

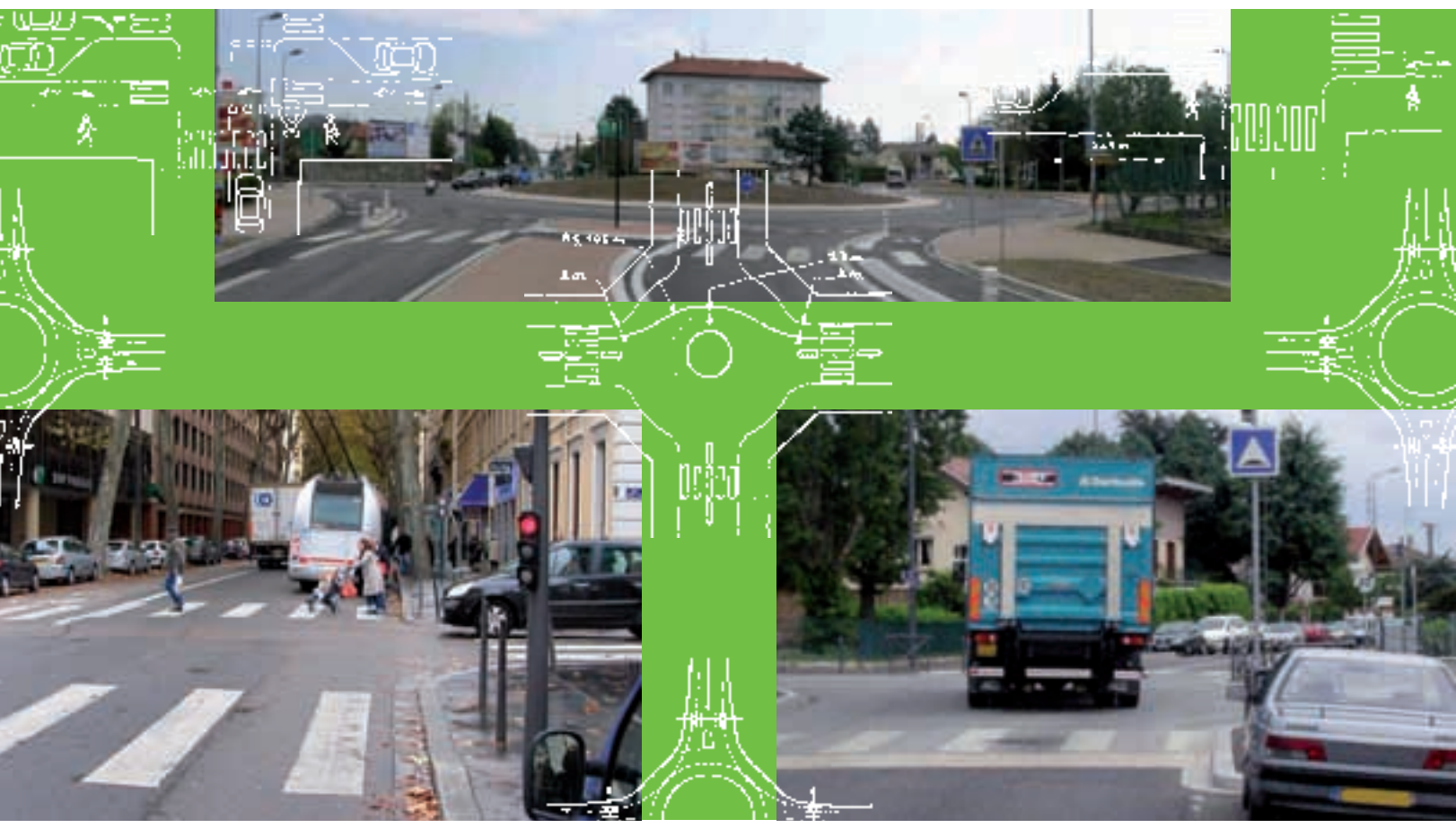
# Carrefours urbains

## Guide

Version mise à jour en 2010

### UNE VOIRIE POUR TOUS

sécurité et cohabitation sur la voie publique  
au-delà des conflits d'usage



# Carrefours urbains

*Guide*

*Version mise à jour en 2010*

**Certu**

9, rue Juliette Récamier 69456 Lyon - France

### **Collection Références**

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel doit savoir. Le Certu a suivi une démarche de validation du contenu et atteste que celui-ci reflète l'état de l'art. Il recommande au professionnel de ne pas s'écarter des solutions préconisées dans le document sans avoir pris l'avis d'experts reconnus.

Le Certu publie également les collections : débats, dossiers, rapports d'étude.

### **Remerciements :**

Cet ouvrage a été réalisé par le département Sécurité, Voirie, Espace public du Certu.

Son élaboration avait été coordonnée par Pascale Gauvry (chargée d'études au Certu) et par Corine Pin (bureau d'études Lignes de conduite), sous la direction de Jacques Robin (chef du département) et de Michel Costilles (chef de groupe).

Avait participé au groupe de travail de la version initiale du guide :

Frédéric Alphan (DDE 94), Isabelle Balaguer (Cete Méditerranée<sup>2</sup>), Christian Babilotte (Certu), René Dubost (Cete de Lyon), Raymond Feraud (DDE 84), Lionel Geandier (Cete Normandie-Centre), Bernard Guichet (Cete de l'Ouest), François Tortel (Cete de l'Est).

Ont été consultées, sur la version « avant édition », les personnes suivantes que nous remercions pour leur avis :

- les ingénieurs généraux du collège de spécialité « Routes » ;
- les représentants des groupes « Voirie-Ouvrages d'art » et « Déplacement-Signalisation » de l'Association des ingénieurs des villes de France.

La présente version correspond à sa mise à jour. Elle a été coordonnée par Jean-Luc Reynaud du département Voirie, espace public du Certu.

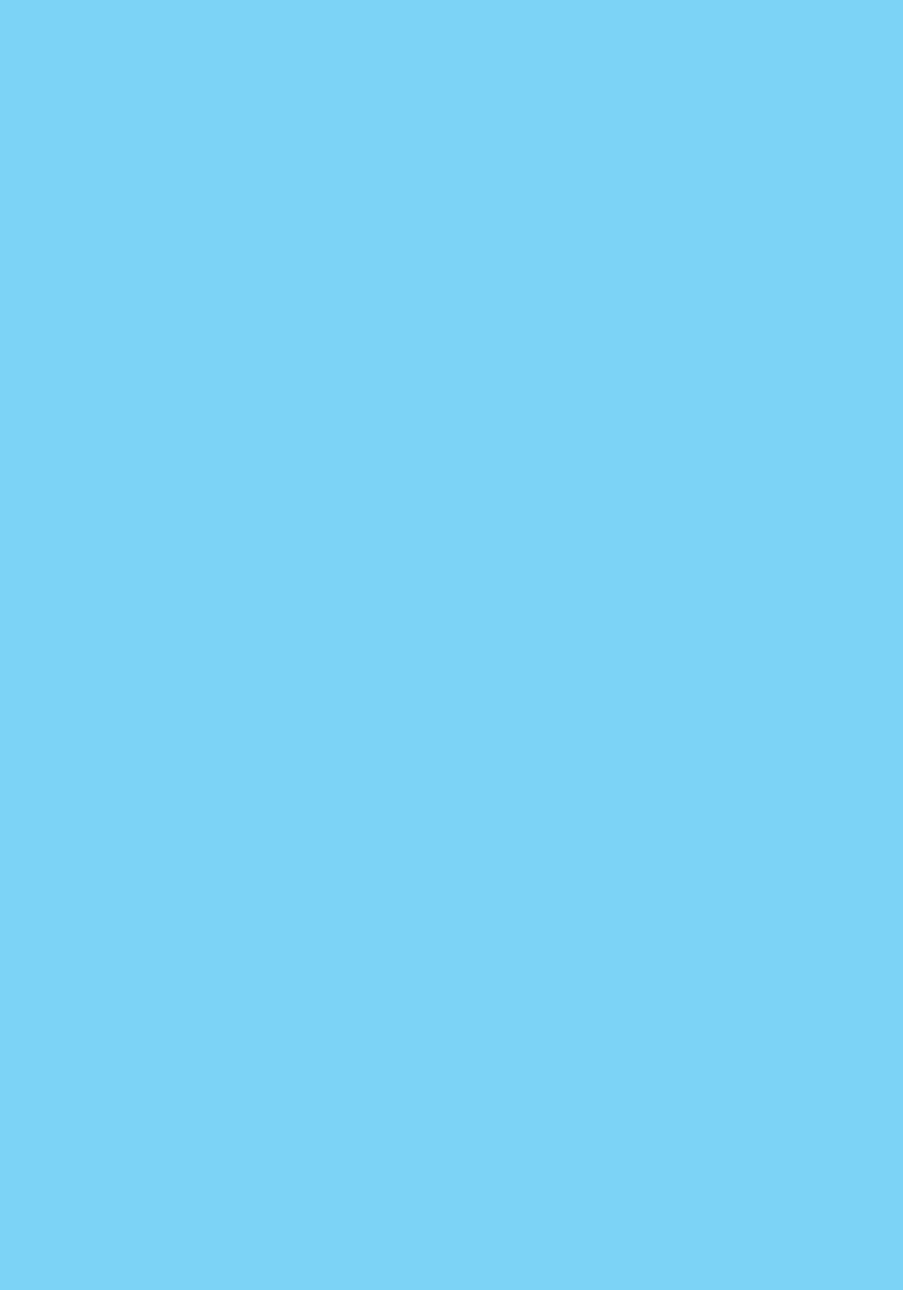
Isabelle Le Corguillé et Didier Plassart (Cete Normandie-Centre), Christophe Damas (Certu), Fabrice Marcien (Cete Méditerranée), François Tortel (Cete de l'Est), Cyril Chain pour la partie éclairage (Certu) ont participé à cette mise à jour.

Enfin, ont participé à la relecture de l'ouvrage Jean-Paul Truffly, représentant l'Association des techniciens supérieurs territoriaux de France (ATTF) et son équipe Rhône-Alpes, ainsi que les chargés d'études du département Voirie, espace public du Certu.

# Sommaire

---

	■ <b>Introduction</b>	<b>5</b>
	■ <b>Avertissement</b>	<b>9</b>
PREMIÈRE PARTIE		
	■ <b>Le lancement de l'étude</b>	<b>11</b>
	1 La problématique urbaine	12
	2 La démarche d'étude	17
DEUXIÈME PARTIE		
	■ <b>Le diagnostic global</b>	<b>25</b>
	3 Le recueil des données	26
	4 Les analyses thématiques	48
	5 Le choix du type de carrefour	63
TROISIÈME PARTIE		
	■ <b>Le recueil des données</b>	<b>71</b>
	6 Les principes généraux d'aménagement	72
	7 Les carrefours plans sans feux	92
	8 Les carrefours à feux	103
	9 Les giratoires	122
	10 Les passages souterrains à gabarit réduit (P.S.G.R.)	142



# Introduction

## L'évolution des aménagements de carrefours

De longue date, la ville s'est construite autour des principales voies de communication et de leurs carrefours. Lieu de rencontre de plusieurs voies, le carrefour est complexe (densité d'information, espace multidimensionnel) et multifonctionnel ; c'est un lieu évolutif dans l'espace et dans le temps, un lieu interactif avec des acteurs multiples. Les conflits d'usages sont fréquents et le partage de l'espace entre usagers est délicat à gérer.

Chaque époque a développé des savoir-faire spécifiques correspondant à ses besoins. Lorsque l'on visite aujourd'hui Pompéi, on ne peut qu'être impressionné par le caractère élaboré des solutions mises en œuvre pour assurer la meilleure cohabitation des piétons et des chars.

Les dessins d'Eugène Hénard, ingénieur qui inventa les ronds points au XIX<sup>e</sup> siècle, nous séduisent par leur côté nostalgique, mais nous surprennent par la précision de l'analyse du problème d'entrecroisement des fiacres.

Pour le XX<sup>e</sup> siècle, la grande affaire est à l'évidence l'arrivée de l'automobile. Elle s'est accompagnée de solutions techniques comme les feux de circulation et, en pleine période du « boom » de sa diffusion, c'est-à-dire durant les années 60, toute la matière grise des ingénieurs a été accaparée par la résolution des problèmes de sa bonne circulation.

Cependant, dès le milieu des années 70, un certain nombre de précurseurs ont dénoncé les inconvénients d'une approche purement circulatoire et ont préconisé de prendre aussi en considération les besoins des piétons et des cyclistes, les exigences d'une vie locale diversifiée et le désir d'espaces publics de qualité.

Sur le terrain, l'évolution ne s'est guère manifestée avant les années 80. Celles-ci ont été marquées par l'opération « Ville plus sûre, quartiers sans accidents » qui, à partir du thème de la sécurité, a été le véritable déclencheur de l'évolution des mentalités.

Depuis la fin des années 90, un souhait d'améliorer l'accessibilité de l'espace public pour tous s'impose aux aménageurs. La réhabilitation du tramway, avec un grand nombre de réalisations en site propre, l'augmentation des itinéraires pour les cyclistes, la modération des vitesses, le renforcement de la réglementation sur l'accessibilité des piétons et la promotion des déplacements à vélo et en transports collectifs sont autant d'éléments qui y contribuent.

Plus récemment, on constate l'augmentation du trafic des deux-roues motorisés dans certaines régions urbaines.

Ces évolutions illustrent la prise de conscience plus généralisée ces dernières années de la nécessité d'avoir une approche « globale ». Ce néologisme désigne l'approche combinant de manière intégrée l'analyse globale (avec des visions d'intermodalité et de hiérarchisation des réseaux dans une agglomération) et l'analyse locale (avec le détail de la vie courante et la qualité architecturale de la composition).

## Les carrefours : des enjeux pour la ville

### > Les enjeux circulatoires

Sur les voies urbaines structurantes, ce sont essentiellement les carrefours qui déterminent la capacité de la voie, et non la section courante. Un système cohérent d'exploitation des carrefours gère le niveau de congestion de la circulation à l'échelle d'un quartier, voire d'une ville.

La gestion de la circulation au niveau des carrefours (depuis la simple gestion des priorités jusqu'au système de régulation centralisé) produit des avantages individuels et collectifs. Les avantages collectifs peuvent être substantiels notamment grâce à :

- la réduction des temps de parcours (sans pour autant augmenter les vitesses de pointe) ;

- la diminution des points de congestion ;
- la réduction de la consommation de carburant et par conséquent la diminution de la pollution.

Le rôle du carrefour dans la gestion globale des trafics est appréhendé en amont de l'étude afin de prévoir des marges de manœuvre au niveau de son réaménagement.

La notion d'avantages collectifs peut aussi renvoyer à des seuils collectifs admissibles de congestion, la notion d'avantages collectifs de pollution et de bruit menant à diverses réalisations telles que la création d'une nouvelle ligne de tramway, l'extension d'une zone de circulation apaisée, la création de parking relais ...

On peut citer notamment son rôle dans une politique multimodale de déplacements, y privilégiant les modes actifs<sup>1</sup> et les transports collectifs.

## > Les enjeux de sécurité

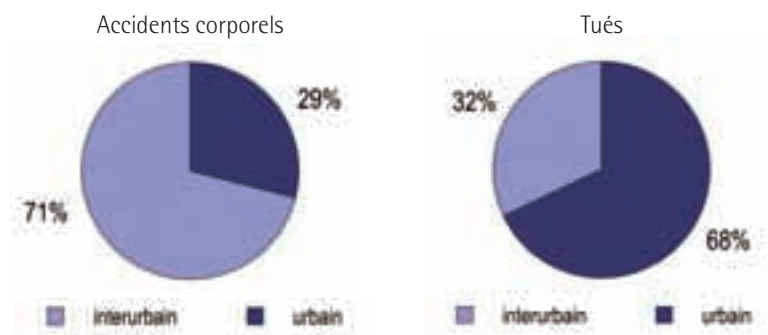
(sources : BAAC<sup>2</sup>, 2007)

Pour mieux situer les enjeux liés à la sécurité en milieu urbain, rappelons que 68 % des accidents corporels et près de 82 % des accidents en intersection se produisent en agglomération. Dans les statistiques d'accidents, le milieu urbain est constitué de l'agglomération définie au sens du Code de la route : parties de routes situées entre les panneaux de début et de fin d'agglomération.

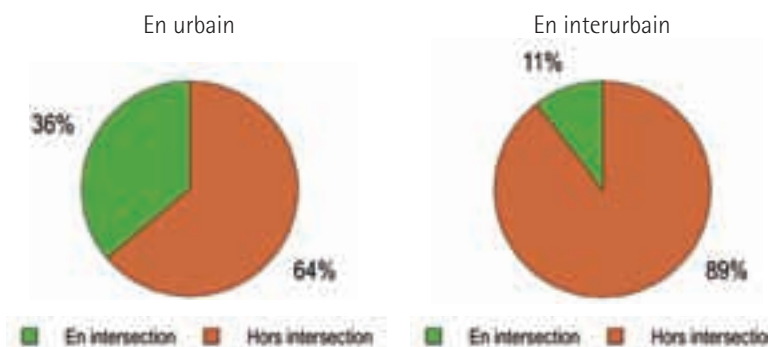
En milieu urbain, l'enjeu des carrefours est important puisque 36 % des accidents corporels se produisent en intersection<sup>3</sup>, même si la gravité y est deux fois moins importante qu'en section courante.

En ce qui concerne les tués en carrefours urbains, les deux-roues motorisés sont les plus nombreux (47 %), notamment les motocyclistes, suivis, à parts égales, par les piétons, les cyclomotoristes et les automobilistes.

Répartition des accidents « en urbain / en interurbain »  
(année 2007, en France : 80 309 accidents corporels – 4 709 tués)



Répartition des accidents corporels « en intersection / hors intersection »

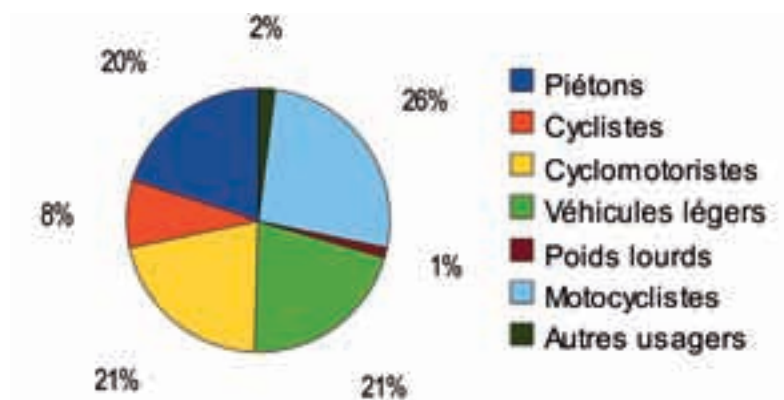


1 L'appellation modes actifs regroupe les déplacements à pied et à vélo.

2 Les statistiques accidents présentées ci-après sont issues des informations recueillies par les bordereaux d'analyse d'accidents corporels (BAAC).

3 Il est à préciser que la localisation des accidents en intersection mentionnée dans le fichier BAAC, surtout en milieu urbain, peut manquer de fiabilité ; on sait que des accidents à proximité d'une intersection peuvent être comptabilisés en section courante.

Répartition des tués dans les carrefours urbains selon le mode de déplacement



### > Les enjeux d'urbanisme et de vie locale

Le carrefour n'est pas seulement une intersection du réseau viaire. C'est un point d'échange où se concentrent souvent les activités et les commerces. Il est aussi un lieu de rencontre et de vie où les citoyens peuvent communiquer et s'informer. Les carrefours, s'ils sont conçus pour faciliter cette convivialité, jouent un rôle dans la qualité de vie des usagers et le développement des activités commerciales.

De nombreuses places ont trop souvent été réduites à l'état de simples carrefours routiers, la chaussée occupant inutilement une grande partie de l'espace au détriment de la vie urbaine.

À l'inverse, même dans un contexte architectural, paysager ou spatial marqué, l'aménagement d'un carrefour dans l'esprit d'une place doit répondre aux fonctionnalités indispensables, dont la circulation automobile peut rester une composante importante. La conception d'un carrefour urbain nécessite donc, comme tout aménagement, l'analyse des activités présentes ou potentielles et la définition de priorités en terme d'usages.

Les carrefours participent au maillage de l'agglomération. En entrée de ville ou de quartier, ils constituent des points de repère intéressants au niveau de la trame urbaine. La transition entre rase campagne et milieu urbanisé se traduit par un changement de comportement des automobilistes. Le carrefour facilite les changements d'aménagements (profils en travers, type d'équipement urbain, organisation du stationnement). Il pourra souligner une modification de l'environnement végétal ou du tissu urbain. Cette rupture signifie

à l'automobiliste qu'il entre dans un autre domaine et qu'il doit, en conséquence, modifier son comportement afin de l'adapter à l'espace traversé.

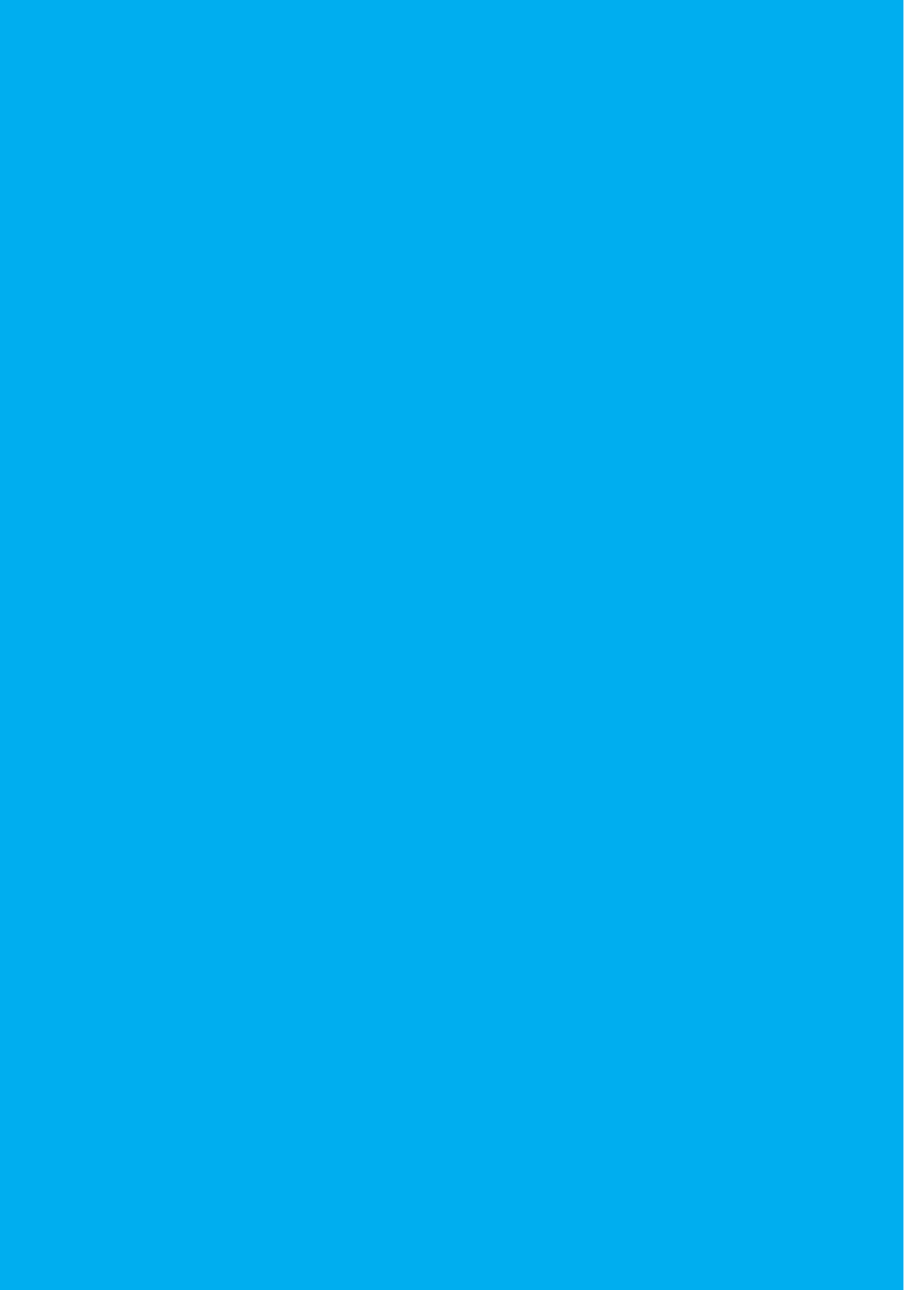
Les carrefours sont parfois chargés d'une symbolique forte vis-à-vis de l'image de la ville, de son histoire et de son patrimoine. Les aménagements de carrefour doivent participer à la préservation ou à la mise en valeur de ces symboles propres à l'identité de chaque ville.

### > Objectif du guide

Le présent guide a pour objet d'aider le projeteur ou le gestionnaire à bien prendre en compte l'ensemble des aspects nécessaires à la conception équilibrée d'un carrefour. Pour certains de ces aspects, il existe des savoir-faire spécialisés qui n'ont pas lieu d'être développés de façon détaillée dans cet ouvrage de synthèse. Si les circonstances le nécessitent, le lecteur devra chercher des compléments d'information. Les références données dans l'ouvrage l'y aideront.

La présente édition ne modifie pas fondamentalement les dispositions de l'ancienne version. Il s'agit d'actualiser son contenu en fonction des évolutions survenues depuis 1999. Les principales modifications concernent la meilleure prise en compte d'usagers tels que les piétons, dont les personnes à mobilité réduite (PMR), les cyclistes, les usagers des transports collectifs, les cyclomotoristes et les motocyclistes à propos desquels beaucoup de travaux ont été menés.





## Avertissement

---

Ce guide est applicable aux carrefours urbains mais ne se limite pas à ceux situés en centre-ville, et concerne également le milieu périurbain. Il constitue donc pour le projeteur un document complémentaire au guide d'aménagement des carrefours interurbains édité par le SETRA. Les carrefours plans représentent la majorité des cas traités. La seule approche de la dénivellation se fait par l'évocation des passages souterrains à gabarit réduit (PSGR) qui peuvent s'avérer intéressants pour résoudre des problèmes particuliers de capacité.

L'environnement urbain superpose une multitude de fonctions et d'usages de la voirie. Les dysfonctionnements sont particulièrement ressentis au niveau des carrefours. Le réaménagement ou la création d'un carrefour impose à la fois une certaine rigueur d'analyse et une prise en compte de nombreux critères parfois contradictoires. L'objectif de ce guide est de fournir une méthode de travail adaptée à la complexité du milieu urbain, ainsi que des points de repères sur les pistes d'aménagements envisageables.

Cet ouvrage se décompose en trois parties, afin de mieux placer le lecteur dans une démarche d'étude de carrefour :

- **Partie 1 : le lancement de l'étude** (généralités : problématique et démarche).
- **Partie 2 : le diagnostic global** (recueil de données, analyses thématiques, choix du type de carrefour).
- **Partie 3 : les principes d'aménagements** (principes généraux et règles par type de carrefours).

Il est recommandé de se poser les questions relatives aux parties 1 et 2 avant de se focaliser sur les principes d'aménagements de la partie 3. Les objectifs d'aménagements à atteindre et le choix du type de carrefour qui en découle constituent en effet des étapes à ne pas négliger.

P R E M I È R E P A R T I E

# Le lancement de l'étude

---

## Généralités : problématique et démarche

# 1 La problématique urbaine

Le réaménagement ou la création d'un carrefour en milieu urbain ne doit pas se limiter à une réflexion ponctuelle à la fois dans l'espace et dans le temps. En effet, la problématique est plus complexe que celle du milieu interurbain où le bon fonctionnement d'un carrefour suppose<sup>4</sup> :

- qu'il soit adapté au type de route sur lequel il se situe ;
- qu'il soit adapté au site et aux conditions d'utilisation ;
- que sa configuration générale et sa conception de détail soient correctes.

Si les mêmes questions se posent en milieu urbain, il est essentiel de les aborder en prenant en compte le contexte environnant à l'échelle du quartier dans lequel se trouve le carrefour, voire même au niveau de la ville ou de l'agglomération.

Ainsi, la prise en compte des politiques globales d'urbanisme, de déplacements, et de projets d'infrastructures permet de mieux comprendre le fonctionnement d'un carrefour et son évolution dans le temps.

Au-delà du type de voirie concerné par le carrefour lui-même, le fonctionnement de celui-ci est aussi conditionné par le type :

- de structure et de fonctionnement urbains ;
- de maillage du réseau de voirie.

De même, la typologie et la hiérarchie de la voie sur laquelle se trouve le carrefour lui confèrent une fonction particulière.

La différence avec le milieu interurbain se manifeste aussi à travers une répartition différente des types d'usagers (beaucoup plus de piétons, de cyclistes, de modes de transport collectif et de 2RM<sup>5</sup> dans les grandes agglomérations congestionnées par la circulation automobile).

## 1.1 Les politiques globales de déplacement

Les carrefours en tant qu'intersections du réseau de voirie sont des éléments de la formation des villes. À ce titre, les choix d'aménagement et de gestion dont ils font l'objet sont un moyen d'expression des politiques urbaines.

Les politiques globales d'urbanisme et de planification des déplacements<sup>6</sup> permettent à l'aménageur de connaître le contexte urbain et les objectifs d'aménagement de l'infrastructure routière à moyen et long termes.

La prise en compte de ces données est importante pour déterminer :

- le type de carrefour ;
- les objectifs de capacité ;
- les règles de priorité ;
- le niveau d'aménagement.

### 1.1.1 Le Plan de Déplacements Urbains (PDU)

Le PDU, obligatoire pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, a pour objectif de réduire la place et l'usage de la voiture au profit de modes de transport moins polluants. La position du carrefour peut se situer sur un itinéraire réservé aux cyclistes ou un axe important de transports collectifs.

À l'échelle des carrefours, le PDU donne des orientations sur les mouvements directionnels à privilégier ou à supprimer : favoriser le mouvement de rocade au détriment du mouvement de pénétrante, favoriser un mouvement direct au détriment des mouvements tournants, ou encore assurer une fonction de desserte des quartiers en autorisant tous les mouvements possibles. Il peut fixer également les modes de déplacement à privilégier dans un carrefour, comme les transports collectifs.

4 Voir *Aménagement des carrefours interurbains* du SETRA.

5 2RM : deux-roues motorisés regroupant les catégories des cyclomoteurs et des motocyclettes.

6 Nota : l'articulation nécessaire entre la planification urbaine et les politiques de déplacement est édictée par la loi SRU (décembre 2000) qui insiste sur la cohérence territoriale.

Le dimensionnement du carrefour dépendra de la fonction de la zone dans laquelle il se trouve, définie dans le cadre du PDU :

- dans une zone de rétention, l'écoulement du trafic sera limité en acceptant la congestion et en envisageant la possibilité d'un fort stockage ;
- dans une zone sensible comme en centre-ville, l'écoulement de la circulation sera faible mais fluide, en choisissant un carrefour de petite dimension avec un système de régulation adapté.

Le niveau de congestion acceptable pour le carrefour est donc un élément déterminant pouvant découler du PDU.

Dans tous les PDU, établis ou en cours de révision, une annexe « accessibilité » (loi du 11 février 2005) doit préciser les mesures d'aménagement et d'exploitation à mettre en œuvre pour améliorer l'accessibilité des réseaux de transports publics, de la voirie et des espaces publics.

### 1.1.2 Le schéma directeur d'accessibilité des services de transports et le plan de mise en accessibilité de la voirie et des espaces publics.

En application de la loi du 11 février 2005, sont mis en place des outils de programmation devant répondre à l'obligation d'accessibilité complète aux services de transport collectif et de respect de la chaîne du déplacement pour toute personne handicapée ou à mobilité réduite :

- le schéma directeur d'accessibilité des services de transport collectif ;

- le plan de mise en accessibilité de la voirie et des aménagements des espaces publics. Ce dernier définit les dispositions susceptibles de rendre accessible aux personnes handicapées et à mobilité réduite l'ensemble des circulations piétonnes et des aires de stationnement automobile.

### 1.1.3 Le schéma ou plan vélos

Qu'il soit l'une des réponses apportées au PDU d'une agglomération ou bien la simple expression d'une volonté de prendre en compte les cyclistes sur un territoire urbain, cet outil permet d'inscrire en lien avec les différents acteurs, institutionnels, associatifs... des orientations d'aménagement intégrant entre autres la « dimension carrefours ».

### 1.1.4 Le plan local de modération de la vitesse

La maîtrise des vitesses constitue un des leviers majeurs pour améliorer la sécurité des déplacements. Elle rend aussi compatible l'usage de l'automobile avec d'autres usages urbains et participe à l'amélioration de la qualité de vie en diminuant bruit et pollution liés au trafic.

En ville, la réglementation définit 4 niveaux de vitesse (en dehors des aires piétonnes) :

- 70 km/h sous certaines conditions (fonction circulaire privilégiée) ;
- 50 km/h, règle générale dès l'entrée de l'agglomération ;
- 30 km/h, vitesse à privilégier pour toutes les voies de quartier et les centres-villes ;

Tableau des différentes zones de circulation possibles en agglomération

Statut de la zone ou de la voie					
	aire piétonne	zone de rencontre	zone 30	agglomération	section 70
Vitesse maximale	Absolue de zéro	20 km/h	30 km/h	50 km/h	70 km/h
Équilibre vie sociale / fonction circulaire					

- 20 km/h dans les zones de rencontre sous certaines conditions (activités urbaines privilégiées).

Le plan local de modération de la vitesse est un outil qui donne une vision globale et prospective du réseau. Il définit les règles techniques permettant de réduire la vitesse des véhicules en ville. Les dispositions sont mises en place progressivement, à l'occasion de projets de rénovation ou de construction de voirie, dont l'aménagement des carrefours.

## 1.2 Les documents d'urbanisme

### > Le Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le PLU détermine les limites du développement de l'urbanisation et les potentialités d'évolution des différentes zones, et doit permettre d'intégrer la notion de projet.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) définit pour cela les orientations générales d'aménagement et d'urbanisme retenues pour l'ensemble de la commune. Il tient compte de besoins identifiés en matière de développement économique, d'agriculture, d'aménagement de l'espace, d'environnement, d'équilibre social de l'habitat, de commerce, de transports, d'équipements et de services.

Ces orientations peuvent conduire à l'élaboration de schémas d'aménagement et préciser les principales caractéristiques des voies et des espaces publics.

Les zones potentielles et futures de développement économique (centres commerciaux, zones industrielles...) ont un fort impact sur la circulation : augmentation du volume global de trafic, prédominance de poids lourds, pointes de trafic très fortes, création de nouvelles liaisons et modification de la répartition des mouvements sur le carrefour.

Il est important de savoir comment est positionné le carrefour étudié par rapport à la structure urbaine de la ville. L'analyse permet ainsi de prévoir l'évolution du carrefour dans le temps en terme de capacité. L'agrandissement ou la création d'une zone d'habitat ou d'activités génère de nouveaux déplacements et par conséquent une demande accrue de capacité

au niveau du carrefour. Les conditions de sécurité peuvent également être altérées.

## 1.3 Le réseau viaire

### 1.3.1 Le plan de circulation

Le terme « plan de circulation » concerne un ensemble de mesures techniques et réglementaires visant à améliorer les conditions de circulation en ville (et plus particulièrement dans les centres-villes) en optimisant au mieux l'infrastructure existante. Antérieurement axée sur la seule recherche du plus fort débit, cette optimisation s'est étendue à la maîtrise des flux et à l'amélioration de la sécurité routière. Suivant le niveau d'étude à entreprendre, on parle d'étude de trafic, d'étude de circulation ou de plan de circulation. Un plan de circulation se réalise dans une perspective à relativement court terme (cinq ans).

Un plan de circulation permet de coordonner l'ensemble de toutes les réglementations locales appliquées à la circulation, telles que sens uniques, gestion du stationnement, régimes de priorités, interdictions de tourner, etc.

Il est primordial de connaître le rôle du carrefour ainsi que les contraintes imposées par le plan de circulation s'il existe.

Les incidences peuvent être particulièrement difficiles à gérer dans le cadre du réaménagement du carrefour si celui-ci se situe en limite de zones ou de tronçons dits « critiques » du point de vue de la capacité d'écoulement du trafic. Le carrefour est alors conçu avec un objectif de modération de la circulation, afin de limiter le nombre de véhicules pouvant accéder à la zone de protection partielle ou totale.

Les nouvelles prescriptions du Code de la route, avec la mise en place des zones de circulation apaisée et la généralisation des doubles sens cyclables dans ces zones, pourront susciter des études de faisabilité plus ou moins étendues, voire de nouveaux besoins en matière de plan de circulation.

### 1.3.2 La hiérarchisation du réseau

Le réseau urbain, par sa densité, par son hétérogénéité liée à la genèse et aux évolutions de la ville,

nécessite d'être hiérarchisé si l'on veut l'analyser à des fins diverses telles que : améliorer la lisibilité du réseau (enjeux de sécurité routière, d'orientation dans la ville), clarifier la nature des liens entre urbanisme et déplacements, accompagner sur ces bases l'évolution de la ville.

En tant qu'outils de réflexion et de mise en œuvre pour la hiérarchisation du réseau, on peut citer : le Plan Local de Modération des Vitesses (PLMV) et le PDU dont l'élaboration donne l'occasion d'examiner la hiérarchie existante du réseau, de relever les incohérences de celle-ci et d'en définir une nouvelle adaptée aux objectifs validés et aux évolutions futures de la ville.

Le réseau peut ainsi être classé selon trois niveaux : les voies rapides urbaines, les voies structurantes et les voies de quartier. Mais cette typologie, simple en apparence, ne doit pas faire oublier qu'au-delà de la clarification formelle du réseau un certain nombre d'arbitrages sur la fonction urbaine à donner à chaque voie s'imposent.

Pour cela, il est possible d'établir par voie : les fonctions de circulation (volume de trafic, vitesse réglementaire, types de trafics), les fonctions locales (pratiques riveraines, usages de l'espace public) et la matérialité de la voie (emprises au sol, cadre bâti).

La fonction urbaine assignée à chaque voie résulte alors d'un arbitrage essentiel fondé sur le mode de prise en compte de la circulation au regard des usages locaux.

La mise en place de moyens doit alors permettre une cohérence<sup>7</sup> entre les aménagements, les perceptions et les fonctions attendues d'une voie, mais aussi prendre en compte la lisibilité du réseau par l'utilisateur. Les moyens peuvent être la maîtrise des vitesses, l'affichage des comportements attendus (zones de rencontre, zones 30...), la gestion de reports de trafics induits, les comportements constituant au final l'aboutissement des réflexions menées.

### > Les voies rapides urbaines

Est visée ici la catégorie des « Voies Rapides Urbaines (VRU) de type U » ou similaires. Les VRU de type A aux caractéristiques autoroutières ne sont pas trai-

tées dans ce guide du fait de leurs échanges dénivelés, traités dans l'ICTAVRU<sup>8</sup>.

La vitesse réglementaire est comprise entre 50 et 70 km/h, avec une fonction principalement circulaire. La présence de modes actifs (piétons et cyclistes) est possible si ceux-ci sont séparés de la circulation motorisée, voire éloignés de la chaussée en section courante.

Les points d'échange sont en majorité des carrefours plans ; les Passages Souterrains à Gabarit Réduit (PSGR) ou exceptionnellement à Gabarit Normal (PSGN) sont possibles.

Des contre-allées peuvent être aménagées. Elles se raccordent de préférence au droit des intersections.

