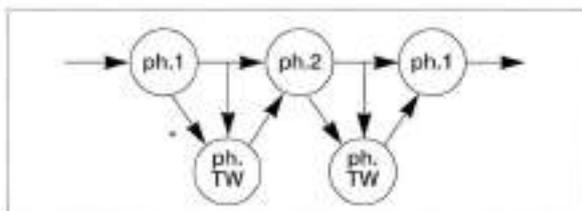
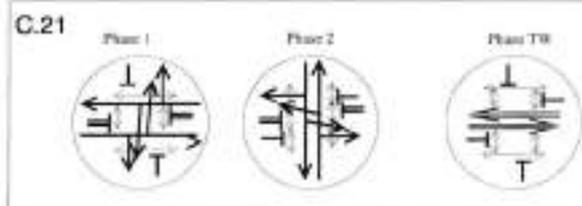
Cette situation présente une certaine similitude avec le cas C 11, mais avec une meilleure possibilité de stockage pour les tourne-à-gauche d'origine parallèle au site réservé.

Elle peut être préconisée lorsque les emprises ne permettent pas d'aménager de voies de tourne-à-gauche, mais également avec deux voies (ou plus) de circulation générale de part et d'autre du site réservé, et de faibles trafics tournants.



Fonctionnement C 21

Hors détection de tramway, le carrefour fonctionne en deux phases, ph 1 et ph 2.



Le plan de feux comporte deux phases («fenêtres») tramway TW identiques.

La détection d'une rame écourte la phase en cours et appelle la phase tramway. Afin de limiter le stockage des mouvements tournants dans le carrefour, on favorisera les cycles courts. Les temps de sécurité entre la phase 2 et la phase tramway doivent impérativement permettre de vider le carrefour.

Autres fonctionnements possibles

Avec un très faible trafic traversier, l'aménagement en deux demi-carrefours, avec report des traversées sur un carrefour (giratoire) voisin permet d'éviter l'implantation de signalisation lumineuse.

L'interdiction des mouvements de tourné-à-gauche d'origine parallèle au site réservé (signaux B 2 a) permettrait d'autoriser les mouvements parallèles au site axial en même temps que le passage du tramway. Cette possibilité doit cependant être envisagée avec la plus grande circonspection, cette signalisation n'étant pas toujours parfaitement respectée; des accidents ont été constatés dans de tels cas.

Le cas représenté comporte des branches perpendiculaires bidirectionnelles sans voie affectée. En fonction des emprises et des trafics des diverses branches, d'autres possibilités existent.

Autres modes de transport collectif¹²¹

L'aménagement est directement transposable dans les situations 1 a et 2 a. Les situations 1 b et 2 b impliquent d'intercaler une seule phase TC entre les phases 2 et 1. Dans les situations 3 a et 3 b, suivant le type de véhicule détecté (TC ou non) et le niveau de prise en compte, une phase TC est donnée, soit immédiatement, soit entre les phases 2 et 1.

Traversées piétonnes

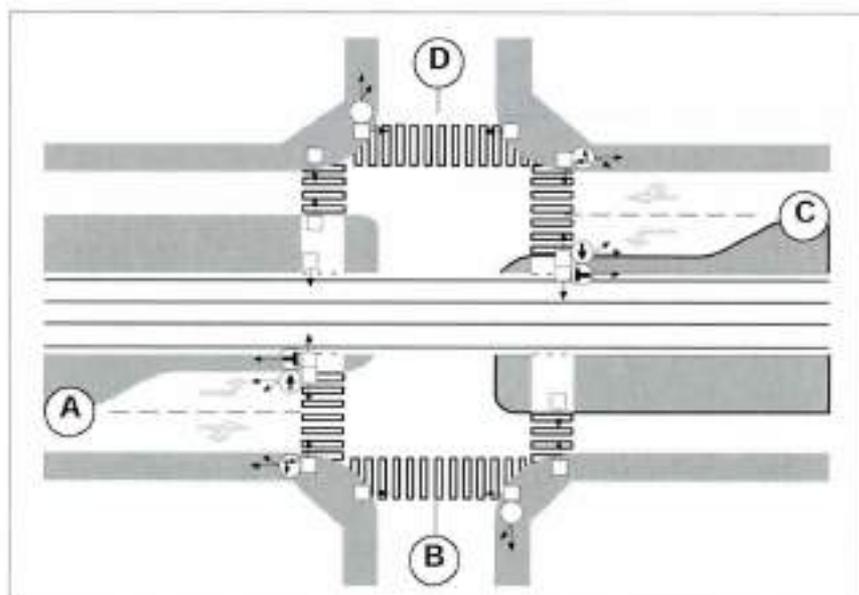
Durant la phase tramway, toutes les figurines piétons sont au vert, à l'exception, bien entendu, de celles gérant la traversée du site ferré.

La phase 1 permet la traversée des branches B et D, la phase 2 permet la traversée des branches A et C.

Ce fonctionnement ne provoque pas, pour les piétons, de longues attentes; en dehors de la phase tramway, les traversées de piétons sont en conflit avec les mouvements tournants.

¹²¹ Cf. septième partie - Les carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

C 22 - tourne-à-gauche avec voie spécialisée, tourne-à-droite sans voie spécialisée



122 Alors que la station en entrée de carrefour nécessite soit une prise en compte en station latérale de prévoir le temps d'arrêt ou une prise en compte dans l'intervalle station / carrefour, à une distance trop faible pour décaler les temps de visibilité sans provoquer une attente de la cane.

123 Cf. sixième partie - Stations, paragraphe 2 - Le positionnement des stations.

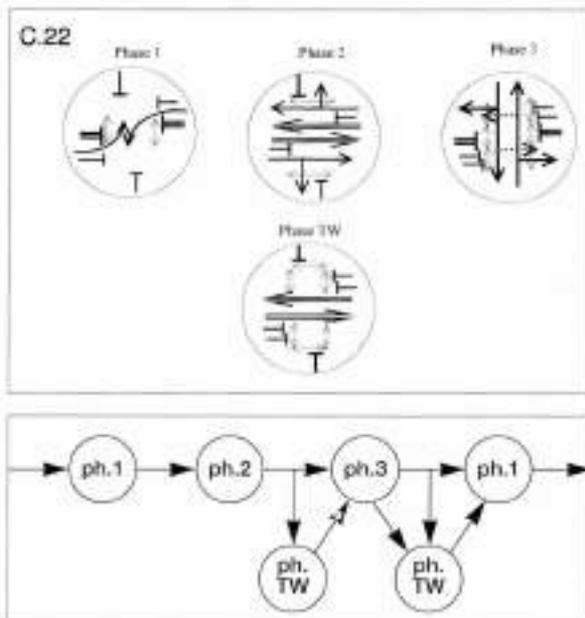
L'aménagement proposé comporte, sur l'axe parallèle à la ligne de tramway, des voies directes et tourne-à-droite dotées de signaux directionnels R 14 dtd et des voies spécialisées de tourne-à-gauche dotées de signaux R 14 tg.

Lorsque les voies de tourne-à-gauche peuvent être séparées des voies directes par un îlot, on utilise des feux circulaires R 11, ce qui est préférable lorsqu'il y a deux voies directes ou plus. Ce type d'aménagement rend plus lisible un fonctionnement à l'indonésienne des tourne-à-gauche d'origine parallèle au site ferré (A vers D et C vers B).

Cette configuration serait particulièrement propice à l'implantation de stations à quais décalés vers l'aval, en sortie du carrefour; elle dégage une surlargeur face aux voies de tourne-à-gauche, favorable à l'implantation d'une station proche du carrefour. Au strict plan fonctionnel, la station en sortie de carrefour facilite la prise en compte du tramway à l'approche¹²². Cependant une telle disposition n'est favorable ni au plan de sécurité des clients en station, ni au plan d'une perception forte des stations¹²³.

Fonctionnement C 22

Ce fonctionnement offre deux possibilités de passage du tramway : au cours de la phase 2 (les mouvements parallèles sont compatibles) et appel d'une phase ph TW, spécialisée tramway, entre les ph 2 et ph 3 ou entre ph 3 et ph 1.



Le plan de feux comporte deux phases («fenêtres») TW identiques

Une détection pendant la phase 1 écourte celle-ci et appelle la phase 2.

Une détection pendant la phase 2 la prolonge si nécessaire.

Une détection pendant l'interséquence ph 2 / ph 3 appelle la phase TW, qui est alors suivie de la phase 3; une détection pendant la phase 3 ou pendant l'interséquence ph 3 / ph 1 appelle également la phase TW, alors suivie de la phase 1.