### > Les voies structurantes

Leur fonction est essentiellement d'assurer la liaison entre les différents quartiers de l'agglomération. Les voies structurantes sont plus souvent articulées en pénétrantes ou en périphériques. Elles sont bordées de constructions proches, hébergeant d'importantes activités commerciales ou de services.

La fonction circulaire est privilégiée ; elle est multimodale : circulation motorisée individuelle, transports collectifs, cyclistes, piétons. Le stationnement est en général autorisé, sauf exception, pour certains axes importants. Ces voies structurantes regroupent les avenues, les boulevards et les rues d'une certaine importance. Elles sont parfois dotées de contre-allées unidirectionnelles. Compte tenu du différentiel de vitesse constaté, la circulation des cyclistes est séparée (bande ou piste cyclable), partout où cela est possible.

Les carrefours sont gérés soit par des feux régulés, soit par des giratoires. Les traversées piétonnes sont organisées par la présence de passages piétons, placés de préférence aux carrefours et équipés si nécessaire de refuges centraux.

### > Les voies de quartier

La fonction « vie locale » est prépondérante (résidences, commerces ou zones mixtes). La circulation des véhicules motorisés est moins forte et la vitesse constatée est moins grande pour plusieurs raisons : largeur plus réduite, carrefours plus fréquents, aménagements physiques sur la voie, aspect des abords,



mesures de dissuasion (sens uniques contrariés...). Le stationnement est souvent nécessaire pour les résidents ou les commerces.

Une grande partie des voies de quartier a vocation à être aménagée et classée en zone 30. Ainsi, du fait de la vitesse réduite, la mixité des usages est plus marquée : circulation des cycles possible sans séparation avec le trafic motorisé, mise à double sens pour les cyclistes des voies à sens unique, traversées piétonnes facilitées (en l'absence de passages piétons, ceux-ci peuvent traverser où ils le souhaitent).

Ponctuellement, ces voies peuvent être traitées en zone de rencontre dans des secteurs où l'on souhaite favoriser les activités urbaines sans pour autant s'affranchir du trafic motorisé. La priorité aux piétons impose une faible vitesse des véhicules afin d'assurer cette mixité d'usages. Il est cependant recommandé de préserver un cheminement piétonnier séparé de l'espace circulé, dont l'usage par les piétons ne sera pas obligatoire mais qui rassure notamment les personnes aveugles ou malvoyantes.

## La démarche d'étude 2

La démarche générale des études d'aménagement a déjà largement été développée dans de nombreux ouvrages et particulièrement dans les documents issus de l'expérience « Ville plus sûre, quartiers sans accidents »<sup>9</sup>, orientés vers le milieu urbain et les traversées d'agglomération. Les enjeux et objectifs de chacune des étapes de cette démarche s'appliquent bien évidemment aux aménagements de carrefours.

**Les niveaux d'analyse et la composition de l'équipe d'étude sont variables d'un carrefour à l'autre. Néanmoins, la démarche d'étude présentée ci-après peut être envisagée quelle que soit l'envergure du projet, en respectant au minimum les phases suivantes :**

- reformulation de la demande ;
- analyses thématiques ;
- synthèse croisée des analyses et des objectifs ;
- principes d'aménagement ;
- conception, suivi et évaluation.

Il faut surtout éviter d'engager l'étude en définissant au préalable la fonction et le choix du type de carrefour.

### 2.1 Le contexte de la demande

#### 2.1.1 Les objectifs de l'étude

Un travail préalable à l'étude est engagé dès la demande d'aménagement du carrefour. Il s'agit d'évaluer l'importance de la problématique, les enjeux du carrefour et les moyens à mettre en place pour ce projet.

La reformulation de la demande initiale, la reconnaissance préalable du site du projet, la collecte des données existantes et des études antérieures permettront :

- d'identifier les objectifs du projet (quand, pourquoi et pour qui un aménagement ?) ;

- de déterminer la zone d'étude, qui n'est pas forcément limitée au seul carrefour ;
- de sélectionner les thèmes d'étude (site, usagers, fonctionnement urbain) ;
- de définir la composition de l'équipe d'étude (technicien voirie, expert sécurité, spécialiste régulation, urbaniste, paysagiste) ;
- de prévoir la phase de concertation avec les partenaires techniques (transports collectifs, réseaux), les élus, les riverains ou autres « utilisateurs » du carrefour ;
- d'annoncer le programme de l'étude : niveau préliminaire, d'avant-projet sommaire ou de projet, délais de réalisation de l'étude, données complémentaires à recueillir, (avec qui et comment ?).

Cette analyse préalable permet de valider avec le maître d'ouvrage les objectifs réels de l'étude et le programme d'aménagement du carrefour, et de ne pas se contenter de reproduire un aménagement vu ailleurs.

**La demande est souvent formulée par le maître d'ouvrage en termes de solutions** car elle est très fréquemment la conséquence d'un « **élément déclencheur** » : accidents, plaintes des riverains ou des usagers, projet d'implantation d'un équipement public ou commercial, création d'une ligne de transport collectif en site propre.

Il convient de la faire exprimer en termes d'objectifs et de problèmes à résoudre en effectuant un diagnostic de fonctionnement : « Pourquoi réaménager le carrefour ou créer un nouveau carrefour ? », et en termes de besoins à satisfaire : « Pour qui ? », à un horizon déterminé : « Quand ? »

On appréhendera enfin les possibilités financières du ou des maîtres d'ouvrage et les éventuelles participations d'organismes publics ou privés concernés par le projet, afin de concevoir des solutions et une programmation adaptées à ces moyens.

### 2.1.2 L'équipe de projet et le groupe de pilotage

La constitution d'une équipe de projet est conditionnée par le nombre d'analyses thématiques, l'intervention de spécialistes et le niveau de précision du projet.

Les réaménagements de carrefours importants, voire stratégiques au niveau de la ville, pourront nécessiter la formation d'une équipe pluridisciplinaire complète. À l'inverse, des réaménagements plus légers de carrefours (mesures correctives) ne nécessiteront pas de recourir à une équipe pluridisciplinaire.

Toute décision sur le fonctionnement de la ville, milieu complexe par excellence, a des répercussions sur de nombreux domaines de la gestion urbaine. Cela concerne par conséquent de nombreux acteurs à travers des actions qui touchent à la sécurité, aux déplacements, à l'espace public et à la dynamique économique. Ces acteurs appartiennent à des groupes sociaux ou à des institutions dont les logiques propres sont parfois contradictoires voire conflictuelles.

La première tâche consistera donc à identifier les acteurs concernés (élus et techniciens, gestionnaires des voies et des réseaux, gestionnaires des transports collectifs, exploitants, associations d'usagers, de riverains, de commerçants, etc.) et à s'interroger sur la position et la logique du groupe ou de l'institution

auxquels ils appartiennent. Il est essentiel de définir les rôles et responsabilités de chacun, de même que de constituer une équipe de projet formée des techniciens et un groupe de pilotage formé des élus et autres partenaires.

Une équipe de projet pluridisciplinaire comportant des spécialistes de la voirie (ingénieurs et techniciens), des architectes, des urbanistes, des paysagistes, etc., apportera dans chacun des domaines l'éclairage indispensable à la réussite et à la richesse d'un projet.

## 2.2 Le diagnostic global

### 2.2.1 Le recueil de données

La formulation de la demande a permis d'énoncer le ou les problèmes à résoudre et par conséquent d'identifier les champs d'investigation ou d'orientation de l'étude. En fonction des domaines d'intervention sélectionnés et du niveau d'analyse requis, le recueil des données sera variable. En effet, il peut être adapté en fonction des méthodes de recueil employées sur le terrain (observations, relevés géométriques, enquêtes, comptages directionnels, mesures de vitesses, suivi de véhicules, vidéo). Il ne faut pas sous-estimer les temps de dépouillement de ces mesures ou de ces observations, qui sont parfois plus longs que les relevés sur le terrain.

Approche vie locale		Approche fonctionnelle		Approche spatiale
Analyse fonctionnement urbain	Analyse usagers	Analyse trafics et déplacements	Analyse sécurité	Analyse spatiale
<ul style="list-style-type: none"> <li>• activités</li> <li>• hiérarchie des voies</li> <li>• structure urbaine</li> <li>• trame viaire</li> <li>• fonctionnement des voies</li> <li>• lignes de transports collectifs</li> <li>• gestion du stationnement</li> <li>• développement urbain prévu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pratiques quotidiennes</li> <li>• représentations et attentes</li> <li>• points sensibles</li> <li>• fréquentation des piétons, cyclistes et usagers des 2RM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trafics en section courante</li> <li>• comptages directionnels</li> <li>• phasages des feux</li> <li>• régulation</li> <li>• arrêts, vitesse commerciale des transports collectifs</li> <li>• nuisances générées par la circulation (bruit et pollution)</li> <li>• obstacles à la fluidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• accidentologie</li> <li>• visite technique de la voie (visibilité, obstacles dangereux...)</li> <li>• vitesses et comportements des usagers</li> <li>• lisibilité du site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• site et espaces (morphologie, densité)</li> <li>• séquences visuelles</li> <li>• dysfonctionnements spatiaux</li> <li>• lecture du site, perception du carrefour</li> </ul>

**Remarque :** le contenu de ces analyses n'est pas exhaustif et peut varier d'un carrefour à l'autre.

## 2.2.2 Les analyses thématiques

La phase suivante de l'étude consiste à réaliser des analyses thématiques en décrivant et en expliquant les dysfonctionnements constatés, et en les replaçant dans les perspectives d'aménagement. Le choix de ces thèmes et le niveau d'analyse sont fonction de la problématique urbaine environnante et des objectifs de l'étude présentés précédemment. Pour un aménagement neuf, il est aussi nécessaire de recueillir ces renseignements.

Ces analyses thématiques peuvent être regroupées en trois approches non exclusives (cf. tableau p.18). Elles sont toutes basées sur la visite du site et une analyse du contexte (documents de planification, études antérieures...) :

- **vie locale** (fonctionnement urbain, usagers) ;
- **fonctionnelle** (trafics et déplacements, sécurité) ;
- **spatiale**.

## 2.2.3 La synthèse croisée et les objectifs

Chacune des analyses donne lieu à une conclusion en matière de dysfonctionnements, de contraintes et d'enjeux d'aménagement. Cette étape est réalisée, selon les cas, par le technicien lui-même ou par les spécialistes à qui ont été confiées les différentes analyses.

Ces conclusions doivent être reprises et comparées par un seul membre de l'équipe d'étude. Cette mission sera confiée au chef de projet.

Cette synthèse permettra successivement:

- de mettre en relation les différents dysfonctionnements ;
- de hiérarchiser les enjeux du réaménagement mis en valeur par chaque analyse ;
- de définir clairement les objectifs d'aménagements et les contraintes du site.

Il est possible que la synthèse croisée de ces analyses conduise à réexaminer le carrefour en mettant en valeur de nouveaux dysfonctionnements.

Cette synthèse présente les **enjeux réels de l'aménagement** du carrefour (zone d'accumulation d'accidents, typologie particulière d'accidents, nombreuses infractions ou pratiques particulières,

saturation du carrefour à certaines heures, difficultés de franchissement du carrefour par les bus). Il faut pouvoir relativiser et comparer les phénomènes par rapport aux autres carrefours de la voie ou ceux ayant les mêmes fonctions.

Cette étape est souvent l'occasion de valider ou de remettre en question les objectifs initiaux de l'étude.

La corrélation de ces réflexions permettra d'aboutir à la définition des **objectifs d'aménagement précis** auxquels le projet détaillé devra répondre.

Les objectifs de l'aménagement seront cohérents avec la politique globale des déplacements et les orientations de développement de la ville (PDU, PLU, schéma vélo, schéma accessibilité, schéma TC<sup>10</sup>, plan de circulation) ainsi qu'avec le plan de hiérarchisation du réseau de voirie.

Parfois long à obtenir, car nécessitant une concertation importante et des choix difficiles, l'accord des différents partenaires sur le contenu et la hiérarchisation des objectifs d'aménagements constituera « **le programme de l'aménagement** » engageant les décideurs.

Il précise à quelles exigences devra répondre l'aménagement.

Par exemple : faciliter le cheminement des piétons, participer à la modération des vitesses, s'appuyer sur une configuration des lieux particulière, mettre en valeur un élément remarquable du patrimoine...

Il sera la référence qui permettra de concevoir et de comparer les différents partis d'aménagements, mais aussi d'évaluer le projet réalisé et d'éviter les éventuelles dérives en cours de réalisation.

## 2.3 Le parti d'aménagement

C'est sur la base du programme élaboré lors de la phase précédente que le maître d'œuvre proposera des scénarios d'aménagement du carrefour. Ces scénarios sont une traduction spatialisée du programme sous forme d'esquisses qui définissent les grands principes d'aménagement du carrefour et notamment :

- le type de carrefour (plan, giratoire, à feux, PSGR) ;

- le niveau de prise en compte des divers usagers recensés (système de détection des bus, prise en compte des cyclistes, phasage de feux spécifiques piétons) ;
- son insertion dans le milieu bâti ;
- ...

À ce stade de l'étude, plusieurs partis d'aménagement du carrefour peuvent être envisagés. Il appartient au projecteur de les comparer au regard de chacun des objectifs définis précédemment. Dans cette comparaison multicritères, le concepteur devra également prévoir les conséquences négatives ou positives du projet :

- dégradation du niveau de service de la voie ou des carrefours voisins ;
- report sur d'autres itinéraires ou effet de coupure ;
- nuisances dont la prise en compte est imposée par les lois sur l'air, le bruit (voir chapitre 3.3.4.) ;
- l'accessibilité imposée par la loi en faveur des personnes à mobilité réduite (PMR).

Le choix du parti d'aménagement sera arrêté en concertation avec l'ensemble des partenaires associés dans l'équipe de pilotage ; celle-ci pourra, selon l'importance et la sensibilité du projet, engager une information du public et une consultation des usagers.

Cette étape de définition et de validation du parti d'aménagement peut se poursuivre durant la phase d'avant-projet.

## 2.4 Les phases de conception

### 2.4.1 Le projet

Une fois le parti arrêté, le projet d'aménagement du carrefour peut être élaboré. Deux étapes importantes sont envisageables dans le processus de réalisation de l'aménagement :

- **l'avant-projet**, qui permet de définir l'aménagement et d'en valider les principes ;

- **le projet**, sur la base duquel pourront être lancés la consultation des entreprises puis les travaux.

À chaque étape, l'équipe de projet devra s'assurer que les détails de l'aménagement respectent bien les objectifs fixés et ne génèrent pas de dérive inacceptable.

Pour assurer la meilleure adéquation du projet aux objectifs initiaux, l'équipe de pilotage aura intérêt à poursuivre le suivi du projet jusqu'à la concertation<sup>11</sup> avec les riverains, usagers et exploitants, en utilisant des outils de communication adaptés (réunions, plans, panneaux, affiches, articles sur Internet, plaquettes, photomontages, maquettes).

À ce stade, des simulations ou essais du fonctionnement d'un carrefour sont possibles pour tester les différentes configurations :

#### > Les outils informatiques

- les logiciels de calcul de capacité ou de fonctionnement de carrefours permettent difficilement d'appréhender les interactions entre les carrefours proches ;
- les logiciels de simulation permettent de visualiser la circulation des véhicules sur une période plus longue et pour une zone plus étendue que précédemment.

Pour les projets ne modifiant pas radicalement l'organisation des flux, il est toujours préférable de « caler » le logiciel sur la situation existante. Il est important de garder à l'esprit que, la simulation n'étant pas une représentation spontanée de la réalité, c'est le paramétrage qui détermine la situation représentée.

De plus, en milieu urbain où la vie locale peut s'exprimer au niveau des carrefours, il s'avère difficile de simuler de manière précise les comportements des usagers, piétons, cyclistes et 2RM en particulier ; on retiendra donc que la simulation est avant tout fonctionnelle du point de vue de la circulation. Considérée ainsi, elle peut s'avérer pertinente dans la comparaison de variantes d'aménagements.

Enfin, il faut toujours se poser la question de la pertinence de l'outil de simulation au regard des enjeux du projet.

11 Au sens juridique du terme (articles L300-2 et R300-1 du Code de l'urbanisme), la concertation consiste à demander l'avis des gens concernés avant de prendre une décision. Il ne s'agit pas de partager le pouvoir de décision mais d'une volonté d'informer et d'écouter les acteurs. En revanche, la concertation dépasse une simple procédure de consultation.



Exemple d'un test d'aménagement de mini-giratoire avant réalisation (photo : Certu)

> **Le test *in situ*** d'un projet d'aménagement peut être envisagé pour affiner les caractéristiques géométriques de celui-ci (giration des bus), tester sa perception et le comportement des usagers (effet modérateur de vitesse), ou simplement le « visualiser » dans le cadre de la concertation. On veillera donc à ne pas lui donner un aspect trop provisoire et à le tester sur une durée assez longue, couvrant la période d'adaptation de l'utilisateur qui accompagne tout nouvel aménagement. Cette pratique doit être envisagée chaque fois que cela est possible sans risque pour la sécurité des usagers.

Dans le cadre de la validation du projet, une évaluation est nécessaire. Elle permet de répondre aux questions suivantes :

- Qu'a-t-on amélioré ? (sécurité, accessibilité, vie locale...)
- Quel est le niveau de satisfaction obtenu au regard des objectifs initiaux ?
- Quels sont les risques de dysfonctionnements ou d'utilisations dévoyées ?
- Le carrefour s'inscrit-il dans une logique de développement durable, ses possibilités d'évolution et de sa pérennité sont-elles assurées ?

Une évaluation « théorique » du projet peut se faire sur la base de démarches qualité, comme le Contrôle

de Sécurité pour les Projets Routiers (CSPR) pour l'aspect sécurité routière de tous les usagers, ou simplement à partir de check-list ou de grilles d'analyse multicritères.

Les évaluations menées tout au long du projet permettent en général de minimiser les anomalies qui peuvent être relevées lors de la visite de sécurité avant mise en service.

#### 2.4.2 Suivi et évaluation de l'aménagement

Le suivi d'un aménagement est une pratique encore peu répandue, mais qui permet de répondre à plusieurs objectifs très concrets, et qui devrait se généraliser :

- prolongement logique de la concertation, il permet d'avoir un « retour » de la part de l'ensemble des utilisateurs de l'aménagement sur leurs pratiques et leur niveau de satisfaction ;
- vérification de l'efficacité du projet au regard des objectifs initiaux d'aménagement, il permet à la fois d'apporter les éventuelles mesures correctives, mais aussi aux techniciens comme aux élus d'acquérir une expérience transposable à d'autres projets.

Le suivi après travaux d'un projet sera d'autant plus facile à réaliser qu'il aura été prévu contractuelle-

ment dès le recueil de données et que des indicateurs auront été définis. On distinguera les indicateurs quantitatifs :

- évolution des mouvements directionnels (volume, répartition modale) ;
- effets sur les trafics des voies et les carrefours voisins (délestage ou chargement) ;
- vitesse en section courante et dans le carrefour ;
- évolution de l'accidentologie ;
- durée et longueur des files d'attente, sécurité, niveaux de bruit.

et les indicateurs qualitatifs :

- confort ;
- sécurité perçue et pratiques de l'ensemble des usagers ;
- évolution du cadre de vie des riverains, etc.

Ce suivi ne doit pas se limiter au carrefour mais concerner bien évidemment le périmètre étendu d'influence du projet. Il devra se faire après une période de « stabilisation des comportements », qui peut durer plusieurs mois, et accepter au final de faire des modifications.





D E U X I È M E P A R T I E

## Le diagnostic global

- Recueil des données
- Analyses thématiques
- Choix du type de carrefour

## 3 Le recueil des données

La conception d'un carrefour en milieu urbain exige de recueillir un nombre important de données du fait de la complexité du système. Les problématiques à l'échelle du quartier, du réseau de voirie, du nœud de communication se superposent et conditionnent fortement les dysfonctionnements au niveau du carrefour.

Les domaines d'investigation sont ainsi nombreux et variables.

### Approche vie locale :

- fonctionnement urbain (organisation du réseau de voirie et structure urbaine) ;
- usagers (piétons, cyclistes, transports collectifs, usagers des deux-roues motorisés, voitures et poids lourds) et usages.

### Données fonctionnelles :

- trafics, déplacements, nuisances générées par la circulation automobile (bruit, pollution) ;
- données sécurité.

### Données spatiales :

- contrainte d'emprise, morphologie de l'espace.

**Le choix et le niveau d'investigation de ces données ne peuvent pas être prédéfinis. L'analyse de la commande de l'étude, le contexte environnant et les enjeux du carrefour permettent de sélectionner et de doser les différentes recherches d'informations.**

### 3.1 Données sur le fonctionnement urbain

#### 3.1.1 Schéma de voirie

Le réseau de voirie d'une agglomération évolue avec le développement de l'urbanisation et l'organisation des déplacements. Ces modifications ont une

incidence directe sur le fonctionnement des carrefours :

- construction de voies nouvelles ;
- modification du parti d'aménagement des voies existantes ou du plan de circulation ;
- création d'un axe de transports collectifs ;
- création d'un itinéraire cyclable ;
- création d'un parcours piétonnier ;
- ouverture d'un équipement public ou commercial ou d'une zone d'habitat dense générateurs de trafic automobile ou de flux piétons importants ;
- refonte de l'éclairage ;
- mise en valeur paysagère dans la structure urbaine ;
- mise aux normes d'accessibilité.

Il est important de clarifier dès cette étape du recueil de données les perspectives d'évolution du réseau de voirie environnant et de l'urbanisme. Ceci est particulièrement important pour les carrefours situés en entrée de ville, qui peuvent perdre rapidement leur fonction.

La prise en compte de ces évolutions nécessite de consulter les documents de références et les études prospectives en matière d'urbanisme et de transports : schémas directeurs, PLU, PDU, plans de circulation, schéma cyclable, plan piétons, plan d'accessibilité à la voirie et à l'espace public (PAVE).

Les informations peuvent être obtenues auprès des différents maîtres d'ouvrage de la voirie : services techniques des villes, intercommunalités, départements et services de l'État.

#### 3.1.2 Fonction des voies

L'aménagement d'un carrefour est conditionné par la fonction de la voie sur laquelle il se situe. Ce critère est déterminant dans le choix du parti d'aménagement (feux, giratoire, voies d'affectations de

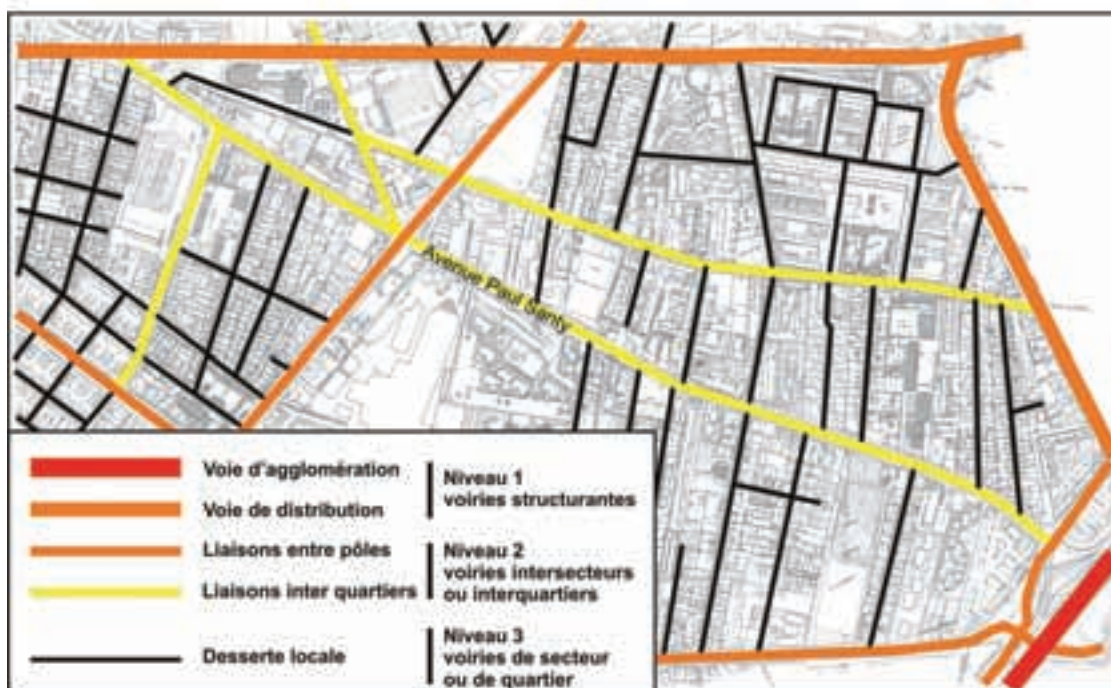


Schéma d'un réseau de voiries hiérarchisées (plan : Cete de Lyon)

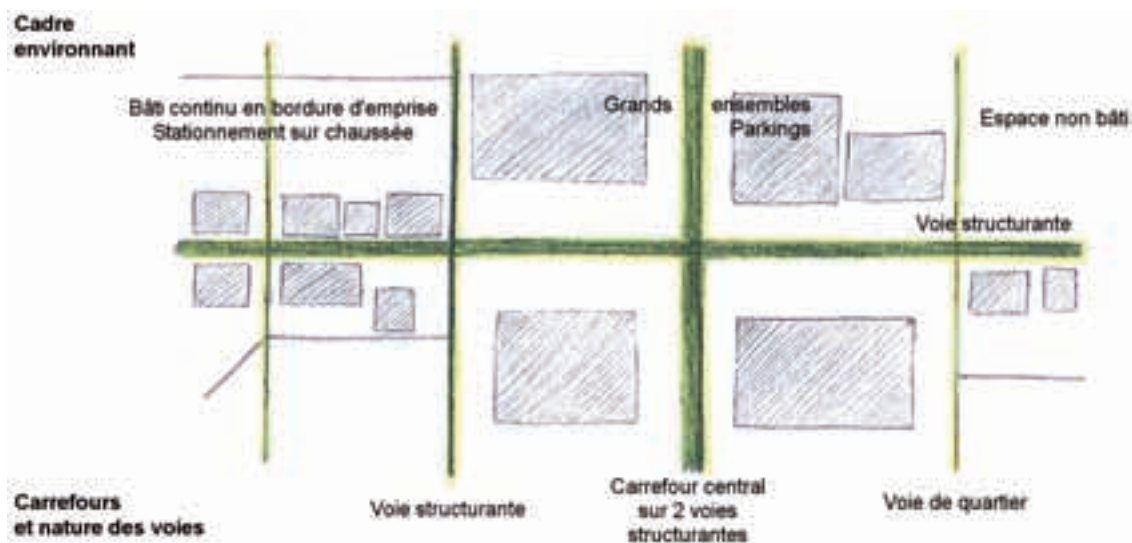
tourne-à-gauche, etc.). La hiérarchie de la voie doit être particulièrement perceptible au niveau des carrefours qui cumulent les usages les plus importants (voir Hiérarchie des voies, partie 1).

Chacune des voies afférentes au carrefour peut aussi faire l'objet d'un traitement séquentiel en relation avec les types de tissus urbains traversés. Le carrefour jouera alors un rôle important dans le renforcement du rythme de la voie : transition entre deux séquences, repère dans la ville, extrémité de la voie,

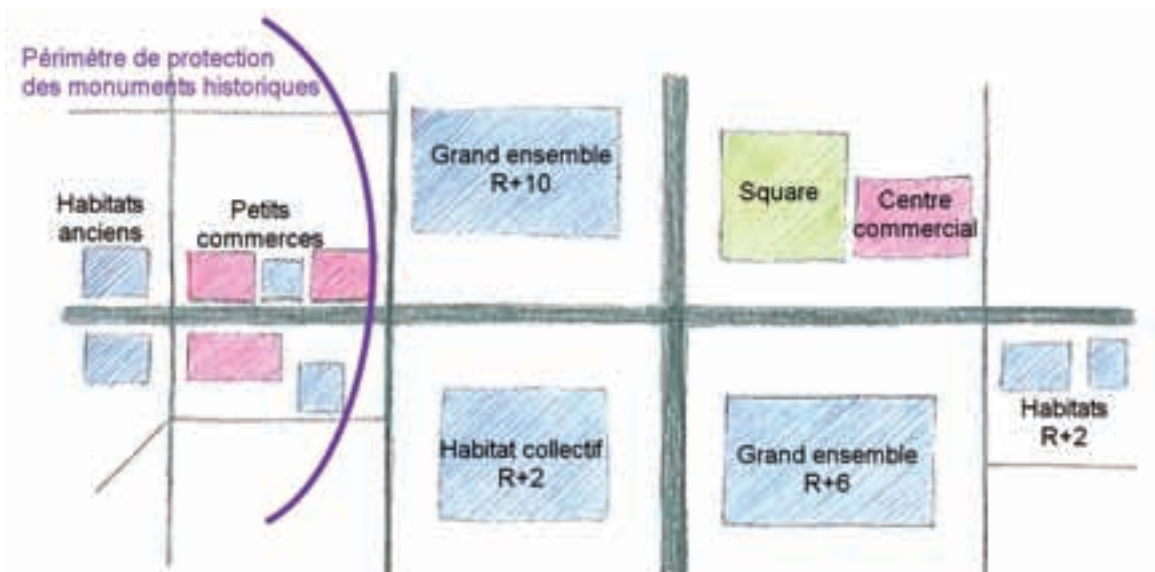
etc. Il est donc important, dans le cadre du recueil des données relatives à la structure urbaine, d'identifier toutes ces spécificités.

### 3.1.3 Structure urbaine

L'environnement urbain peut donner au carrefour des fonctions spécifiques, à prendre en compte dans le choix du parti d'aménagement. Cet environnement est caractérisé par la situation du carrefour dans la ville et la nature du tissu environnant.



Carrefour et réseau hiérarchisé (schéma Cete Normandie-Centre)



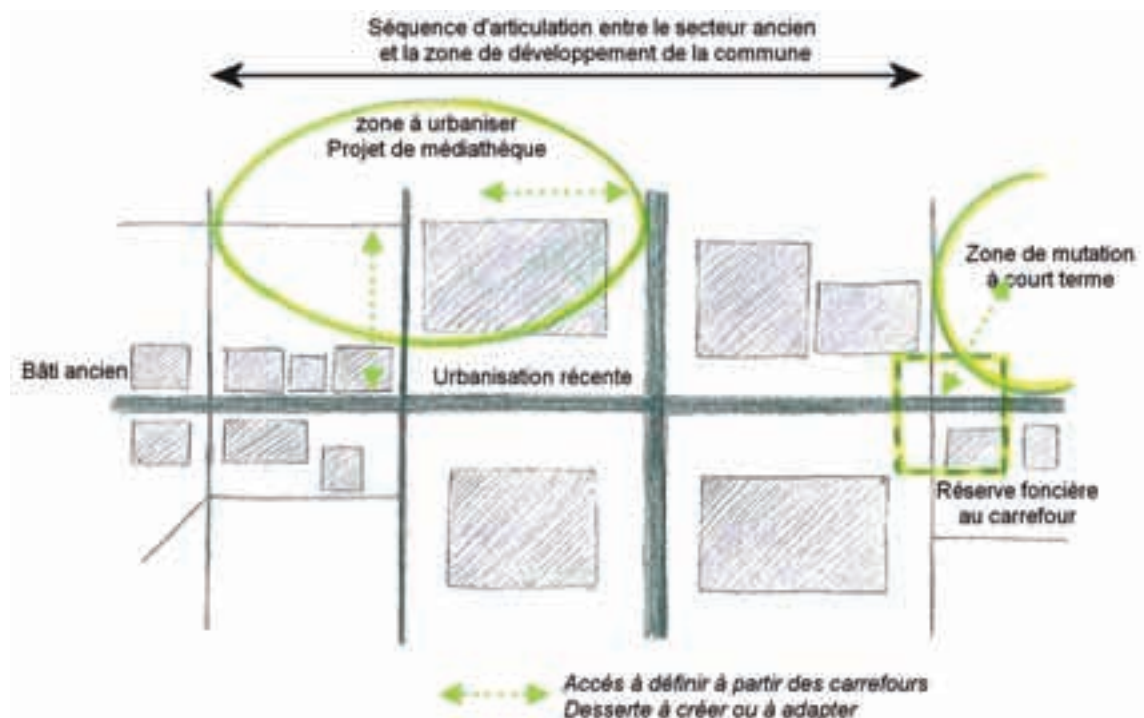
Nature du tissu urbain (schéma Cete Normandie-Centre)

Les pratiques des usagers et les besoins des riverains sont différents selon la **situation actuelle et future** du carrefour dans la ville : centre-ville, entrée de ville, zone périphérique. Il importe donc de caractériser finement cette situation avant de rechercher des solutions.

Le plan de la ville et une bonne connaissance de la structure urbaine constitueront la base du recueil de données de la situation actuelle. Pour ce qui concerne

les évolutions futures, les documents d'urbanisme et de planification seront consultés. L'appréciation des fonctions urbaines du carrefour requiert une recherche sur un périmètre d'étude élargi, éventuellement étendu à tout un secteur, voire à la totalité de la ville.

Une connaissance précise de la nature du **tissu urbain environnant** sera nécessaire pour établir le diagnostic de fonctionnement urbain (voir chapitre 4) puis le choix du type de carrefour (voir chapitre 5) :



Situation actuelle et future des carrefours dans la ville (schéma Cete Normandie-Centre)

habitat individuel ou collectif, bureaux, centre commercial, zone industrielle.

Il s'agit de relever la nature et les caractéristiques principales des bâtiments et espaces non bâtis situés en bordure du carrefour et de chacune des voies proches. Cette notion de « proximité » est à adapter en fonction des bâtiments et des relations fonctionnelles les liant au carrefour. Pour chaque bâtiment ou espace, le recensement portera sur :

- la destination (logement, commerce, bureau, square, espace de détente) ;
- les dimensions dans l'espace et la capacité d'accueil ;
- l'implantation par rapport aux voies ;
- le caractère particulier (qualité architecturale, monument historique, espace vert à conserver) ;
- les usages particuliers (affluence les jours de compétition pour un équipement sportif, sorties d'ambulance pour un hôpital, stationnement, etc.).

Il est en outre indispensable de recueillir les informations relatives aux évolutions futures du tissu urbain : démolitions ou constructions prévues, opérations d'urbanisme à plus ou moins long terme.

## 3.2 Données sur les usagers

Une bonne connaissance du nombre et des pratiques des différents usagers d'un carrefour (piétons, cyclistes, 2RM, voitures, poids lourds, transports collectifs) est un préalable indispensable à la compréhension des problèmes et à la recherche de solutions d'aménagements.

### 3.2.1 Piétons

L'étude et l'observation de la circulation piétonne aux abords d'un carrefour, si elles permettent de détecter des problèmes particuliers, ne doivent pas occulter les points majeurs suivants :

- qu'ils soient nombreux ou pas, les aménagements à l'intention des piétons doivent être développés ; les piétons sont indispensables à la cohésion sociale et à l'animation urbaine ;
- il ne faut pas créer de pièges ou de configurations non respectées par la majorité des piétons, qui peuvent dans certains cas s'avérer dangereux ou mettre ceux-ci en tort en cas d'accident (exemple : barrière continue sans possibilité de regagner le trottoir) ;
- la sécurité des piétons constitue une priorité dans le choix d'un aménagement par rapport



Flux de piétons traversant (photo : Certu)

au trafic des voitures, y compris et surtout sur une voie structurante.

### > Les différentes catégories de piétons

L'appellation « piétons » regroupe des catégories d'usagers n'ayant pas la même faculté d'adaptation dans la ville. Les automobilistes ont trop tendance à fonder leur comportement sur des piétons « alertes et attentifs ». Les aménageurs ont l'obligation de pallier ce manque en réalisant des aménagements de carrefour accessibles aux personnes à mobilité réduite. Ainsi, les aménagements réalisés profiteront à l'ensemble des piétons.

Les pratiques des piétons sont généralement caractérisées par une lenteur de déplacement (par rapport à la circulation motorisée), par la recherche du trajet le plus direct, le plus simple et le moins fatigant, et par une impatience devant une attente prolongée. Il convient d'ajouter à cela que les piétons n'ont pas tous la même capacité pour se déplacer dans un carrefour ni pour comprendre les « règles » de traversées.

#### ■ Les personnes âgées

Les troubles et modifications physiologiques des personnes âgées atténuent leur perception des dangers de la route. La traversée d'un carrefour peut se révéler problématique du fait de la difficulté de celles-ci à bien appréhender les situations et d'une mobilité plus lente que les autres catégories de piétons.

#### ■ Les enfants

La rue n'est pas conçue à l'échelle de l'enfant, dont la morphologie et le comportement sont particuliers :

- un champ de vision réduit ;
- une visibilité limitée par sa taille ; l'enfant risque de ne pas voir et de ne pas être vu ; les aménagements doivent permettre de favoriser une visibilité réciproque avec les automobilistes ;
- le comportement de l'enfant (imprévisible et distrait) ne le prédispose pas à adopter une attitude de prudence et de sécurité vis-à-vis d'une circulation automobile rapide. Les aménagements doivent permettre de ralentir au maximum le trafic automobile et de dégager la visibilité sur des zones aussi sensibles que les carrefours ou les passages piétons.

#### ■ Les personnes à mobilité réduite (PMR)

Ces personnes se trouvent encore trop souvent marginalisées, notamment par le manque d'aménagements leur rendant les espaces publics ou les bâtiments accessibles. Pour pallier ce constat d'exclusion, la loi du 11 février 2005 a édicté des règles renforcées d'accessibilité, et introduit l'obligation d'élaborer des plans d'accessibilité de la voirie et des espaces publics. Ainsi, toute opération d'aménagement de l'espace public doit assurer l'accessibilité pour toutes les personnes à mobilité réduite (qu'il s'agisse d'une personne ayant un handicap perceptif, cognitif, moteur, ou présentant de manière provisoire ou permanente des difficultés à se déplacer) avec pour conséquence bénéfique un niveau supérieur de confort et de sécurité pour l'ensemble des piétons. Les carrefours, lieux d'échanges et de vie urbaine, sont très directement concernés par ces questions.

### > Les pratiques des piétons

Il importe d'avoir une bonne connaissance des problèmes de déplacement des différentes catégories de piétons pour ne pas créer de pièges ou de contraintes supplémentaires, et d'inciter l'automobiliste à les respecter. Il faut avoir à l'esprit que celui-ci recherche un cheminement le plus court possible.

L'étude de la circulation piétonne aux abords d'un carrefour comportera donc des observations sur le site, l'identification des lieux générateurs de flux piétonniers, et éventuellement des comptages.

Il convient de ne pas se limiter systématiquement aux abords immédiats du carrefour. Une analyse en profondeur permet parfois de comprendre la logique de certains itinéraires pratiqués et de résoudre certains problèmes par une prise en compte en amont du carrefour.

#### ■ L'observation préalable du fonctionnement du carrefour portera sur les points suivants :

- repérages des pôles ponctuels générateurs de déplacements ;
- répartition des différentes catégories de piétons, phénomènes de masse, périodes d'affluence ;

- itinéraires pratiqués, côté préférentiel des cheminements, traversées sur ou hors passages piétons, zones d'attente ;
- comportement des piétons : zone de traversées, respect des aménagements existants ;
- présence d'arrêts TC à proximité.

■ **Le recensement des lieux existants ou en projet** susceptibles d'engendrer des flux piétonniers et les spécificités de ces lieux (écoles, gare, centres commerciaux, arrêts de bus) permettent d'affiner les constatations faites sur le terrain.

- une sortie d'école est caractérisée par un flux très important aux heures d'entrée et de sortie, par des groupes importants de personnes statiques (parents attendant ou adolescents bavardant). Le stationnement anarchique des voitures cause des dysfonctionnements aux heures de sortie des classes, perturbant les carrefours situés à proximité ;
- une zone commerçante génère des piétons peu pressés, parfois chargés et des phénomènes de masse ;
- un square est fréquenté par de jeunes enfants ainsi que par de nombreuses personnes âgées.

#### ■ Les comptages

La prise en compte des piétons dans le choix du type de carrefour et dans la phase de conception ne doit pas être uniquement liée aux résultats des comptages. Ceux-ci pourront toutefois s'avérer utiles pour le dimensionnement des zones de stockage ou des trottoirs, ainsi que pour l'élaboration d'un plan de feux.

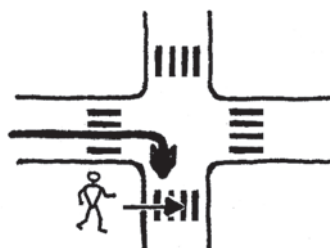
Il est en outre important de noter les périodes de pointe piétons et leur durée. Celles-ci ne coïncident pas forcément avec les heures de pointe de la circulation.

#### ■ Les accidents

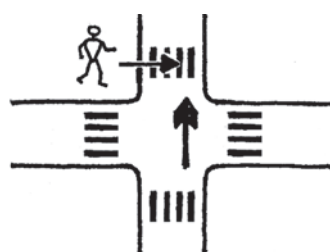
En 2008, 90 % des accidents de piétons se sont produits en milieu urbain. On constate une diminution de 9,7 % des piétons tués par rapport à l'année précédente. L'accidentologie des piétons est quantifiée par 12 076 blessés (19 % des blessés en urbain) et par 381 tués (31 % des tués en urbain).

Les piétons sont essentiellement tués par des véhicules de tourisme. En 2007, la part des piétons tués en carrefours urbains était de 20 %.

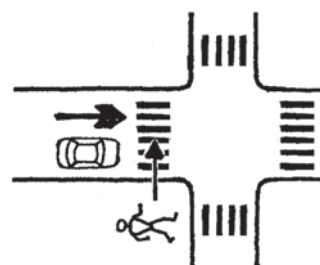
Le rapport<sup>12</sup> de l'Inrets sur les scénarios types d'accidents impliquant des piétons (2003) présente trois principaux scénarios d'accidents en intersection (sur 20 scénarios différents) :



Manœuvre de tourne-à-droite du VL



VL franchissant un feu rouge-orange



Piéton masqué par un VL arrêté

### 3.2.2 Cyclistes

Le vélo constitue un mode de déplacement dont l'intérêt individuel et collectif n'est pas à démontrer, tant en termes de développement durable que de santé publique.

Les Plans de Déplacements Urbains visent généralement au développement de son utilisation. La loi sur l'air et l'usage rationnel de l'énergie, dite LAURE, a instauré l'obligation de prévoir la réalisation d'itinéraires cyclables lors de la création ou de la rénovation de voies urbaines.



Notons cependant qu'un aménagement isolé au droit d'un carrefour ne présente souvent que peu d'intérêt : la réflexion doit être globale et porter sur l'aménagement d'un réseau cyclable ne présentant pas de discontinuités d'itinéraire.

### > Les pratiques des cyclistes

Les cyclistes cherchent à exploiter les avantages du vélo (mobilité, faible encombrement, souplesse) et à éviter ses inconvénients (pénibilité et lenteur au démarrage, difficulté dans les côtes, sensibilité au revêtement).

Leur comportement se caractérise par une recherche d'économie d'effort, parfois même au détriment de la sécurité, qui se traduit par des pratiques spécifiques :

- éviter de s'arrêter complètement ;
- maintenir la vitesse acquise ;
- éviter les détours et les contournements excessifs ;
- choisir des itinéraires confortables, sécurisés et psychologiquement reposants.

#### ■ Comptages

Ceux-ci doivent être effectués un jour scolaire aux heures d'entrée-sortie d'école ou d'entreprise, avec des conditions climatiques favorables.

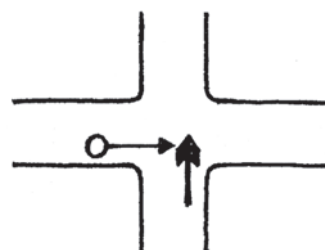
■ **Accidents** (source : Les accidents de cyclistes de 1998 à 2002<sup>13</sup>)

Les données nationales sur 5 ans font état d'un nombre moyen annuel de 6 069 accidents corporels impliquant un cycliste (interurbain et urbain). La part des accidents impliquant un cycliste représente environ 5 % des accidents et entre 3 % et 4 % des tués. Près de 82 % de ces accidents se sont produits en milieu urbain. En agglomération, ils sont plus nombreux en section courante (59 %) qu'en intersection (41 %).

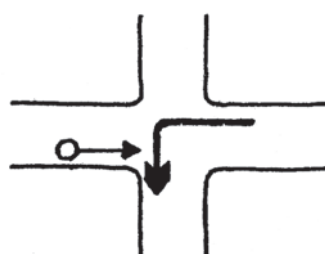
Les accidents en carrefour, indépendamment de l'aspect prioritaire, renvoient à la perception du cycliste et au non-respect de la priorité.

En carrefour, les manœuvres engendrant le plus fréquemment des accidents entre les vélos et les véhicules sont récapitulées ci-après :

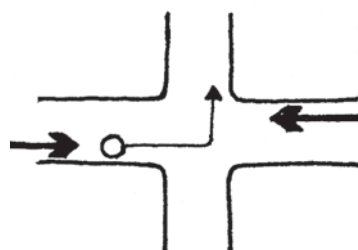
← ○ Vélo  
← — Véhicule



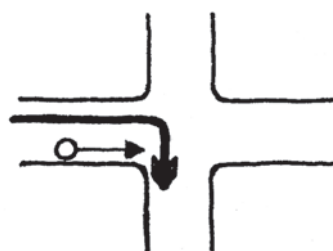
Collision à angle droit



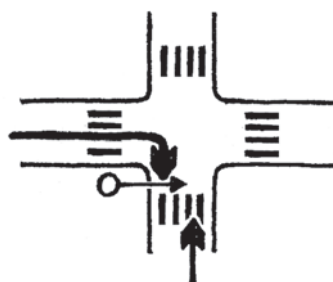
Manœuvre de tourne-à-gauche des VL



Manœuvre de tourne-à-gauche des vélos



Manœuvre de tourne-à-droite des VL



Traversée de cyclistes le long d'un passage piéton

Les principales causes de ces accidents sont le manque de visibilité réciproque ou un différentiel de vitesses trop important.

■ **Recensement des aménagements existants** (ou en projet)

Les aménagements spécifiques et leurs caractéristiques géométriques doivent être recensés. Il s'agira par la suite de déterminer comment on en assure la continuité au niveau du carrefour.

### 3.2.3 Transports collectifs

Les carrefours sont, pour les transports collectifs, des points de passages particulièrement délicats où ceux-ci perdent parfois beaucoup de temps ; les conflits avec la circulation générale y sont nombreux, les manœuvres peuvent y être difficiles. Par ailleurs, les arrêts sont souvent implantés à proximité des carrefours et peuvent perturber l'écoulement du trafic.

#### > Les enjeux en terme de niveau de service

Parmi les mesures permettant de minimiser et de fiabiliser le temps de parcours entre stations, le passage des carrefours sans arrêt ou la réduction du temps d'attente sont celles qui permettent les gains de temps les plus sensibles. De fait, un passage sans arrêt ne peut être absolument garanti ; il reste dans tout carrefour une probabilité, faible mais non nulle, d'arrêt imposé.

L'enjeu en terme de vitesse commerciale est de l'ordre de 3 à 5 km/h, alors que par comparaison 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. Au-delà des temps de parcours, la régularité est également un critère essentiel d'attractivité du système de transport collectif, ce qui augmente l'enjeu de la gestion des traversées de carrefours.

Pour privilégier le passage des transports collectifs, il convient de leur donner la priorité. Cela peut se faire réglementairement par la signalisation statique (stop ou cédez-le-passage) ou fonctionnellement avec une gestion par une signalisation adaptée (anticipation, prolongation de phase, phase spécifique). Ceci reste valable dans le cas du tramway, bien qu'il bénéficie

de la priorité réglementaire accordée aux véhicules ferroviaires, pour des raisons de sécurité (sauf cas particulier nécessitant une étude détaillée).

#### > Les incidences sur la géométrie

Chaque type de véhicules (minibus, bus standard ou articulé...) possède des caractéristiques de giration propres qu'il importe de connaître pour comprendre les difficultés rencontrées dans le carrefour. Le logiciel GIRATION du Certu permet de tracer les épures de giration et de procéder à des vérifications. La géométrie du carrefour doit être adaptée aux véhicules : largeur des voies, rayons de courbure, position des îlots, position des lignes de feu, etc.

Le carrefour doit permettre aux véhicules d'effectuer leur mouvement sans avoir à manœuvrer, mais sans offrir des caractéristiques trop larges qui pourraient nuire à la sécurité des autres usagers (notamment piétons et cyclistes).

La gestion prioritaire des TC a également une incidence en terme d'insertion dans le carrefour (site propre, couloir d'approche...) et d'implantation de la signalisation.

#### > Les données

La résolution des problèmes spécifiques aux transports collectifs nécessite une bonne connaissance du type des véhicules, des lignes, des fréquences et des aménagements existants. Cette connaissance peut être acquise par observation sur place et par concertation avec l'exploitant :

- mouvements tournants des véhicules de TC, fréquence de passage des véhicules, temps d'attente aux carrefours ;
- objectifs du niveau de service (vitesse dite « commerciale » de la ligne) : l'exploitant est consulté afin de connaître ses projets de restructuration éventuelle du réseau ou d'aménagements ponctuels intéressant le carrefour ;
- les évolutions envisagées de la ligne.

On veillera à ne pas oublier les transports spécifiques, lignes inter-urbaines, transports scolaires ou taxis collectifs dont on ne soupçonne parfois pas le passage ou l'arrêt, lors de la visite de terrain.

## > Le recensement des aménagements existants ou à venir

### ■ Les arrêts

Les carrefours ou leur proximité offrent la possibilité de desservir plusieurs rues en même temps et d'assurer des correspondances entre lignes de TC. Ce sont donc des lieux recherchés pour l'implantation des arrêts de bus. Cette implantation est examinée du point de vue de ses interactions avec la circulation et de la sécurité des piétons (commodités d'attente et d'accès, visibilité et distance des correspondances, desserte des activités).

### ■ Les sites propres de TC

Lorsqu'il existe un site propre, le choix du type de carrefour peut être influencé par la position et l'exploitation du site. Par exemple, il convient d'éviter l'implantation d'un giratoire sur un axe avec un site propre bidirectionnel latéral (sauf à éloigner ce dernier du carrefour ou à l'interrompre à l'approche). Inversement, lorsque l'on aménage un site dédié aux TC, les types de carrefours et leur inter-distance influent sur le choix de l'aménagement pour les TC.

De même, les positions relatives des TC et des autres véhicules en amont de l'intersection peuvent induire des conflits au carrefour selon les mouvements respectifs des véhicules.

Par exemple :

- l'implantation d'un couloir à droite le long du trottoir pose des problèmes de conflit entre les TC et les autres véhicules tournant à droite au carrefour ;
- pour les sites axiaux, le conflit entre les TC et les autres véhicules qui tournent à gauche est un souci majeur.

L'ouverture des sites TC aux cyclistes ou aux taxis est un autre élément à considérer. On regardera tout particulièrement les mouvements des cyclistes en conflit avec les bus ou les autres usagers, et les stockages des vélos.

Par ailleurs, la gestion de la priorité par une signalisation lumineuse tricolore suppose la mise en œuvre de dispositifs de détection des véhicules TC ou de communication entre ceux-ci et le contrôleur de carrefour, qu'il faut intégrer dans le projet.



Tramway en site propre (photo : Cete de l'Est)

### 3.2.4 Motocyclistes et cyclomotoristes

De par leurs caractéristiques dynamiques, les motocyclistes et cyclomotoristes circulent exclusivement sur la chaussée avec les autres véhicules motorisés et sont, dans ce guide, assimilés à des véhicules légers.

Notons que les deux-roues motorisés légers sont plus adaptés au milieu urbain et s'y trouvent en plus grand nombre.

#### > Particularité et difficulté de conduite

Les motocyclistes et cyclomotoristes sont considérés comme des usagers vulnérables car leurs conditions de circulation sont différentes de celles des véhicules à 4 roues ou plus :

- leur dynamique est spécifique (adhérence réduite de par la faible surface de contact avec le sol, maniabilité limitée notamment à allure soutenue ou en présence de situations d'urgence, trajectoire, positionnement sur la chaussée...);
- ils sont moins bien détectés dans un environnement urbain complexe ;
- l'absence de carrosserie aggrave les conséquences d'un accident ;
- leur visibilité est différente de celles des autres véhicules (ex : la hauteur des yeux du conducteur n'est pas la même) ;
- ils sont moins bien détectés par les autres usagers de par leur faible gabarit. Les autres usagers ont également du mal à estimer leur vitesse d'approche.

#### > Accidents (source : ONISR)

Les données nationales de 2008 font état de 33 441 accidents de 2RM ayant fait 1 155 tués (325 de cyclomotoristes et 830 de motocyclistes). Une étude de l'ONISR<sup>14</sup> plus détaillée, basée sur les accidents répertoriés en 2005, montre que 33 % des accidents de motocyclistes se produisent en agglomération, et 50 % pour les cyclomotoristes.

En milieu urbain, la part des tués aux carrefours est de :

- 27,5 % pour les motocyclistes ;
- 20 % pour les cyclomotoristes.

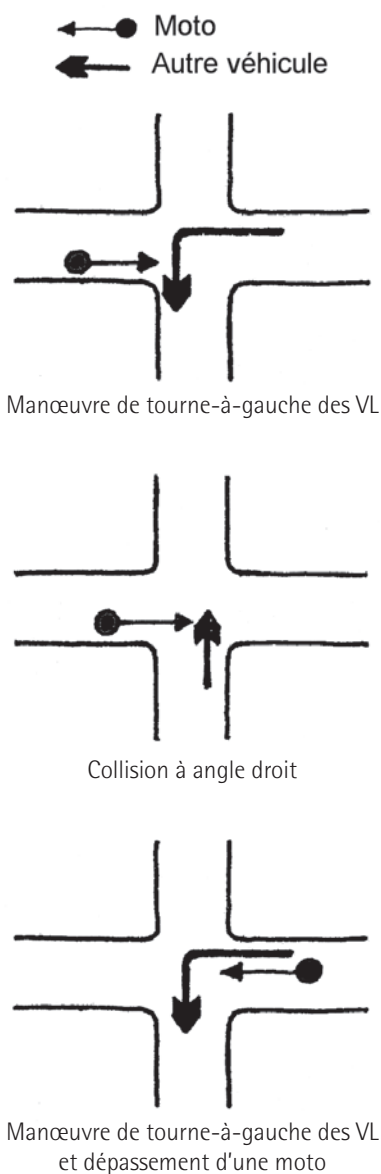
#### > Les scénarios d'accidents

##### ■ Accidents en intersection entre 2RM et automobiles

86 % des accidents de motocyclettes survenus en milieu urbain impliquent une voiture de tourisme et une moto ; plus de la moitié se sont déroulés en intersection.

La situation la plus courante est le tourne-à-gauche de la voiture de tourisme (1/3 des accidents) ; a contrario, les tourne-à-gauche des motocyclettes sont très minoritaires dans les accidents (2 %).

#### Scénarios d'accidents les plus fréquents en intersection



L'automobiliste ne considère pas le 2RM comme un autre véhicule motorisé, et pourtant sa vitesse est similaire. C'est ce que montre une étude de l'Inrets qui précise que « les automobilistes sont victimes de cécité résultant de l'absence d'attention portée à la présence des 2RM ; quand on ne s'attend pas à voir un objet, on a moins tendance à le détecter. C'est semble-t-il la cause de 4 000 accidents par an ». De plus, les usagers de 2RM pensent être perçus alors qu'ils ne le sont pas ou trop tardivement.

#### ■ Accidents sans tiers

Milieu urbain et interurbain confondus, la part des accidents mortels de 2RM sans tiers est de :

- 33 % des accidents mortels de motocyclistes ;
- 13 % des accidents mortels de cyclomotoristes.

Cette typologie d'accident n'est globalement pas la plus importante. Cependant, pour les carrefours giratoires urbains, on note, entre 1993 et 2005<sup>15</sup>, que sur 8 tués en giratoire 7 le sont sans tiers impliqués. Ces accidents se produisent principalement la nuit. Obstacles (dont les bordures de trottoir) et chaussée glissante sont souvent cités parmi les facteurs d'accidents mortels.

### 3.3 Données de trafic – déplacements

Le recueil des données de trafic doit être pertinent au regard des enjeux en présence. Sur les voiries avec un trafic modéré, une observation des pratiques sur le site est suffisante.

#### 3.3.1 Exploitation

Il est nécessaire de connaître toutes les données et les contraintes relatives à l'exploitation du réseau dont fait partie le carrefour.

##### > Le plan de circulation

- présence d'un réseau de carrefours régulés à partir d'un poste de contrôle de circulation (contrainte forte) ;
- gestion par une onde verte d'un des axes composant le carrefour, ou appartenance du carrefour étudié à un réseau de carrefours coordonnés (dans ce cas, tous les paramè-

tres du système de coordination doivent être connus).

##### > L'exploitation du carrefour existant et des carrefours amont et aval

Pour établir le « diagnostic-circulation », il est nécessaire de connaître le mode d'exploitation et le régime de priorité du carrefour étudié, mais aussi des carrefours situés de part et d'autre, sur chacune des voies : cédez-le-passage, stop, ou simple priorité à droite et, pour les feux : durée du cycle, phasage, durée de chaque phase, temps de sécurité.

##### > La présence ou l'absence d'un itinéraire de transports exceptionnels

Le concepteur ne doit pas omettre de s'informer auprès des services compétents de la possibilité de passage de convois exceptionnels : classement de l'itinéraire (classification spécifique), fréquence des convois, types et dimensions, de manière à préserver des possibilités de franchissement.

##### > Le schéma directeur de signalisation de direction

Il est important de savoir si le carrefour se situe sur un itinéraire faisant l'objet d'une signalisation : transit, liaisons « vertes », régime catégoriel, etc.

#### 3.3.2 Observation sur le site

L'observation sur le site et la consultation du questionnaire de la voirie permettront également de préciser les données à recueillir et d'organiser les comptages : choix des périodes, durée, méthode, moyens.

Il est donc utile d'observer la durée des dysfonctionnements dans la journée et de procéder à des mesures de temps d'attente et de longueur de files d'attente.

> **L'observation** mettra en évidence **les dysfonctionnements** (saturation d'une entrée, blocage, attente importante, etc.) et **les pratiques des usagers** : affectation des véhicules sur les voies à l'entrée du carrefour et en sortie, trajectoires, respect

15 Les accidents dans les carrefours giratoires, 2008, rapport d'étude du Cete de l'Ouest en téléchargement sur le site Internet [www.certu.fr](http://www.certu.fr)



Stationnement illégal sur trottoir (1) en carrefour qui masque la visibilité (photo : Cete de l'Est)

de la signalisation, impatience, incompréhension du fonctionnement du carrefour, etc.

> **Les pratiques de stationnement** ont une incidence directe sur le fonctionnement général d'un carrefour ; ces pratiques sont étroitement liées à la réglementation et à sa gestion.

Le recueil de données comportera donc un relevé des pratiques de stationnement : sur chaussée, sur voies latérales, sur terre-plein central, sur bande, longitudinal, perpendiculaire ou en épis, ainsi qu'un relevé de la réglementation et de son respect.

On identifie les générateurs de stationnement de courte durée (tabac, boulangerie...), ceux de longue durée (bureaux, habitations...), les arrêts, les livraisons, le stationnement illicite.

### 3.3.3 Estimation des trafics

Deux méthodes d'évaluation du trafic à moyen terme sont possibles :

■ **Cas du réaménagement d'un carrefour existant** (avec absence de projet d'infrastructures nouvelles ayant un impact sur la charge du carrefour

à moyen terme). Les comptages directionnels et en sections courantes suffisent. Les trafics à moyen terme sont ensuite extrapolés par application d'un taux d'évolution du trafic (voir ci-après).

■ **Cas d'un carrefour nouveau ou aménagement d'une infrastructure nouvelle** (ayant un impact sur la charge du carrefour). Dans ce cas, une étude plus globale au niveau de l'agglomération ou d'une zone de l'agglomération est nécessaire (enquête origine-destination, utilisation d'un modèle...).

#### > Programme de comptages

##### ■ Comptages en section courante

La détermination de la période peut s'effectuer à partir de comptages permanents annuels. La détermination des jours et des heures de comptage peut s'effectuer à partir de comptages automatiques d'une durée minimale d'une semaine, réalisés sur la ou les branches du carrefour les plus chargées.

Il est important de connaître l'étendue de la ou des périodes journalières de pointe. Un carrefour ne se conçoit pas nécessairement en fonction des heures de pointe si leur durée est très limitée : un quart

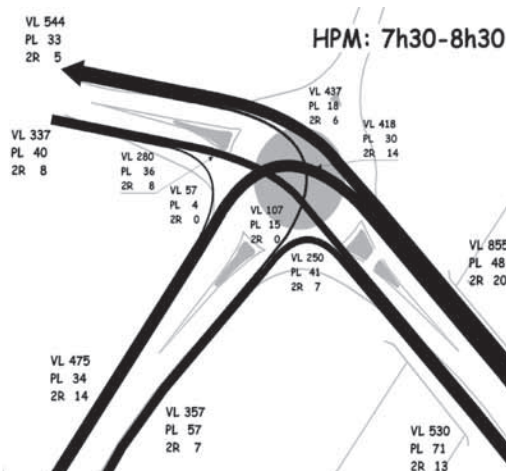
d'heure de congestion peut parfois être accepté dans la mesure où les aménagements visant à augmenter la capacité (élargissement des entrées par exemple) ne vont pas dans le sens des objectifs de sécurité.

### ■ Comptages directionnels

Le programme des comptages pourra être adapté en fonction de l'importance relative des différents flux dans le carrefour. L'organisation de comptages directionnels complets est lourde et ne doit pas être systématique ; on pourra dans bien des cas se satisfaire du comptage des mouvements les plus importants ou optimiser la durée des observations en gardant à l'esprit que réduire le nombre d'enquêteurs pour des raisons de coût ne doit pas nuire à la fiabilité des résultats.

Les comptages doivent être réalisés à une période représentative d'une situation moyenne : jour de semaine, hors vacances scolaires. On évitera les jours particuliers où se produisent des événements ponctuels pouvant occasionner une variation importante du trafic et des pratiques inhabituelles : travaux, manifestation, inauguration, météo, etc.

Des comptages complémentaires durant la période d'affluence touristique, ou les jours de marché, pourront être réalisés si la durée ou la fréquence de



Comptages directionnels pour l'heure de pointe du matin (source : Cete de l'Est)

ces événements sont suffisamment fortes pour être prise en compte dans la conception du carrefour.

L'idéal est donc de disposer de l'histogramme donnant les fluctuations de trafic dans la journée sur

chaque branche, et des comptages directionnels sur au moins deux heures de pointe (matin et soir, parfois le midi).

Attention, il n'est pas toujours nécessaire de dimensionner le carrefour pour l'heure la plus chargée. Cela suppose d'évaluer l'incidence en terme de saturation possible en regardant aussi ce qui se passe en amont et en aval.

### > Méthode de comptages et moyens

Différentes méthodes requérant des moyens matériels et du personnel spécifique peuvent être employées : comptages manuels, observation vidéo, relevés minéralogiques. Dans les configurations simples et notamment les carrefours à feux où les flux sont dissociés dans l'espace et le temps, les comptages manuels sont les mieux adaptés ; un enquêteur peut enregistrer un ou plusieurs mouvements ne s'écoulant pas dans la même phase.

Dans les configurations complexes (carrefours multiples et giratoires où un enquêteur ne peut « suivre » visuellement, depuis un poste d'observation fixe, certaines trajectoires comme les tourne-à-gauche), on emploiera des méthodes plus lourdes :

- par relevé de plaques minéralogiques en entrée et sortie de chaque branche ;
- par observation vidéo (véhicule équipé d'une nacelle ou d'un mât support de la caméra) ;
- par combinaison des deux méthodes ;
- etc.

Ces méthodes plus complexes, qui exigent une préparation des enquêteurs et des outils informatiques d'exploitation sophistiqués, sont mises en œuvre par des organismes spécialisés.

Les comptages doivent comporter le détail de tous les mouvements possibles au niveau du carrefour considéré ainsi que la répartition par mode (voitures, PL, cyclistes, deux-roues motorisés, TC, piétons).

Il est important de connaître également les conditions de la circulation au moment de la mesure. Ces informations doivent être connues par mouvement : trafic fluide, dense ou saturé. L'évolution des files d'attente au carrefour permettra d'estimer la demande. On observera aussi les conditions d'écou-

lement dans les carrefours voisins afin d'estimer leur réserve de capacité, et par conséquent la demande potentielle maximale au carrefour, afin d'assurer ainsi une meilleure cohérence des aménagements. Une observation plus large du réseau permettra de recenser les reports de trafic qui s'effectuent sur le réseau secondaire parallèle durant la congestion.

Les comptages sont l'occasion d'observation qualitatives sur les pratiques (licites ou non). Par exemple : impossibilité de trouver un créneau pour tourner à gauche ou à droite, hésitation des piétons, appropriation du carrefour. On effectuera un recensement de toutes les infractions provoquées par la saturation ou l'inadaptation du phasage ; dans le cas des carrefours à feux : passage au rouge et au jaune, mouvements interdits, etc.

### > Évolution des trafics

L'évolution s'apprécie à moyen terme, c'est-à-dire à un horizon de 5 à 10 ans après la mise en service, en tenant compte de la croissance du trafic externe, de l'urbanisation et des projets de voies nouvelles pouvant avoir une influence sur la charge du carrefour considéré.

Elle ne doit pas toujours être considérée à la hausse : **une baisse est envisageable selon les orientations de la commune en matière de déplacements.** Par exemple, pour les grosses agglomérations où le trafic est saturé, on prend juste en compte l'évolution de l'urbanisation et les projets en cours qui sont générateurs de déplacements.

Deux méthodes sont utilisées pour la prise en compte du trafic à moyen terme :

- Les trafics sont extrapolés par application aux résultats des comptages d'un taux tenant compte de l'évolution du trafic dans les années antérieures, d'une éventuelle charge supplémentaire de trafic due à l'urbanisation future de la zone et de la capacité des carrefours voisins. Des modèles mathématiques de modélisation statistique de trafic permettent de reconstituer les matrices de déplacement à partir d'hypothèses d'évolution de réseau, de données socio-économiques et de mobilité.
- Une autre démarche, assez courante, consiste à n'utiliser que les résultats des comptages

pour réaménager le carrefour et à déterminer la réserve de capacité des différentes variantes envisagées. Cette réserve est ensuite comparée au taux probable de croissance du trafic.

- Enfin, l'aménagement d'un carrefour, notamment en secteur d'entrée d'agglomération, peut avoir parmi ses objectifs de dissuader certains mouvements (afin d'encourager un report modal par exemple). Dans ce cas, le dimensionnement sera étudié en fonction de cet objectif et non pas de l'évolution estimée du trafic.

### 3.3.4 Aspects environnementaux

Les problèmes d'engorgement et de saturation des centres urbains et de leurs voies d'accès, qui ont d'abord concerné les grandes agglomérations, sont actuellement connus par une majorité de villes. Les effets négatifs sont nombreux : gaspillage des ressources énergétiques, humaines et de l'espace, dégradation de l'environnement et du cadre de vie des habitants, notamment par la pollution atmosphérique et les nuisances sonores.

Le Code de l'environnement impose que les projets d'infrastructure dont le coût dépasse 1 900 000 € et les opérations d'aménagement qui risquent d'être préjudiciables à l'environnement soient soumis à une étude d'impact.

L'infrastructure, par sa capacité mais aussi par le comportement qu'elle induit, joue un rôle considérable dans la pollution de l'air et dans le bruit, qu'il convient d'appréhender. Cela suppose un état des lieux de la situation.

#### > Pollution de l'air

Il apparaît clairement que les émissions polluantes dues aux transports routiers représentent une part importante des émissions globales de la France métropolitaine en 2005. Le transport routier est ainsi le premier émetteur de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), d'oxydes d'azote (NOx) et de monoxyde de carbone (CO). Il est également à l'origine de 11 % de l'émission des particules à l'échelle de la France. En milieu urbain, les émissions de particules dues au transport pourrait atteindre 30 %.



Les émissions polluantes sur un site sont liées directement au volume, à la nature et aux conditions d'écoulement du trafic.

En matière de qualité de l'air, la réduction du trafic automobile, la régulation des vitesses, notamment en heures creuses en favorisant le déplacement à vitesse constante de tous les véhicules, sont autant de mesures qui vont dans le sens d'une réduction des émissions de polluants. L'impact de l'aménagement d'un carrefour doit toutefois être estimé en prenant en compte ses effets sur la circulation d'ensemble : une capacité réduite incitant au report modal aura un impact positif malgré l'éventuelle congestion ponctuelle engendrée.

**La loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie** a pour objectif la mise en œuvre du droit reconnu à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à la santé. En ce qui concerne les carrefours, cette loi entraîne la prise en compte des points suivants :

■ Pour les travaux soumis à enquête publique, l'étude d'impact comporte un volet « air » et « santé » encadré par une note méthodologique introduite par la circulaire du 25 février 2005 avec :

- l'étude des effets du projet sur la santé ;
- l'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et les avantages induits pour la collectivité ;
- l'analyse des déplacements entraînés ou évités par la nouvelle infrastructure ;
- l'évaluation des consommations énergétiques.

■ Obligation de mise au point d'itinéraires cyclables lors de réalisations ou de rénovations de voies urbaines, à l'exclusion des autoroutes et voies rapides.

■ **Conformité** au PDU<sup>16</sup> pour toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants, avec un objectif affirmé de recherche de la diminution du trafic automobile au profit des autres modes de déplacements moins polluants : marche, vélos, TC.

■ Respect des préconisations du PPA<sup>17</sup> pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants pour ramener à l'intérieur de la zone définie, dans un délai déterminé, la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites fixées par le **décret n° 98-360 du 6 mai 1998** et son annexe I.

## > Bruit

Dans tous les milieux sociaux, plus de la moitié des ménages déclarant être gênés par le bruit mentionnent les bruits dus au transport parmi les nuisances sonores qu'ils subissent, cette proportion étant spécialement forte pour les agglomérations moyennes.

De même que précédemment, les émissions sonores sont liées directement au trafic, à la nature et aux conditions d'écoulement de celui-ci.

Les niveaux sonores admissibles dans les projets d'infrastructures nouvelles ou de transformation significative sont déterminés en fonction des textes d'application suivants :

- **loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit** ;
- décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres ;
- arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.

Le décret n° 95-22 indique que « la conception, l'étude et la réalisation d'une infrastructure de transports terrestres nouvelle doivent être accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives ». Dans le cas d'une infrastructure existante, la modification ou la transformation significative de l'infrastructure doivent être accompagnées des mêmes mesures.

Or, « les aménagements ponctuels et les carrefours non dénivelés » ne constituent pas une modification ou une transformation significative d'une infrastructure au sens du décret. Ils ne sont donc à traiter que dans le cadre d'infrastructure nouvelle pour laquelle les aménagements font l'objet d'une étude d'impact. Le projet doit alors prévoir des mesures de suppression, de réduction ou de compensation du bruit.

Pour l'évaluation de l'émission sonore du trafic routier dans un carrefour, celui-ci est découpé en segments sources, « acoustiquement » homogènes. Les indications nécessaires à l'identification et au renseignement de ces segments sont données de façon détaillée dans le *Guide du bruit des transports terrestres* édité par le Certu, récemment actualisé par

<sup>16</sup> Se référer à l'ouvrage *Agir contre l'effet de serre, la pollution de l'air et le bruit dans les plans de déplacements urbains* édité en 2008 par le Certu et l'Ademe.

<sup>17</sup> PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

Usage et nature des locaux	LAeq (6 h-22 h)	LAeq (22 h-6 h)
Établissements de santé, de soin et d'action sociale	60 dB(A)	55 dB(A)
Enseignement	60 dB(A)	--
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée (LAeq (6 h-22 h) < 65 dB(A) et LAeq (22 h-6 h) < 60 dB(A))	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée (LAeq (6 h-22 h) < 65 dB(A))	65 dB(A)	--

l'ouvrage du Setra *Prévision du bruit routier, calcul des émissions sonores dues au trafic routier*. Il s'agit principalement des données de trafic, débit, vitesse, pourcentage de PL, déclivité de la voie, nature du revêtement de chaussée.

Les seuils de contributions sonores du carrefour à respecter sont différents selon la période considérée (jour 6 h-22 h ou nuit 22 h-6 h), la nature des locaux exposés (santé, soin, enseignement, logement, bureaux) et l'ambiance sonore préexistante, c'est-à-dire avant aménagement.

Un état initial précis, portant sur le recensement du bâti exposé et les contributions sonores des sources existantes, doit donc être effectué. L'ambiance sonore préexistante peut être déterminée en façade des locaux exposés, en procédant à une campagne de mesures normalisées (NF S 31-085 pour la mesure du bruit d'origine routière, NFS 31-088 pour le bruit ferroviaire, HF S 31-110 pour la multi-exposition sonore) ou par évaluation à l'aide de logiciels dédiés, MITHRA, ARTEMIS, IMMI ou autre.

**La directive 2002/49/CE du 25 juin 2002** relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement pose les bases communautaires de lutte contre le bruit des infrastructures de transports terrestres, des aéroports et des industries. À cette fin, elle prévoit la mise en œuvre progressive des actions suivantes :

- l'évaluation de l'exposition au bruit des populations présentée sous la forme de cartes de bruit, que la Commission européenne qualifie de « stratégiques », établies sur la base de méthodes communes, aux pays européens ;

- l'information des populations sur le niveau d'exposition ;
- la mise en œuvre de politiques visant à réduire le niveau d'exposition au bruit des populations, à préserver des zones calmes, et ce dans le cadre de plans de prévention du bruit dans l'environnement..

Les infrastructures routières concernées sont celles dont le trafic est supérieur à 3 millions de véhicules par an et toutes les voiries urbaines des agglomérations de plus de 100 000 habitants.

### 3.4 Données relatives à la sécurité

Au-delà des volumes de trafic, qui influent sur la probabilité globale d'accidents, les facteurs de risques apparaissent souvent liés à des défauts de lisibilité et à une mauvaise visibilité.

Une mauvaise appréciation de la configuration et du fonctionnement du carrefour s'explique en général par un manque de cohérence avec le parti d'aménagement de l'axe.

Chaque année, de nombreux carrefours sont réaménagés pour des raisons de sécurité. Pourtant, l'expérience montre que, dans un grand nombre de cas, les études réalisées en amont manquent de précision à ce sujet.

#### 3.4.1 Observations sur le site

Elles seront l'occasion de détecter les conflits avec les autres usagers et les éventuels problèmes liés à la géométrie du carrefour.

### > Les relevés de l'infrastructure et de ses aménagements :

- mauvaise visibilité : celle-ci a un impact négatif non seulement sur la sécurité, mais aussi sur la capacité, dans la mesure où elle génère des comportements hésitants (surtout pour les mouvements de tourne-à-gauche sans phase spécifique) ;
- mauvaise lisibilité interne : un carrefour trop complexe (multiplicité d'îlots par exemple), ou sur lequel la signalisation semble mal comprise ou mal perçue par les usagers, est lui aussi source d'hésitation et d'erreur d'affectation des files de circulation ;
- largeur des voies inadaptée, stockages insuffisants ;
- visite nocturne pour évaluer l'impact de l'éclairage ;
- problèmes de giration : des rayons de giration sous-dimensionnés peuvent obliger les poids lourds ou les bus à effectuer certains mouvements en plusieurs manœuvres, gênant ainsi l'ensemble de la circulation, ou à empiéter sur les espaces dédiés à d'autres usagers (piétons ou cyclistes) ;
- un dimensionnement trop important augmente les zones de conflits (voies larges, grand rayon de raccordement, traversées piétonnes longues), et permet des vitesses plus élevées (notamment pour les deux-roues motorisés) ;
- fractionnement excessif des traversées piétonnes ;
- rampe d'entrée importante pouvant créer des difficultés pour les poids lourds, notamment au démarrage ;
- voie large favorisant la remontée de file des 2RM à vitesse élevée.

### > Les observations sur le comportement des usagers (en liaison avec des mécanismes d'accidents) :

- stationnement illicite ou arrêts fréquents liés aux activités riveraines sur le carrefour, neutralisant ainsi une ou plusieurs files de circulation ;

- difficulté de présélection des différents mouvements sur les files qui leur sont affectées. Cela peut être lié à une signalisation de direction peu lisible ou à une longueur d'entrecroisement trop courte ;
- flux de piétons très importants ; l'influence des flux piétonniers en traversée des carrefours non régulés par feux n'est en général pas prise en compte dans les calculs de capacité. Elle peut être importante lorsque se produisent des phénomènes de groupe (sortie d'école ou d'usine, par exemple) ;
- trajectoires suivies dans les différents mouvements ;
- éventuelles manœuvres illicites ;
- présence d'usagers très lents ou moins rapides (PMR, cyclistes...) ;
- rapports de force entre les différents modes ;
- respect de la signalisation lumineuse tricolore ;
- observations variables dans le temps qui peuvent correspondre à des pratiques particulières, à une typologie ou à une élévation du nombre d'accidents.

### 3.4.2 Accidents

Le recueil doit porter sur tous les accidents corporels survenus pendant les cinq dernières années sur le carrefour, mais aussi sur la zone d'influence de chacune des branches (c'est-à-dire dans la section où la présence du carrefour induit une modification du comportement des usagers).

#### > Les sources permettant de procéder à ce recensement sont :

##### ■ Le fichier accidents du BAAC

Ce fichier est alimenté par les Bordereaux d'Analyse d'Accidents Corporels (BAAC) remplis par les services de police ou de gendarmerie ; il est mis à jour mensuellement.

Ces données sont disponibles dans les services extérieurs du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (DDEA, Cete, DREAL) et sur Internet.

##### ■ Le fichier accidents informatisé d'une ville

Certaines villes importent ou ressaisissent partiellement ou totalement les données du BAAC, fournies

18 Concerto : logiciel comprenant une base de données des accidents (caractéristiques, typologie, circonstances...) couplée à un système géographique localisant l'accident. Plus de 20 grandes agglomérations utilisent ce logiciel du MEEDDM que l'on retrouve également dans les observatoires départementaux de sécurité routière (ODSR).

par la police, pour constituer leur propre fichier accidents qu'elles exploitent avec un « logiciel maison » ou avec Concerto<sup>18</sup>.

Ces données accidents sont parfois mises en valeur sous forme cartographique en faisant apparaître les enjeux accidents par voie ou par carrefour.

### ■ Les procès-verbaux d'accidents

Les données accidents d'un fichier informatisé (BAAC ou de la ville) sont très synthétiques. Le niveau d'information est parfois insuffisant pour comprendre réellement les mécanismes d'accidents.

Dans le fichier BAAC, la localisation de l'accident fait trop souvent défaut ou est erronée (n° d'immeuble ou point repère). Or, en milieu urbain, la localisation exacte des conflits est très importante. De plus, un accident en intersection peut être codifié de manière aléatoire. Des conflits de type « collisions arrière » avec des véhicules à l'arrêt ou en approche d'un feu rouge ne sont pas considérés en intersection dans la majorité des cas. Une recherche détaillée des accidents à inclure dans l'analyse est souvent nécessaire.