Autres fonctionnements possibles

La phase 1 peut être partiellement ou entièrement escamotable.

Les modes de gestion acycliques permettent de passer à la phase 2 quelle que soit la phase en cours; la phase TW peut alors ne plus avoir lieu d'être.

Le cas représenté comporte des branches perpendiculaires bidirectionnelles sans voie affectée. En fonction des emprises et des trafics des diverses branches, d'autres possibilités existent.

Autres modes de transport collectif¹²⁴

L'aménagement est directement transposable dans pour la situation 1 a.

Dans la situation 1 b, les véhicules de TC ne sont admis que pendant la phase 2.

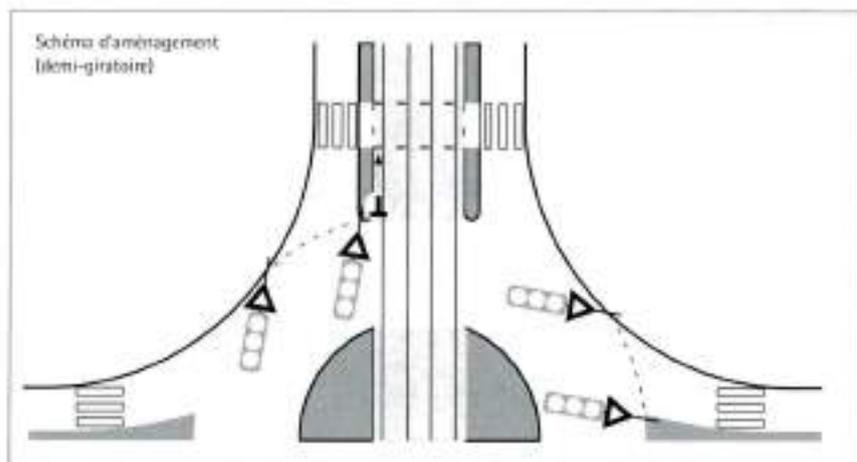
Les autres situations nécessitent une phase TC, déclenchée entre les autres phases dans le cas a ou intercalée entre les phases 3 et 1 dans les cas b.

124 Cf. espérances - Les canalisations et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

G 1 - Carrefour giratoire avec feux aux entrées uniquement

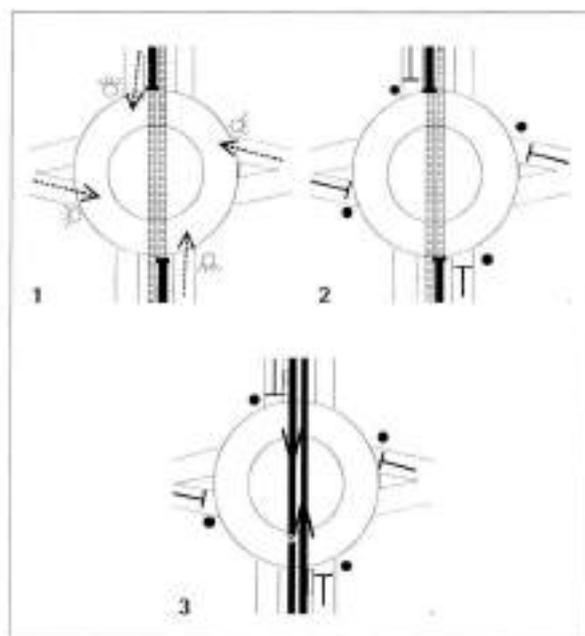
Le présent aménagement s'applique normalement aux carrefours giratoires de petites dimensions (rayon extérieur de l'ordre de 12 à 15 m)¹²⁵. L'aménagement est sensiblement symétrique : le site est axial de part et d'autre, l'îlot central est franchi en son centre.

La signalisation statique, horizontale et verticale, est celle d'un carrefour giratoire classique (avec obligatoirement signaux A 25 - carrefour à sens giratoire - à chaque entrée). Dans ce cas, elle comporte aussi, obligatoirement, ligne et signal de cédez-le-passage (AB 3 a). Chaque entrée comporte de plus un signal lumineux R 22 j (contrôle de flot, 3 feux circulaires jaune clignotant, jaune, rouge) ; les accès du tramway sont gérés par feux spécifiques. Le couple R 22 j - AB 3 a est doublé (à droite et à gauche de chaque entrée).



¹²⁵ Et pourrait éventuellement être étendu, après étude spécifique, aux mini-giratoires.

Fonctionnement G 1



1 - En l'absence de tramway, le fonctionnement est celui d'un carrefour giratoire avec sa signalisation spécifique. À chaque entrée, un feu tricolore (R 22 j) est au jaune clignotant sur l'optique du bas. Les signaux tramway sont fermés.

2 - La détection d'un tramway entraîne le passage au rouge des feux de toutes les entrées, après un jaune fixe de 5 s sur l'optique du milieu.

Le rouge intégral est conservé le temps de vidage du carrefour, soit au minimum le délai nécessaire pour un mouvement de tourne-à-gauche.

3 - Le «vert» est donné au tramway et maintenu jusqu'à l'acquiescement (détection de fin de passage).

Le temps de vidage étant assez long, ce mode de fonctionnement simple ne peut s'appliquer que sur les petits giratoires (rayon extérieur ≤ 15 m).

Certains mouvements qui ne sont pas en conflit avec le tramway sont arrêtés, ce qui risque de décrédibiliser ce type de signalisation.

Autres modes de transport collectif¹²⁶

Pour les systèmes intermédiaires guidés, l'aménagement sera similaire. Pour les autobus, le contournement de l'îlot central sera préféré, avec une gestion par feux similaire dans le cas a ou par simple cédez-le-passage dans le cas b. Pour les trolleybus, les deux possibilités restent envisageables, la traversée de l'îlot central permettant d'affirmer la priorité des transports collectifs et de simplifier les lignes aériennes.

Autres fonctionnements possibles

Pour un giratoire de dimension supérieure, voir la fiche G 2, ci-après.

Traversées piétonnes

Les passages piétons peuvent être empruntés dans les mêmes conditions que dans un carrefour giratoire classique, indépendamment de l'état des feux R 22 j.

Des refuges de taille suffisante¹²⁷ sont indispensables de part et d'autre du site ferré.

¹²⁶ Cf. septième partie - Carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe 7 - La transposition aux autres modes de transport collectif de surface.

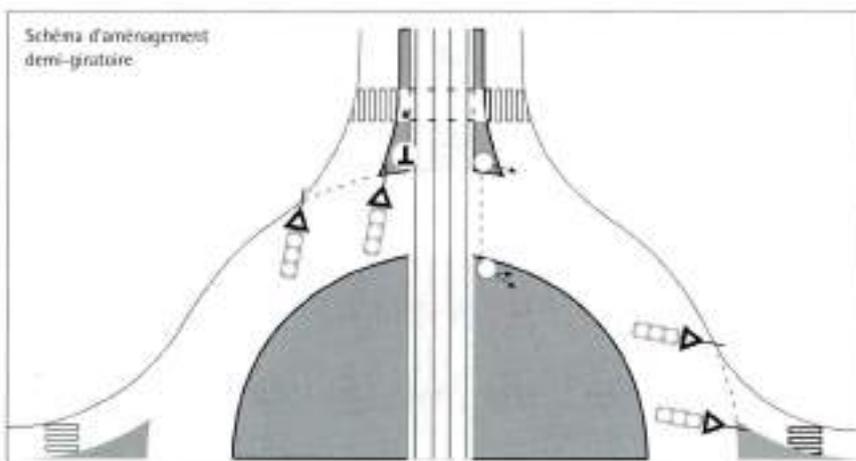
¹²⁷ Largeur minimale 2,90 m, en aucun cas inférieure à 1,50 m.

G 2 - Carrefour giratoire avec feux sur l'anneau

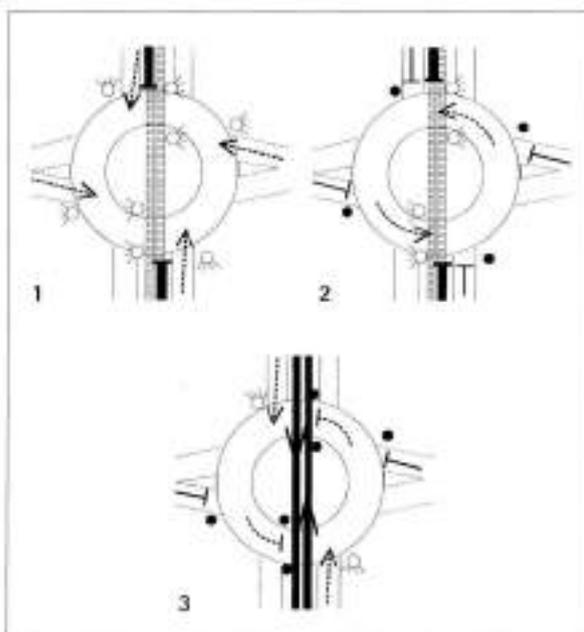
Cette solution, dont le principe consiste, par rapport à la solution G 1, à ajouter des feux sur l'anneau, peut s'appliquer aux carrefours giratoires de 15 à 25 m de rayon extérieur.

Par rapport à la solution G 1, le temps de vidage de l'anneau est réduit grâce à la présence de feux «de barrage» sur l'anneau. Ces feux permettent en outre de reformer rapidement le vert aux mouvements directs et tourne-à-droite, qui ne sont pas en conflit avec le tramway.

Ce type d'aménagement est adaptable à des carrefours à plus de 4 branches, pourvu que le site réservé reste axial et sensiblement rectiligne.



Fonctionnement G 2



1 - Outre les feux aux entrées (R 22 j + AB 3 a), l'aménagement comporte également des feux sur l'anneau juste avant le franchissement du site ferré (R 11 j ou R 24 avec, dans les deux cas, C 20 c). Tous ces feux sont doublés, avec notamment feux à gauche, sur l'îlot central.

En position de repos tous les feux routiers sont au jaune clignotant (optique du bas) et le carrefour fonctionne en giratoire. Les feux tramway sont fermés.

2 - La détection d'un tramway entraîne le passage au rouge des feux de toutes les entrées, alors que les feux sur l'anneau restent quelque temps au jaune clignotant afin d'écouler les véhicules engagés sur l'anneau. Ce temps peut être limité au

temps de dégagement des mouvements directs d'origine perpendiculaire à la ligne de tramway, donc beaucoup plus court que le temps de vidage complet nécessaire dans la solution G 1.

3° - Après un bref rouge intégral, le vert est donné au tramway, alors que les feux sur les entrées parallèles au site réservé repassent au jaune clignotant.

La détection de fin de passage du tramway permet le retour à l'état de repos, éventuellement avec un décalage entre le vert sur l'anneau et le vert sur les entrées perpendiculaires.

Autres modes de transport collectif¹²⁸

Pour les systèmes intermédiaires guidés, l'aménagement sera similaire. Pour les autobus, le contournement de l'îlot central sera préféré, avec une gestion par feux similaire dans le cas a ou par simple cédez-le-passage dans le cas b. Pour les trolleybus, les deux possibilités restent envisageables, la traversée de l'îlot central permettant d'affirmer la priorité des transports collectifs et de simplifier les lignes aériennes.

Autres modes de fonctionnement

Les giratoires de grande taille (plus de 25 m de rayon extérieur) pourront être traités différemment, à l'instar du traitement des places, en installant des feux uniquement sur l'anneau¹²⁹.

Traversées piétonnes

Les passages piétons peuvent être empruntés dans les mêmes conditions que dans un carrefour giratoire classique, indépendamment de l'état des feux R 22].

Des refuges de taille suffisante¹³⁰ sont indispensables de part et d'autre du site ferré.

¹²⁸ Cf. septième partie - Carrefoirs et autres traversées à niveaux, paragraphe 7 - La traversée aux autres modes de transport collectif de surface.

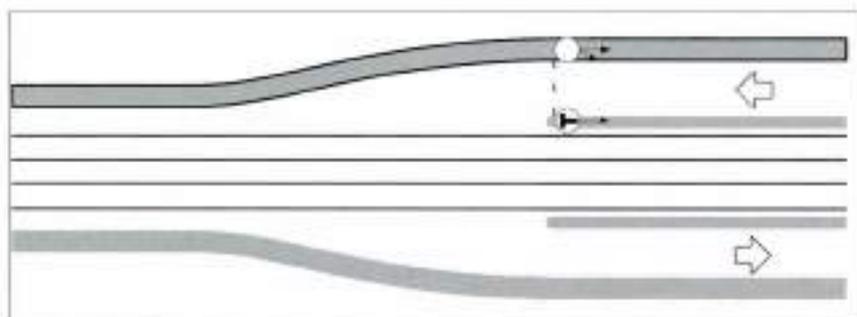
¹²⁹ Dans certaines configurations particulières, sur site ou certains sites.

¹³⁰ Largeur minimale 2,00 m, en aucun cas inférieure à 1,50 m.

SB - Passage du site réservé au site banal

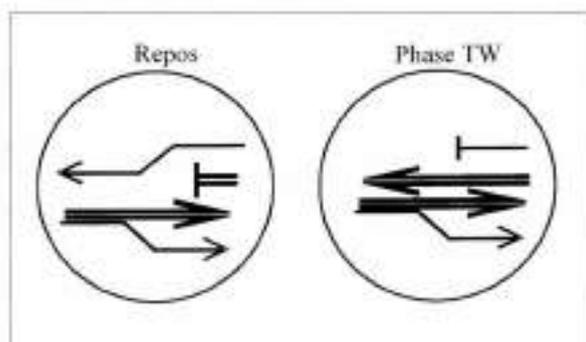
L'exiguïté des emprises disponibles peut quelquefois imposer la circulation du tramway en site banal. La convergence des voies de circulation générale et des voies ferrées nécessite alors généralement une gestion par feux, pour stopper la circulation générale, afin de privilégier le passage du tramway.

Aucune disposition particulière (autre que la signalisation statique⁽¹⁾) n'est alors nécessaire pour le sens inverse (divergence).



Fonctionnement

En position de repos, la circulation générale dispose de l'autorisation de passer (vert ou jaune clignotant). La détection d'un tramway en approche, dans le sens convergent, commande la mise au rouge du feu véhicules, permettant ainsi l'ouverture (mise au «vert») du signal tramway. En sens inverse, la circulation reste libre.



Pour faciliter la circulation du tramway en site banal, il convient d'avoir une action sur le carrefour aval, afin d'éviter toute file d'attente lors de l'arrivée du tramway.

La convergence pourra se situer dans une intersection ou à la proximité immédiate, le plan de feux du carrefour étant alors bien entendu conçu de façon à ne pas donner un vert simultané aux mouvements convergents, mais en favorisant le passage du tramway.

Enfin, on évitera d'implanter une station (en site banal) à l'aval proche d'une telle convergence, les automobilistes ne respectant alors pas la signalisation, pour ne pas se trouver arrêtés derrière le tramway en station.

⁽¹⁾ Et le choix des matériaux de revêtement qui a également une importance primordiale, pour le guidage des automobilistes vers la voie qui leur est affectée.

Autres modes de transport collectif¹³²

L'aménagement et le fonctionnement sont transposables à d'autres modes, sous réserve que le site propre ne soit pas ouvert à d'autres catégories d'usagers.

Traversées piétonnes

En général, il n'y a pas lieu d'aménager spécifiquement de passage piétons à cet endroit.

¹³² Cf. système partie « Carrefours et autres traversées à niveau, paragraphe « transposition aux autres modes de transport collectif de surface », pages 20 à 27.

A N N E X E 3

Fiches matériaux



Liste des fiches

Matériaux de surface

Enrobés (matériau générique)

Enrobé percolé (non normalisé)

Asphalte coulé

Enduit superficiel

Béton de ciment

Pavés en béton de ciment

Pavés de pierre naturelle

Pavés de terre cuite

Résines (non normalisées)

Matériaux d'assises

Béton maigre et béton dit de roulement

Grave bitume

Enrobé à module élevé

Grave ciment

Grave non traitée

Matériaux de surface

Enrobé (matériau générique)

Le vocable générique regroupe en fait des matériaux différents faisant tous l'objet de normes produits :

- les bétons bitumineux semi-grenus (BBSG), norme NF P 98-130;
- les bétons bitumineux minces (BBM), norme NF P 98-132;
- les bétons bitumineux très minces (BBTM), norme NF P 98-137;
- les bétons bitumineux à module élevé (BBME), norme NF P 98-141.

Le choix de l'un ou l'autre de ces matériaux est fonction de l'épaisseur de mise en œuvre envisagée et des caractéristiques recherchées vis-à-vis du contexte du chantier et en particulier du niveau de trafic supporté par la voie.

Caractéristiques

Formulation

- granularité 0/10 de préférence (meilleure adhérence);
- granulats de roche massive (classe B III de la norme P 18-101);
- bitume de classe 35/50 de préférence pour limiter les risques d'ornièrage, ou liant modifié.