Seule la lecture des procès-verbaux d'accidents – ou tout au moins, une demande de compléments au service accidents de la police (schémas, chocs, etc.) – permet de préciser l'interprétation, par exemple :

- « sur quelle file circulait le véhicule responsable ? »
- « quel était le niveau de trafic au moment de l'accident ? »
- « sur quel passage piéton traversait la personne ? »

Dans les petites agglomérations (moins de 10 000 habitants), les procès-verbaux d'accidents sont établis et archivés par la gendarmerie nationale ; la police nationale réalise ce travail en milieu urbain. Des accords peuvent être passés avec la gendarmerie pour que la commune ait accès aux procès-verbaux dès leur établissement. Cela permet d'avoir une plus grande réactivité.

■ **Les rapports d'enquête ECPA**<sup>19</sup> disponibles à la préfecture. Ce type d'enquête est prévu pour des accidents graves.

■ **La main courante** des interventions de police ou de gendarmerie qui permet de recenser les accidents matériels « déclarés ». La consultation de ce document est fortement conseillée à l'échelle d'un

carrefour car elle permet de travailler sur un plus grand nombre de conflits.

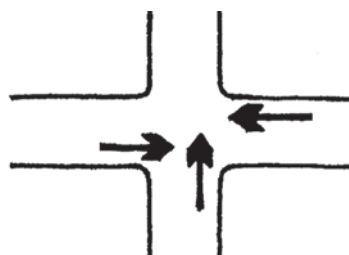
■ **Le recueil** peut être utilement complété par des interviews des riverains, des usagers empruntant régulièrement le carrefour et des gestionnaires de la voirie, dans le but de dégager des tendances sur les situations de quasi-accidents (accidents évités de justesse) et les types d'accidents matériels les plus fréquents. Ces renseignements devront toutefois être utilisés avec précaution car le sentiment d'insécurité ressenti par les usagers ne coïncide pas toujours avec l'insécurité réelle de l'aménagement.

■ **Les recueils spécifiques des exploitants de TC** dans certains cas (tramway en particulier).

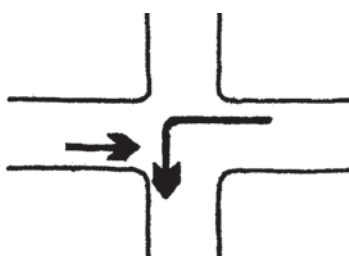
### > Les scénarios d'accidents en intersection

Sur la base de l'analyse de 500 procès-verbaux d'accidents survenus en agglomération, l'INRETS a décrit environ 40 scénarios<sup>20</sup> dont certains se situent en intersection. Les principaux scénarios sont :

- Collision à angle droit ; le véhicule qui n'a pas la priorité s'engage et entre en collision avec le véhicule circulant sur l'autre axe. Ce scénario est constaté sur les carrefours plans sans feux comme dans les carrefours à feux où un véhicule passe au rouge. Mauvaise perception du carrefour, problème de visibilité en sont les principales causes.



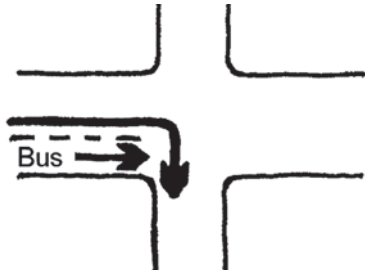
- Manœuvre de tourne-à-gauche ; un véhicule tourne à gauche et entre en collision avec un véhicule circulant sur la voie opposée.



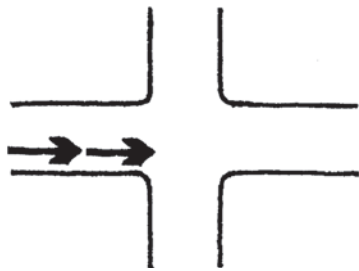
ECPA : Enquête 19  
Comprendre  
Pour Agir.

Extrait du rapport 20  
d'étude provisoire  
de Nicolas Clabaux  
(2005, INRETS),  
intitulé : Scénarios  
types d'accidents  
de la circulation  
urbaine n'impliquant  
pas de piétons.

- Manœuvre de tourne-à-droite ; un véhicule tourne à droite et entre en collision avec un véhicule circulant sur une voie réservée (voie bus, bande ou piste cyclable). Le véhicule tournant ne voit pas le véhicule circulant sur la voie réservée.



- Collision arrière entre deux véhicules approchant un carrefour ; le deuxième n'anticipe pas l'arrêt du premier. Ce scénario est constaté dans les carrefours plans avec cédez-le-passage et les carrefours à feux.



Parmi les différentes causes, on peut citer : une mauvaise visibilité réciproque, une perception tardive du carrefour, des voies trop larges, une inattention des conducteurs ou un mauvais comportement (vitesse excessive).

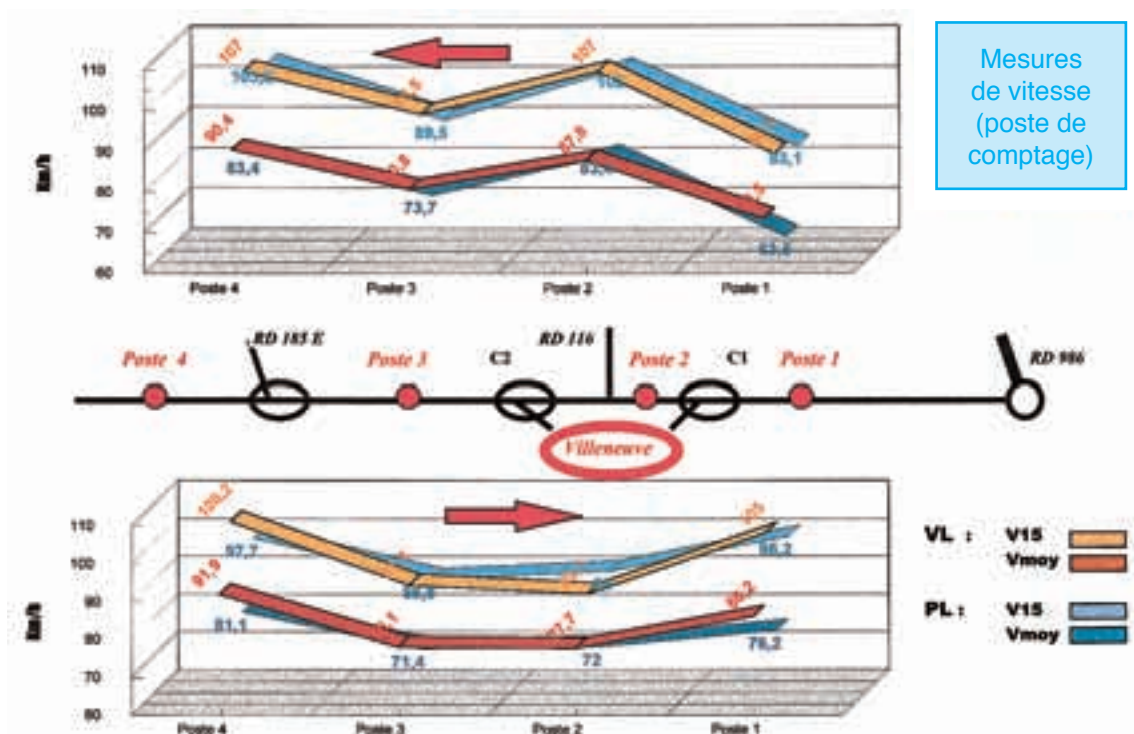
### 3.4.3 Mesures de vitesse

« Les vitesses pratiquées sont-elles trop élevées par rapport à la réglementation ou aux caractéristiques du site ? »

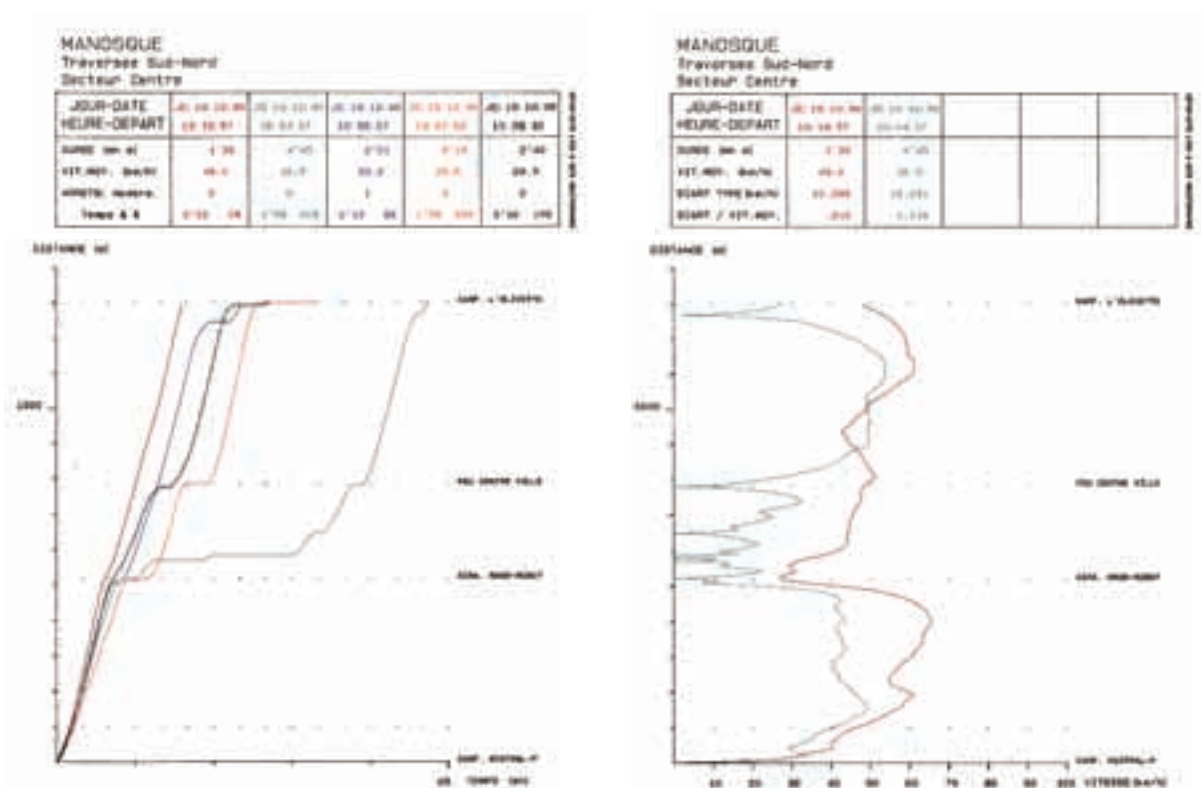
L'analyse des accidents ou les observations sur le site conduisent souvent à se poser ce genre de question. Le recueil de données peut alors prendre deux orientations différentes :

- comptabiliser le nombre de véhicules dépassant la vitesse autorisée en approche ou au droit du carrefour ;
- mieux comprendre le comportement des usagers qui abordent le carrefour par leur conduite et plus particulièrement par leurs variations de vitesse.

Dans le premier cas, des mesures de vitesse par radar ou par analyseur de vitesse sont effectuées à partir de comptages de véhicules sur une période de plusieurs jours.



Mesures de vitesse par comptage (le V15 correspond au V85)



Mesure de vitesse à partir d'un véhicule

Ces relevés doivent être positionnés judicieusement, en amont et au droit du carrefour, sur une ou plusieurs branches. Le technicien doit reconnaître le site afin de bien déterminer la position des compteurs.

Ces mesures permettent de dresser un histogramme des vitesses.

Dans le deuxième cas, la méthode du véhicule flottant permet d'établir des courbes de variation de la vitesse en fonction de la position des véhicules. Les points de repère, où seront relevées les vitesses, doivent être sélectionnés en fonction des variations de comportement des usagers (hésitations, ralentissements, accélérations, changement de trajectoires) et de l'environnement. Il faut pour cela effectuer plusieurs « passages à vide » avant de commencer la série de relevés.

Statistiquement, des résultats exploitables demandent une dizaine de suivis au minimum. Ces suivis doivent être ciblés sur des véhicules isolés, à différentes heures de la journée. Des relevés spécifiques peuvent être prévus la nuit car les problèmes de vitesse sont généralement plus sensibles. Notons cependant la difficulté de réaliser ces suivis de véhicules en milieu urbain dense.

### 3.5 Données spatiales

#### 3.5.1 Contraintes des emprises

Préalablement à un aménagement ou à un réaménagement de carrefour, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de l'emprise dont on peut disposer : existe-t-il des réservations d'emprise au PLU ? Peut-on élargir l'emprise du carrefour existant ? Quels sont les terrains ou les bâtiments qui peuvent éventuellement être acquis ? Quels sont, au contraire, ceux auxquels on ne peut pas toucher ?

La consultation du PLU et des entretiens avec élus ou techniciens responsables de l'urbanisme permettent de connaître la vocation des espaces à proximité de la zone d'étude, l'évolution future des emprises autour des carrefours, et surtout les types de projets susceptibles d'aboutir.

La présence d'un bâtiment ou d'un monument historique classé sur un périmètre de 500 m autour d'un carrefour impose de consulter l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) dès la phase de recueil des données. La consultation de l'ABF se fait également en secteur sauvegardé, en Zone de Protection

du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager (ZP-PAUP) et en sites inscrits ou classés.

### 3.5.2 Géométrie du carrefour

Il est nécessaire de disposer d'un fond de plan topographique récent, comportant les cotes de tous les éléments existants : voies, trottoirs, bâti, îlots, éclairage, signalisation, végétation, mobilier urbain, réseaux. L'altimétrie sera indispensable dans le cas où le site présente une configuration particulière (fortes pentes par exemple).

### 3.5.3 Morphologie de l'espace

Certains carrefours méritent des relevés spécifiques sur leurs séquences d'approche pour :

- mieux déterminer leur rôle par rapport au reste de l'itinéraire, dans le diagnostic spatial ;
- orienter l'analyse sécurité en matière de lisibilité du carrefour par les usagers.

Les relevés photographiques et vidéo sont alors les outils les mieux adaptés avec :

> **Un relevé qualitatif** exprimant :

- l'implantation et la volumétrie du bâti ;
- le type de traitement minéral ;

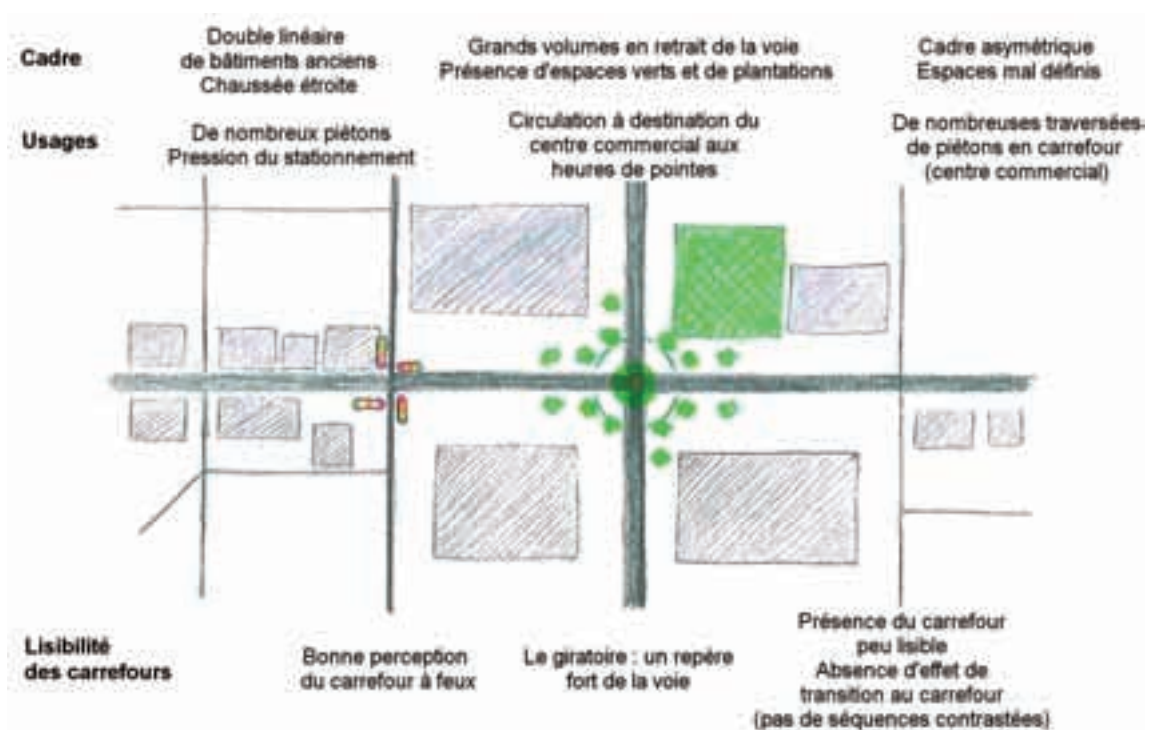
- les ambiances évoquées par les usages riverains (stationnement, publicités, flux piétons, etc.) ;
- la mise en valeur de l'espace par les plantations et espaces verts (volume, densité, position, alignement, etc.) ;
- le type de mobilier urbain et sa déclinaison le long de l'axe (gamme, couleur, position, structure, etc.) ;
- la présence d'éléments singuliers ou remarquables par leur qualité architecturale (fontaine, statue, façade...).

> **Les effets de ruptures ou points forts :**

- changement de profil en travers, de perspectives ;
- rupture topographique ;
- les espaces publics ;
- les points significatifs (place, carrefour, bâtiment, espace vert, etc.).

> **Un recensement des aménagements existants et des projets :**

- fonction ;
- gamme ;
- niveau de perception.



Lecture du site et de ses usages (schéma Cete Normandie-Centre)

### 3.5.4 Réseaux souterrains

Le sous-sol urbain est très encombré par le passage de tous les réseaux : eau potable, eaux usées, gaz, électricité, télécommunications, câbles électriques propres à l'exploitation de la circulation, de l'éclairage, réseau de télévision câblé.

La présence de câbles, canalisations et chambres constitue une contrainte dont il faudra tenir compte dans l'aménagement du carrefour. En effet, déplacer des réseaux ou une chambre de tirage PTT constitue

une dépense parfois sans rapport avec l'importance de l'aménagement. Aussi est-il nécessaire d'avoir une bonne connaissance de l'emplacement de l'ensemble des réseaux souterrains aux abords du carrefour.

Ces informations peuvent être obtenues auprès :

- des services techniques de la ville (les villes peuvent disposer de banques de données urbaines ou de systèmes d'informations géographiques) ;
- des différents concessionnaires de réseaux.



# 4 Les analyses thématiques

L'analyse d'un carrefour consiste à déterminer l'ensemble des éléments qui concourent à son mauvais fonctionnement. Il s'agit de rechercher les causes des problèmes rencontrés en effectuant les analyses suivantes :

- fonctionnement urbain ;
- usagers ;
- trafics et déplacements ;
- sécurité ;
- espace.

Ce diagnostic global permet au projecteur de reformuler et d'élargir la demande du maître d'ouvrage qui porte souvent sur un problème spécifique. La connaissance précise des causes des problèmes constatés peut ainsi parfois aboutir à des propositions de modifications mineures du carrefour, ou même à agir en amont sans toucher à celui-ci.

## 4.1 Analyse du fonctionnement urbain

### 4.1.1 Objectifs

L'analyse du « fonctionnement urbain » consiste en une mise en cohérence entre :

- d'une part, les caractéristiques du site, son évolution prévue par les documents d'urbanisme, les fonctionnalités, les activités et les conflits d'usages qui en découlent ;
- d'autre part, l'image du carrefour, la perception de l'aménagement par les usagers et la répartition de l'espace entre ces derniers. Fréquemment, il est nécessaire d'élargir cette réflexion à l'aménagement des axes qui convergent vers le carrefour.

En effet, le site d'un carrefour peut avoir une signification urbaine forte. Il est donc important que la perception qu'en ont les usagers (conducteurs,

piétons, cyclistes, riverains...) corresponde à cette fonction. Cette cohérence repose non seulement sur la géométrie du carrefour (type de carrefour, répartition de l'espace), mais aussi sur les matériaux utilisés, les couleurs, l'éclairage, le mobilier urbain, les aménagements végétaux ou minéraux.

Ce diagnostic a pour but de rechercher les efforts à accomplir pour améliorer cette cohérence. Il se fonde avant tout sur des observations sur le terrain.

### 4.1.2 Besoins propres au tissu urbain environnant

Chaque bâtiment ou groupe homogène de bâtiments génère des besoins bien particuliers. Il s'agit ici d'évaluer dans quelle mesure ceux-ci sont satisfaits.

Sans être exhaustif, prenons quelques exemples :

Dans les **zones d'habitat résidentiel**, les objectifs spécifiques sont principalement :

- privilégier le calme et la vie locale ;
- réduire la vitesse au dessous de 30 km/h ;
- faire en sorte que les riverains, les piétons et les cyclistes se sentent privilégiés ;
- adapter l'offre de stationnement aux besoins (suivant le type d'habitat et la présence de garages ou parkings privés) afin d'éviter le stationnement parasite, notamment quand l'offre globale est insuffisante sur le secteur.

À **proximité d'une école** maternelle ou primaire, les besoins sont :

- des itinéraires piétons sûrs ;
- des aires de dégagement sur les trottoirs devant les entrées ;
- des possibilités de stationnement ou d'arrêt minute pour les parents d'élèves ;
- des arrêts de transports collectifs.

Dans une **zone industrielle**, les besoins spécifiques peuvent être :

- des conditions de giration satisfaisantes pour les poids lourds ;
- des aires de stationnement pour les poids lourds, pour les vélos ;
- des aménagements spécifiques pour les cyclistes en sortie d'usine.

## 4.2 Analyse usagers

Il s'agit ici d'évaluer si les besoins des différents usagers (piétons, cyclistes, transports collectifs, voitures, deux-roues motorisés, poids lourds) sont convenablement satisfaits. La nature du tissu urbain étudié au préalable est un critère déterminant pour cette analyse.

### 4.2.1 Piétons

D'une manière générale, les besoins des piétons peuvent être listés de la manière suivante :

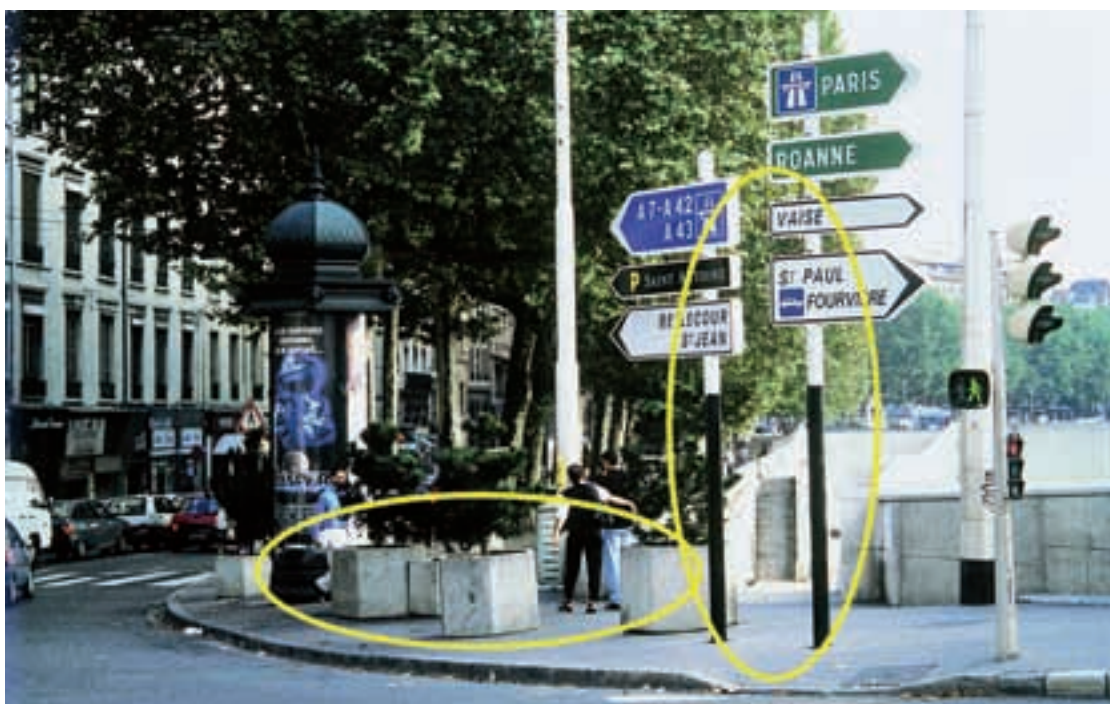
- continuité de l'itinéraire ;
- cheminements larges ;
- accessibilité pour les PMR ;

- itinéraire perçu comme le plus court et le plus agréable possible ;
- attente limitée et créneaux de temps suffisamment longs pour traverser ;
- voir les véhicules et être vu par eux en supprimant par exemple les obstacles à la visibilité en amont des passages piétons ;
- se sentir en sécurité, notamment en phase de traversée ;
- bénéficier d'un éclairage ambiant suffisant la nuit ;
- marcher sur un revêtement confortable ;
- disposer de trottoirs peu encombrés (obstacles matériels) et dont la largeur est adaptée aux flux piétons ;
- disposer d'arrêts de transports collectifs aménagés ;
- avoir des itinéraires piétons entre les correspondances de transports collectifs.

### 4.2.2 Cyclistes

En carrefour, les principaux besoins des cyclistes peuvent se décliner de la manière suivante :

- continuité de leur cheminement tout en maintenant un niveau de sécurité optimal ;



Les passages piétons débouchent sur un trottoir encombré de mobiliers urbains gênant le cheminement.



Continuité de leur cheminement et lisibilité des aménagements, modération de la vitesse sont des éléments, parmi d'autres, à considérer pour la prise en compte des cyclistes dans l'aménagement d'un carrefour (photo : Cete de l'Est).

- mise en évidence des trajectoires les plus délicates à suivre par les cyclistes et des points de conflits ;
- réduction des conflits avec les mouvements tournants de véhicules ;
- créneaux de temps suffisants pour effectuer les mouvements tournants et pour finir la traversée du carrefour ;
- zones de stockage spécifiques dans les cas où des phénomènes de « grappe » se produisent (sorties d'usines ou d'écoles, par exemple) ;
- repérage des itinéraires cyclables en amont du carrefour ;
- modération des vitesses ;
- protection par rapport aux véhicules lourds (angle mort) ;
- protection vis-à-vis des mouvements de tourne-à-gauche et des voies multiples.
- d'un trafic fluide ou d'une priorité de passage (vitesse commerciale et régularité) ;
- de disposer d'arrêts bien positionnés qui ne masquent pas la visibilité et qui soient dimensionnés en rapport avec leur importance (veiller à ce qu'il n'y ait pas de stationnement ni de livraisons sur ces emplacements) ;
- de la prise en compte des changements de file en amont des carrefours (cisaillement droite-gauche pour tourner à gauche).

Lorsque l'objectif est de donner un haut niveau de service aux systèmes de TC, une gestion et une signalisation spécifiques sont le plus souvent souhaitables pour assurer une priorité aux véhicules de transport collectif. Dans ce cas, il est important de bien examiner l'interaction entre les carrefours et les arrêts à proximité immédiate, que ceux-ci soient à l'amont ou à l'aval de l'intersection.

Il faut aussi savoir qui est éventuellement autorisé à circuler dans les sites réservés (autocars de tourisme, cyclistes, taxis...) et quelles sont les incidences sur le fonctionnement du carrefour (mouvements des véhicules autorisés, détection...).

### 4.2.3 Transports collectifs

En carrefour, les véhicules de transports collectifs ont essentiellement besoin :

- d'un espace de giration suffisant afin de ne pas engendrer d'autres inconvénients, pour les piétons par exemple ;

### 4.2.4 Poids lourds

Au sujet des poids lourds, les problèmes essentiels concernent les difficultés de manœuvre (giration) et



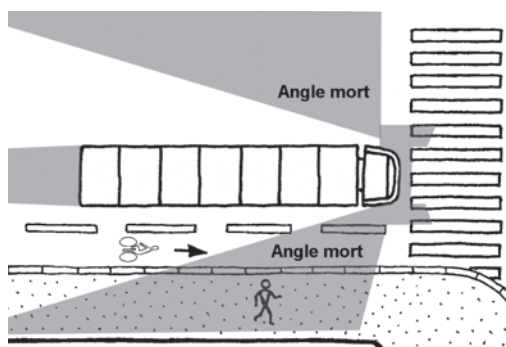
Carrefour à feux avec une ligne d'effet des feux reculée pour prendre en compte la giration du bus (photo : Cete d'Aix)

de stationnement (livraisons). Il faut vérifier que les girations, qui empiètent par balayage sur le trottoir, n'exposent pas le mobilier urbain et ne créent pas de danger pour les piétons ni pour les cyclistes qui peuvent se trouver coincés contre les bordures de trottoir.

### > Les angles morts

Certains espaces autour d'un poids lourd ou d'un bus échappent à la perception du conducteur : on parle « d'angle mort ». Ils concernent 3 zones :

- devant, au bas de son véhicule, le conducteur ne voit pas le piéton ou le cycliste trop proche ;
- sur les côtés, le conducteur ne voit pas les autres usagers à proximité immédiate, le long



de son véhicule, surtout à droite de la cabine (cas le plus courant d'accident) ;

- à l'arrière du véhicule, le conducteur ne voit pas les autres usagers sur une longueur d'environ 3 mètres.

La nouvelle norme européenne, par arrêté du 10 avril 2008, impose aux transporteurs de nouveaux rétroviseurs qui améliorent la visibilité, en particulier sur les côtés.

### 4.2.5 Les deux-roues motorisés

Ils sont assimilés aux voitures et n'ont pas d'aménagements qui leur sont propres. Pour autant, ils ont besoin :

- d'une bonne visibilité en intersection afin d'être vu par les autres usagers ;
- que soient minimisés les conflits avec les mouvements tournants des autres véhicules ;
- que les aménagements constituant des obstacles soient limités à l'indispensable ;
- d'un traitement d'ensemble qui ne soit pas à l'origine de perte d'équilibre ou d'adhérence ;
- d'une qualité de finition élevée, les petits défauts ayant de grande conséquence du fait

de leur faible protection et de leur marge de sécurité souvent étroite.

Pour leur sécurité comme pour celles des autres usagers, les aménagements doivent être conçus de manière à inciter à modérer la vitesse.

### 4.3 Analyse des trafics et des déplacements

Cette analyse a pour objet de déterminer les causes des éventuels problèmes d'écoulement du trafic et de rechercher les modifications envisageables.

Bien souvent, ce type d'analyse permet d'éviter un réaménagement lourd du carrefour qui, de surcroît, pourrait s'avérer inutile dans les cas où le mauvais fonctionnement serait davantage lié à des éléments environnants perturbateurs qu'à une capacité insuffisante.

Constaté qu'un carrefour fonctionne mal en terme d'écoulement des flux peut sembler chose évidente : il est aisé de noter visuellement que des files d'attente importantes se forment. Il peut néanmoins s'avérer nécessaire de quantifier ces dysfonctionnements pour :

- déterminer le degré d'urgence des éventuels réaménagements ;
- évaluer la gêne qu'ils engendrent (un quart d'heure de saturation par jour ou plus peut parfois être considéré comme acceptable) au regard du risque et des problèmes induits par le surdimensionnement du carrefour.

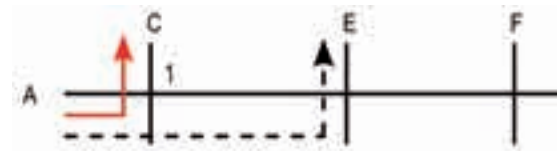
#### 4.3.1 Causes de dysfonctionnements extérieures au carrefour

Une étude de carrefour ne se limite jamais à l'emprise même de l'intersection. Il est important d'élargir le champ d'investigation au fonctionnement des voies qui s'y croisent. Il faut pour cela prendre en compte les carrefours situés en amont et en aval ainsi que les conditions générales de circulation dans le quartier, ou du moins dans la zone d'influence du carrefour.

Le mauvais fonctionnement d'un carrefour peut être lié à d'autres facteurs que son aménagement. Les exemples cités ci-dessous sont fréquemment la cause de perturbations de carrefours.

#### > Plan local de circulation inadapté

Modifier l'exploitation (sens de circulation autorisés) des voies situées à proximité immédiate du carrefour peut, parfois, constituer une solution intéressante pour améliorer son fonctionnement sans procéder à des réaménagements lourds.



*Report des tourne-à-gauche (TAG) sur le carrefour E*

*Le carrefour (1) est saturé par un important mouvement de tourne-à-gauche de A vers C. On peut envisager de mettre la voie C en sens unique et de reporter les mouvements correspondants sur les voies E et F.*

*Il est toutefois nécessaire de vérifier que les allongements de parcours ainsi créés sont acceptables et d'évaluer l'impact de cette modification sur le fonctionnement des voies et des carrefours adjacents. On regarde également s'il est opportun de n'appliquer ce sens unique qu'aux véhicules motorisés, les cyclistes étant rabattus sur les traversées piétonnes.*

#### > Mauvais fonctionnement des carrefours alentour

Problèmes de remontées de files d'attente d'un carrefour sur l'autre, mauvaise coordination entre les feux.

#### > Mouvements perturbants systématiques

Manœuvres fréquentes de poids lourds à proximité immédiate du carrefour (livraisons) ; arrêts de courte durée de véhicules sur chaussée (présence d'un commerce de proximité, tel qu'un bureau de tabac ou un distributeur de billets).

Dans ce cas, la solution consiste à organiser ces mouvements ou arrêts (prévoir des aires spécifiques) ou à les interdire physiquement.

#### > Stationnement gênant

Manœuvres fréquentes de stationnement sur une des voies (ou sur arrêt de bus ou sur voie de bus) pouvant générer des files d'attente remontant jusqu'au carrefour.

#### > Arrêts de bus mal positionnés

Un arrêt situé en aval d'un carrefour perturbe souvent moins la circulation générale qu'un arrêt à l'amont.

Cette mesure permet également de positionner le passage piéton à l'arrière de l'arrêt de bus, au niveau du carrefour, ce qui présente de meilleures conditions de sécurité pour la visibilité du piéton qui traverse. Enfin, cette position est préférable pour l'asservissement du feu vert à l'arrivée du bus (pas de perturbation liée au temps d'arrêt variable en station).

Dans le cas de site propre réservé aux TC, le choix de l'implantation est plus complexe. Le positionnement des arrêts en vis-à-vis est souvent préféré pour des questions de lisibilité du réseau, mais aussi de fonctionnalité et de sécurité (traversée piétonnes). L'interaction avec le carrefour doit être regardée avec soin, l'arrêt se trouvant alors en amont pour un des sens de circulation.

### 4.3.2 Dysfonctionnements internes au carrefour

On peut distinguer deux familles de facteurs de dysfonctionnements internes à un carrefour :

#### > Les facteurs quantifiables

Ce sont tous les paramètres dont l'influence peut être mise en évidence par un calcul de capacité théorique à partir des données de trafic (voir Guide carrefours à feux) comme :

- longueur de stockage inadaptée au niveau de trafic (des tourne-à-gauche notamment) ;
- phasage et plans de feux (temps de dégagement) ;
- capacité de stockage (des tourne-à-gauche essentiellement) à l'intérieur du carrefour ;
- absence de créneaux suffisants ;
- nombre de voies sur chaque branche, dont la cohérence du nombre entre l'entrée et la sortie ;
- temps d'attente excessif pour les piétons ;
- largeur des îlots séparateurs ;
- rayon de l'îlot central.

#### > Les facteurs non quantifiables

Ce sont tous les paramètres de l'aménagement qui ont une incidence sur sa capacité sans que cela puisse être mis en évidence par un calcul théorique. Leur impact ne peut être évalué que sur la base

d'observations *in situ*. Ces dysfonctionnements sont généralement détectés lors du recueil de données initial. Citons à titre d'exemple :

- position des arrêts de bus dans le carrefour ;
- stationnement illicite et arrêts fréquents pour la livraison des commerces ;
- difficulté de présélection des différents mouvements sur les files d'affectation des véhicules ;
- mauvaise lisibilité ou visibilité ;
- problèmes de giration.

## 4.4 Analyse de la sécurité

Les trois approches de l'analyse de la sécurité sont :

- le bilan des accidents avec la nature des usagers impliqués ;
- la recherche de leurs causes ;
- l'examen du site pour identifier des configurations à risque reconnues comme habituellement accidentogènes.

### 4.4.1 Le bilan des accidents

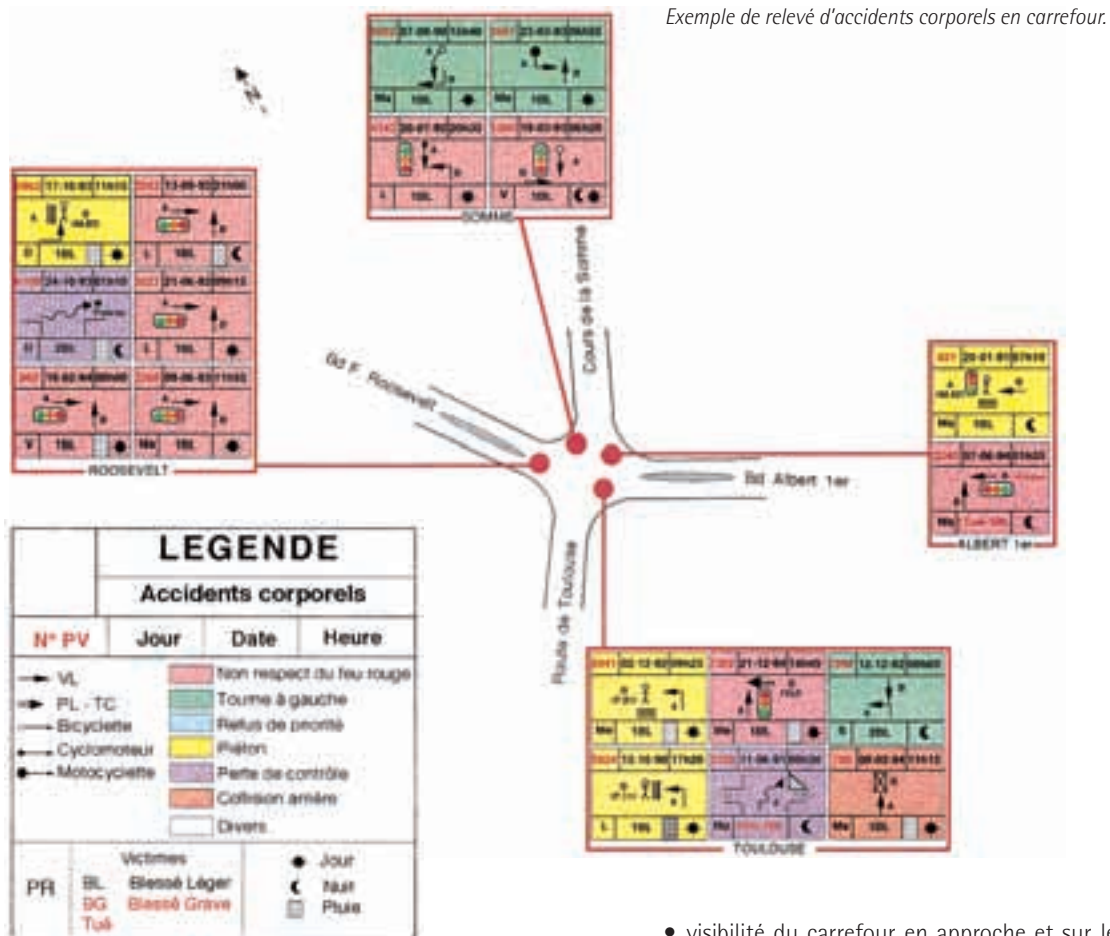
Il est important de connaître l'enjeu réel que représente le carrefour en matière d'accidents. Il faut, pour cela, comparer le volume et la typologie des accidents avec les autres carrefours de l'axe concerné.