Épaisseur de mise en œuvre

5 à 6 cm pour BBSG 0/10 et BBME, 3 à 4 cm pour BBM.

Assise

En grave bitume de préférence, au moins pour la couche de base pour trafic élevé.

Coloration

Les enrobés peuvent être colorés en rouge avec ajout d'oxyde de fer qui donne une teinte finale plutôt marron

(utiliser impérativement des gravillons roses dans ce cas); il est alors préférable d'utiliser des bétons bitumineux minces qui permettant une mise en œuvre en moindre épaisseur, conduisant à un coût moins élevé. D'autres colorations sont possibles moyennant utilisation de granulats de couleur adéquate, de liant dépigmenté et de colorants (oxydes métalliques) adaptés. Ces produits, très coûteux, sont très sujets aux salissures et leur comportement sous trafic est mal connu.

Références

- CCTG fascicule 27
- Enrobés hydrocarbonés à chaud - guide d'application des normes, LCPC, SETRA, 1994.

Avantages

- c'est un matériau largement disponible et d'utilisation courante;
- correctement formulé, il résiste bien à l'ornièrage et au trafic lourd;
- il peut être fraisé, découpé et éventuellement recyclé;
- sa mise en œuvre est rapide, avec des matériels traditionnels en technique routière.

Inconvénients

- il est relativement sensible aux hydrocarbures;
- il est difficilement réparable en petite surface.

Enrobé percolé (non normalisé)

Caractéristiques

Formulation

La formule de l'enrobé est proche de celle d'un enrobé drainant Q/10 ou Q/14 (environ 20% de vides).

Les vides sont ensuite remplis à l'aide d'un coulis de ciment. Pour l'enrobé, on utilise de préférence un bitume 35/50, avec des granulats de classe B II ou B III de la norme P 18-101.

Épaisseur de mise en œuvre

4 cm.

Assise

Elle doit impérativement être peu déformable, de préférence en structure mixte (GB/GH) ou tout GB. Éviter les bétons qui transmettent rapidement les fissures de retrait en surface.

Coloration

La coloration des enrobés avec des oxydes de fer permet d'obtenir des colorations rouge à ocre. Un grenillage de la surface améliore l'adhérence.

Références

– CCTG fascicule 27 (pour l'enrobé).

Avantages

- c'est un matériau insensible à l'orniérage, même pour les trafics élevés ;
- il est insensible aux hydrocarbures.

Inconvénients

- sa mise en œuvre est délicate (pose du coulis de ciment).
- il est difficilement réparable ;
- il est sujet à fissuration (retrait).
- le délai de remise en service est important (7 jours minimum de séchage du coulis de ciment).

Asphalte coulé (norme NF P 98-145)

Caractéristiques

Formulation

L'asphalte doit être de type AC2, suivant la norme NF P 98.145 (asphalte coulé pour chaussée lourde), et de granularité 0/10. Pour une circulation intense, il est conseillé d'utiliser des bitumes de classe 20/30, pour une circulation moyenne 35/50.

Les granulats doivent être de catégorie minimale B III de la norme P 18.101.

Un cloutage au gravillon 4/6 ou 6/10 est conseillé. Les gravillons de cloutage doivent alors être de catégorie B II au moins.

Épaisseur de mise en œuvre

3 à 3,5 cm pour de l'asphalte 0/10.

3,5 à 4 cm pour de l'asphalte 0/14.

Assise

Elle doit impérativement être peu déformable, en béton maigre ou grave bitume, avec un bon nivellement (déformation permanente inférieure à 5 mm sous la règle de 3 m).

Coloration

La coloration de l'asphalte avec des oxydes de fer permet d'obtenir des colorations rouge à ocre. Il convient alors d'utiliser impérativement des gravillons roses. Le coût est d'environ 1,5 fois celui de l'asphalte noir. Concernant les autres colorations possibles, mêmes remarques que pour les enrobés.

Références

- CPC Asphalte coulé – fascicule 10.

Avantages

- c'est un matériau facilement recyclable et permettant aisément la réparation, même en petite surface;
- il est relativement disponible dans les grandes agglomérations (centrales de fabrication spécifique).

Inconvénients

- sa mise en œuvre est lente, sauf si en utilisant un finisseur spécial;
- il est sensible à l'orniérage et au poinçonnement, si la formulation n'est pas parfaitement adaptée;
- il est relativement sensible aux hydrocarbures;
- il est inadapté aux trafics importants.

Enduit superficiel (norme NF P 98-160)

Caractéristiques

Les enduits ne conviennent que pour des trafics modérés. En particulier il est déconseillé de les utiliser dans des carrefours où les cisaillements transversaux sont importants. En revanche, en alignement, ils se comportent bien, sous réserve d'un support homogène et non ressuant.

Formulation

Les enduits ne conviennent que pour des trafics modérés. Il est en outre déconseillé de les utiliser dans des carrefours où les cisaillements transversaux sont importants. En revanche, en alignement, ils se comportent bien, sous réserve d'un support homogène et non ressuant.

Formulation

On utilise de préférence l'enduit pré-gravillonné 4/6 - 2/4, pour limiter les problèmes de bruit. Le liant est obligatoirement un liant modifié. Les gravillons sont de classe B II au minimum, voire B I pour les trafics les plus importants.

Épaisseur

environ 0,5 à 1 cm.

Assise

Le support est nécessairement bitumineux (enrobé), homogène et suffisamment dur, afin d'éviter le poinçonnement.

Coloration

Elle est obtenue par le choix des gravillons (de roche massive), de couleur rose, ou ocre, par exemple.

Références

- CCTG fascicule 26.

Avantages

- c'est une technique bon marché et rapide à mettre en œuvre ;
- son épaisseur faible autorise la mise en œuvre en entretien sur enrobé ;
- les réparations sont aisées, même pour de petites surfaces (point à temps automatique).

Inconvénients

- la durée de vie peut être limitée à quelques années (4 à 8 ans), même pour un trafic lourd relativement faible ;
- il est sensible aux hydrocarbures ;
- il est sensible aux arrachements par cisaillement, dans les carrefours notamment.

Béton de ciment (norme NF P 98-170)

Caractéristiques

La couche de surface joue alors le rôle d'assise (au moins de couche de base).

Formulation

La classe de résistance à 28 jours doit être au minimum de classe 5 conformément à la norme NF P 98-170. Les granulats, de granulométrie 0/14 ou 0/20 doivent être de classe B III de la norme P 18-101.

Épaisseur

La dalle de roulement a une épaisseur minimale de 25 cm pour les trafics importants (dalles courtes). Elle repose sur une fondation en béton maigre.

Assise

La dalle de béton de ciment constitue à la fois la couche de roulement et la couche de base. Il faut néanmoins prévoir un béton maigre en fondation pour les trafics moyens et forts (supérieurs à 100 autobus ou à 50 trolleybus par jour).

Coloration

Le béton strié reste gris. Pour retrouver la couleur des gravillons, il est nécessaire de désactiver le béton¹⁰⁰.

Références

- CCTG fascicule 28;
- Chaussées urbaines en béton, Guide Technique, CERTU, NF, LCPC, 1996.

Avantages

- la durabilité est importante;
- c'est une technique insensible à Tornierage et aux hydrocarbures.

Inconvénients

- la mise en œuvre est très spécialisée et délicate.
- les réparations sont très délicates;
- les joints transversaux de retrait nécessitent un entretien périodique.

Voir également les fiche ASSISES (béton maigre et béton dit de roulement).

Pavés en béton de ciment (norme NF P 98-303)

Caractéristiques

Formulation

Les pavés doivent être conformes à la norme NF P 98-303 (pavés voirie).

Ils doivent être de préférence autobloquants multidirectionnels ou pour les trafics élevés autobloquants à emboîtement et épaulement.

La contrainte de traction par fendage doit être supérieure à 4 MPa.

Épaisseur

Elle doit être au minimum de 8 cm pour les pavés; il convient d'y ajouter 3 cm pour le lit de pose.

Cette épaisseur minimale doit être portée à 10 cm au minimum dans le cas d'utilisation de pavés parallélépipédiques.

Assise

Elle doit obligatoirement être peu déformable, de préférence mixte (grave bitume sur grave hydraulique), béton maigre voire grave bitume sous réserve de l'obtention d'une faible déformabilité.

Coloration

La couleur des pavés béton est variable. En particulier les couleurs ocre, rouge, blanche sont faciles à obtenir.

Références

- CCTG fascicule 29;
- Norme P 98-335 (mise en œuvre);
- Guide de conception et de réalisation des chaussées en pavés de béton, CERIB, 1992.

Avantages

- c'est une technique insensible à l'ornièrage, sous réserve que l'assise soit suffisamment rigide;
- les réparations sont aisées, même pour de petites surfaces;
- les matériaux sont réutilisables.

Inconvénients

- la mise en œuvre est lente;
- les joints en sable nécessitent un entretien fréquent;
- les pavés sont facilement salis par les hydrocarbures;
- un blocage transversal et un blocage longitudinal sont nécessaires.

Pavés en pierre naturelle (norme B 10-601)

Caractéristiques

Formulation

Les pavés de pierre font l'objet d'un projet de norme européenne : NF EN 1341.

La norme expérimentale B 10-601 donne les prescriptions générales concernant les pierres. Il convient d'utiliser des pierres dures et non poissables, du type granite, grès, porphyre.

Épaisseur

Elle doit être au minimum de 8 cm auxquels il convient d'ajouter 4 cm pour le lit de pose.

Assise

Elle est nécessairement peu déformable, de préférence en béton maigre.

Coloration

La couleur des pavés de pierre est variable, de l'ocre au gris pour les granites, rose à blanc pour les grès, gris à rose pour les porphyres.

Références

- Normes produits NF EN 1341 (projet), B 10-601, NF P 98-401;
- CCTG fascicule 29;
- Norme P 98-335 pour la mise en œuvre;
- Guide de mise en œuvre : Les pierres naturelles en voiries urbaines, CERTU, 1995.

Avantages

- c'est une technique insensible aux hydrocarbures, ainsi qu'à l'orniérage, sous réserve que l'assise soit suffisamment rigide;
- les réparations sont aisées, même pour de petites surfaces;
- matériaux sont réutilisables.

Inconvénients

- la technique de pose est souvent mal maîtrisée, ce qui peut entraîner rapidement des désordres, si la zone concernée supporte un quelconque trafic;
- les chaussées peuvent être inconfortables et bruyantes;
- la mise en œuvre est lente;
- un blocage transversal et un blocage longitudinal sont nécessaires;
- les joints nécessitent un entretien relativement fréquent.

Pavés de terre cuite (norme expérimentale P 98-336)

Caractéristiques

Formulation

Les pavés de terre cuite doivent être conformes à la norme expérimentale P 98-336.

Ils doivent être de préférence parallélépipédiques à bords chanfreinés. La longueur du produit ne doit pas dépasser 300 mm et son épaisseur doit être supérieure à 40 mm.

Ils sont classés en fonction de leurs caractéristiques mécaniques.

- à la rupture;
- à l'usure.

Épaisseur

Elle est fonction de l'usage de la voie :

- au moins 40 mm pour les zones exclusivement piétonnes (toute circulation physiquement impossible);
- 70 à 90 mm pour les zones circulées.

Assise

Elle est impérativement peu déformable, de préférence en béton maigre.

Coloration

Naturellement rouge à ocre.

Avantages

- la couleur est chaude ; elle ne passe pas;
- c'est une technique peu sensible aux hydrocarbures ;
- les réparations sont aisées.

Inconvénients

- la mise en œuvre est lente ;
- les joints nécessitent un entretien fréquent ;
- un blocage transversal et un blocage longitudinal sont nécessaires.

Références

- Norme P 98-335 pour la mise en œuvre.
- Les pavés en terre cuite - Guide de mise en œuvre, CETUR, 1992).

Résines (matériaux non normalisés)

Caractéristiques

Formulation

Il n'existe pas de composition type mais une multiplicité de produits issus de la technique des peintures routières.

Généralement, il s'agit de produits à 2 composants avec durcisseur ou polymérisables.

Les revêtements subissent au cours de la mise en œuvre un traitement de surface (gaufrage ou sablage) ou un gravillonnage avec des gravillons colorés.

Épaisseur de mise en œuvre

2 à 4 mm (soit 5 à 10 Kg/m²).

Assise

Tout type d'assise peut convenir ; les matériaux sont généralement mis en œuvre sur l'enrobé de surface.

Coloration

C'est soit celle des granulats (généralement un 2/4), beige, blanche, ocre, noire etc., soit celle de la résine (on dispose alors d'une large palette de coloris).

Références

Il n'existe aucun texte.

Avantages

- l'épaisseur est négligeable ; la résine peut se poser sur une chaussée en place ;
- les réparations sont aisées ;
- les calepinages variés sont faciles à réaliser ;
- une remise en service rapide est possible.

Inconvénients

- c'est une technique sensible aux déformations éventuelles du support ;
- les résines sont sensibles aux hydrocarbures.

Matériaux d'assises

Béton maigre et béton dit de roulement (norme NF P 98-170)

Définition

Les bétons sont des mélanges de granulats, d'eau, de ciment et parfois d'adjuvant.

Granulats

Les granulats 0/20 ou éventuellement 0/14 sont obtenus par recombinaison de sables et de gravillons. Les sables sont au moins de classe C conformément à la norme P 18-101.

Ciments

Les ciments les plus couramment utilisés sont les CPJ CEM II/A ou II/B 32,5 ou 42,5 ou CPJ, CEM IV/A ou IV/B 32,5 ou 42,5 à raison de :

- 200 à 250 kg/m³ pour un béton maigre ;
- 300 à 350 kg/m³ pour un béton hydraulique [béton dit de roulement].

Formulation

À titre indicatif, les formules de béton à mettre en œuvre peuvent avoir la composition suivante pour un m³ :

Béton maigre	
granulat 0/20	1 200 kg/m ³
sable 0/6 concassé et roulé	900 kg/m ³
ciment	200 à 250 kg/m ³
eau totale	140 kg/m ³
plastifiant	1 kg/m ³
entraîneur d'air	0,3 kg/m ³

Béton dit de roulement

granulat 0/20	1 200 kg/m ³
sable 0/6 concassé et roulé	750 kg/m ³
ciment	330 kg/m ³
eau totale	160 kg/m ³
plastifiant	1,7 kg/m ³
entraîneur d'air	0,3 kg/m ³

La formulation est à adapter avec les gravillons locaux disponibles et après étude d'un laboratoire.

Le plastifiant et l'entraîneur d'air sont indispensables.

Un accélérateur de durcissement peut être incorporé au mélange si des délais de remise en service de la voie l'imposent. Dans ce cas, il faut être très vigilant sur le délai de mise en œuvre du béton qui doit être réalisé dans le délai de maniabilité.

À contrario, l'utilisation d'un retardateur de prise peut s'avérer nécessaire dans certains cas.

Caractéristiques minimales à obtenir en laboratoire, correspondant pour le béton maigre à la catégorie 2 de la norme NF P 98.170 :

- soit la résistance à la traction par fendage mesurée dans les conditions de laboratoire doit être supérieure à 1,7 MPa (norme NF P 18-408) ;
- soit la résistance à la compression mesurée dans les conditions de laboratoire doit être supérieure à 20 MPa (norme NF P 18-406).

Béton dit de roulement, catégorie 6 de la norme NF 98.170 :

- soit la résistance à la traction par fendage mesurée dans les conditions de laboratoire doit être supérieure à 3,3 MPa (norme NF P 18-408) ;
- soit la résistance à la compression mesurée dans les conditions de laboratoire doit être supérieure à 45 MPa (norme NF P 18-406).

Grave bitume (norme NF P 98-138)

Définition

Les graves bitumeuses sont des mélanges de bitume pur et de granulats, chauffés et malaxés dans une centrale d'enrobage à chaud.

Constituants

Il est préférable d'utiliser des granulats 0/14 qui limitent la ségrégation des matériaux. Les granulats sont au moins de classe D III conformément à la norme P 18-101.

Pour obtenir une meilleure rigidité, le bitume est un bitume pur de classe 35/50.

La teneur en liant minimale est de 4,1 ppc pour un poids spécifique des matériaux de 2,65.

Formulation

À titre indicatif, la formule de grave bitume à mettre en œuvre peut avoir la composition suivante :

- passant au tamis de 10 mm : 70 à 86 %
- passant au tamis de 2 mm : 26 à 42 %
- passant au tamis de 0,08 mm : 6 à 10 %
- teneur en liant : 4,1 à 4,6 %

La formulation est à adapter avec les gravillons locaux disponibles et après étude de laboratoire.

Caractéristiques minimales à obtenir

Dans tous les cas, il est indispensable d'utiliser une grave bitume ayant des performances suffisantes (classe 2 ou 3 de la norme NF P 98-138).