Au niveau du carrefour, une mise en forme des données recueillies dans les fichiers accidents ou les procès-verbaux d'accidents peut aider l'exploitation et l'analyse.

Une représentation schématique des accidents reportés sur un plan du carrefour peut être très utile dans un premier temps. Elle permet de mettre en évidence des points ou des zones d'accumulation, et des types d'accidents prépondérants.

### 4.4.2 La recherche des causes possibles d'insécurité

Cette étape consiste à analyser de manière suffisamment fine les circonstances de chacun des accidents recensés pour en déduire une première série de causes possibles liées à l'infrastructure ou à son environnement (s'il en existe). Le niveau d'analyse



dépend du recueil des données exploitées initialement.

La recherche des causes possibles liées à l'infrastructure ou à son environnement demande :

> **Une bonne connaissance du site afin d'analyser les éventuels défauts de conception ou d'exploitation reconnus comme accidentogènes.**

Pour mémoire, les critères suivants permettent d'assurer un niveau optimal de sécurité et de fonctionnement d'un carrefour :

- **lisibilité du carrefour** : ce critère est fondé sur la recherche de simplicité de la géométrie afin que l'usager perçoive facilement le fonctionnement du carrefour. La tâche de conduite des usagers (surtout non prioritaires) est liée à la complexité des informations, ce qui explique l'insécurité des carrefours complexes, larges et avec une multitude d'îlots ;

- visibilité du carrefour en approche et sur les voies secondaires ; la distance de visibilité doit être adaptée à la vitesse d'approche ;
- **information claire, lisible et cohérente** avec la signalisation de la voie ; il faut veiller à la bonne implantation des supports de panneaux de signalisation directionnelle. La nature et le nombre des mentions doivent être conformes au schéma directeur de signalisation de la commune ou du quartier s'il existe.

> **Une certaine expérience en matière d'accidentologie en milieu urbain.**

Il est également important de vérifier dans le temps l'évolution des accidents sur le carrefour et à proximité durant les cinq dernières années. La prise en compte des aménagements effectués au moins sur la même période permet parfois de mieux comprendre l'évolution des accidents et de relativiser leurs enjeux et leurs variations :

- changement de régime de priorité ou de sens de circulation ;

- nouvelle régulation ;
- phases spécifiques piétons, transports collectifs, tourne-à-gauche ;
- création de files d'affectation du trafic ;
- implantation de nouvelle signalisation.

Il convient aussi de prendre en compte l'évolution des flux (voitures, piétons...) durant cette période.

En fonction des résultats de l'analyse des accidents, une visite complémentaire sur le site permet de vérifier que les causes possibles d'accident correspondent bien à la réalité du terrain. Il est alors intéressant de croiser les différents recueils de données afin de mieux comprendre les interactions site-infrastructure-usagers.

#### 4.4.3 Les configurations à risques

Nous présentons ici une liste des principaux facteurs d'insécurité en fonction du type de carrefour urbain.

#### > Carrefours sans feux avec « stop » ou « cédez-le-passage » (sauf giratoires)

Les causes d'insécurité les plus communément constatées sur ce type de carrefour sont :

- la **vitesse** excessive du flux prioritaire ;
- des problèmes de visibilité liés à des **masques latéraux** (stationnement, mobilier urbain, publicité par exemple) ;
- le caractère atypique de certaines configurations géométriques (ronds-points percés ou tourne-à-gauche par la droite) ;
- des **trajectoires trop directes** pour les mouvements non prioritaires (carrefours en Y par exemple) ;
- la **complexité de dessin** du carrefour (multiplicité d'îlots notamment) ;
- la trop grande proximité du carrefour d'une courbe, entraînant un manque de **visibilité** ;



Espace roulable démesuré et géométrie complexe (photo : Cete Méditerranée)





Problème de visibilité dû au stationnement (photo : Cete de l'Est)

- le manque de **refuge piéton** sur voies prioritaires larges ou comportant plusieurs voies ;
- la mauvaise position du **passage piéton** sur une des voies secondaires ;
- une continuité mal réalisée de **l'aménagement cyclable** ;
- la présence de tourne-à-gauche sur les **2 x 2 voies** ;
- un niveau de trafic trop important sur la voie principale (absence de créneaux<sup>21</sup> intervéhiculaires induit une prise de risque des usagers de la voie secondaire).
- le problème de hiérarchie apparente des voies ;
- une vitesse trop élevée en approche sur une branche.

La solution à ce type de problème n'est généralement pas la modification du régime de priorité, qui ne change pas fondamentalement le problème et peut générer une augmentation des vitesses.

### > Carrefours à feux

La vitesse excessive est très souvent une des causes d'accident en carrefour à feux. Le **défaut de lisibilité** du carrefour est un facteur très important, à l'origine de conflits de type collision arrière ou « non-respect » du feu rouge. La **conception géométrique** peut souvent être modifiée (ilots, passages et refuges piétons, signalisation, etc.) afin d'améliorer la perception globale du carrefour, de même que l'environnement immédiat, pour améliorer la perception des feux (suppression du stationnement, du mobilier urbain, des publicités).

### > Carrefours avec priorité à droite

Les types d'accidents prédominants sont les collisions à angle droit.

Les principales causes d'accidents qui peuvent être relevées sont :

- le manque de **visibilité** ;
- la **mauvaise perception** de la présence du carrefour ;

21 Il s'agit d'une distance entre véhicules qui permet à ceux venant de la voie sécante de s'insérer dans le flux de circulation.



*Priorité à droite refusée due à un problème de hiérarchie apparente entre les voies et de lisibilité.*



*Défaut de visibilité du carrefour : les feux tricolores sont masqués par les arbres (photo : Cete Méditerranée)*

Le **phasage des feux** peut être inadapté aux usages du carrefour, créant ainsi des dysfonctionnements durant certaines périodes :

- mouvements particuliers de tourne-à-gauche ou à droite ;
- tourne-à-gauche à l'indonésienne ;
- temps d'attente excessifs ;
- mauvaise coordination des feux qui peut induire des vitesses élevées ;
- masque à la visibilité ;
- traversées piétonnes massives ou anarchiques ;
- nombreux vélos ;
- etc.

### > Carrefours giratoires

D'une manière générale, les giratoires sont des carrefours sûrs dans la mesure où les règles de base de conception ont été respectées et sous réserve que le contexte corresponde bien au « domaine d'emploi » de ce type de carrefour. En général, les défauts de conception générant les principaux problèmes de sécurité sont :

- une mauvaise **perception** du carrefour en approche ;

- des **entrées trop tangentielles** qui génèrent des vitesses excessives ;
- l'absence ou le mauvais traitement des refuges piétons sur les branches du giratoire ;
- un îlot central trop grand entraînant des vitesses excessives dans l'anneau ;
- des **pententes importantes** en arrivée ou une forme ovale trop accentuée de l'îlot central ;
- des obstacles durs sur l'îlot central (bordures hautes notamment) ;
- des variations de dévers trop rapides (PL transportant des charges mobiles) ;
- un surdimensionnement (2 ou 3 voies en entrée ou en sortie).

En présence d'une ligne de tramway, les carrefours giratoires se révèlent plus accidentogènes que les autres types de carrefours. Ceci est particulièrement vrai pour les giratoires de grande taille et ceux présentant des entrées à plusieurs voies de circulation. Il convient d'éviter absolument ces configurations, ce qui impose généralement de revoir la géométrie des giratoires existants lorsque l'on veut y insérer une ligne de tramway (ou de BHNS).



Une trajectoire directe génère des vitesses excessives et une mauvaise visibilité du carrefour (photo : Cete de l'Est)

Milieu	Caractéristiques	Niveau de sécurité avant (carrefour plan) - après PSGR
En hyper centre-ville	Voies où la vitesse est faible	Amélioration globale
Environnement urbain marqué	Axes importants	Diminution globale du nombre d'accidents, mais augmentation du nombre de <b>piétons impliqués</b> .
Milieu périurbain	Axes importants	Détérioration de la sécurité : accidents de piétons en sortie de trémie
Voie rapide	Non autoroutière	Réduction possible du nombre d'accidents mais augmentation de leur <b>gravité</b> dans certains cas.

Incidences des PSGR sur le niveau de sécurité suivant l'environnement dans lequel ils sont implantés.

### > Passages souterrains à gabarit réduit (PSGR)

Nous entendons ici par PSGR les carrefours dans lesquels un mouvement a été dénivélé par un ouvrage à gabarit réduit. Les incidences des PSGR sur le niveau de sécurité dépendent essentiellement de l'environnement dans lequel ils sont implantés.

plus ou moins homogènes, généralement ponctuées par les espaces publics ou les carrefours :

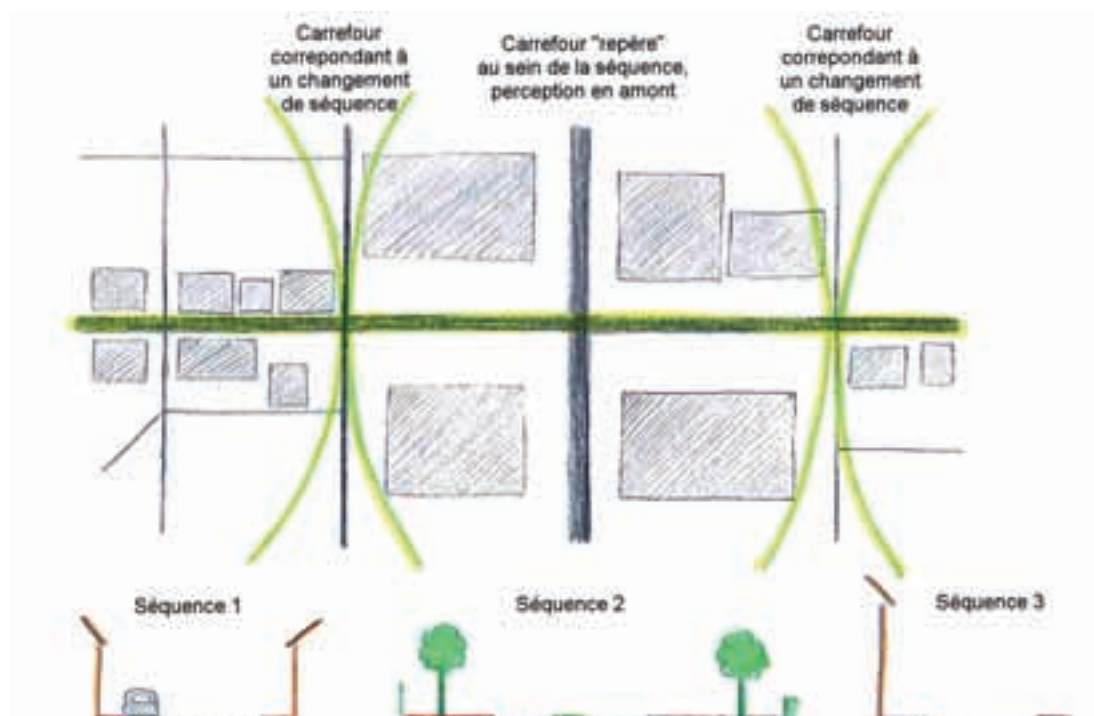
- vocation des espaces ;
- implantation et volumétrie du bâti ;
- nature des espaces libres ;
- ambiance générale du carrefour ;
- recensement des aménagements existants et futurs (fonction, gamme, perception, etc.).

## 4.5 Analyse spatiale

L'analyse des espaces, en approche et autour du carrefour, mettra en évidence les principales caractéristiques du site en faisant apparaître des séquences

Cette analyse, qui permet de travailler sur la base d'un « découpage en séquences visuelles », peut présenter deux intérêts :

- décrire l'**approche du carrefour** à partir de la mise en valeur des points forts, des points



Découpage en séquences : chacune d'elles est identifiée par la voie, le cadre environnant et les usages. (schéma : Cete Normandie-Centre)

de rupture, des changements de séquences visuelles, etc. ; cette méthode permet de mieux comprendre le comportement des usagers qui réagissent en terme de perception de l'environnement et des aménagements ;

- vérifier la **cohérence de l'aménagement** du carrefour avec le reste de **l'itinéraire** sur lequel il se trouve (type de carrefour, régime de priorité, gamme d'aménagements, prise en compte des piétons ou des cyclistes, etc.).

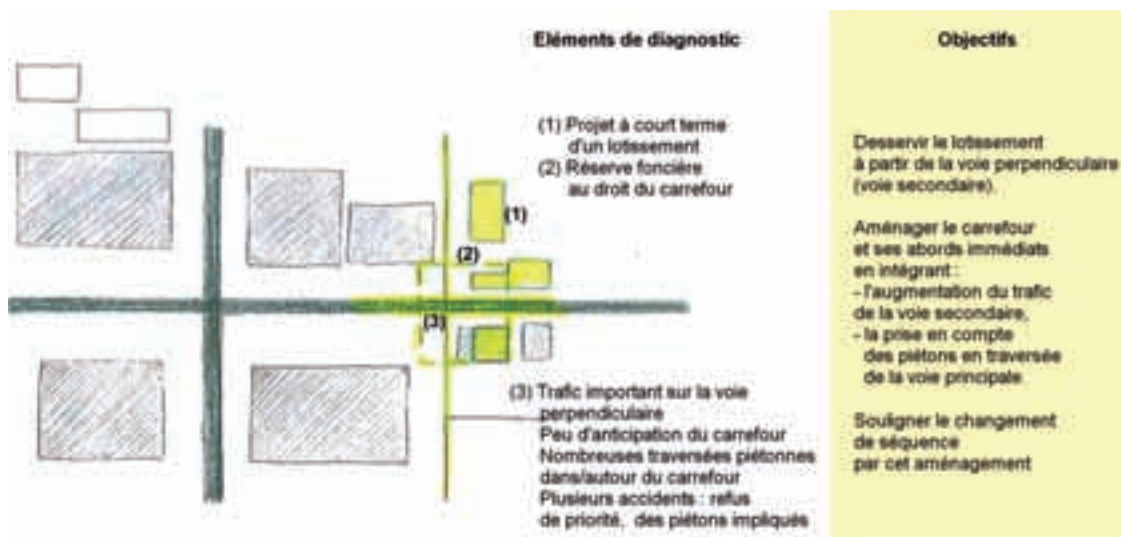
Ainsi, la particularité, le rythme, l'enchaînement des séquences amont indiqueront le niveau de lisibilité à l'approche du carrefour.

## Conclusion : la synthèse croisée des analyses

La synthèse croisée des analyses doit permettre :

- de définir les enjeux des différentes approches ;
- de hiérarchiser les principaux dysfonctionnements du carrefour ;
- de fixer les objectifs d'aménagement ;
- de cerner le niveau de réaménagement du carrefour.

Le parti d'aménagement du carrefour existant et son mode de gestion peuvent être remis complètement en cause dans les cas où l'analyse fait apparaître une incohérence entre celui-ci et le tissu urbain environnant (conflits d'usages importants) ou la fonction d'un des axes.



Synthèse des objectifs d'aménagement d'un carrefour (schéma : Cete Normandie-Centre)

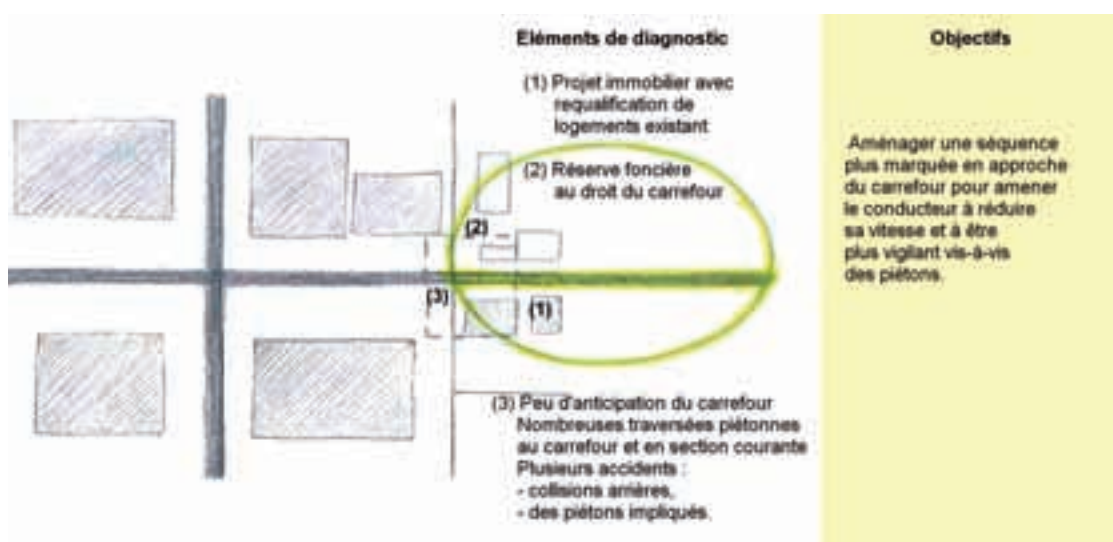
Dans d'autres cas, un mauvais traitement des zones d'approche, et non pas du carrefour proprement dit, peut être mis en évidence :

- mauvaise perception du carrefour ;
- défaut de profil en long ou du tracé en plan d'une des voies ;
- profil en travers trop généreux d'un des axes, générant des vitesses excessives ;
- traitement insuffisamment « urbain » d'un des axes (matériaux, environnement...).

Il est fréquent que des modifications légères du carrefour, de son environnement ou de son exploitation suffisent à améliorer la situation :

- élagage des haies, arrachage d'un arbre ou déplacement d'un panneau publicitaire entravant la visibilité ;

- modification de la signalisation horizontale ou verticale (la directionnelle participe beaucoup à l'amélioration de la perception du carrefour) ;
- modification de l'éclairage ;
- retrait de la ligne d'effet des feux ;
- suppression du stationnement au droit du carrefour en amont des passages piétons ;
- modification du plan de feux ;
- amélioration des traversées piétonnes ;
- prise en compte de la circulation et des changements de direction des cyclistes dans le carrefour ;
- modification des sens de circulation ;
- maîtrise renforcée du stationnement et des arrêts.



Synthèse des objectifs d'aménagement des zones d'approche du carrefour (schéma : Cete Normandie-Centre)

### Exemple d'amélioration légère d'un carrefour



*Avant aménagement : la traversée piétonne était dangereuse (photo : Cete de l'Est)*



*Après aménagement : un simple îlot refuge sécurise la traversée des piétons, qui peut se faire en deux temps. (photo : Cete de l'Est)*

# Le choix du type de carrefour 5

La conclusion du diagnostic global du carrefour doit découler de la synthèse croisée des analyses et être effectuée par le chef de projet (voir méthode présentée dans la partie 1).

La corrélation des différentes réflexions aboutit à la définition des objectifs d'aménagement du carrefour. Citons en particulier deux familles d'objectifs :

- les objectifs fonctionnels :
  - rendre le carrefour accessible aux PMR ;
  - sécuriser les traversées piétonnes, redonner plus de temps aux piétons ;
  - améliorer le franchissement des lignes de transports collectifs ;
  - améliorer la sécurité des cyclistes et des automobilistes ;
  - modérer la vitesse des véhicules ;
  - résoudre les problèmes de stationnement anarchique et d'arrêt ;
  - privilégier l'écoulement du trafic aux heures de pointe ;
  - encourager le report modal vers les TC ou le vélo ;
  - ...
- les objectifs de vie locale :
  - favoriser la vie riveraine, les commerces...
  - créer un signal fort comme une « porte d'entrée » ;

- mettre en valeur un patrimoine architectural ;
- réduire les impacts sur l'environnement (bruit, pollution...).
- ...

**Les objectifs sont très souvent nombreux et parfois même contradictoires. Il convient alors de les faire valider par les différents partenaires et de les hiérarchiser. Il faut également vérifier la cohérence de ces objectifs avec le parti global d'aménagement de l'axe sur lequel se trouve le carrefour et avec le fonctionnement des carrefours amont et aval.**

Le choix du type de carrefour se fait en fonction de multiples critères :

- contexte urbain (position dans le réseau hiérarchisé, dans le quartier) ;
- cohérence (sur l'axe, dans l'agglomération) ;
- fonctions urbaines (repère, paysage) déterminées dans les objectifs ;
- emprises disponibles ;
- objectif de fonctionnement privilégié pour un type d'usager ;
- objectifs de capacité choisis et typologie du trafic (forte présence de PL, vélos, piétons) ;
- objectifs de sécurité ;
- moyens financiers.

	VRU U ou voie 70	Voies structurantes	Voies de quartier (zones 30 et zones de rencontre)
VRU U ou « voie 70 »	PSGR, PSGN Giratoire feux	PSGR, PSGN Giratoire feux	
Voies structurantes		Giratoire feux	Giratoire feux CLP <sup>22</sup> ou stop
Voies de quartier (zones 30 et zones de rencontre)			Priorité à droite mini-giratoire Giratoire compact

Tableau de correspondance entre niveau hiérarchique de la voie et types de carrefour



Type de carrefour	Circulation générale (somme des trafics entrant limites)	Piétons	Cyclistes	Transports collectifs
Priorité à droite	Limité à 900 uvp/h	Traversée difficile avec un trafic de plus de 800 uvp/h sur une chaussée	Favorable pour les axes à faible trafic	À éviter en présence de ligne TC
CLP et stop	Limité à 1 200 uvp/h			Donner dans la mesure du possible la priorité à la rue empruntée par le TC
Giratoire compact et mini-giratoire	Limité à 1 500 uvp/h		À privilégier	Sous réserve de la giration des bus
Grand giratoire	Limité à 5 000 uvp/h		Non favorable aux cyclistes	Étude spécifique pour les sites propres de TC
Carrefour à feux	Fonction du nombre de voies	Favorable pour les axes à fort trafic	Favorable pour les axes à fort trafic	À privilégier pour les tramways ou lignes fortes de bus
PSGR	En théorie pour chaque voie : 1 800 uvp/h	Interdit aux piétons	Interdit aux cyclistes	Accès interdit selon le gabarit de l'ouvrage

Principaux aspects fonctionnels qui participent au choix du type de carrefour

## 5.1 Critères de choix du carrefour plan sans feux

La catégorie des « carrefours plans sans feux » regroupe les intersections régies par stop, cédez-le-passage ou priorité à droite.

Ce type de carrefour est considéré comme l'aménagement de base d'une intersection sans problème particulier, dans la mesure où la somme des trafics entrants ne dépasse pas **1 500 uvp/h**<sup>23</sup> environ. La démarche d'analyse exposée dans le chapitre précédent permet d'établir le diagnostic d'un carrefour et de hiérarchiser ses dysfonctionnements.

Le parti d'aménagement doit définir le régime de priorité adapté au fonctionnement du carrefour. Il doit également prendre en compte les aménagements existants sur la voie pour conserver une certaine cohérence ainsi que la hiérarchie entre carrefours (éviter par exemple de créer des « pièges » avec un régime de priorité à droite alors que les autres carrefours sont régis avec des cédez-le-passage). De même, le choix du régime de priorité dépend du parti global de fonctionnement du quartier (zone 30 et zone de rencontre) et de la vitesse souhaitée sur l'axe principal. Par exemple : en zone

30 ou dans les quartiers où la vitesse souhaitée s'en approche, il convient de privilégier la priorité à droite, alors qu'elle ne sera pas retenue sur une voie à 50 km/h où l'on cherche une certaine fluidité.

### 5.1.1 Choix entre cédez-le-passage et stop

Le stop n'apporte pas une réelle amélioration de la sécurité par rapport au cédez-le-passage. Le stop se justifie dans le cas d'une visibilité très tardive en venant d'une voie non prioritaire. En dehors de ces cas, le cédez-le-passage devrait rester la disposition la plus courante, de façon à ne pas aboutir à un discrédit du stop.

### 5.1.2 Priorité à droite

Elle a l'avantage de ne pas favoriser une voie plus qu'une autre ; elle oblige le conducteur à ralentir et à soutenir son attention. Pour ces raisons, la priorité à droite convient bien dans les zones où le trafic et la vitesse sont modérés. C'est le régime que l'on privilégie dans les « zones 30 » et zones de rencontre. Il est conseillé d'implanter une priorité à droite sur une zone ou sur un axe, mais pas de façon isolée pour ne pas surprendre l'automobiliste.

23 C'est la capacité du carrefour en heure de pointe, soit 8 à 12 % du trafic journalier. Les carrefours plans sans feux peuvent se trouver sur des axes avec 10 000 à 12 000 uvp/j s'il y a peu de trafic sur les axes secondaires.

En général, les carrefours à priorité à droite ne sont pas adaptés aux voies importantes. Ils sont interdits aux intersections avec une route classée prioritaire<sup>24</sup>.

La priorité à droite suppose également un traitement équivalent des voies concernées et une absence de déséquilibre notable des flux.

## 5.2 Critères de choix du carrefour giratoire

Le giratoire, comme tout autre type de carrefour, doit être justifié et faire l'objet de véritables études comparatives par rapport à d'autres types de carrefours. La création d'un giratoire correspond à des objectifs d'aménagement précis. Une utilisation systématique et à mauvais escient de ce type de carrefour contribue à le dévaloriser.

### 5.2.1 Du point de vue de la sécurité

La géométrie du giratoire permet de supprimer la quasi-totalité des conflits, comme le montrent les schémas ci-après. Des études<sup>25</sup> font état d'une réduction du risque et de la gravité des accidents sur les giratoires par rapport aux autres carrefours. L'écart de gravité est cependant moins important en milieu urbain où les vitesses sont plus faibles.

Un giratoire en milieu urbain contraint tous les usagers circulant sur l'anneau à rouler à plus faible vitesse que sur un carrefour classique, ce qui permet d'éviter les accidents graves (ce constat est encore plus vérifié sur des giratoires de dimensions réduites). Le gain de sécurité est donc très important pour les voitures.

Le gain de sécurité pour les piétons et les cyclistes est moins évident car la part des accidents corporels pour ces catégories d'usagers est faible. Notons que la réduction de la vitesse des véhicules générée par le giratoire y participe. Le piéton comme le cycliste ressentent plutôt un inconfort sur les grands giratoires, notamment lors de la traversée par les piétons des voies de sorties où les véhicules accélèrent.

Le gain de sécurité pour les usagers de deux-roues motorisés est aussi intéressant car les vitesses sont réduites. Cependant, la part des cyclomoteurs im-

pliqués dans les accidents semble plus importante que dans les autres carrefours et moindre pour ceux impliquant une moto. Obstacles (dont les bordures de trottoir) et chaussée glissante sont souvent cités comme facteurs à l'origine des accidents mortels. C'est une des raisons pour lesquelles le nombre d'obstacles en giratoires est limité.

Le gain de sécurité et l'apport du giratoire en terme de modération de la vitesse sont particulièrement intéressants dans les cas suivants :

- carrefours urbains ou périurbains complexes où les îlots nombreux, avec ou sans feux, multiplient les points de conflits dangereux ;
- gestion différente des entrées-sorties sur une voie, en reportant les mouvements dangereux en section courante sur les giratoires ;
- certains carrefours d'axes urbains à feux lorsqu'il y a des problèmes spécifiques de sécurité (forte vitesse par exemple), ou un phasage de feux trop complexe (nécessitant plus de trois phases par exemple) ;
- carrefours en zone périurbaine avec de forts trafics sur les voies secondaires et supportant un fort taux d'accidents (accès de zones industrielles, bretelle de sortie d'échangeur : cas des échangeurs lunettes) ;
- entrées d'agglomération traversées par un axe important ;
- voies urbaines en zones calmes (résidentielles et à trafic faible) où les petits et mini-giratoires peuvent s'avérer adaptés à des mesures ou à un plan local de modération de la vitesse.

Le giratoire ne nécessite pas d'entretien spécifique par rapport aux carrefours à feux (pas de coût d'exploitation), si ce n'est l'entretien normal (nettoyage, entretien des chaussées...).

### 5.2.2 Du point de vue du fonctionnement

Le giratoire oblige les conducteurs à modifier leur comportement en représentant une rupture visuelle, un point de repère dans le paysage. Un tel effet de transition, de porte ou de repère, ne peut être recherché ou utilisé qu'en des points particuliers de la ville, et en nombre modéré.

24 Les routes prioritaires comprennent les voies désignées comme telles par l'autorité compétente et signalées par le panneau AB6 (route prioritaire). Cette situation est plutôt rare en agglomération.

25 Rapport du Cete de l'Ouest, *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains*, édité par le Certu en 2009.

Alors que le carrefour à feux ne permet pas de maîtriser les vitesses lorsqu'il est au vert et qu'il perd de sa crédibilité en période creuse, le giratoire, lui, impose une forte réduction des vitesses pour tous, à tous moments.

A contrario, on perd toute maîtrise des flux au niveau du carrefour, par exemple : pour dissuader d'un itinéraire de transit ou pour en inciter un autre, pour moduler ou réguler un axe en fonction de l'importance et de la répartition des trafics, pour fractionner le trafic ou gérer préférentiellement des TC.

Avec plus de quatre branches, l'organisation du trafic sur le giratoire reste simple et facile à concevoir. Dans un carrefour à feux, le plan de feux se complique, le nombre de phases augmente, et les temps perdus s'allongent.

Par ailleurs, les grands giratoires rallongent les trajets piétons. Le rallongement est d'autant plus important que le giratoire comporte plus d'une voie en entrée et en sortie et que les passages piétons sont décalés en amont sur les branches. Les grands giratoires sont aussi pénalisant pour les cyclistes qui ont des difficultés à se positionner dans l'anneau. Les pistes placées à l'extérieur de l'anneau rallongent le trajet et perdent leur priorité à chaque branche. Lorsque les modes actifs sont nombreux, on privilégie les giratoires compacts.

### 5.2.3 Du point de vue des trafics

La capacité des giratoires est assez forte : un giratoire courant (chaussée annulaire de 7 à 8 m de large, entrée et sorties de 3 à 4 m) supporte sans problème

1 500 véhicules/heure en trafic total entrant. Au-delà de 2 000 véhicules/heure, une étude de capacité est nécessaire pour confirmer la géométrie. Elle peut être estimée comme ci-dessous.

L'emploi du giratoire aux intersections, où le trafic voie principale-voie secondaire est très déséquilibré, peut entraîner des dysfonctionnements. Dans le cas de trafic fort sur voie principale, le flux principal s'écoule en continu sans laisser de créneaux pour les usagers secondaires, comme pour les piétons d'ailleurs. Ce phénomène conduit quelquefois à implanter des feux pour interrompre le flux principal, mais dénote en fait un mauvais choix pour la solution giratoire.

Pour un giratoire à 4 branches, on peut considérer que les trafics sont déséquilibrés lorsque le trafic secondaire est inférieur à 20 % du trafic principal. En tout état de cause, si le trafic principal est supérieur à 10 fois le trafic secondaire, le giratoire n'est vraisemblablement pas la solution.

### 5.2.4 Du point de vue de l'emprise

Le giratoire s'accommode mal des emprises classiques de carrefours en croix ; il peut par contre convenir parfaitement aux places. En milieu urbain dense, la composition architecturale de l'aménagement sera cependant très importante pour assurer la cohérence entre la forme bâtie et la géométrie des voies, et pour éviter de donner aux lieux une image à connotation routière, antinomique de la notion de place .

Géométrie	Entrées à 1 voie anneau de 7 m	Entrées à 2 voies anneau de 9 m	Entrées à 3 voies anneau de 12 m
Intersection entre :	une branche à 1 800 uvp/h avec une branche à 1 200 uvp/h (trafic 2 sens équilibrés)	une branche à 2 500 uvp/h avec une branche à 1 600 uvp/h	une branche à 3 000 uvp/h avec une branche à 2 000 uvp/h
Somme des trafics entrants	environ 3 000 uvp/h	environ 4 000 uvp/h	environ 5 000 uvp/h

Tableau d'estimation de la géométrie en fonction du trafic.

Les mini-giratoires et giratoires compacts s'intègrent assez bien dans des espaces réduits. Par contre, les grands giratoires sont consommateurs d'espace. L'espace central est inutilisé pour les activités riveraines ; en revanche, il constitue un dégagement visuel appréciable. À l'inverse, le carrefour à feux peut être compact et permet alors de réduire l'espace roulant.

L'aménagement d'un carrefour en giratoire peut créer de nouvelles nuisances pour les habitations ou les activités (terrasses de café, par exemple) situées aux abords de celui-ci. La géométrie du giratoire déplace les trajectoires centrales (traversées et tourne-à-gauche) à la périphérie du carrefour.

### 5.3 Critères de choix du carrefour à feux

Le domaine d'emploi des carrefours à feux se situe entre les carrefours dénivelés et les carrefours plans sans feux au regard du volume de trafic motorisé en conflit à gérer. Ils sont particulièrement adaptés au milieu urbain dense, sur des axes structurants où de nombreux conflits doivent être gérés entre véhicules motorisés, piétons, vélos et transports collectifs, dans un espace souvent contraint et difficilement transformable.

Un carrefour à feux doit se justifier durant la plus grande partie du temps. Il n'est pas souhaitable d'équiper une intersection de signalisation tricolore pour traiter une situation occasionnelle ou de façon isolée sur un axe avec peu de trafic.

Les feux ne sont pas asservis à la vitesse (sauf dans le cas d'onde verte). Leur fonction est de gérer dans le temps des courants de véhicules incompatibles entre eux et aussi avec les piétons.

Le projeteur est souvent amené à se poser la question de l'opportunité d'équiper de feux un carrefour existant. La décision peut résulter d'une analyse qualitative comme :

- la nécessité de gérer et contrôler le trafic dans une zone régulée ;
- la volonté de privilégier certains mouvements ou certains usages (TC...) ;
- un problème de visibilité et de vitesse ;

- la difficulté des traversées piétonnes ;
- l'occasion de réduire l'espace roulant.

#### 5.3.1 Du point de vue de la sécurité

Du seul point de vue de la sécurité, l'implantation de feux apparaît légèrement favorable par rapport aux carrefours sans feux dans leur domaine de pertinence (voir *Sécurité des routes et des rues*<sup>26</sup>). L'enjeu sécurité n'est pas à négliger dans la conception puisqu'un tiers des accidents corporels survenus en intersection concernent des carrefours à feux, et que 20 % des accidents piétons y sont dénombrés. Il est vrai que ce mode de gestion est surtout utilisé là où les volumes de trafic et les conflits avec les piétons sont les plus élevés.

La gravité des accidents, en cas de non-respect du feu rouge ou impliquant des piétons, peut être importante et supérieure à celle des accidents sur giratoire. Au vert, les vitesses des véhicules peuvent être élevées car l'usager a un sentiment de priorité absolue et peut accélérer pour avoir le vert avant le passage au rouge.

Des accidents en collisions arrière sont aussi à craindre. Ces types d'accidents sont fréquents lorsque la vitesse d'approche est élevée ou le feu mal perçu.

Le carrefour à feux permet de gérer la traversée des piétons en fonction :

- de leurs difficultés de traversées, en particulier pour les aveugles et malvoyants lorsqu'ils sont sonorisés ;
- de la densité du trafic automobile (difficulté de traverser une chaussée unidirectionnelle supportant plus de 800 véhicules/heure).

Cela peut se faire en adoptant les mesures suivantes selon le contexte :

- traversée en un seul temps des piétons ou en deux temps avec aménagement des traversées piétonnes avec un îlot refuge central ;
- traversées prévues sur l'ensemble des branches du carrefour ou éventuellement seulement sur certaines branches ;
- phase spécifique piétonne ou traversée des piétons avec les mouvements de tourne-à-droite.

On note cependant la difficulté de traiter le conflit entre les véhicules en tourne-à-droite et les piétons traversant sur la voie sécante.

Pour des carrefours étendus ou complexes, une étude spécifique sera nécessaire pour déterminer les traversées piétonnes en tenant compte des comportements prévisibles : passages hors des cheminevements prévus en cas de traversées trop longues ou peu lisibles, non-respect des feux par les piétons à proximité de nœuds de correspondances de TC...

### 5.3.2 Du point de vue du fonctionnement

Le carrefour à feux ne permet pas, contrairement au giratoire, de maîtriser les vitesses d'approche des véhicules lorsque le feu est vert. Ceci est plus problématique pendant les heures creuses (en particulier la nuit). Une politique particulière de gestion des temps de cycles peut être alors envisagée si un système de régulation existe.

Le carrefour à feux permet en revanche une gestion active des trafics dans une optique de régulation de zone ou d'axe qui peut varier dans le temps. Par exemple, une succession de carrefour à feux sur un itinéraire permet d'instaurer une onde verte, au moins dans un sens (voire dans les deux sens selon l'interdistance des carrefours). Cette régulation peut être utilisée si l'on désire maintenir la vitesse sur un axe entre 40 et 50 km/h : l'onde est dans ce cas qualifiée « d'onde modérante ».

La gestion par feux facilite également l'insertion prioritaire des transports collectifs, notamment quand un objectif de haut niveau de service est recherché.

Le plan de feux se complexifie rapidement (phases plus nombreuses) lorsque le nombre de branches augmente. Il faut noter que l'augmentation du nombre de phases entraîne une baisse globale de la capacité du carrefour.

Dans les cas d'intersections à plus de 5 branches, on examinera la possibilité d'aménager un giratoire, ou de scinder le carrefour en deux carrefours à feux plus simples.

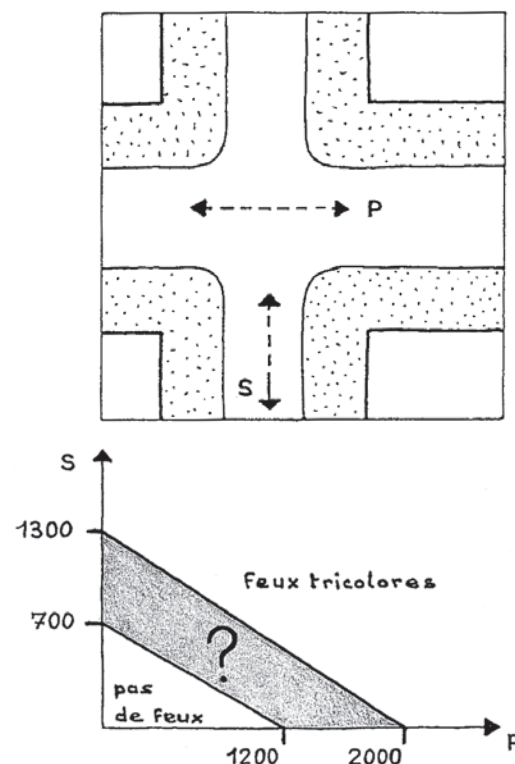
### 5.3.3 Du point de vue des trafics

Il est difficile de donner un seuil de trafic au-delà duquel les feux sont nécessaires. Le carrefour à feux est adapté aux axes à fort trafic car sa capacité aug-

mente en fonction du nombre de voies. Cependant, celle-ci est limitée par l'importance des mouvements de tourne-à-gauche qui conditionnent le fonctionnement de l'intersection.

La capacité peut être d'environ 1 500 véhicules/heure pour un carrefour à deux voies de 7 m (en double sens) dans la mesure où les tourne-à-gauche peuvent se stocker à l'intérieur du carrefour.