Enrobé à module élevé (norme NF P 98-140)

Définition

Les enrobés à module élevé sont des mélanges de bitume généralement dur et de granulats, chauffés et malaxés dans une centrale d'enrobage à chaud.

Constituants

Le liant utilisé est le plus souvent un bitume très dur (classe 10/20).

Le module d'élasticité doit être supérieur à 16000 MPa.

La mise en œuvre doit être effectuée dans de bonnes conditions météorologiques pour assurer les performances requises, et les granulats de catégorie D III conformément à la norme P 18-101.

Caractéristiques à obtenir

Les caractéristiques des EME de classe 1 pourront être retenues.

Grave ciment (norme NF P 98-116)

Définition

Les graves ciments sont des mélanges obtenus en centrale de malaxage de granulats d'eau et de ciment.

Constituants

Les granulats 0/20 ou éventuellement 0/14 sont obtenus par recombinaison de sables et de gravillons.

Les sables sont au moins de classe b de la norme P 18-101.

Les gravillons sont au moins de classe D III de la norme P 18-101.

Ciment

Les ciments les plus couramment utilisés sont les CPJ CEM II/A ou II/B 32,5 ou 42,5; CPJ CEM IV/A ou IV/B 32,5 ou 42,5 au dosage compris entre 4 % et 4,5 % par rapport à la masse de granulats secs.

Formulation

À titre indicatif, une formule de grave ciment à mettre en œuvre peut être la suivante :

- passant au tamis de 14 mm : 50 à 70 %
- passant au tamis de 2 mm : 25 à 40 %
- passant au tamis de 0,08 mm : 4 à 8 %
- teneur en liant : 5 à 6 %

La formulation est à adopter avec les gravillons locaux disponibles après l'étude de laboratoire.

Caractéristiques à obtenir

Ce sont celles de la catégorie B 2 de la norme, soit, à 360 jours :

- module d'élasticité < 30 000 MPa;
- résistance à la traction > 0,8 MPa.

Grave non traitée (norme NF P 98-129)

Définition

Les graves non traitées sont des mélanges de granulats.

Pour les GNT de type B¹²⁴, les mélanges doivent être réalisés en centrale avec ajout d'eau à la teneur requise.

Constituants

Les granulats 0/20 ou 0/14 (proscrire les 0/30 compte tenu de la ségrégation qu'ils apportent) sont de classe C III et les sables de catégorie B de la norme P 18-101.

Caractéristiques

Les GNT doivent être de type B (ex GRH) et de catégorie 2.

124 Antérieurement désignées graves recombinaison humides (GRH).

Bibliographie

Textes juridiques et réglementaires

- *Arrêté du 24 novembre 1967* relatif à la signalisation des routes et des autoroutes modifié.
- *Arrêtés des 26 juillet 1974, 7 juin 1977, du 21 juin 1991 et du 6 novembre 1992* modifiés relatifs à l'approbation de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière.
- *Circulaire ministérielle TP n° 64 du 4 avril 1957* (B.E. n° 49.924 D.N./Gend. Du 26 novembre 1957) et *Int. n° 337 du 21 juin 1963* dont les termes techniques sont à utiliser dans les procès-verbaux de constats d'accidents de la circulation routière.
- *Code civil*.
- *Code de la route*.
- *Convention sur la Circulation (routière) Internationale* signée à Vienne le 8 novembre 1968, entrée en vigueur le 21 mai 1977 et publiée par le décret n° 77-1040 du 1^{er} septembre 1977.
- *Convention sur la Signalisation Routière (internationale)* signée à Vienne le 8 novembre 1968, entrée en vigueur le 6 juin 1978 et publiée par le décret n° 81-796 du 4 août 1981.
- *Décret n° 42-730 du 22 mars 1942* portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté, et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt général et local.
- *Loi n° 82-1153 d'orientation des transports terrestres* du 30 décembre 1982.
- *Loi n° 85-677 du 25 juillet 1985* tendant à l'amélioration de la situation des victimes d'accidents de la circulation et de l'accélération des procédures d'indemnisation.

Ouvrages juridiques

- *Guide de la maîtrise d'ouvrage pour les TCSP*, GART, 1999.
- CHAPUS (René) : *Droit Administratif Général* (tome 2, seconde partie).
- ROBERT (A.) : *Les Montages Innovants* (Dossier Constructions Publiques, Ministère de l'équipement, du logement et des transports, mars 1993).

Autres ouvrages

Aménagements

- *Le boulevard urbain : des voies qui permettent de réconcilier vie locale et circulation*, Lyon, CERTU, 1997.
- *Les arrêts de bus dans leur contexte urbain*, Lyon, Paris, CERTU, ADEME, GART, 1996.
- LE JEUNE (François), *Bases de calcul d'implantation du tramway de l'agglomération nantaise*, SEMITAN, décembre 1996.
- *Les transports collectifs de surface en site propre - études de cas en France et à l'étranger*, Lyon, CERTU, 1995.
- *Recommandations pour l'accessibilité à tous des points d'arrêts d'autobus*, COLITRAH, 1993.
- *Répertoire des équipements urbains*, Bagneux, CETUR, 1993.
- *Zone 30 - Méthodologie et recommandations*, Bagneux, CETUR, 1992.

- PINON (Pierre), *Lire et composer l'espace public*, Paris, Ed. du STU, 1991.
- *Cheminement piétonnier urbain - Conditions de conception et d'aménagement des cheminements pour l'insertion des personnes handicapées*, Bagneux, CETUR, dossier n° 38, 1990.
- *Guide général de la voirie urbaine, conception, aménagement, exploitation*, Bagneux, CETUR, 1988.
- *Carrefours à feux*, Bagneux, CETUR, 1988.
- *Directives techniques pour tramways*, Transports Publics Genevois, 1984.
- *Recommandations pour l'aménagement du point d'arrêt*, UTP, 1982.

Matériels

- *Matériels français de transports collectifs urbains*, Bagneux, CETUR, DIT, 1988.
- MALTERRE (Patrice), *Du tramway au métro léger*, AFAC, 1982.

Revêtements - Chaussées

- *Le choix des revêtements colorés à base de bitume ou de résine pour la voirie urbaine*. Recommandations, CERTU, dossier n° 73, 1997.
- *Chaussées urbaines en béton*. Guide technique, CERTU, LCPC, IVF, 1996.
- *Les pierres naturelles en voirie urbaine*. Guide de mise en œuvre, CERTU, 1995.

- *Conception et exécution du béton désactivé*, CIMBETON, 1995.
- *Conception et dimensionnement des structures de chaussées*. Guide technique, SETRA, LCPC, 1994.
- *Enrobés hydrocarbonés à chaud*. Guide d'application des normes, SETRA, LCPC, 1994.
- *Guide des terrassements routiers*, SETRA, LCPC, 1992.
- *Guide de conception et de réalisation des chaussées en pavés de béton*, CERIB, 1992.
- *Traversées d'agglomérations. Matériaux d'aménagement sur chaussées*. Guide technique, CETE de l'Ouest, CETE de Lyon, SETRA, CETUR, 1990.
- *Renforcement en enrobés à module élevé en traversée d'agglomération*, SETRA, 1988.
- *Chaussées réservées aux transports en commun*. Manuel de conception des structures, CETUR, LCPC, 1984.
- *Chaussées neuves à faible trafic*. Manuel de conception, SETRA, LCPC, 1981.
- *Catalogue des structures types de chaussées neuves*, SETRA, LCPC, 1998.

Autres, rapports, études, revues

- *La Vie du Rail et des Transports*, édition professionnelle, 7 et 28/1/1998.
- *Étude sur les accidents de la circulation dans lesquels un tramway intervient: les règles applicables*, GART, juin 1995.

- *Rapport intérimaire du groupe de travail relatif aux concessions de transport public en zone urbaine*, Conseil National des Transports, novembre 1994.
- LESNE (Jacques), *Panorama des systèmes de transport collectif en site propre*, TEC, n° 117, avril 1993.
- *Dictionnaire technique routier Français - Anglais*, AIPCR, 6^e édition, 1990.
- *Rapport du groupe de travail relatif à la maîtrise d'ouvrage des sites propres de transports collectifs dans la région Ile-de-France*, Ministère de l'urbanisme, du logement et des transports, Direction des Transports Terrestres, juillet 1985.