Les éléments ci-après permettent de définir les seuils de niveaux de trafic des voies principales et secondaires nécessitant ou non l'implantation de feux.



Choix entre un carrefour plan ordinaire et un carrefour à feux selon les niveaux de trafic :

S : trafic de la voie secondaire en uvp/h/2 sens et  
P : trafic de la voie principale en uvp/h/2 sens.

Combiné avec les systèmes de régulation modernes pour les axes structurants, le carrefour à feux permet une grande maîtrise des flux de véhicules selon les modes ou les destinations ; ce qui peut en faire un outil de gestion pour les décideurs :

- optimisation de l'espace selon les moments de la journée, de la semaine ou de l'année ;
- prise en compte prioritaire des transports collectifs, en particulier sur les axes lourds de bus et sur une ligne de tramway ;

- contrôle sur les remontées de queues à proximité d'un passage à niveau ou d'une voie rapide.

#### 5.3.4 Du point de vue de l'emprise

Le carrefour à feux n'exige pas de place supplémentaire par rapport à l'emprise d'un carrefour plan ordinaire, excepté pour l'implantation des feux tricolores. Il faudra notamment veiller à respecter les règles de largeur de trottoirs nécessaires pour assurer l'accessibilité aux personnes handicapées.

au report des problèmes de sécurité et de fluidité sur les carrefours adjacents. De plus, les véhicules encombrants restent en surface dans un espace contraint.

Cette solution est surtout envisageable sur les grandes infrastructures routières des secteurs périurbains où les piétons sont peu nombreux (secteurs d'activités industrielles logistiques...).

### 5.4 Critères de choix du passage supérieur à gabarit réduit (PSGR)

La solution PSGR peut être examinée lorsque des courants forts, utilisant le carrefour existant, provoquent la saturation ou le dysfonctionnement de celui-ci. La dénivellation d'un ou plusieurs courants gênants<sup>27</sup> peut alors redonner un fonctionnement normal au carrefour de surface.

Cependant, le choix d'une solution de dénivellation ne peut pas être motivé uniquement par la résolution d'un problème de circulation automobile ; il faut prendre en compte les paramètres suivants :

- la fonction propre du carrefour ;
- sa cohérence avec le parti d'aménagement des voies ;
- les effets prévisibles sur la sécurité de tous les usagers ;
- l'impact du projet sur son environnement urbain (effet de coupure, source sonore ponctuelle...) ;
- les conditions futures de son exploitation ;
- les plans locaux de modération de la vitesse ;
- l'existence de trafic PL ou TC significatif.

Le passage en PSGR permet de limiter les nuisances acoustiques et visuelles, mais il n'atténue que faiblement la coupure physique induite par les trémies et n'apporte pas toujours les avantages attendus en termes de sécurité et de fluidité du trafic. En effet, il peut arriver que l'impossibilité d'aménager les voies et les carrefours amont et aval conduise à la sous-utilisation de la capacité ponctuelle de l'ouvrage, et

Le mouvement gênant à déniveler n'est pas nécessairement le plus important. Il peut s'agir d'un mouvement de tourne-à-gauche.

T R O I S I È M E P A R T I E

# Les principes d'aménagement

## Principes généraux et règles par type de carrefour



# 6 Les principes généraux d'aménagement

Les principes généraux d'aménagements décrits ci-après serviront de référence tout au long du processus de définition d'un carrefour et de son aménagement.

Il est souhaitable de faire une vérification du respect des objectifs d'aménagements définis dans le diagnostic lorsque le projet est complètement établi. En effet, il n'est pas rare que les projets se complexifient au fur et à mesure de leur élaboration. Par là même, les principes de base de conception de carrefours ne sont pas toujours respectés.

## 6.1 Lisibilité

### 6.1.1 En approche

Tous les usagers doivent détecter la présence d'une intersection. Pour cela, il faut introduire une discontinuité visuelle pour les usagers provenant de chacune des branches. En milieu urbain, les intersections sont souvent très rapprochées. On utilisera alors les différents moyens listés ci-dessous, sans abus, en privilégiant un traitement homogène par tronçon :

- rupture d'alignement d'arbres, ou au contraire plantation localisée ;
- présence de mobilier urbain spécifique (fontaine, colonne, totem, statue) ;
- rupture du profil en travers de la voie (élargissement, rétrécissement ; discontinuité des bordures de trottoir, modification du stationnement...);
- rupture du ruban de chaussée par implantation d'îlots en dur ou changement de revêtement (les îlots et autres objets en élévation sont nettement plus visibles que les îlots peints ou autres marques sans épaisseur) ;
- éclairage public défini sur une classification des voies (agir sur l'implantation, la hauteur, l'orientation des candélabres, la couleur des sources, le type de luminaires).



*En approche, ce carrefour ressemble à un giratoire. En fait, une ligne de cédez-le-passage se trouve sur l'anneau et sur les voies secondaires. Ce dispositif prêtant à confusion est à proscrire (photo : Certu).*

### 6.1.2 Interne au carrefour

Il s'agit de comprendre le fonctionnement géométrique du carrefour: où passer ? dans quel sens ? où peut-on sortir ? où sont les points de conflits ? d'où vient le danger ? Quand un carrefour est complexe, sa gestion et sa lisibilité deviennent difficiles.

Réduire le nombre des conflits à gérer permet de simplifier le carrefour. On pourra par exemple mettre en sens unique certaines des voies afférentes au carrefour, ou interdire certains mouvements tournants.

Ces mesures modifient le plan de circulation et peuvent provoquer des allongements de parcours significatifs, particulièrement sensibles pour les cyclistes. La mise à double sens cyclable permet de s'en affranchir.

Dans le même esprit, il est possible de mettre en impasse pour les véhicules motorisés une ou plusieurs voies peu circulées, en supprimant leur débouché sur la voie principale ou en raccordant les voies secondaires sur une contre-allée.

Les régimes de priorité doivent être clairs et compris sans ambiguïté.

Pour cela, il faut simplifier la géométrie du carrefour, ne pas multiplier le nombre d'îlots et les voies spécifiques et avoir recours à des schémas de carrefours connus aussi « classiques » que possible.

La signalisation de direction (en présignalisation et en position) joue un rôle important ; elle doit être adaptée à la géométrie du carrefour, visible, implantée de façon à ne pas créer de risques d'erreur d'interprétation ; le principe de continuité d'une mention doit être respecté sur tous les carrefours de la voie (surtout pour les mentions empruntant un nouvel itinéraire).

De même, les signalisations verticales de police et lumineuses devront être cohérentes, visibles, en évitant toute surabondance.

La signalisation horizontale est généralement efficace pour renforcer le fonctionnement du carrefour et peu utilisée en France par rapport à nos voisins européens. Les symboles et couleurs utilisés doivent être conformes à l'instruction interministérielle sur la signalisation, livre 1.

À l'inverse, la signalisation ne peut pas permettre, à elle seule, de corriger un défaut important de visibilité du carrefour dû par exemple à une géométrie complexe des voies et des îlots.

## 6.2 Visibilité réciproque

### 6.2.1 Règles de base

En milieu urbain dense, il est rare que l'on fasse des calculs précis de visibilité ; on se contente d'une appréciation qualitative et de bon sens. Les accidents liés au défaut de visibilité sont pourtant très nombreux, notamment sur les voies de distribution où les usages de la voie sont multiples (stationnement, mobilier urbain, signalisation, végétation, etc.). En périurbain, la visibilité est un facteur plus important encore pour la sécurité du carrefour car les vitesses sont plus élevées, et la circulation moins dense. On sera alors amené à faire une vérification plus précise. Le manque de visibilité est un facteur en cause dans un grand nombre d'accidents impliquant les piétons et les 2RM.

Parmi les pièges à la visibilité, on peut lister :

- le stationnement (cas le plus fréquent) ;
- le mobilier urbain ;
- la signalisation verticale de direction ;
- les panneaux publicitaires ;
- les enseignes commerciales ;
- les étals de commerçants ;
- la végétation selon les saisons.

Le principe du **triangle de visibilité** consiste à préserver, en tenant compte de la vitesse d'approche aux abords d'un site sensible, une zone garantissant à chaque usager une visibilité réciproque et suffisante.

Le respect des distances de visibilité est un critère de choix du mode de fonctionnement du carrefour : priorité / non-priorité.

Enfin, si ces distances ne peuvent être respectées, la vitesse sera réduite ou le régime de priorité modifié.

D'autre part, l'article L-114-1 du Code de la voirie publique permet aux maires, après enquête publique, de prendre des mesures efficaces, en matière de visibilité, aux intersections (suppressions de haies, pans coupés...) : « Les propriétés riveraines ou voisines des voies publiques, situées à proximité de croisements, virages ou points dangereux ou incommodes pour la circulation publique, peuvent être frappées de servitudes destinées à assurer une meilleure visibilité. »

On sera très vigilant sur le fait qu'aucune publicité ne soit implantée dans l'emprise du carrefour (voir décret 76-148 du 11 février 1976 relatif à la publicité et aux enseignes visibles des voies ouvertes à la circulation publique).

### 6.2.2 Règles entre conducteurs de véhicules

Il est souhaitable de dégager la visibilité entre 0,60 m et 2,30 m de hauteur pour des éléments de type minéral, et à plus de 2 m du bord de chaussée pour des végétaux.

Des règles de calcul, pour les triangles de visibilité, sont détaillées pour chaque type de régime de priorité des carrefours plans sans feux dans le chapitre 7.



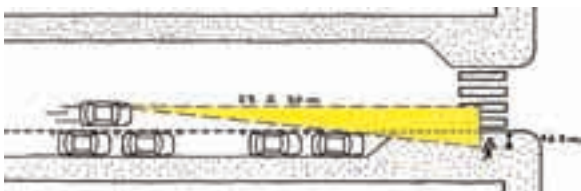
La visibilité est assurée à droite comme à gauche.

En milieu urbain dense, où les contraintes de bâti ne permettent pas d'obtenir une visibilité suffisante, on prendra les mesures nécessaires pour réduire fortement les vitesses ou pour imposer l'arrêt des véhicules par un stop ou des feux.

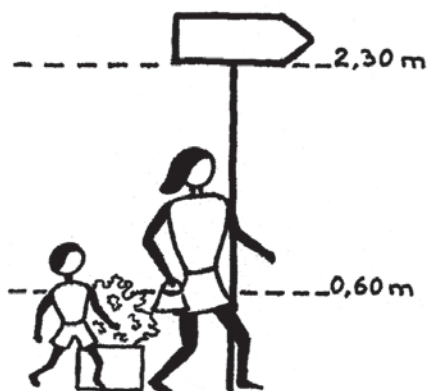
Si la visibilité est très souvent le gage d'une bonne sécurité, il ne faut pas oublier ses limites et effets particuliers à apprécier suivant le contexte. En effet, une trop grande visibilité peut nuire à la sécurité car l'espace dégagé peut faussement tranquilliser le conducteur et l'inciter à la vitesse.

### 6.2.3 Règles entre conducteurs de véhicules et piétons

L'automobiliste doit pouvoir voir d'assez loin (25-30 m) un piéton, sur le trottoir, situé à 1 ou 2 m du bord et qui s'approcherait pour traverser.



Les piétons ne doivent pas se trouver cachés par le stationnement, la végétation, les panneaux de publicité. On interdira physiquement le stationnement à l'approche (3 à 10 m) d'un carrefour ou d'un passage piéton en réalisant un dispositif, du type avancée de trottoir (« oreille ») ou en aménageant un espace réservé au stationnement des vélos en amont du passage piéton (voir paragraphe 7.4.2).



Dégager la visibilité entre 0,60 m et 2,20 m ; 2,20 m étant la hauteur imposée pour l'accessibilité des PMR et 2,30 m étant la hauteur maximale de la pose de la base des panneaux de signalisation.

Réciproquement, le piéton a besoin d'avoir une bonne visibilité des voitures afin d'être sûr qu'il peut traverser sans danger immédiat (art. 412-37 du Code de la route). La distance de freinage à 50 km/h étant d'environ 15 m sur chaussée sèche et le temps de réaction d'1 seconde, le piéton doit s'assurer que les voitures à gauche sont au moins à une trentaine de mètres. Ce minimum peut être augmenté en cas de trafic dense ou rapide et peut être réduit à une quinzaine de mètres en zone 30.



La visibilité entre les piétons et les véhicules est dégagée grâce à l'avancée de trottoir et à l'espace réservé au stationnement des vélos (photo : Certu)

## 6.3 Modération de la vitesse

### 6.3.1 Réduction de l'espace dédié à la circulation

De grandes surfaces dédiées à la circulation motorisée au milieu d'un carrefour introduisent un certain nombre de dysfonctionnements, et nuisent à une bonne sécurité.

Réduire cet espace roulant permet :

- de gagner de la surface à redistribuer en faveur des autres activités urbaines et des piétons ;
- de mieux localiser les points de conflits ;
- de diminuer les longueurs de traversée pour les piétons, les temps de cycles, d'où un gain de sécurité et de temps ;
- d'améliorer les distances de sécurité prises en compte dans les temps de feux ;
- de diminuer les vitesses des mouvements tournants avec des rayons de courbure plus petits, en améliorant ainsi le respect des traversées piétonnes.



Avant aménagement : les voies se croisaient en biais, configuration favorable aux vitesses élevées.



Après aménagement ; les voies sont orthogonales, limitant l'espace roulant (photo : Cete Normandie-Centre).

Cela est réalisable en recherchant systématiquement l'orthogonalisation des voies, la réduction des largeurs de chaussée et la réduction des rayons de raccordement, en s'assurant toutefois que la giration des véhicules est possible.

Le stockage des véhicules se fait alors plutôt en amont et non au milieu du carrefour.

### 6.3.2 Surélévations

Les carrefours peuvent constituer des points sensibles pour l'aménagement d'un quartier dans le cadre d'un Plan Local de Modération de la Vitesse (PLMV) par exemple. Plusieurs outils d'aménagements de carrefour sont alors à la disposition de l'aménageur pour atteindre de tels objectifs, outre les principes déjà évoqués dans ce chapitre. Les surélévations permettent de garantir une meilleure perception du carrefour et lui confèrent une ambiance parti-

culière, notamment adaptée aux usages piétons en facilitant l'accessibilité aux PMR.

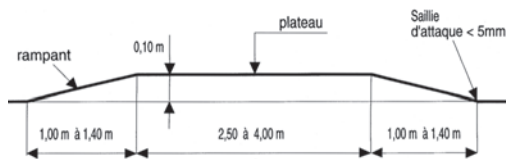
La hauteur de la surélévation est comprise entre 10 et 15 cm selon les types d'aménagement, avec des rampants ayant une pente de 5 % à 10 % Ces aménagements sont particulièrement appropriés aux zones 30, souvent implantées dans des zones résidentielles ou des centres urbains anciens (pouvant être soumis aux contraintes des monuments historiques) ou ponctuellement sur un axe structurant dans des zones où la présence de piétons est forte.

Des matériaux « nobles », du point de vue de l'esthétique, sont généralement utilisés pour ce type d'aménagement. Sur le plan de la luminance, du contraste et de l'adhérence, ils sont par contre moins performants. Il faut donc effectuer une sélection rigoureuse des matériaux et de leurs trai-

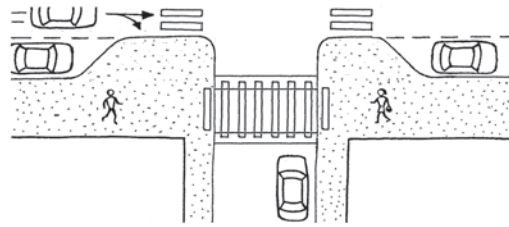
tement de surface, et concevoir le carrefour en cohérence avec la section d'approche pour favoriser une lisibilité absolue de l'aménagement.

### > Passages piétons surélevés<sup>28</sup>

Les passages piétons surélevés ont été normalisés en 1994. Un décret d'application précise que ce type de dispositif ne peut être placé que sur des voies dont le trafic est inférieur à 3 000 véh/jour, et s'il n'y a pas de ligne régulière de TC. D'autres conditions sont également explicitées dans le décret.



Ils peuvent être placés en prolongement du trottoir pour sécuriser les traversées piétonnes. Une différence de hauteur entre le trottoir et le plateau est souhaitable ; elle ne doit pas être supérieure à 2 cm pour permettre l'accessibilité des PMR.



### > Carrefour plateau

Ce type d'aménagement convient bien aux carrefours entre voies de quartier. Il a un impact très fort sur le comportement de l'usager qui franchit le carrefour. L'automobiliste est obligé de ralentir en approche.

Le ralentissement des véhicules profite également aux autres usagers (piétons, vélos) qui, par ailleurs, bénéficient d'un cheminement plus confortable. Il est bien adapté aux PMR sous réserve de différencier sans ambiguïté la limite entre le trottoir et la chaussée. Il est également très utile aux cyclistes qui circulent sur une piste cyclable le long du trottoir car celle-ci est au même niveau que le plateau.



Carrefour plateau (photo : Certu)

28 Le guide *Les Ralentisseurs de type dos-d'âne et trapézoïdal* du Certu détaille les spécifications de ce type d'aménagement.

Il peut s'appliquer quelle que soit la priorité : feux, stop, cédez-le-passage, priorité à droite. Ce principe s'adapte aussi aux carrefours giratoires de dimensions réduites.

Cet aménagement constitue un cas particulier de carrefour plan de par sa globalité de conception. Il est présenté dans le chapitre 7.

## 6.4 Principes géométriques

### 6.4.1 Largeur des voies

Au droit des carrefours, les chaussées sont composées de voies en continuité de la section courante et éventuellement de voies spécialisées (voies de stockage pour tourne-à-gauche, voies de tourne-à-droite ou voies réservées aux véhicules de transport collectif). Le nombre de voies formant la zone de conflit du carrefour est fonction du volume des mouvements.

D'une manière générale, la largeur des voies est la même aux intersections qu'en section courante, notamment pour les TC. Il est cependant possible de réduire leur largeur à l'approche d'un carrefour (zone de 10-20 m) pour augmenter le nombre de voies ou pour insérer un aménagement complémentaire au droit de l'intersection : îlot refuge, voies spécifiques...

L'évaluation de ces largeurs se fait par une approche multicritère tenant compte des points suivants :

- volonté de réduire les vitesses ;
- présence importante de poids lourds ou de transports collectifs ;
- présence d'aménagements cyclables ;
- hauteur des bordures ;
- dispositif d'assainissement ;

- rayons de giration ;
- risque de remontée de file des deux-roues.

En milieu urbain, la largeur « standard » d'une voie est comprise entre 2,50 m et 3 m selon l'usage.

Les dimensionnements supérieurs doivent être réservés aux cas de voies qui supportent un fort trafic avec des poids lourds ou des transports collectifs (voies de 3 m à 3,50 m). Les largeurs de voies réservées aux véhicules de TC ne doivent pas, en général, être modifiées à l'approche d'un carrefour.

### 6.4.2 Giration des véhicules

On utilisera les rayons les plus faibles possibles, qui ne présentent en fait que des avantages :

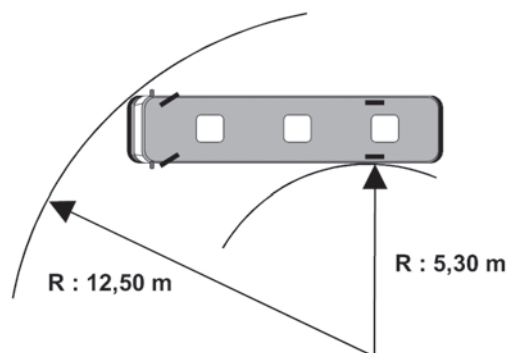
- réduction de la zone des conflits, donc des temps de dégagement entre véhicules ;
- réduction des longueurs de traversées piétonnes ;
- maîtrise des vitesses des mouvements tournants ;
- amélioration du respect de la priorité des piétons sur les mouvements tournants de véhicules.

Il convient cependant de vérifier que les véhicules les plus encombrants (bus, livraisons, benne de ramassage des ordures ménagères...) susceptibles d'emprunter la voie puissent tourner au droit du carrefour. Dans le cas de voiries supportant un trafic lourd faible ou modéré, il peut être préférable de prévoir de petites zones franchissables par les véhicules de grande dimension, réalisées avec des matériaux différents, plutôt que de dimensionner les voies dédiées à la circulation pour ces véhicules. Cette solution évite d'offrir des aménagements trop généreux (et donc permettant des vitesses élevées) pour les véhicules légers. Toutefois, ce type d'aménagement peut compliquer les traversées des piétons et notamment des PMR.

Largeur des voies		Conditions d'utilisation
Exceptionnel	Entre 2 m et 2,50 m	Tourne-à-gauche sans TC ni PL, sans bordure haute, à associer à une voie d'au moins 3 m
Minimum normal	2,50 m	Sans TC ni PL
Voie normale	Entre 2,50 m et 3 m	Voies multiples ou voie unique tourne-à-gauche sans bordure haute
Voie large	Entre 3 m et 3,50 m	En cas de fort trafic PL ou de présence de lignes régulières de TC

La directive européenne 97/27 sur l'homologation et la réception des véhicules dans les pays de l'Union européenne impose aux constructeurs que tout véhicule doit pouvoir manœuvrer selon une trajectoire circulaire complète de 360° à l'intérieur d'un anneau dont les dimensions sont :

- 12,50 m de rayon extérieur ;
- 5,30 m de rayon intérieur.

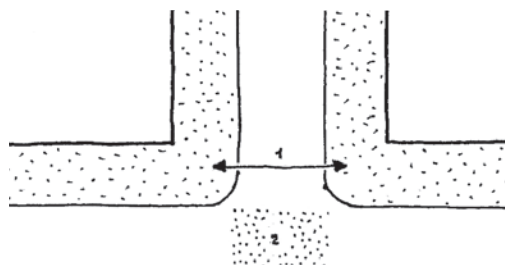


### 6.4.3 Orthogonaliser les voies en conflit

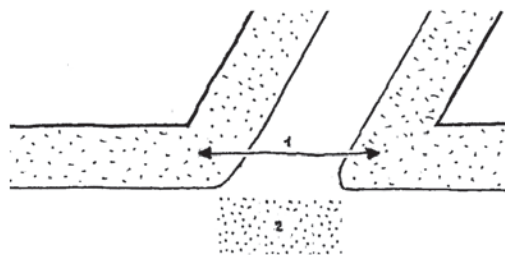
Les intersections non orthogonales de voies compliquent la disposition et le fonctionnement des carrefours. Quand les emprises mobilisables le permettent, on cherchera donc à dévier l'arrivée des voies sur le carrefour de façon à ce qu'elles se coupent perpendiculairement. Cette disposition est en effet favorable pour de multiples raisons et notamment :

- elle **assure une meilleure visibilité réciproque** : c'est en effet sous un angle à 90° que l'on voit le mieux, à sa droite et à sa gauche, les autres usagers ;
- elle **réduit la surface interne du carrefour** : et par conséquent la taille des zones de conflits ;
- elle **réduit la vitesse des véhicules** tournant à gauche ou à droite en « cassant » les girations trop grandes (angle supérieur à 90°) ;
- elle **améliore la giration des véhicules** : dans les angles aigus, les véhicules sont obligés de déborder sur la voie adjacente ;
- elle **raccourcit la longueur des traversées** : l'orthogonalité minimise la distance à parcourir ;
- elle **facilite la traversée des malvoyants** : les malvoyants distinguent la limite entre

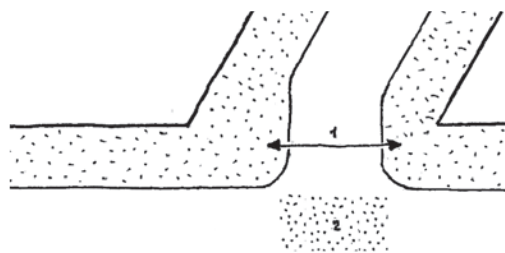
chaussée et trottoir (ou refuge) par la présence des bandes d'éveil de vigilance qui doivent être positionnées parallèlement à cette limite. Ils n'ont pas d'autre repère que le son pour identifier la direction à suivre en traversée de la chaussée, une fois engagés. L'orthogonalité de la traversée leur évite de s'en éloigner et leur permet d'atteindre le refuge ou le trottoir opposé au bon endroit.



Voies perpendiculaires : (1) traversée des piétons courte, (2) zone de conflit entre véhicules réduite



Voies en biais : (1) traversée des piétons plus longue car non perpendiculaire à l'axe de la chaussée, (2) zone de conflit entre véhicules plus grande.



Lorsque le bâti le permet, il est souhaitable de modifier le débouché d'une voie en biais pour améliorer les traversées piétonnes (1) et les conflits entre véhicules (2).

## 6.5 Éclairage

### 6.5.1 Généralités

L'éclairage doit permettre de détecter en amont l'existence et la caractéristique de l'aménagement, en complément de la signalisation. L'objectif est de faciliter la compréhension de la géométrie du carrefour, d'accompagner l'utilisateur dans sa trajectoire

et de l'aider à repérer tout obstacle éventuel, tant statique (anneau central non franchissable) que dynamique (les autres utilisateurs de la voirie).

### > Opportunité d'éclairer

En milieu urbain, de manière générale, la voirie est éclairée. En périurbain, la question peut se poser, mais en ce qui concerne les carrefours, les exceptions sont rares.

### > Implantations

L'implantation et les interdistances des luminaires sont liées aux objectifs du projet d'éclairage en terme de lisibilité de l'aménagement et des trajectoires à l'approche des carrefours, d'uniformité d'éclairage, ainsi qu'à la prise en compte des risques d'éblouissement.



Au droit d'un carrefour, les luminaires sont implantés souvent en latéral. Les candélabres peuvent servir de support aux feux tricolores s'ils ont été dimensionnés à cet effet (norme EN 40<sup>29</sup>) (photo : Certu).

De manière générale, à l'approche du carrefour, les candélabres ne sont pas installés sur les séparateurs. Sur les voiries où l'éclairage est implanté sur un terre-plein central, il est parfois nécessaire de passer en éclairage bilatéral à l'approche du carrefour (voie de tourne-à gauche, mât trop proche des zones de conflits).

La protection des obstacles que les candélabres peuvent constituer, surtout dans les directions voisines des trajectoires de circulation, doit être étudiée en considérant le retrait par rapport au bord de la chaussée ou, dans certains cas, l'utilisation d'un dispositif d'isolement voire la mise en place de candélabres à absorption d'énergie (déformables). Dans le cas de carrefours traversés par des transports collectifs guidés (tramways), on veillera à respecter de plus

les règles spécifiques concernant l'implantation des obstacles fixes<sup>30</sup> par rapport aux voies empruntées par les véhicules guidés.

Sur des carrefours divergents (voies de tourne-à-droite avec îlot, bretelles de sortie sur VRU, voies de sortie avant PSGR, etc.), on évitera la mise en place de candélabre sur la pointe du séparateur.

### > Niveaux lumineux et uniformités

Ils sont déterminés en sélectionnant une « classe d'éclairage CE » dans la norme NF EN 13201-2<sup>31</sup>. Pour ce type d'aménagement, les performances sont exprimées en éclairage moyen (pour le niveau) et en uniformité générale calculée sur les niveaux d'éclairage. De manière générale, on choisira une classe de performance égale ou légèrement supérieure à celles des voies d'accès au carrefour<sup>32</sup>.

### > Éblouissements

Les classes d'éclairage CE de la norme européenne ne prescrivent pas de limitation d'éblouissement d'inconfort. La révision du document pré-normatif de la CIE<sup>33</sup> introduit la possibilité d'une limitation également pour ces classes, à l'aide du paramètre usuel TI, lorsque la configuration géométrique de l'aménagement le permet.

De manière générale, il convient de limiter tout risque d'éblouissement lié aux installations d'éclairage comme sur le reste de la voirie amont et aval. Une attention particulière sera portée dans le cas d'une illumination du terre-plein central, ceci en toute saison (notamment en hiver pour des végétaux à feuilles caduques dont l'opacité est diminuée).

### > Transitions lumineuses

Comme mentionné précédemment, le niveau lumineux de l'aménagement est de performance égale ou légèrement supérieure à celles des voiries d'approche. Il se peut toutefois que ces voies aient des éclairages fort différents, ce qui peut conduire à une différence importante de luminosité entre la voie la moins éclairée et le carrefour (supérieure à 2 intervalles de classes d'éclairage au sens de la norme). Dans ce cas, il convient de prévoir une zone de transition dont le niveau d'éclairage est intermédiaire et dont la longueur dépend de la vitesse d'approche<sup>34</sup>.

AFNOR. NF EN 40 « Candélabres ». Recueil de normes, 1992-2005.

Voir le Guide d'implantation des obstacles fixes à proximité des intersections tramways-voies routières, STRMTG, 2007, disponible en téléchargement gratuit sur le site [www.strmtg.equipement.gouv.fr](http://www.strmtg.equipement.gouv.fr)

AFNOR. NF EN 13201 - « Éclairage public ». Recueil de normes, 2003-2005.

Si les classes sur les voies d'accès sont de type ME, il convient alors de se rapporter aux classes CE en considérant le type de revêtement des chaussées de ces voies selon la publication CIE 115, plutôt que la norme NF EN 13201 de l'AFNOR.

CIE 115. *Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*, 2009.

On pourra prendre la référence de 3 secondes proposée en paragraphe 5.4 du guide du Certu *Dossier pilote des tunnels - 4.2 Éclairage*, novembre 2000.



## > Sources lumineuses

Les sources utilisées sont de même type que celles des installations d'éclairage public fonctionnel, à savoir SHP (Sodium Haute Pression) et IM (Iodure Métallique) principalement. De manière générale, on utilisera le même type de sources que celui utilisé pour éclairer les voies d'accès.

On veillera à ce que les sources placées à la hauteur des yeux des piétons ne soient pas directement visibles (en accord avec l'arrêté accessibilité voirie).

### 6.5.2 Spécificités des giratoires

Les installations d'éclairage des giratoires suivent des règles d'implantation un peu particulières. On tend à proscrire la mise en place de candélabres sur l'anneau central pour deux raisons. D'une part, la perte de lisibilité de l'aménagement par rapport à une installation sur l'anneau externe soulignant le caractère circulaire et, d'autre part, la création d'un obstacle dans la direction d'approche (et éventuellement de perte de trajectoire) sur le giratoire. Les implantations sur les îlots d'entrée et de sortie sont à proscrire.

Les pertes de trajectoires peuvent être plus variées que sur des carrefours plans. Il convient donc d'être très prudent sur la protection des obstacles que constituent les candélabres.

La hauteur des luminaires doit être identique sur l'ensemble de l'aménagement afin de faciliter la lisibilité géométrique du giratoire.

Compte tenu des diverses directions d'observation, il convient de veiller à la limitation des éblouissements, y compris dans le sens donné par l'inclinaison du luminaire (de face). Il convient expressément de mettre en lumière l'îlot central, notamment s'il est infranchissable, avec un niveau d'éclairement équivalent à celui de la chaussée.

Afin d'améliorer la visibilité immédiate de cet éventuel obstacle, on mettra en valeur le contraste qu'il présente avec son environnement, de jour comme de nuit.

Le balisage rétro-réfléchissant est autorisé selon l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR), mais le balisage lumineux n'est pas encore réglementé. Il est souvent peu efficace en situation déjà

éclairée, mais semble prometteur dans des situations non éclairées pour aider à l'identification de l'aménagement et à la lecture des trajectoires.

### 6.5.3 Spécificités des passages souterrains

Les passages souterrains sont éclairés de jour comme de nuit. Pour les prescriptions techniques, il faut se référer au dossier pilote du Certu<sup>35</sup> et au rapport technique de la CIE<sup>36</sup>.

Les implantations, niveaux lumineux et uniformités sont spécifiques, et prennent en considération la notion de transition lumineuse entre l'intérieur et l'extérieur. Si ces passages sont réservés aux véhicules motorisés, on peut admettre l'utilisation de sources SBP (Sodium Basse Pression), très efficaces d'un point de vue énergétique mais de qualité spectrale très faible.

Le balisage lumineux est un élément de sécurité réglementé dans le cas des tunnels.

## 6.6 Prise en compte des usagers particuliers dans les carrefours

Pour chacun des usagers cités, on pourra se référer aux manuels et guides existants sur l'aménagement en général. Dans ce chapitre, seuls les aménagements relatifs aux carrefours ont été retenus.

### 6.6.1 Piétons

#### > Réglementation

La traversée des piétons peut être facilitée ou canalisée par des passages piétons, dans le prolongement des trottoirs ou en retrait.

Les carrefours concentrent une grande partie des traversées piétonnes avec les changements de direction des piétons (donc un changement de trottoir) et la traversée des voies transversales.

Le Code de la route indique (hors zone de rencontre et aire piétonne) que :

« [...] Aux intersections à proximité desquelles n'existe pas de passage prévu à leur intention, les piétons doivent emprunter la partie de la chaussée en prolongement du trottoir. »

Code de la route, article R412-37

35 Certu, *Éclairage public sur le réseau routier national - Utilisation de la norme NF EN 13201*, 2008.

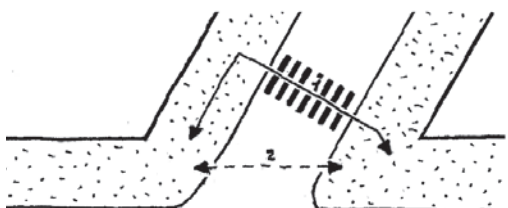
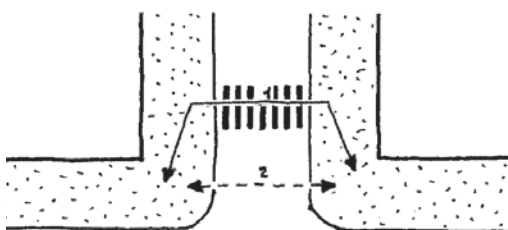
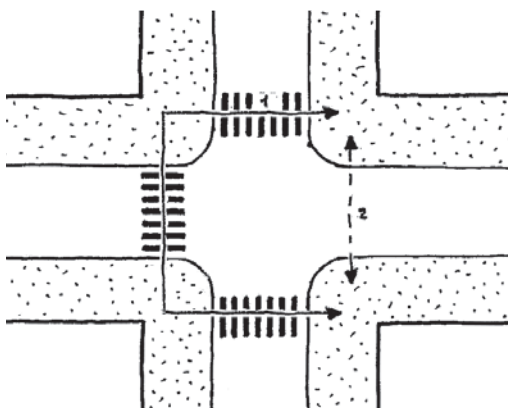
36 CIE 88, *Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses*, 2004.

« [...] Il est interdit aux piétons de circuler sur la chaussée d'une place ou d'une intersection à moins qu'il n'existe un passage prévu à leur intention leur permettant la traversée directe. Ils doivent contourner la place ou l'intersection en traversant autant de chaussées qu'il est nécessaire. »

Code de la route, article R412-39

Concrètement, on s'efforcera de respecter ce principe de base en minimisant le parcours des piétons. La traversée du carrefour doit en général correspondre à leur trajet naturel des piétons. Si, pour des raisons de sécurité ou de géométrie, un détour est demandé aux piétons, le cheminement doit être rendu très lisible et incitatif.

Les dispositifs type « barrière » en continu sont à déconseiller car ils peuvent empêcher les piétons se trouvant sur la chaussée de rejoindre le trottoir.



Implantations de passages piétons qui rallongent leur cheminement :

- (1) cheminement long imposé par les passages piétons  
(2) cheminement au plus court préféré par les piétons

Il convient de tenir compte dans les aménagements des comportements les plus probables des piétons, notamment des plus sensibles à la fatigue (personnes âgées, handicapés) ou des plus pressés (notamment aux abords des arrêts de TC). Tout allongement de parcours se traduira dans les faits par un non-respect plus ou moins important des aménagements proposés.

La loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour « l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » est la loi de référence en terme d'accessibilité. La voirie et l'espace public sont traités spécifiquement au travers des articles 41, 45 et 46. Leur application s'est traduite par les textes suivants :

- le décret n° 2006-1657 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics ;
- le décret n° 2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics ;
- l'arrêté d'application du 15 janvier 2007 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics.

Ces textes réglementent l'aménagement des traversées piétonnes (abaissés de trottoir, passages piétons) et les feux.

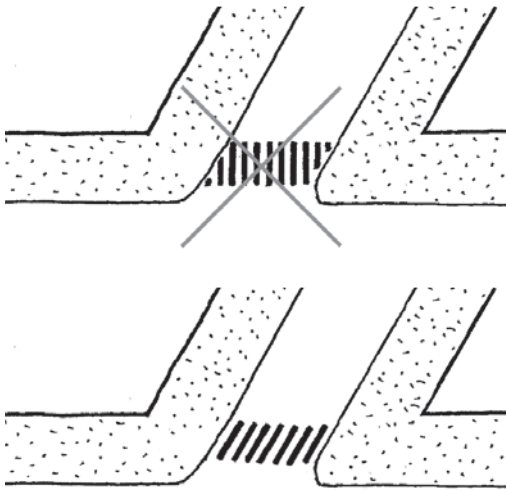
### > Marquage des passages piétons

Le passage piéton, tel qu'il est prévu dans la réglementation, est un signal parfaitement bien perçu et compris par l'utilisateur.

Les passages piétons doivent être marqués par des bandes rectangulaires blanches parallèles à l'axe de la chaussée, d'une largeur de 0,50 m avec une interdistance de 0,50 m à 0,80 m (art. 118 de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière). On notera qu'une interdistance de 0,80 m est favorable aux 2RM.

La largeur minimale est de 2,50 m, mais une largeur de 4 à 5 m est souvent nécessaire à cause de la fréquentation du passage (voire beaucoup plus dans les grands carrefours). Toute autre disposition est sans valeur réglementaire.

L'emploi de fond coloré est déconseillé car il décrédibilise les autres passages. La coloration des passages



Pour les voiries en biais, les bandes sont parallèles à l'axe de la chaussée.

piétons diminue le contraste de nuit entre les bandes blanches et la chaussée, donc l'identification du passage piéton. Les couleurs rouge, vert, jaune et bleu sont interdites car utilisées pour d'autres circonstances.

### > Réalisation des passages piétons en fonction de la typologie des voies

La fréquence et les règles de réalisation des passages piétons diffèrent en fonction de la hiérarchie des voies :

Le marquage d'un passage piéton est un acte fort d'aménagement. Il n'est jamais obligatoire de le faire, mais le faire suppose que l'on garantisse au piéton des conditions de sécurité et d'accessibilité optimales.

■ **Sur les voies structurantes**, la circulation est forte et rapide (autour de 50 km/h). Dans le double but de favoriser l'écoulement du trafic et d'assurer une bonne sécurité des piétons, il convient d'éviter que ceux-ci traversent n'importe où et n'importe quand.

Sur ce type de voies, il convient de marquer les passages piétons. Ceux-ci devront être implantés préférentiellement aux carrefours à feux ; c'est là qu'ils apporteront le maximum de sécurité. Si la distance entre deux carrefours à feux est forte, et si les activités riveraines génèrent le passage de nombreux piétons, il est souhaitable d'en établir également aux carrefours intermédiaires sans feux. Il est indispen-

sable, dans ce cas, de réaliser un refuge central pour séparer les deux sens de circulation, même si l'un des deux sens est un couloir bus.

Par contre, si d'une part la voie est très large ou le trafic très fort, et si d'autre part la traversée de piétons est rare, on évite de marquer le passage piéton à ce carrefour intermédiaire sans feux, car ce serait une fausse sécurité que l'on donnerait au piéton. L'absence de passage piéton ne lui enlèvera aucunement le droit de traverser (dès lors qu'il sera à plus de 50 mètres du passage le plus proche).