Table des matières

	Avant-propos	5
	Intégrer le transport collectif en ville et partager l'espace public	
	Introduction	6
	Partager l'espace de la voie	6
	Le gabarit de la voie, héritage de l'histoire	6
	Les usages et les fonctions de la voie	8
	Les activités commerciales: stratégies commerciales et modes de déplacement	8
	Les habitants riverains: crainte des nuisances et limitation du stationnement	9
	Composer l'espace public autour d'un transport collectif	10
	Prévoir l'évolution des usages	11
	Intégrer les fonctions techniques	12
	Rendre l'espace lisible pour aider au repérage	13
	Décliner l'identité du transport collectif selon l'environnement urbain	14
	Introduction	17
PREMIÈRE PARTIE	Partie réglementaire: le régime applicable à la circulation des tramways urbains	20
	Introduction	22
	1 La notion de priorité	23
	2 Les droits et obligations des tramways à l'égard des autres véhicules	24
	2.1. Le caractère prioritaire des tramways	24
	2.1.1. Le décret n° 42-730 du 22 mars 1942	24
	2.1.2. Les dispositions spécifiques du Code de la route	24
	<i>Les règles de dépassement</i>	24
	<i>Les règles de priorité - principes et exceptions</i>	25
	2.1.3. La loi n° 85-677 du 5 juillet 1985	25
	<i>Le cadre général</i>	25
	<i>L'application de la loi du 5 juillet 1985 au cas des tramways</i>	26
	2.2. Le respect des prescriptions absolues par les tramways	26

3	Les droits et obligations des tramways à l'égard des piétons	28
3.1.	La priorité de passage accordée au tramway	28
3.2.	La responsabilité et la réparation en cas d'accident corporel dans lequel est impliqué un tramway	28
	Conclusion	29
DEUXIÈME PARTIE La signalisation		30
	Introduction	32
1	La signalisation verticale statique destinée aux conducteurs de véhicules	33
1.1.	La signalisation de danger	33
1.2.	La signalisation de position	33
1.3.	Le site réservé	35
1.4.	Les arrêts de transports en commun	36
1.5.	L'utilisation de panonceaux	36
2	La signalisation horizontale	37
2.1.	Le marquage des sites réservés	37
	<i>Les voies réservées aux autobus</i>	37
	<i>Les sites réservés aux tramways</i>	38
2.2.	Les passages pour piétons	38
3	La signalisation lumineuse	40
3.1.	La signalisation lumineuse destinée aux conducteurs de véhicules	40
3.1.1.	Les signaux réglementaires	40
3.1.2.	La prise en compte des véhicules de transport collectif - Le calcul des durées de rouge de dégagement	41
3.1.3.	Le fonctionnement au jaune clignotant général	41
3.2.	La signalisation lumineuse destinée aux piétons	42
3.3.	La signalisation lumineuse d'intersection destinée aux conducteurs de tramways	42
3.3.1.	les signaux	42
3.3.2.	les règles d'emploi	43
3.3.3.	Les cas des tramways en site banal et des sites tramways autorisés à d'autres véhicules	44
4	La signalisation d'exploitation	45
	Conclusion	45

TROISIÈME PARTIE	L'insertion géométrique et cinématique des matériels roulants	46
	Introduction	48
	<i>Les véhicules routiers</i>	48
	<i>Les tramways</i>	49
	<i>Les systèmes intermédiaires</i>	49
1	Un système de transport adapté à la demande	51
	<i>Le bus standard</i>	51
	<i>Le bus articulé</i>	51
	<i>Le tramway</i>	51
	<i>Les systèmes intermédiaires</i>	52
2	Un matériel attractif	53
	<i>L'accessibilité</i>	53
	<i>L'impact sur l'environnement</i>	54
3	L'insertion géométrique et cinématique	55
3.1.	Les dimensions des véhicules - Le gabarit statique	55
3.2.	Les contraintes d'insertion	56
	<i>Le tracé en plan</i>	56
	<i>Le profil en long</i>	56
	<i>Le cas des tramways</i>	56
3.3.	Les éléments cinématiques et de confort dynamique	56
4	Les contraintes liées aux équipements et installations aériennes	58
5	La largeur des sites réservés - La largeur des voies parcourues par les transports collectifs	59
5.1.	Les principes généraux	59
5.2.	La largeur des voies bus - détermination rapide	60
5.3.	La largeur des voies bus - détermination plus fine	60
6	Quelques éléments de géométrie (cas des tramways)	62
6.1.	La limitation de l'accélération non compensée	62
6.2.	Le rayon minimal en courbe sans dévers	62
6.3.	Les courbes de transition	62
	<i>La spécificité du tracé dans le cas des tramways</i>	63
6.4.	La compensation de l'accélération centrifuge par un dévers	64

6.5. Le profil en long	65
6.6. La combinaison du tracé en plan et du profil en long	65
QUATRIÈME PARTIE Les aménagements en section courante	66
Introduction	68
1 La situation actuelle - Observation et analyse	69
1.1. La hiérarchisation des voies	69
1.2. L'urbanisme et les activités latérales	69
1.3. L'exploitation du réseau de voiries	69
<i>Le schéma de voiries</i>	70
<i>Les intersections</i>	70
<i>Les trafics et les vitesses pratiquées</i>	70
<i>Les cheminements piétons</i>	70
2 Les réflexions préalables	71
<i>La ou les lignes de transports collectifs utilisant le site</i>	71
<i>Les piétons</i>	72
<i>Les deux-roues légers, cyclistes notamment</i>	72
<i>La circulation générale</i>	72
<i>Les usagers particuliers (véhicules de secours, de service, taxis...)</i>	72
<i>Les accès riverains</i>	73
<i>Le stationnement</i>	73
<i>Les réseaux</i>	74
<i>Le végétal</i>	74
3 Le partage de la voirie en faveur des transports collectifs	75
3.1. L'intérêt d'un site réservé	75
3.2. L'ouverture à d'autres catégories d'usagers	77
3.3. Le positionnement du site	78
4 Les aménagements	80
4.1. Les séparateurs	80
4.2. Les traversées piétonnes	83
4.3. Les vitesses pratiquées	84
Conclusion	85

CINQUIÈME PARTIE	Les traversées piétonnes	86
	Introduction	88
	1 Les principes généraux d'aménagement	89
	1.1. Les règles générales d'implantation de la signalisation verticale	89
	1.2. La signalisation verticale destinée aux piétons	89
	<i>La signalisation statique</i>	89
	<i>La signalisation lumineuse dynamique</i>	90
	1.3. La signalisation horizontale	90
	<i>Sur site bus</i>	90
	<i>Sur site tramway</i>	90
	1.4. La géométrie des traversées piétonnes	91
	1.5. Le fonctionnement des signaux piétons	92
	<i>Rappels</i>	92
	2 Les traversées en section courante	94
	2.1. Les traversées sans feux	94
	<i>L'aménagement géométrique</i>	94
	2.2. Les traversées avec feux	94
	<i>L'aménagement géométrique</i>	97
	<i>Le fonctionnement</i>	98
	3 Les traversées en carrefours	99
	3.1. En carrefour à feux	99
	3.2. En carrefour sans feux	99
	3.3. En carrefour giratoire	99
	4 Les traversées d'un site banal (cas des tramways)	100
	5 Les traversées à proximité immédiate d'une station	101
	5.1. En dehors de tout carrefour	101
	5.2. À proximité d'un carrefour à feux	102
	Résumé : Règles d'implantation de la signalisation lumineuse	
	Aménagements au sol - géométrie	104
SIXIÈME PARTIE	Les stations	106
	Introduction	108
	1 La typologie des points d'arrêt: les stations	109
	<i>Les choix effectués</i>	109

2 Le positionnement des stations	110
2.1. L'interdistance entre stations	110
2.2. La présence de pôles générateurs importants	110
2.3. Les cheminements piétons	110
2.4. Les intersections	110
2.5. L'intégration dans le site	112
3 Les contraintes techniques	113
3.1. La pente longitudinale	113
3.2. Le tracé en plan, les stations en courbe	113
3.3. La configuration des stations, les quais, les emprises	113
3.4. La hauteur des quais, leur pente transversale	114
3.5. La longueur des stations	115
3.6. L'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (PMR)	115
3.7. L'accès aux stations	116
3.8. Les stations de tramways en site banal	116
4 Les équipements	118
Conclusion	118
SEPTIÈME PARTIE Les carrefours et autres traversées à niveau	120
Avertissement	122
Introduction	122
1 Les petits carrefours avec signalisation statique (cas des tramways)	124
1.1. Avec un site axial inaccessible	124
1.2. Avec un site axial accessible	125
1.3. Avec un site banal	125
1.4. Avec un site latéral	125
2 Le traitement dynamique - Principe	127
3 L'intégration d'une phase transports collectifs dans le plan de feux	128
4 Les systèmes de détection	130
4.1. Les capteurs	130
4.1.1. La boucle magnétique	130
4.1.2. L'émetteur de fréquence embarqué	130
4.1.3. Le compteur de tour de roue	130