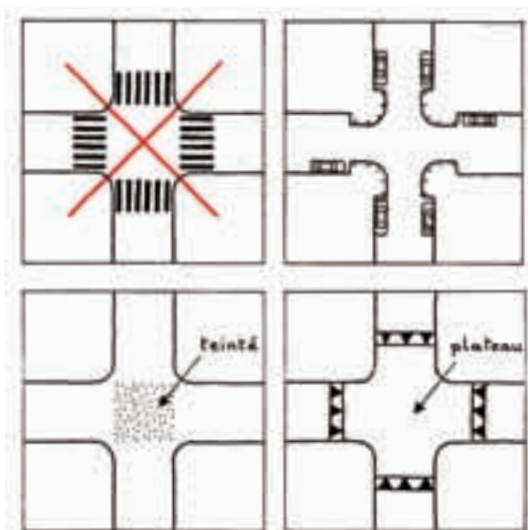
■ **Sur les voies de quartier**, inversement, le but principal n'est pas de favoriser l'écoulement du trafic mais de s'adapter à la vie locale et au comportement des usagers : il n'est pas souhaitable de contraindre les piétons à traverser dans des lieux prédéterminés. Dans les zones de rencontre, la priorité aux piétons rend inutile le marquage des traversées.

### Faut-il matérialiser des passages piétons en zone 30 ?

La réglementation relative aux piétons est la même que pour la voirie à 50 km/h : ils n'ont pas de priorité particulière et ne sont pas autorisés à circuler sur toute la largeur de la chaussée. Toutefois, du fait de la faiblesse des vitesses pratiquées par les véhicules motorisés, les piétons peuvent traverser plus facilement dans de bonnes conditions de sécurité et ce en tout point de la chaussée. C'est la raison pour laquelle il est recommandé en zone 30 de limiter le recours au passage piéton : l'absence de passage piéton représente en effet une contrainte en moins et lui permet de traverser où bon lui semble dès lors qu'il s'est régulièrement engagé.

Ceci étant, la possibilité subsiste d'en placer dans des endroits sensibles : lorsque les traversées piétonnes sont fréquentes et nombreuses, quand un trafic élevé subsiste, ou sur des cheminements stratégiques – devant les écoles ou des équipements par exemple – que l'on souhaite rendre plus identifiables, en particulier pour les personnes à mobilité réduite. En pratique, chaque situation doit être examinée dans le détail pour limiter les passages piétons au strict nécessaire.

Le gestionnaire utilise souvent, dans ce cas, le passage dans le seul but de bien signaler le carrefour aux automobilistes ; c'est le détourner de sa fonction première. Il existe d'autres moyens de marquer la présence d'un carrefour : réalisation d'« oreilles » aux quatre coins, surélévation du carrefour, teinte différente du revêtement sur tout le « carré » du carrefour, marquage d'une ligne jaune dans l'arrondi de trottoir pour empêcher l'arrêt et le stationnement.



Différents aménagements favorisant les traversées piétonnes aux intersections de voies de quartier.

■ **Sur un carrefour entre une voie structurante et une voie de quartier**, le marquage de passages piétons n'est indispensable que sur la voie structurante. Sur la voie secondaire, les véhicules perdent généralement la priorité, ce qui permet au piéton de traverser, car les voitures s'arrêtent ou ralentissent fortement. Il est possible également de maintenir à son niveau surélevé (en plateau) le trottoir longeant la voie principale.

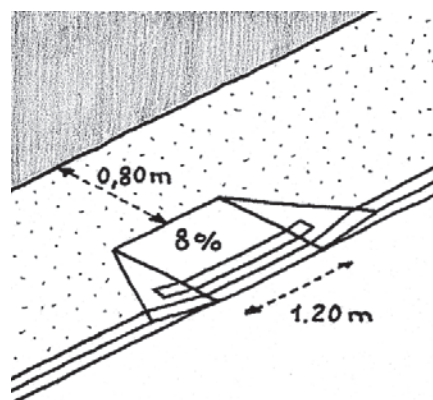
### > Aménagement de confort et de sécurité

Les aménagements spécifiques pour les personnes à mobilité réduite, imposés dans les décrets n° 2006-1957 et n° 2006-1958 du 21 décembre 2006, assurent des cheminements de qualité qui **profitent à tous**.

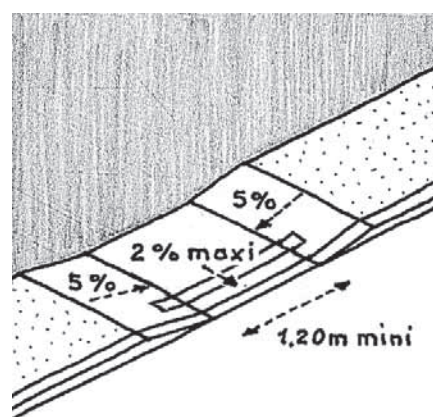
#### ■ Abaissement des trottoirs

L'abaissement de trottoirs, ou « plan incliné », sur le cheminement des piétons dans les carrefours est une mesure obligatoire qui permet de rendre le trottoir

accessible aux poussettes et aux fauteuils roulants, à condition de respecter les règles de conception (pente < 5 % ou < 8 % sur 2 m, ressaut < 2 cm). Il est recommandé de l'équiper d'une bande d'éveil de vigilance (BEV) ; cela est même obligatoire si la traversée piétonne est marquée par un passage piéton.



Cas d'un trottoir large



Cas d'un trottoir étroit

#### ■ Avancées de trottoirs ou « oreilles »

Les traversées à l'abord des carrefours ont très souvent intérêt à être aménagées avec des « oreilles » (avancées du trottoir prises sur le stationnement) prolongées de 3 à 5 m en amont. Ce dispositif permet à la fois :

- de raccourcir la largeur de la traversée ;
- de dégager la visibilité piéton-automobiliste ;
- de faciliter la mise en œuvre des dispositions relatives à l'accessibilité des PMR ;
- de matérialiser physiquement l'interdiction de stationnement sur chaussée, qui constitue la majorité des masques latéraux à la visibilité.



(Photo : Certu)

La largeur de cette avancée de trottoir doit rester dans l'emprise du stationnement.

Il peut s'avérer nécessaire de les équiper de dispositifs antistationnement (potelets par exemple). Il conviendra de s'assurer que ces dispositifs sont conformes à l'arrêté du 15 janvier 2007 portant application du décret n° 2006-1658, afin qu'ils soient détectables et repérables par les personnes aveugles et malvoyantes.

#### ■ Îlot refuge

La fonction d'un refuge central sur chaussée est de protéger les traversées piétonnes rendues difficiles par la largeur et le nombre de voies à tra-

verser, ou par l'exploitation du trafic par feux. Cet aménagement peu onéreux ne présente que des avantages :

- réduction de la largeur à traverser pour le piéton puisqu'il le fait en deux temps ;
- réduction de la vitesse des véhicules due à l'impossibilité de dépasser ;
- diminution du temps d'exposition au risque des piétons sur la chaussée ; cette mesure est particulièrement sensible pour les PMR qui ont une vitesse de traversée plus faible.

Les recommandations d'implantation d'un refuge central sont synthétisées dans le tableau suivant :

Cas de circulation	Nombre de voies ou longueur de traversée	Îlot refuge
Carrefour à feux	Circulation à double sens avec traversées des piétons gérées en 2 temps	Obligatoire
Carrefour à feux	4 voies ou chaussée > 12 m	Très recommandé
Carrefour sans feux	4 voies ou plus	Indispensable
Carrefour sans feux	3 voies ou chaussée > 8 m	Très recommandé
Branche giratoire		Recommandé (selon la taille du giratoire)



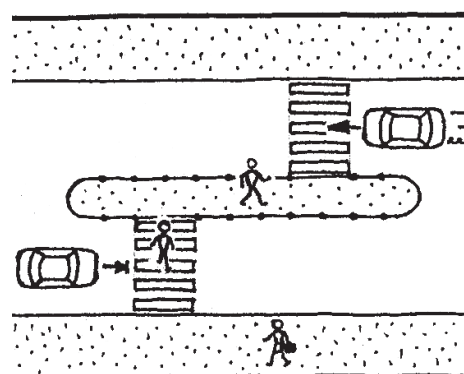
(Photo : Cete de l'Est)

La largeur minimale recommandée pour l'îlot refuge est de 2 m, et si possible de 2,50 m, afin de faciliter l'attente de plusieurs piétons, des personnes avec poussettes, bagages roulants, ou de handicapés en fauteuil au centre de la voie ; cette largeur est adaptée à l'importance des flux piétons. Notons qu'en présence d'une bande cyclable en parallèle à un passage piéton, la valeur de 2 m est un minimum absolu.

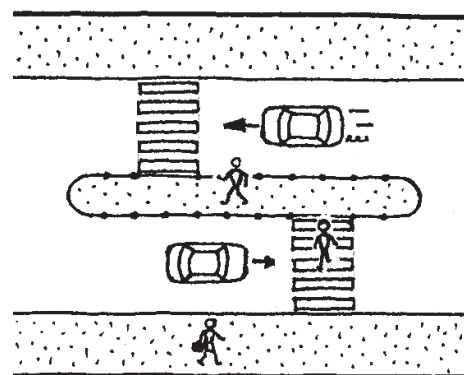
Si ce refuge est aménagé en baïonnette, 3 m de large sont recommandés. Une distance d'1,40 m minimum est obligatoire entre les barrières. La baïonnette est orientée de manière à ce que les piétons cheminent face aux sens de circulation.

Les chicanes, ou refuges en « baïonnette » pour piétons, s'avèrent contraignantes et lourdes du point de vue de l'aménagement (barrière, mobilier qui complexifient la lisibilité générale). Elles sont plutôt adaptées aux traversées à feux en deux temps où le stockage sur la largeur de l'îlot est insuffisant.

L'implantation des bandes d'éveil de vigilance sera conforme à la norme NFP 98-351.



Conseillé



Déconseillé

Les passages piétons doivent être décalés de façon à ce que le piéton soit face au courant à traverser.

## 6.6.2 Cyclistes

La conception des aménagements cyclables est développée dans le guide *Recommandations pour les aménagements cyclables* édité par le Certu en 2008.

### > Réglementation

Le Code de l'environnement dans son article L228-2 précise qu'à l'occasion des réalisations ou des rénovations des voies urbaines :

*« des itinéraires cyclables pourvus d'aménagements sous forme de pistes, marquages au sol ou couloirs indépendants, en fonction des besoins et contraintes de la circulation. »*

**Article 20 de la loi LAURE**

Ce texte rend obligatoire la prise en compte des cyclistes lors de tout projet d'aménagement de voirie urbaine. L'aménagement des carrefours doit tenir compte de cette obligation.

Le panneau B22a notifie aux cyclistes qu'ils sont tenus de circuler sur la piste ou la bande à l'entrée de laquelle il est placé. Le panneau C113 rend l'utilisation de celles-ci facultative.



B22a  
Usage exceptionnel



C113  
Recommandé

Le Code de la route précise :

- la possibilité pour les cyclistes de rester à droite pour tourner à gauche ;
- qu'en l'absence de feux spécifiques, les cyclistes qui circulent sur une piste éloignée de la chaussée et longeant un trottoir avec une traversée contiguë au passage piéton se basent sur ceux destinés aux piétons ;
- que les cyclistes peuvent se placer dans le sas en amont d'un feu lorsqu'il existe.

### > Critères de sécurité

L'insécurité des vélos en intersection est généralement liée aux problèmes de lisibilité et de visibilité. Elle est accrue par leur instabilité et leur absence de protection, ainsi que par les vitesses élevées des autres véhicules.

Afin de limiter les causes d'insécurité, il importe :

#### ■ d'améliorer la lisibilité du carrefour

La lisibilité des carrefours vastes et complexes est mauvaise car les vélos n'ont pas une bonne vue d'ensemble et ne savent pas où se positionner par rapport aux autres véhicules. Les cyclistes à l'équilibre moins stable ont des problèmes pour optimiser leur trajectoire et leur point d'arrêt.

■ de dégager la visibilité entre vélos et véhicules dans le carrefour (attention au stationnement, aux panneaux, aux végétaux...).

L'insécurité est particulièrement liée à la visibilité. Non bruyants et de petits gabarits, les vélos peuvent être masqués dans un angle mort ou par un véhicule ; dans les carrefours larges, ils sont particulièrement peu perceptibles. L'absence de feu « stop » et de clignotants rend leurs manœuvres difficilement prévisibles.

#### ■ de rechercher l'orthogonalité des conflits

L'orthogonalité des voies est bénéfique à tous les usagers, dont les cyclistes (voir 6.4.3).

#### ■ de ralentir le trafic

Les carrefours situés dans les zones 30, bénéficiant déjà d'aménagements de modération de la vitesse, sont particulièrement adaptés à la circulation des vélos ; les aménagements cyclables n'y sont pas forcément utiles, à l'exception du double sens cyclable (il convient toutefois de vérifier la cohérence des aménagements sur l'itinéraire). Sur les voies de quartier, on pourra avoir recours aux dispositifs classiques de modération de la vitesse en assurant la compatibilité avec la circulation des vélos (surélévation, coussin berlinois, chicane, rétrécissement, etc.).

#### ■ de renforcer le marquage au sol

Le type de marquage identifiant la présence de vélos doit être conforme à l'IISR. Aux carrefours, il est par-

fois utile de renforcer la présence des vélos par des pictogrammes vélos pour attirer l'attention des autres usagers sur la présence d'aménagements cyclables.

La circulaire du 15 mai 1996, relative à l'utilisation de la couleur sur chaussée, réserve la couleur verte aux espaces cyclistes. Cependant, elle ne peut être utilisée qu'en complément du marquage blanc réglementaire, et de façon limitée pour ne pas multiplier les problèmes de glissance. Son apport en terme de sécurité routière n'a pas été démontré, le meilleur contraste étant obtenu avec le blanc sur fond noir.



Le pictogramme vélo permet de renforcer la lisibilité d'une traversée cyclable (photo : Cete de l'Est)

### > Les continuités d'itinéraires cyclables

Lorsque des aménagements cyclables existent en section courante, il convient d'en assurer la meilleure continuité en carrefour.

Les carrefours constituent des lieux stratégiques puisqu'ils peuvent être à la fois des points de rupture ou des points de choix d'un ou plusieurs itinéraires empruntés par les cyclistes.

■ **Les carrefours** présentent des dangers particuliers pour les cyclistes, qu'ils soient aménagés avec des pistes ou des bandes cyclables.

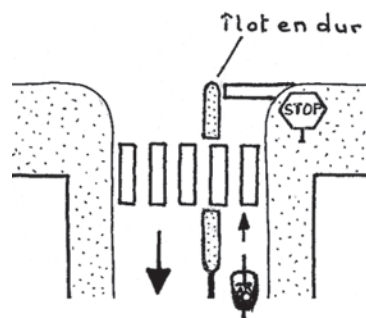
Certains aménagements très confortables pour les cyclistes en section courante, comme les pistes, peuvent

être sources d'insécurité aux intersections. On peut transformer la piste en bande, qui offre une meilleure visibilité réciproque. Le débouché d'une piste bidirectionnelle au carrefour doit faire l'objet d'une étude fine car le nombre de conflits est plus important.

Sur les carrefours équipés de feux, la circulation des cyclistes est régie par le phasage des feux de la circulation générale. Certains aménagements (sas..) permettent de sécuriser la traversée du carrefour et de faciliter les changements de direction des cyclistes (voir 8.7).

Sur les carrefours à voies secondaires non prioritaires, la continuité d'itinéraire cyclable doit être maintenue en traversée de carrefour. Des solutions assurant la sécurité et la commodité de traversée du carrefour existent, tant pour les bandes que pour les pistes cyclables (voir 7.6).

■ **Les doubles sens cyclables** permettent d'assurer la continuité des itinéraires, voire de proposer des itinéraires cyclables « secondaires » empruntant des rues calmes ou peu circulées. Le régime de priorité en débouché doit être cohérent avec le mode de fonctionnement du carrefour. Les doubles sens peuvent faire l'objet d'aménagements spécifiques aux entrées-sorties des carrefours, en plus des panneaux de signalisation indiquant la présence des cyclistes : amorce du double sens cyclable par un marquage au sol sur 5 à 10 mètres à l'entrée du carrefour, îlot en dur.



Sortie d'un double sens cyclable (photo : Cete de l'Est)

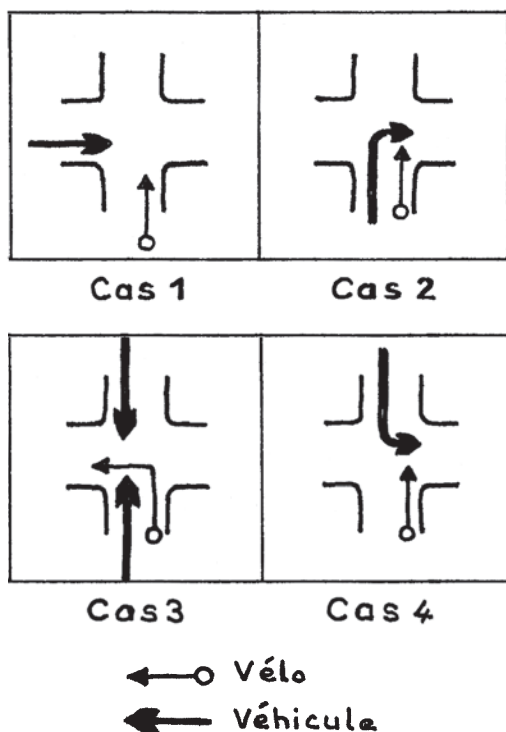


### ■ Les couloirs mixtes bus-vélos.

L'ouverture des sites de transport collectif à d'autres usagers suppose une réflexion approfondie sur la gestion des carrefours. En effet, ceux-ci sont conçus et gérés pour un mouvement prédéterminé du bus et doivent être adaptés (ou leur fonctionnement vérifié) aux mouvements tournants des cyclistes ou le stockage éventuel des tourne-à-gauche. Enfin, il convient de prévoir la détectabilité des cyclistes aux carrefours à feux qui ont une phase spécifique pour les TC basée sur la détection de ceux-ci.

### > Les conflits générateurs de danger

On rappelle ici les quatre principaux mécanismes d'accidents impliquant les vélos, développés au chapitre 4. Certaines règles de base de conception d'aménagements cyclables permettent d'améliorer les conditions de sécurité à l'approche des carrefours.



### ■ Cas 1 : collisions à angle droit (cas le plus fréquent).

- meilleure visibilité en dégagant le carrefour des masques (stationnement, mobilier urbain...);
- réaliser un mini-giratoire.

### ■ Cas 2 : les cyclistes continuant tout droit et les voitures tournant à droite

- continuité du marquage cyclable dans le carrefour sur la voie prioritaire ;
- visibilité réciproque cycliste-automobiliste : il faut rendre l'aménagement cyclable contigu à la chaussée (pour que l'automobiliste voie le cycliste latéralement ou dans son rétroviseur) ou, au contraire, bien éloigner la piste cyclable (pour que l'automobiliste ait déjà tourné et voie bien devant lui au moment où il coupe la piste cyclable).

### ■ Cas 3 : les cyclistes tournant à gauche et les voitures arrivant par l'arrière ou en face

- le cycliste se porte progressivement et avec prudence au milieu de la chaussée. Cette méthode convient bien aux carrefours à trafic faible. La présence d'un refuge central sur les passages piétons améliore la sécurité du cycliste si le trafic est « moyen » : ce refuge empêche une voiture de doubler au moment où le cycliste se porte à gauche et protège celui-ci lorsqu'il a franchi la moitié de la chaussée et qu'il attend au milieu.

### ■ Cas 4 : les cyclistes continuant tout droit et les véhicules venant en face et tournant à gauche

- La création de refuges centraux sur les passages piétons du carrefour permet d'améliorer les conditions de sécurité des cyclistes.

### 6.6.3 Transports collectifs (TC)<sup>37</sup>

L'attractivité des transports collectifs passe par une réduction des temps de parcours, un confort satisfaisant des usagers dans les transports collectifs, une position judicieuse des arrêts de bus, un confort d'accès et d'attente aux arrêts.

### > Réduction des temps de parcours

La réduction des temps de parcours est obtenue principalement par la minimisation des temps perdus dans les carrefours, surtout s'il s'agit d'un TC à haut niveau de service (tramway, bus en site propre, BHNS<sup>38</sup>). Il convient d'affecter un passage préférentiel aux véhicules de TC. Deux méthodes peuvent être envisagées :

- pour les carrefours sans feux, priorité (au sens du Code de la route) à l'axe parcouru par les TC ;

<sup>37</sup> Pour plus de précisions, se reporter au *Guide d'aménagement de la voirie pour les transports collectifs*, Certu, 2000.

<sup>38</sup> BHNS : Bus à Haut Niveau de Service.

- pour les carrefours à signalisation lumineuse, prise en compte prioritaire des TC par déclenchement du feu vert à l'approche du bus.

### > Confort satisfaisant des usagers

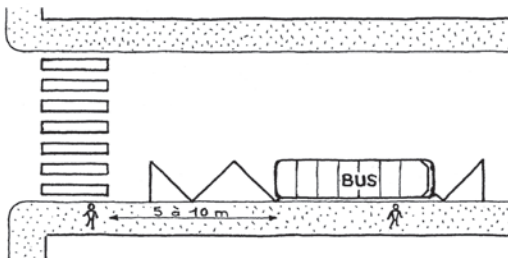
On s'efforcera de réduire tout ce qui peut entraîner des variations brutales d'accélération telles que :

- défauts de profil en long, dénivellations brutales ;
- courbes et contre-courbes sans progressivité ;
- arrêts et redémarrages trop fréquents.

Concernant le confort, des études ont montré qu'un passager debout peut supporter des accélérations allant jusqu'à  $2 \text{ m/s}^2$  ( $0,2 \text{ g}$ ) pour autant qu'elles soient appliquées de façon progressive sans variations brutales.

### > Position des arrêts de bus

Il est généralement préférable d'implanter les arrêts de bus après les carrefours, au plan de la sécurité, afin de mieux positionner les passages piétons à l'arrière de l'arrêt de bus (entre 5 et 10 m). Cette disposition permet de dégager la visibilité sur le trafic et en particulier sur les véhicules arrivant de la gauche (c'est-à-dire ceux qui sont très proches des piétons en attente).



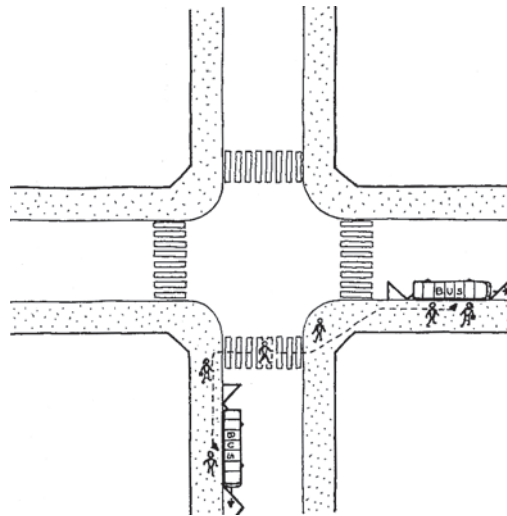
Position d'un passage piéton à l'arrière de l'arrêt de bus

Les arrêts de bus, qui fonctionnent en correspondances, doivent être peu distants et, si possible, sur 2 branches contiguës du carrefour pour limiter les traversées anarchiques des piétons.

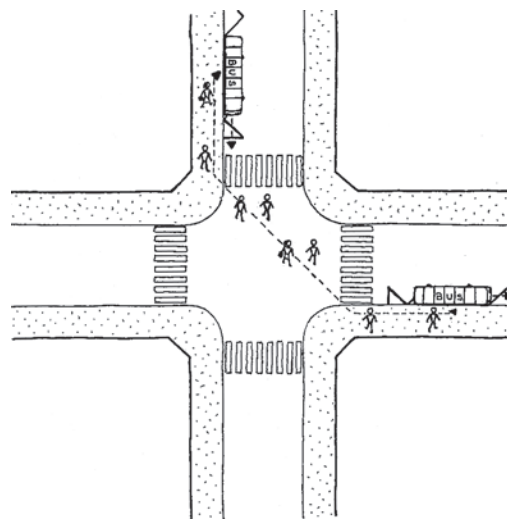
### > Arrêts de bus

Le respect de quelques règles favorisera la sécurité aux abords des points d'arrêts :

- pas de manœuvre ;
- pas d'ambiguïté sur la trajectoire ;
- une aire d'embarquement adaptée à sa fonction d'attente (au minimum  $0,5 \text{ m}^2$  par personne).



À préférer



À éviter

L'arrêté du 15 janvier 2007 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics impose, sauf impossibilité technique, les arrêts en alignement ou en avancée.

#### ■ Arrêt en alignement

Il faut alors dissuader le stationnement longitudinal au droit de l'arrêt et sur une certaine distance de part et d'autre pour faciliter les manœuvres des bus.

#### ■ Arrêt en avancée

Il consiste à élargir le trottoir le long de l'arrêt. Ce dispositif présente plusieurs avantages :

- mise en évidence de l'arrêt et meilleur accostage du bus le long du quai (diminution de la lacune horizontale et régularité dans le temps) ;

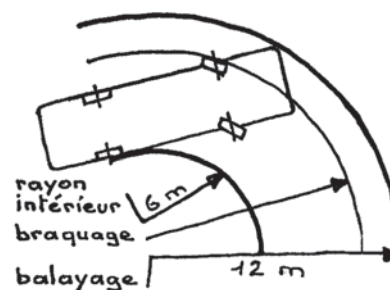


Arrêt de bus en avancée placé après le carrefour (photo : Certu)

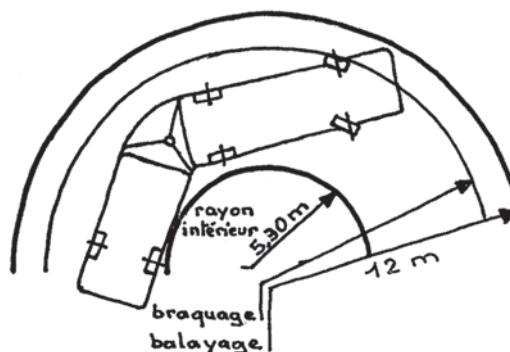
- meilleure visibilité réciproque des usagers en attente et du bus (identique aux avancées de trottoirs) ;
- maintien du stationnement longitudinal de part et d'autre et dissuasion du stationnement illicite à l'emplacement de l'arrêt ;
- abri bus et usagers en attente ne gênant plus l'utilisation du trottoir ;
- aucun ressaut gênant pour les passagers du bus ;
- aménagement sécurisant pour les passages piétons ;
- facilité de redémarrage dans la circulation pour le bus et limitation du trafic le dépassant.

### > Rayon de giration

La giration des bus sera assurée partout où ils circulent. Chaque ville prendra en compte les caractéristiques de son matériel. À titre d'exemple, les rayons de giration d'un bus simple et d'un bus articulé sont les suivants :



Cas d'un bus



Cas d'un bus articulé

Dans tous les cas, les sociétés de transports collectifs doivent être consultées au niveau du projet d'amé-

nagement d'un carrefour, que ce soit sur une ligne régulière ou bien sur un itinéraire potentiel de déviation de ligne.

Il ne faut pas oublier, dans cette réflexion, les itinéraires de transport scolaire.

#### 6.6.4 Les motocyclistes et cyclomotoristes

En intersection, il n'existe pas d'aménagement spécifique pour les 2RM mais leur prise en compte se fait par des aménagements qui respectent les règles suivantes, eu égard à leur spécificité évoquée au paragraphe 3.2.4 :

■ **Améliorer la visibilité** pour les motocyclistes et les cyclomotoristes

Les aménagements dans les carrefours doivent être visibles par les usagers de 2RM afin que leur comportement soit adapté à l'infrastructure :

- assurer une bonne lisibilité du carrefour ; éviter des carrefours complexes qui, en mobilisant l'attention des usagers, ne facilitent pas la détection des 2RM ;
- assurer une bonne visibilité réciproque. Il faut savoir qu'un simple support de signalisation peut créer un masque à la visibilité ;
- rendre visible les tourne-à-gauche ;
- éviter une surcharge d'informations dans les carrefours (panneau publicitaire, signalisation...) qui, en mobilisant une partie des ressources attentionnelles de l'usager, ne facilite pas la détection du 2RM et peut les masquer ;
- interrompre les séparateurs physiques des voies bus quelques mètres de part et d'autre du carrefour et les rendre plus visibles.

Ces dispositions vont dans le sens d'une meilleure détectabilité du 2RM par les autres usagers, les automobilistes ayant une médiocre perception des deux-roues motorisés.

■ **Réduire la vitesse**

La réduction de la vitesse est un facteur qui va toujours dans le sens de la sécurité. Les aménagements

de modération de la vitesse doivent tenir compte de la présence des 2RM :

- orthogonaliser les voies pour une meilleure visibilité et une réduction des surfaces de conflits ;
- préférer un carrefour surélevé à un plateau traversant uniquement sur une voie ou traiter le plateau traversant en retrait (au moins 2 m) sur chaque branche ;
- réduire la largeur des voies pour éviter les dépassement de files de voitures.

■ **Limiter le risque d'accident et réduire leur gravité**

La vulnérabilité des usagers de 2RM lors d'un accident, en particulier contre les obstacles, doit être prise en compte dans l'aménagement d'un carrefour.

Outre les points évoqués précédemment, d'autres aménagements permettent de limiter les risques de chute :

- respecter les recommandations de coefficients de rugosité des différents revêtements et marquages routiers, et en particulier du marquage des passages piétons ;
- marquer les passages piétons conformément à l'ISSR ; bande blanche dans l'axe de la chaussée, un écartement entre les bandes le plus grand possible (0,80 m) et pas de fond coloré ;
- traiter les émergences des réseaux souterrains ;
- assurer un entretien régulier des chaussées.

Pour limiter la gravité des accidents en cas de chute, il convient :

- de limiter les obstacles au strict nécessaire, les éloigner du bord de la chaussée, les rendre moins agressifs ou améliorer leur visibilité ;
- lorsque l'on place des dispositifs de retenue, privilégier ceux qui sont conformes à la circulaire du 1er octobre 1999, relative aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue adaptés aux motocyclistes.

**Toutes ces dispositions vont dans le sens de la sécurité pour l'ensemble des usagers.**

# 7 Les carrefours plans sans feux

Cette catégorie concerne les carrefours plan à priorité à droite, cédez-le-passage et stop en dehors des carrefours giratoires.

En général, les carrefours plans sans feux sont situés à l'intersection :

- de deux voies de quartier ;
- d'une voie de quartier avec une voie structurante ;
- et plus occasionnellement, de deux voies structurantes.

Le fonctionnement des carrefours sans feux est caractérisé par le régime de priorité accordé aux différents courants de véhicules qui peuvent aborder simultanément plusieurs branches du carrefour. Le choix de ce régime dépend du trafic, de la nature de ces branches, et des conditions de visibilité.

## 7.1 Typologie

Le fonctionnement d'un carrefour ordinaire sans feux s'opère sous un des trois régimes de priorité suivants.

### 7.1.1 Priorité à droite

Ce régime est traditionnel en France et le Code de la route l'impose comme principe de base en l'absence de signalisation contraire. Il est bien adapté aux « zones 30 » et aux zones de rencontre et généralement approprié si les rues sont d'importance égale et modeste, sans trafic de transit. Le trafic total du carrefour peut difficilement dépasser 900 uvp/h.

#### Choix du créneau critique

*Manœuvre de traversée de la voie principale*

Nombre de files de la voie principale	Valeur du créneau critique
1 file	4 s
2 files à double sens ou à sens unique	6 s

### 7.1.2 Cédez-le-passage

Ce régime s'applique à des rues, croisant une rue généralement plus importante ou, occasionnellement, une rue à trafic comparable. Il est également choisi si les masques de visibilité ne permettent pas de conserver le régime de priorité à droite.

Ce type de carrefour est utilisable lorsque le trafic total reste inférieur à 1200 uvp/h si les rues sont à angle droit. L'utilisation de ce régime impose de hiérarchiser les deux voies pour accorder le régime de voie prioritaire à l'une d'entre elles.

### 7.1.3 Stop

Cette signalisation ne doit être utilisée que sur une rue peu importante qui pose de réels problèmes en terme de visibilité. Ce régime de priorité doit être réservé aux carrefours « sensibles » pour le rendre crédible et maintenir son respect.

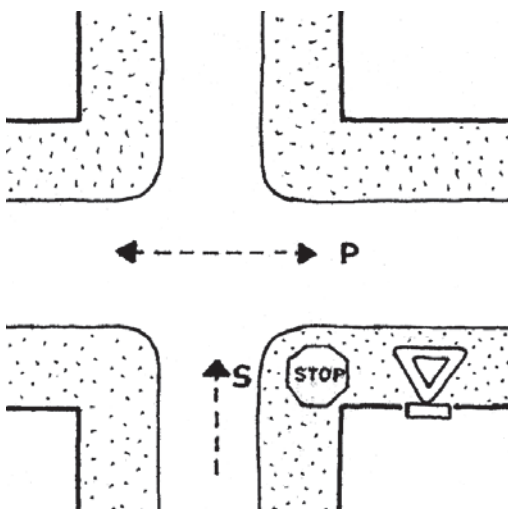
## 7.2 Capacité

La capacité d'un carrefour sans feux peut être déterminée par la méthode dite du « créneau critique ». Cette méthode est applicable dans les zones non perturbées par la présence de feux, ces derniers induisant des trafics pulsés. On admet qu'au-delà de 500 m, l'effet de pulsation est réduit. La durée du « créneau critique » à trouver dans le trafic de la voie principale s'évalue en fonction du type de manœuvre, du nombre de files, et de la vitesse réglementaire de la voie principale.

Manœuvre d'insertion sur la voie principale en tourne-à-droite ou tourne-à-gauche

Vitesse réglementaire de la voie principale	Valeur du créneau critique		
	Voie principale à sens unique (1 ou 2 files)	Voie principale à double sens	
	Tourne-à-droite ou Tourne-à-gauche	Tourne-à-droite	Tourne-à-gauche
30 km/h	4 s	4 s	5 s
50 km/h	5 s	5 s	6 s
70 km/h	6 s	6 s	7 s

Bien que les bus et poids lourds aient besoin de plus de temps, le créneau critique n'a pas à être augmenté. En effet, le calcul de temps d'attente prend en compte ce cas de figure puisqu'il s'effectue en uvp<sup>39</sup>.



P : trafic de la voie principale en uvp/h/2 sens (uvp/h/sens pour les tourne-à-droite)

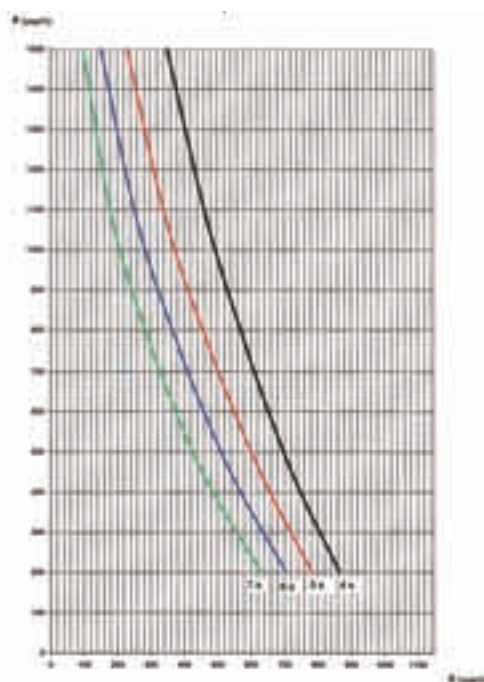
S : trafic de la voie secondaire en uvp/h

L'abaque ci-contre permet d'évaluer la capacité limite de la voie secondaire C en uvp/h en fonction du débit P de la voie principale.

Le temps moyen d'attente sur la voie secondaire se déduit de la capacité limite par la formule :

$$T = 3600 / (C - S)$$

Le concepteur peut alors apprécier l'acceptabilité de ce temps d'attente (acceptable en dessous de 30 s); entre 30 s et 1 min, l'appréciation est laissée au concepteur. Au-delà d'une minute d'attente, un autre type de carrefour est envisagé (carrefour giratoire ou carrefour à feux).



Capacité limite en fonction du créneau critique et du débit prioritaire (Voir abaque en annexe page 167)

## 7.3 Géométrie

### 7.3.1 Les voies

La largeur des voies au droit des carrefours est précisée au paragraphe 6.4.1. Leur nombre ne doit pas varier dans l'intersection, l'ajout ou la suppression d'une voie se faisant avant ou après le carrefour. On s'efforcera de maintenir les voies alignées (non déportées) entre l'amont et l'aval de l'intersection.

Les manœuvres de tourne-à-gauche ou de tourne-à-droite se font :

- soit directement à partir des voies continues ;
- soit à l'aide de voies spécialisées, développées à partir des voies continues.

Un poids lourd correspond à 2 uvp (unité de véhicules particuliers).

### 7.3.2 Tourne-à-gauche

Les voies spécialisées de tourne-à-gauche sont utilisées lorsque la qualité de l'écoulement des flux de circulation et la capacité du carrefour le justifient. En matière de sécurité, elles permettent par ailleurs de limiter les collisions arrière.

Si, pour des raisons de manque de place en entrée de carrefour, une seule voie spécialisée peut être créée, il est souhaitable que ce soit une voie de tourne-à-gauche plutôt qu'une voie de tourne-à-droite, ce dernier flux gênant nettement moins la circulation générale.

La largeur d'une voie spécialisée pour tourne-à-gauche est fonction de la composition du trafic qui l'emprunte ; 2,50 m suffisent dans la majorité des cas, 3 m sont nécessaires si la part de trafic PL et TC est importante.

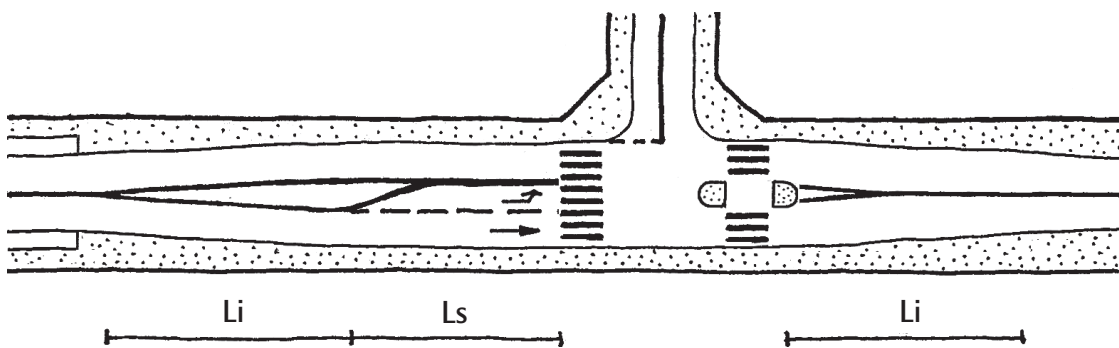
#### > Configurations de tourne-à-gauche

On peut proposer trois configurations pour traiter les mouvements de tourne-à-gauche dont le choix dépend :

- de la limitation de vitesse : 50 km/h ou 70 km/h (en zone 30, les mouvements de tourne-à-gauche justifient rarement la nécessité d'aménagements spéciaux) ;
- de l'importance du trafic de tourne-à-gauche et du trafic de pointe de la voie principale ;
- de la présence ou non de transport collectif.