4.1.4. Les circuits de voir (véhicules ferroviaires seulement)	130
4.1.5. Le bouton-poussoir	130
4.2. L'équipement de détection	131
5 Les giratoires avec transports collectifs: avantages, inconvénients, limites	132
5.1. La sécurité	132
5.2. La capacité	133
5.3. La fluidité	133
5.4. L'intégration des transports en commun dans le fonctionnement	133
5.5. Les piétons	133
5.6. Les dispositions à éviter	134
6 Les places	135
7 La transposition aux autres modes de transport collectif de surface	136
Fiches en annexe	140
Conclusion	141
HUITIÈME PARTIE Les chaussées et revêtements	142
Introduction	144
1 Les chaussées des voies bus	145
1.1. Le choix des matériaux de surface	145
1.2. Le dimensionnement des chaussées	146
1.2.1. La prise en compte du trafic	146
1.2.2. La prise en compte de la portance des sols	147
1.2.3. Les matériaux d'assise	148
1.2.4. Le dimensionnement	149
2 L'utilisation des matériaux de surface sur site propre tramway	150
NEUVIÈME PARTIE La terminologie	154
Introduction	156
1 Les véhicules et les infrastructures spécifiques qui s'y rapportent	157
2 Les notions routières: la voirie, les sites réservés, et l'exploitation	159
3 La domanialité et la gestion	165

ANNEXE 1	Fiches Section courante	166
	Préambule	168
	<i>Les différentes implantations possibles des sites réservés</i>	169
	<i>Cas généraux - Bus ou tramway</i>	
	Fiche 1 Site réservé bidirectionnel axial	172
	Fiche 2 Site réservé bidirectionnel latéral	174
	Fiche 3 Un site réservé unidirectionnel latéral	176
	Fiche 4 Un site réservé unidirectionnel axial	178
	Fiche 5 Deux sites réservés unidirectionnels	180
	Fiche 6 Site réservé bidirectionnel latéral à gauche	182
	Fiche 7 Site réservé bidirectionnel latéral à droite	184
	Site réservé bidirectionnel axial	184
	Fiche 8 Un site réservé unidirectionnel latéral à droite	186
	Fiche 9 Un site réservé unidirectionnel axial ou latéral à gauche <i>(dans le sens de la circulation générale)</i>	188
	Fiche 10 Un site réservé unidirectionnel à contre-sens	190
	Fiche 11 Deux sites réservés unidirectionnels	192
	<i>Cas spécifiques aux tramways</i>	
	Fiche 11 Un site réservé dans un sens, circulation en banal dans l'autre sens <i>(position axiale)</i>	194
	Fiche 12 Circulation en site banal dans les deux sens	196
	Fiche 13 Tramway un seul sens, en site banal	198
	Fiche 14 Site réservé à contre-sens, site banal sens de la circulation générale	200
	Fiche 15 Tramway dans un seul sens, circulation en site banal	202
	<i>Cas particulier des sites propres à voie unique avec alternat</i>	
	Fiche 16 Site réservé à voie unique, fonctionnant avec alternat	204
ANNEXE 2	Fiches Carrefours	206
	Préambule	208
	Fiche SF 1 Carrefour sans feux, à 4 branches avec site axial	210
	Fiche SF 2 Carrefour sans feux, à 3 branches avec site latéral à l'intérieur	211
	Fiche TN Traversée simple d'une voie routière par un site réservé	212
	Fiche T 1 Carrefour à feux à 3 branches, avec site latéral à l'extérieur	214

Fiches T 2	Carrefour à feux à 3 branches, avec site latéral à l'intérieur sans voie spécialisée (T 21 - T 22)	216
	avec voies spécialisées (T 23 - T 24)	218
Fiche T 3	Carrefour à feux à 3 branches, avec site droit, sans voie spécialisée	222
Fiches C 1	Carrefour à feux à 4 branches, avec site latéral sans voie spécialisée (C 11)	224
	avec voies spécialisées de tourne-à-gauche (C 12)	226
Fiches C 2	Carrefour à feux à 4 branches, avec site droit sans voie spécialisée (C 21)	228
	avec voies spécialisées de tourne-à-gauche (C 22)	230
Fiche G 1	Carrefour giratoire avec feux aux entrées uniquement	232
Fiche G 2	Carrefour giratoire avec feux sur l'anneau	234
Fiche SB	Passage du site réservé au site bus	236

ANNEXE 3 Fiches Matériaux 238

Matériaux de surface	242
Enrobés (matériau générique)	242
Enrobés poreux (non normalisés)	243
Asphalte coulé	244
Enduit superficiel	245
Béton de ciment	246
Pavés en béton de ciment	247
Pavés en pierre naturelle	248
Pavés de terre cuite	249
Résines (matériaux non normalisés)	250
Matériaux d'assises	251
Béton maigre et béton dit de roulement	251
Grave bitume	252
Enrobé à module élevé	252
Grave ciment	253
Grave non traitée	253

Bibliographie 255

Table des matières 259

© CERTU - 2000

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement,
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

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

Coordination : Services Éditions (Patrick Marchand)

Mise en page : Laurent Mathieu ☎ 04 72 74 27 34

Photogravure : Lamm ☎ 04 72 65 78 78

Impression : Unigraphic ☎ 04 72 04 35 60

Achevé d'imprimer : janvier 2000

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2000

ISSN : 1263-3313

Collection Références n° 11

Cet ouvrage est en vente au Certu

Bureau de vente :

9, rue Juliette Récamier

69456 Lyon cedex 06 - France

☎ 04 72 74 59 59

Internet : <http://www.certu.fr>

SUR LE MÊME THÈME

EN VENTE ÀS CÉTU

Aménagement et urbanisme

Aménagement
et exploitation de la ligne

Transport et mobilité

Constructions publiques

Environnement

Technologies
et systèmes d'information

Les arrêts de bus dans
leur contexte urbain
1996

Nouveaux systèmes de transports
guidés urbains
1999

■ Nombreuses sont les villes qui, en France, en Europe, dans le monde, ont des projets de transport en commun « en site propre » de surface. Avant toute préconisation en matière d'aménagements de voirie liés à ces projets, il a paru bon de faire le point en matière de réglementation et de signalisation en vigueur en France.

Les aménagements, comme les matériels font l'objet d'une évolution très rapide et, si les projecteurs doivent faire preuve d'une certaine prudence, on ne peut que les inciter à la curiosité et à l'ouverture d'esprit en ce qui concerne de nouveaux types d'aménagements, pourvu que ces aménagements soient toujours adaptés à leur environnement et à leur fonction.

Des éléments d'insertion des matériels roulants sont également indiqués dans cet ouvrage.

■ **Guide to road layouts for public transport** Many towns in France, in Europe and also around the world have public transport projects on dedicated track site.

Before any recommendation about road planning in connection with these projects, it seems appropriate to take a look at the regulations and signalling current in France.

Both road plans and transport systems are changing very rapidly and, although those undertaking projects have to demonstrate a degree of prudence, they can only be encouraged to show curiosity and openness of mind where new types of road plans are concerned, so long as these plans are always suited to their environment and purpose.

Aspects covering insertion of transport systems are also given in the guide.

■ **Guía de ordenación del sistema de vías para los transportes públicos** Son numerosas las ciudades que, en Francia, en Europa, en el mundo, tienen proyectos de transportes públicos « sobre terreno dedicado en las vías ».

Antes de cualquier preconización en materia de ordenaciones del sistema de vías asociados a estos proyectos, se ha considerado acertado analizar la situación en cuanto a la reglamentación y a la señalización vigentes en Francia.

Las ordenaciones, al igual que los materiales, son objeto de una evolución muy rápida y si los proyectistas deben mostrar una cierta prudencia, únicamente se les puede incitar a que despierten su curiosidad y a que abran sus mentes en lo que se refiere a nuevos tipos de ordenamientos, con tal de que dichos ordenamientos estén adaptados siempre a su entorno y a su función.

En esta obra están asimismo indicados elementos de inserción de los materiales móviles.

Certu

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, le Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnels au service de la Cité.

ISSN: 1263-3313

Prix: 390 F - 59,46 €

Ministère de l'Équipement,
du Logement, des Transports
et du Tourisme



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