#### ■ Création d'une voie tourne-à-gauche (1)

Elle est généralement composée de la section d'introduction  $L_i$ , de la zone de stockage  $L_s$  et d'un îlot séparateur.



Création d'une voie tourne-à-gauche.

On distingue deux configurations :

- dans les zones où l'on recherche une modération de la vitesse, les caractéristiques géométriques des îlots s'inspirent des recommandations pour les chicanes<sup>40</sup> avec  $L_i = 10 \times (D - L_e + 2)$  où  $D$  correspond au déport de l'axe de la voie et  $L_e$  à la largeur de la voie ;
- dans les zones périphériques, industrielles et commerciales où l'on recherche une fluidité de la circulation, les caractéristiques géométriques s'inspirent du carrefour rase campagne avec  $L_i = 20$  m.

La longueur de la voie de tourne-à-gauche ( $L_s$ ) sera comprise entre 10 et 20 m selon le nombre de véhicules à stocker.

#### ■ Élargissement localisé (2)

La voie est élargie ponctuellement pour offrir un espace central non affecté aux tourne-à-gauche. Une largeur comprise entre 7,50 m et 8,50 m est suffisante pour une chaussée bidirectionnelle à 2 x 1 voies.

L'élargissement ne devra pas se faire au détriment du trottoir qui devra conserver une largeur assurant un cheminement de 1,40 m minimum dégagé de tout obstacle.

#### ■ Pas d'aménagement spécifique (3)

Les tourne-à-gauche ne sont pas pris en compte à l'intérieur du carrefour. Ils doivent attendre au milieu du carrefour pour trouver des créneaux dans le flux de la circulation qui leur est opposé.

#### > Choix des configurations

Les tableaux ci-après indiquent des repères de trafics pouvant aider au choix de ces configurations.

40 Voir la fiche n° 14 de la collection « Savoir de base en sécurité routière » sur les chicanes urbaines implantées en entrées d'agglomération, Certu, 2008.

v = 50 km/h

Tourne-à-gauche Mvt principal	< 200 uvp/h	200 à 300 uvp/h	300 à 500 uvp/h
< 500 uvp/h	(3)	(3)	(2)
500 à 700 uvp/h	(3)	(2)	(1)
700 à 1 000 uvp/h	(2)	(1)	
1 000 à 1 200 uvp/h	(1)		

v = 70 km/h

Tourne-à-gauche Mvt principal	< 200 uvp/h	200 à 300 uvp/h	300 à 400 uvp/h
< 400 uvp/h	(3)	(2)	(1)
400 à 600 uvp/h	(2)	(2)	(1)
600 à 800 uvp/h	(2)	(1)	
800 à 900 uvp/h	(1)		

*Tourne-à-gauche : trafic tourne-à-gauche en uvp/h.*

*Mvt principal : trafic sur voie principale en uvp/h par sens gênant.*

### 7.3.3 Tourne-à-droite

Le rayon des bordures doit être faible pour réduire la vitesse et donc la gravité du conflit éventuel avec les piétons, et pour éviter l'allongement ou l'éloignement de la traversée piétonne. Les tourne-à-droite avec biseau de sortie doivent être limités aux voies structurantes où les mouvements de tourne-à-droite sont très importants, ou en zone périurbaine.

### 7.3.4 Rayon de bordure

Les bords extérieurs droits des chaussées, qui se croisent et forment le carrefour, sont reliés entre eux par un élément de raccordement dont la forme géométrique peut varier ; cet élément est un cercle de rayon unique ou une succession de rayons et de segments. L'utilisation de petits rayons (lorsque les types de trafics le permettent) procure une « gêne » aux mouvements de tourne-à-droite ou de tourne-à-gauche, ce qui permet de ralentir les véhicules.

Si l'angle n'est affecté d'aucun mouvement tournant (ce qui est le cas lors d'un croisement entre deux rues à sens unique), un rayon de 1 m suffit pour relier les deux parties.

Dans les autres cas de figure, l'élément de raccordement doit permettre la giration des véhicules sans inciter à la vitesse ; cet élément peut être vérifié avec le logiciel GIRATION.

- **En site urbain** caractérisé par un faible taux de PL et un flux de piétons moyen à dense, le rayon de raccordement reste lié à la préservation de la largeur du trottoir, et dépend donc de la présence ou non de pans coupés des bâtiments. Avec pans coupés, au-delà d'un rayon minimal de 4 m, on visera en général une fourchette de 6 à 8 m. Sans pan coupé, le rayon pourra être abaissé jusqu'à 2 m. Il faut regarder également s'il y a ou pas une ligne de transport collectif (avec un rayon intérieur de 6 à 8 m, le rayon balayé par un bus est de 12,5 à 14 m). Le rayon des bordures dépend aussi de la présence ou non de stationnement latéral en section courante et de la possibilité d'empiéter sur la voie adverse en fonction de la densité du trafic ;
- **En site périurbain** (zone d'activités, ou secteur avec un bâti peu dense) caractérisé par la présence de PL, la fourchette se situe entre 8 et 12 m.



### 7.3.5 Îlots

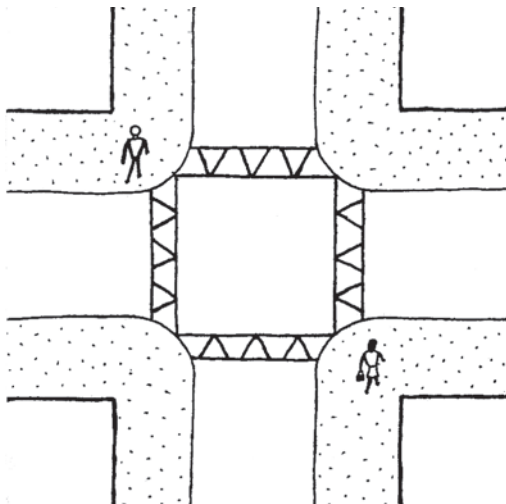
Les îlots servent à canaliser les flux de circulation, à supporter les installations d'exploitation (signalisation), à protéger les piétons (refuge), et éventuellement à intégrer des plantations dans la mesure où elles ne créent pas de masques de visibilité. C'est aussi l'occasion de créer une « chicane ».

Il est recommandé de ne pas descendre en dessous de 5 m<sup>2</sup> de surface pour assurer un bon niveau de perception des îlots. Les problèmes liés au défaut de visibilité du carrefour en venant de la voie secondaire peuvent être résolus en y implantant un îlot séparateur. Cette mesure améliore également les conditions de sécurité du point de vue de l'orthogonalité des cisaillements et de la réduction des vitesses.

### 7.3.6 Carrefour plateau

Ce type d'aménagement, qui consiste à surélever l'ensemble du carrefour, s'applique à tous les régimes de priorité de carrefours plans.

La surélévation est comprise entre 10 et 15 cm environ selon la hauteur du trottoir<sup>41</sup> avec des rampants entre 5 % et 10 %. Cette disposition est favorable à l'accessibilité des PMR, les limites entre le trottoir et le plateau devant être détectables par les aveugles et les malvoyants.



Cas 1 : le début de la rampe commence aux arrondis de trottoir. Cette configuration peu favorable aux piétons et aux deux-roues est à limiter aux lieux où leur présence est faible.

Son utilisation est à privilégier à l'intérieur des quartiers où ce carrefour peut constituer un élément du plan local de modération de la vitesse (PLMV). Elle peut résoudre deux problèmes différents :

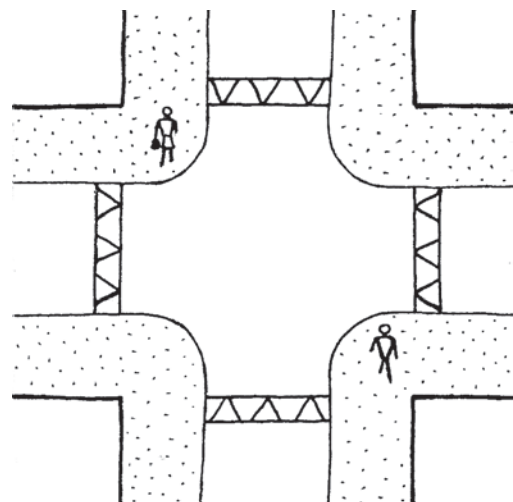
- modérer la vitesse dans les quartiers où la vie locale est prépondérante par rapport au trafic ;
- régler les problèmes de sécurité d'un carrefour à trafic assez important mais où la place n'est pas suffisante pour implanter un giratoire ; contrairement au carrefour à feux simples, le plateau présente l'avantage de faire ralentir tous les usagers.

## 7.4 Règles de visibilité

L'assurance d'une bonne sécurité du carrefour passe d'abord par le maintien d'une bonne visibilité réciproque des différents usagers de la voirie, qu'ils soient automobilistes, piétons, cyclistes, cyclomoteuristes ou motocyclistes.

### 7.4.1 Visibilité entre conducteurs

Pour assurer une bonne visibilité réciproque entre conducteurs arrivant dans un carrefour, il convient de respecter la règle des triangles de visibilité suivant les principes énoncés au chapitre 6.2.



Cas 2 : le plateau se prolonge un peu dans les quatre rues. Ce cas est à privilégier car plus favorable aux piétons et aux mouvements tournants des véhicules.

41 Pour assurer l'accessibilité des PMR et le repérage des malvoyants, une différence de niveau de 2 cm est nécessaire entre le plateau et le trottoir.

### Dimension du triangle selon les régimes de priorité.

Vitesse réglementaire	I	L
-----------------------	---	---

#### Priorité à droite

30 km/h	9 m	13 m
50* km/h en urbain dense	15 m	20 m
50 km/h en urbain peu dense	20 m	30 m

#### Cédez-le-passage

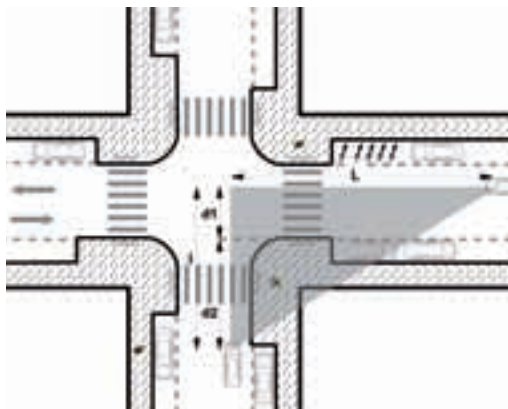
30 km/h	d1 + 7 m	20 m
50 km/h	d1 + 7 (ou 10 m)	45 m
70 km/h	d1 + 10 m	70 m

#### Stop

30 km/h	d1 + 4 m	20 m
50 km/h	d1 + 4 m	45 m
70 km/h	d1 + 4 m	70 m

(\*) La vitesse en approche est supposée être de 40 km/h.

Bien qu'en site urbain les contraintes ne permettent pas toujours d'assurer la visibilité requise, on s'efforcera de dégager des triangles de visibilité dont les dimensions sont les suivantes, en fonction du régime de priorité retenu en carrefour :



*L* : distance de visibilité à amener sur le véhicule prioritaire, soit la distance parcourue par ce dernier pendant le temps de manœuvre de traversée ou d'insertion du véhicule non prioritaire

*I* : distance d'arrêt sur le courant non prioritaire

#### ■ Cas de la priorité à droite

Le conducteur aperçoit le véhicule prioritaire et freine de manière soutenue pour lui céder le passage. Il convient, dans la mesure du possible, de dégager un triangle de visibilité dont les dimensions sont récapitulées dans les tableaux ci-avant. Toutefois, le non-respect de cette règle de visibilité ne doit pas conduire systématiquement

à la suppression de la priorité à droite, la réduction des vitesses à l'approche du carrefour restant une solution satisfaisante dans bien des cas.



*Par manque de visibilité, il est parfois préférable d'aménager l'intersection pour réduire les vitesses plutôt que de modifier le régime de priorité. Le plateau implanté dans ce carrefour en T amène les automobilistes circulant sur la voie principale à réduire leur vitesse (photo : Cete de l'Est).*

#### ■ Cas du cédez-le-passage

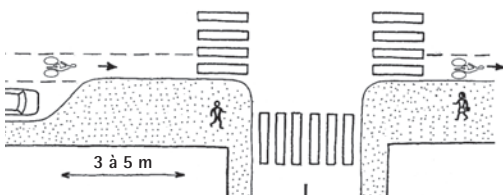
La position de prise d'information relative au « cédez-le-passage », pour tenir compte des contraintes du bâti, se situe à une distance d'environ 7 m de la ligne de cédez-le-passage en milieu urbain dense, et à 10 m de cette ligne en milieu urbain plus lâche ou en milieu périurbain.

#### ■ Cas du stop

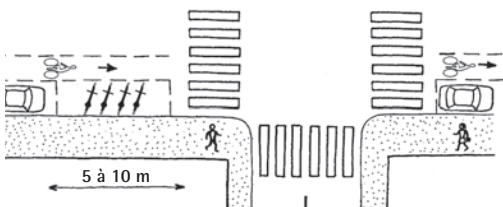
La position de l'œil pour 95 % des automobilistes à l'arrêt se situe à 4 m en retrait de la ligne « STOP ».

### 7.4.2 Visibilité entre conducteurs et piétons

Pour assurer une bonne visibilité réciproque entre conducteurs et piétons au droit d'une intersection, il convient de supprimer le stationnement des véhicules motorisés en amont du passage piéton comme indiqué dans les schémas ci-après.



En présence d'avancée de trottoir, le stationnement des véhicules sera interdit entre 3 m et 5 m en amont du passage piéton.



Sans avancée de trottoir, le stationnement des véhicules motorisés sera interdit entre 5 m et 10 m en amont du passage piéton.

## 7.5 Signalisation

La signalisation routière est définie par un arrêté du 24 novembre 1967 complété par l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (Livre I - 1<sup>re</sup>, 3<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> parties).

### 7.5.1 Signalisations de police verticale et horizontale

Dans un carrefour, elle a essentiellement pour objet de matérialiser le régime de priorité.

En agglomération, on cherche à limiter le nombre de panneaux au strict nécessaire. De fait, l'utilisation de panneaux de présignalisation du régime de priorité n'est pas systématique (sauf pour les giratoires). Pour assurer la sécurité, il convient que l'usager :

- soit averti à temps de l'existence de l'intersection ;
- soit informé du régime de priorité applicable ;
- puisse voir si des véhicules sont sur le point de déboucher.

Des panneaux de présignalisation sont mis en place si l'une de ces conditions n'est pas remplie.

La signalisation de position à mettre en place pour les différents régimes de priorité est définie dans l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR). Elle est la suivante :

#### > Priorité à droite

En agglomération, et particulièrement dans les zones où ce mode de gestion de carrefour est la règle générale, la signalisation avancée par le panneau AB1 n'est pas utile.



AB1

Son utilisation en milieu urbain est exceptionnelle

#### > Cédez-le-passage et stop

La perte de priorité est annoncée par le panneau de position AB3a dans le cas du cédez-le-passage ou dans le cas du stop. Le panneau est placé de façon très visible et aussi près que possible de la chaussée abordée. Il est complété par un marquage horizontal qui s'étend sur toute la largeur des voies affectées à la circulation des véhicules.



AB4



AB3a + M9c

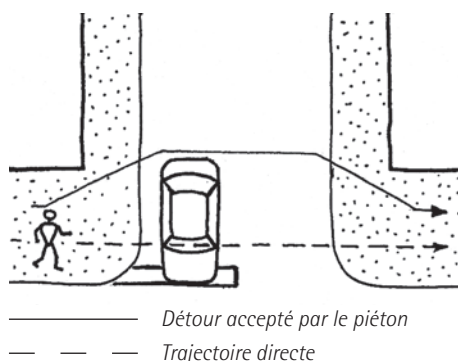
## 7.5.2 Signalisation horizontale des passages piétons

### > Stop ou cédez-le-passage

Il est généralement inutile de marquer un passage piéton à cet endroit. Si les trafics voitures ne sont pas excessifs et que la rue ne comporte pas plus de deux voies, l'absence de passage piéton permet soit :

- de traverser derrière le premier véhicule à l'arrêt au cas où des véhicules attendent ;
- de traverser en trajectoire directe en l'absence de véhicules.

Il convient de veiller à l'accessibilité de la traversée (abaissé de trottoir, bande d'éveil de vigilance...).



En 2009, cette solution est plus souple pour les piétons car elle leur autorise des traversées indépendamment de la distance du carrefour (le passage piéton introduit 50 m d'interdiction de traversée piétonne). Le Code de la route impose la même obligation au conducteur de céder le passage au piéton engagé, qu'il y ait ou non de passage piéton.

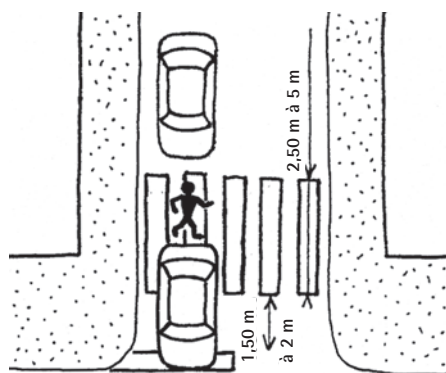
■ Si l'on désire néanmoins marquer un passage piéton au débouché de la voie secondaire, sa bonne implantation répondra à la fois aux contraintes des deux situations différentes exposées ci-après :

- si aucune voiture n'est arrêtée, en attente au cédez-le-passage, le piéton doit pouvoir suivre une trajectoire directe dans l'alignement du trottoir ;
- si une voiture est arrêtée, en attente au cédez-le-passage, le piéton doit au contraire pouvoir faire un léger détour pour passer derrière cette voiture. En effet, le piéton n'aime pas passer

devant une voiture arrêtée car elle est « menaçante » et prête à redémarrer. De plus, l'attention visuelle du conducteur est attirée vers la gauche, ce qui limite la perception du piéton.

Si le passage piéton est trop proche du carrefour, le véhicule à l'arrêt peut gêner les traversées piétonnes.

Il est par conséquent conseillé d'écarter légèrement le passage piéton d'environ **1,50 m à 2 m** de la ligne de stop ou de cédez-le-passage (1 m minimum imposé par l'IISR).



En présence de trottoir large et de « pans coupés » à l'angle des bâtiments, la distance d'implantation du passage piéton par rapport à la ligne de cédez-le-passage peut être portée à **3 ou 4 m**, ce qui permet une traversée plus aisée des piétons entre les deux voitures à l'arrêt.

La présence de **stationnement** en section courante de la voie principale permet en général de décaler l'ensemble du dispositif d'1 à 2 m (ligne d'arrêt + passage piéton), ce qui est plus favorable aux piétons.

On évite l'implantation de barrières continues qui peuvent avoir des effets pervers, contraires à la sécurité des piétons.

### > Priorité à droite

Ce type de régime de priorité est plus généralement réservé aux voies de quartiers commerçants ou résidentiels. C'est même la règle de base dans les zones de rencontre et les zones 30. Sur les voies de quartiers, la vie locale est prépondérante, ce qui signifie que l'on privilégie la traversée des piétons en tout endroit et sans détour particulier. L'implantation de passages piétons sur ces voies crée des contraintes qui ne sont pas respectées par les piétons et engendre plus de confusion que de sécurité.

Il est donc recommandé de ne pas implanter de passages piétons sur des carrefours à priorité à droite et sur des voies de quartier (sauf dans les lieux potentiellement fréquentés par des aveugles ou des malvoyants). Il est plus judicieux de traiter la zone préférentielle de traversée, et de mettre en valeur le carrefour avec une avancée de trottoir afin de préserver le triangle de visibilité lorsque le piéton traverse : cela est bénéfique à la visibilité entre automobilistes et facilite la réalisation des abaissés de trottoir.

## 7.6 Cyclistes

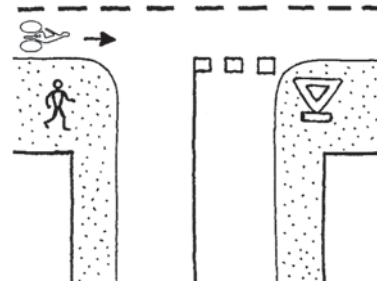
Pour les carrefours sans feux, objets du présent chapitre, nous traiterons essentiellement les cas où l'aménagement cyclable est situé sur la **voie prioritaire**<sup>42</sup> (cas qui nécessitent un aménagement et une signalisation cyclables, parfaitement lisibles et compréhensibles par tous les usagers).

Le traitement des carrefours plans sans feux doit prendre en compte le critère essentiel de visibilité pour intégrer convenablement les vélos. Le principe consiste à supprimer le stationnement sur environ 5 à 10 mètres aux abords de l'intersection sur la voie principale, en créant, par exemple, une avancée de trottoir. Ce dispositif contribue également à améliorer la sécurité des piétons.

### 7.6.1 Cas d'une bande cyclable

Le Code de la route (art. 415-13) précise qu'aux « intersections, lorsqu'une chaussée à plusieurs voies comporte une ou plusieurs voies ou bandes réservées à la circulation de certaines catégories de véhicules, les règles de priorité prévues s'imposent à

tous les conducteurs circulant sur cette chaussée ou l'abondant », ce qui est le cas des bandes cyclables.



Carrefour avec voies secondaires

Il convient de marquer la continuité de la bande cyclable en traversée de carrefour sur l'axe prioritaire, par un marquage séparatif.

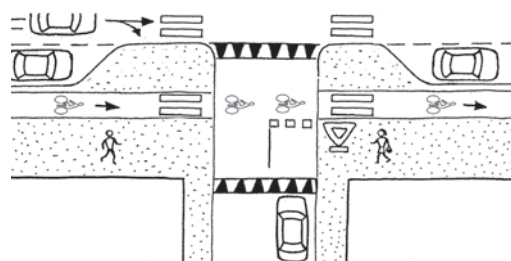
### 7.6.2 Cas d'une piste cyclable

Le Code de la route (art. 415-14) précise que « pour l'application de toutes les règles de priorité, une piste cyclable est considérée comme une voie de la chaussée principale qu'elle longe, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police ».

Ainsi, l'intégration dans un carrefour d'une piste cyclable située sur une voie ayant la priorité peut être réalisée de différentes manières.

#### > Surélévation maintenue en carrefour

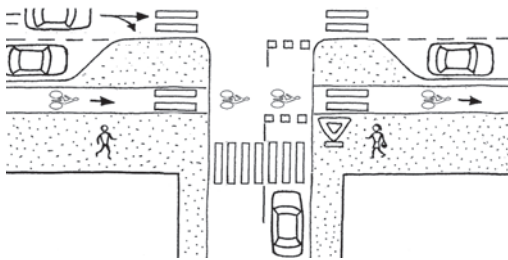
La solution, qui présente le maximum de sécurité pour la traversée de rues secondaires en carrefour, est le maintien de la piste à son niveau, surélevée par rapport à la chaussée. Il est intéressant, dans ce cas, de maintenir également le niveau surélevé du trottoir piéton en différenciant le trottoir de la chaussée. L'automobiliste franchit un plateau surélevé comprenant la piste et le trottoir, ce qui l'oblige à ralentir et à rester vigilant. Cette solution est très bien adaptée aux rues secondaires supportant un trafic faible ou moyen ainsi qu'aux pistes bidirectionnelles.



42 C'est normalement le cas dans toutes les voiries qui ne sont pas traitées en zone 30 ou zone de rencontre.

### > Sans surélévation en carrefour

Cette configuration est plus adaptée aux voies d'importance équivalente et aux pistes unidirectionnelles. Elle est moins favorable au respect de la priorité du cycliste par les automobilistes qui tournent à droite.



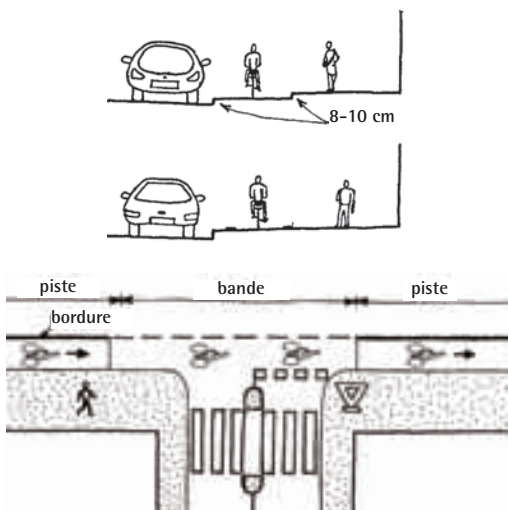
### > Transformation en bande à l'approche du carrefour

La transformation d'une piste en bande n'est pas possible pour les pistes bidirectionnelles. Pour les pistes unidirectionnelles, elle est plus en défaveur des cyclistes que le maintien en surélévation, mais elle s'applique à des rues à plus fort trafic.

Cependant, elle présente l'avantage d'être sans ambiguïté pour le régime de priorité des cyclistes et permet aux cyclistes de se positionner plus facilement sur la chaussée s'ils souhaitent tourner à gauche, et d'être mieux perçus par les conducteurs sur la chaussée.

Elle peut s'avérer pénalisante en cas de carrefours rapprochés sur l'itinéraire.

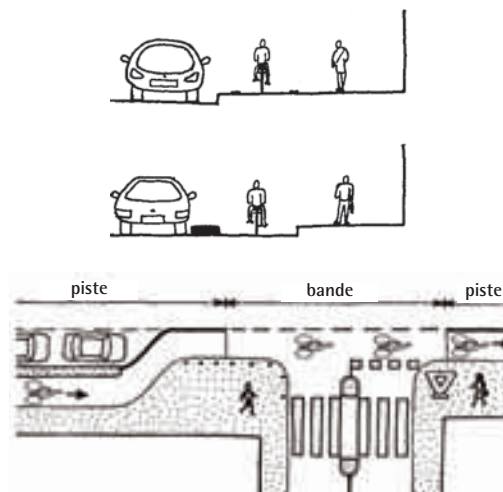
■ **Absence de stationnement** (piste à niveau du trottoir ou piste contiguë à hauteur intermédiaire entre chaussée et trottoir)



Dans ce cas, les automobilistes perçoivent suffisamment la présence des cyclistes à leur droite et la transformation en bande, quelques mètres avant le carrefour, suffit. Un simple abaissement de la bordure dans la chaussée convient.

■ **Présence de stationnement** (piste au niveau du trottoir ou piste éloignée de la chaussée)

Il convient d'anticiper sur une vingtaine de mètres en amont la mise en contiguïté de la piste avec la chaussée en interrompant le stationnement.



## 7.7 Présence d'un site propre de transports collectifs

En présence d'un site propre de transports collectifs (TC) indépendant de la chaussée, le conflit le plus dangereux est celui opposant un usager en mouvement tournant à un véhicule de TC arrivant dans son dos. Il est donc fortement conseillé d'éviter cette possibilité dans le carrefour sans feux en présence d'un TC à haut niveau de service (tramway ou BHNS<sup>43</sup>).

Cela conduit à interdire physiquement les mouvements tournants en cause, en prenant soin de tenir compte de leur report dans le traitement de carrefours voisins – une simple interdiction réglementaire par signalisation ayant une efficacité très relative. Lorsque cela n'est pas possible, une gestion du carrefour par feux est préférable.

Dans le cas d'un simple couloir bus, éventuellement partagé avec les vélos et les taxis, les véhicules tournant à droite dans un carrefour doivent laisser la

priorité aux usagers de ce couloir, mais cette règle n'est pas toujours respectée. On peut envisager, si les trafics en cause sont faibles, d'interrompre le couloir bus en amont du carrefour pour créer une voie « banalisée » pour les tourne-à-droite et les bus. Dans le cas contraire, une gestion par feux est préférable.

Dans le cas du tramway, il est nécessaire d'implanter un panneau C20c aux entrées de la plate-forme.



C20



*La plate-forme de tramway n'est pas accessible aux véhicules venant de cette voie secondaire à très faible trafic (photo : Certu).*

# Les carrefours à feux 8

Ce chapitre rappelle les principes généraux de conception d'un carrefour sur lequel est installée une signalisation lumineuse tricolore.

Il n'a pas pour ambition de traiter intégralement de tous les aspects techniques conduisant à la définition complète d'un carrefour à feux. Pour la conception de diagrammes, plans de feux ou pour les règles d'implantation de matériel de visualisation, on se reportera au guide carrefours à feux du Certu.

Les termes techniques utilisés pour la conception d'un carrefour à feux et son fonctionnement font l'objet de la norme P99-0000 « Régulation du trafic routier – Feux de circulation – Terminologie » de décembre 1991. L'annexe rassemble les principales définitions.

## 8.1 Généralités

Les feux permettent de séparer dans le temps les mouvements les plus conflictuels traversant une intersection. La présence de feux crée des créneaux dans le trafic qui permettent aux usagers de franchir l'intersection. On constate d'ailleurs en ville, sur des axes structurants, que de nombreux carrefours à feux sont justifiés par les piétons, car les créneaux nécessaires aux piétons pour traverser sont plus longs que ceux nécessaires aux automobilistes.

Les carrefours à feux sont principalement situés dans les zones denses à fort trafic où les enjeux de régulation sont forts : les feux offrent des capacités de régulation notables. Ils permettent également de favoriser certains usagers ou véhicules, comme les véhicules de transport en commun, grâce à la priorité dynamique que peut leur conférer la signalisation lumineuse.

Cette gestion des conflits dans le temps impose que la taille de la zone des conflits soit la plus réduite possible pour des questions de sécurité et de capacité (la réduction de l'espace interne au carrefour et

des longueurs des traversées piétonnes réduisent les temps de dégagement et optimise ainsi le fonctionnement du carrefour).

C'est pourquoi la transformation d'un carrefour existant (sans feux) en carrefour à feux ne se limite pas au simple équipement de signalisation lumineuse ; dans la plupart des cas, cet équipement s'accompagne d'une reprise de la géométrie du carrefour, voire des sections courantes environnantes.

Même avec la signalisation lumineuse la plus sophistiquée, un carrefour à feux ne peut avoir un bon fonctionnement sans un aménagement géométrique cohérent avec ce mode de gestion.

Il n'existe que deux limites à cette réduction :

- la giration des véhicules les plus contraignants, qui se fait dans des conditions satisfaisantes mais sans marge de manœuvre particulière ;
- le stockage des tourne-à-gauche à l'intérieur du carrefour, si cela s'avère nécessaire.

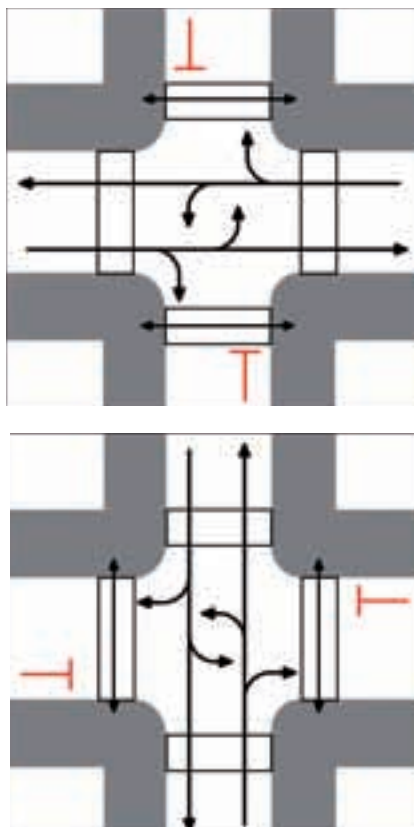
Cette réduction de espaces internes est aussi favorable aux cyclistes, qui peuvent dégager rapidement les zones de conflits. Les phases spécifiques aux cyclistes sont déconseillées car peu respectées et allongeant le cycle de feux. En général, la prise en compte des cyclistes se traduit par des aménagements particuliers (sas vélos, bandes cyclables...).

## 8.2 Découpage en phases d'un carrefour (plan de feux)

Concevoir un carrefour à feux nécessite de définir quels sont les mouvements de véhicules ou de piétons qui peuvent passer en même temps et quels sont ceux qui ne peuvent pas passer en même temps. Ensuite, il faut également définir la part du temps qu'on accordera à chaque flux. Cette particularité des carrefours à feux par rapport à d'autres carrefours est source de principes qui sont parfois non intuitifs pour le néophyte.



L'étape qui consiste à regrouper certains mouvements d'usagers et à en séparer d'autres dans le temps est couramment appelée le **phasage du carrefour**. Ainsi, sur l'exemple suivant, on dira que le phasage du carrefour est à deux phases : dans la première phase, les mouvements véhicules de la rue principale sont admis en même temps que les flux piétons traversant la rue secondaire et, dans la deuxième phase, les mouvements véhicules de la rue secondaire sont admis en même temps que les piétons traversant la rue principale.



Fonctionnement à deux phases d'un carrefour simple en croix

### 8.2.1 Principes élémentaires

L'optimisation de ce découpage repose sur quatre grands principes :

- respect de la réglementation de la signalisation routière ;
- fonctionnement le plus simple possible ;
- minimisation du nombre de phases de circulation ;
- durée du cycle la plus courte possible.

**La géométrie du carrefour est un élément qui permet d'optimiser le phasage.**

#### > Respect de la réglementation

La conception et le fonctionnement d'un carrefour à feux doivent impérativement respecter la réglementation en vigueur lors la réalisation de celui-ci. Cette réglementation est développée dans l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (Livre I – première partie : généralités et sixième partie – feux de circulation permanents). Elle précise notamment les condition d'emploi de différents types de signaux et fixe les durées minimales de vert, durée de jaune et durée maximale de rouge.

L'article 110 de l'ISR impose qu'un usager ne doit jamais attendre plus de cent vingt secondes en fonctionnement normal.

#### > Recherche d'un fonctionnement le plus simple possible

Le fonctionnement le plus simple est le mieux perçu par les usagers (compréhension et acceptation) ; il convient donc de s'y référer systématiquement. Plus on s'en éloignera, moins l'aménagement sera bien perçu, et plus la sécurité risquera d'en être altérée.

Les facteurs suivants rendent plus complexe le fonctionnement d'un carrefour à feux :

- trop grand nombre d'entrées (au-delà de quatre entrées, un fonctionnement à deux phases est généralement exclu) ;
- situation critique des tourne-à-gauche (voir chapitre spécifique).

La prise en compte de certaines catégories de véhicules sera cohérente et homogène sur l'ensemble d'un axe :

- TC sur site réservé (site propre, couloir d'approche), avec démarrage anticipé ou prise en compte prioritaire ;
- vélos sur piste, bande cyclable avec sas.

Pour des carrefours complexes (nombre élevé d'entrées, problèmes aigus de tourne-à-gauche sur plusieurs entrées) le projeteur doit en préalable envisager de simplifier le carrefour, en :

- recherchant la mise en sens unique sortant sur certaines branches (en veillant à ne pas pénaliser les cyclistes et à traiter la mise en place d'un double sens cyclable) ;

- interdisant certains mouvements, notamment de tourne-à-gauche ; il faut alors en mesurer les conséquences, et notamment le report éventuel de ces mouvements sur les carrefours voisins ;
- décomposant le carrefour en deux ou plusieurs carrefours élémentaires ; il est souvent plus aisé de traiter deux petits carrefours simples qu'un seul carrefour complexe.

### > Minimisation du nombre de phases

À chaque phase de trafic, du temps est neutralisé pour :

- la durée du jaune (3 s) ;
- le dégagement des zones de conflits par les véhicules (environ 1 s pour un carrefour d'une étendue moyenne de 10 mètres).

Nous le qualifierons de **temps perdu**, sous-entendu temps perdu pour la circulation automobile.

Si le carrefour est vaste, il convient de prendre en compte le dégagement du cycliste sur la base d'une vitesse d'environ 5 m/s.

Durant cette période, on considère que tous les flux de véhicules sont interrompus, ce qui correspond à du temps perdu pour l'écoulement du trafic.

Dans un carrefour à deux phases, un feu sur deux est au vert (en dehors des temps de jaune et des temps de rouge de dégagement) ; en moyenne, une voie débite pendant 50 % du cycle, hors temps perdu. Pour un carrefour à trois phases, cette proportion passe à 33 % et à 25 % pour un quatre phases.

Le tableau ci-dessous donne un exemple du trafic moyen admissible par voie en fonction du nombre de phases, la durée de cycle étant fixée à 90 s, les temps perdus à 4 s entre chaque phase et la capacité maximale de chaque voie à 1 800 uvp/h.

**Le fonctionnement à deux phases devrait être la règle.** Un cycle à trois phases ne devrait être envisagé que lorsque l'importance des mouvements en conflit l'impose impérativement. Un fonctionnement à quatre phases ou plus devrait, sauf exception, être banni.

2 phases	3 phases	4 phases
820 véh/h par voie (*)	520 véh/h par voie (*)	370 véh/h par voie (*)

(\*) Il s'agit du trafic moyen admissible par voie ; il est bien évident que la répartition des durées de vert entre les différentes phases pourra donner des trafics supérieurs pour certaines voies et inférieurs pour d'autres.

Des exemples de décomposition en phases sont présentés en annexe pour les types de carrefours les plus souvent rencontrés en milieu urbain, à trois et quatre branches. Les schémas donnent des exemples de décomposition possible en phases, avec leurs avantages et inconvénients respectifs.

### > Durée de cycle le plus court possible

La durée de cycle a une influence sur l'offre de capacité du carrefour. L'offre de capacité ainsi que le besoin de stockage croît légèrement avec l'augmentation de la durée du cycle. En revanche, le nombre de véhicules qui tournent à gauche à chaque cycle augmente également, ce qui, nous le verrons plus loin, est une contrainte à bien prendre en compte.

Pour un carrefour à 2 phases, on constate qu'avec un cycle court :

- les temps d'attentes sont réduits pour tous les usagers ;
- la vitesse des véhicules (pour ceux qui passent en fin de cycle) est plus faible ;
- les automobilistes sont plus réactifs, ce qui améliore la capacité d'une voie.

On cherchera toujours à fonctionner avec le cycle le plus court possible : une valeur comprise entre **50 s et 70 s** pour un carrefour à deux phases est conseillée.

## 8.2.2 Analyse des tourne-à-gauche

Les mouvements de tourne-à-gauche conditionnent souvent le mode de fonctionnement du carrefour. Ils occasionnent une gêne pour les autres mouvements et peuvent dégrader voire bloquer l'écoulement du trafic. Leur analyse est donc fondamentale.

Cette analyse ne peut être réalisée que si on connaît de façon précise et exhaustive l'ensemble des débits directionnels du carrefour. Il est totalement illusoire d'entreprendre l'étude de conception d'un carrefour à feux sans disposer de comptages directionnels ou de prévisions de trafic fiables au moins aux heures de pointe. Ajoutons que des objectifs particuliers peuvent être assignés au projeteur, aussi bien aux heures de pointe qu'aux heures creuses.

## > Comment écouler les tourne-à-gauche

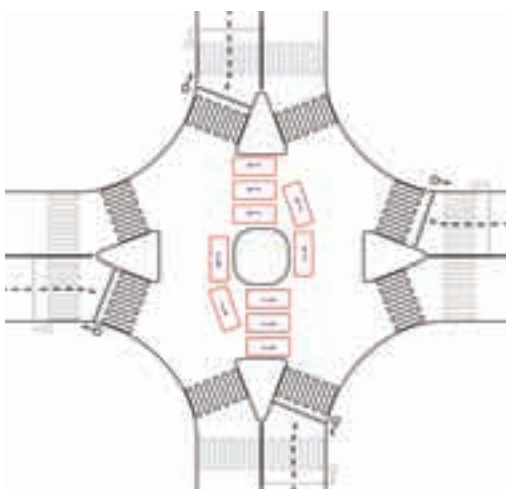
Trois possibilités existent pour écouler les mouvements de tourne-à-gauche :

- en utilisant les créneaux du trafic antagoniste prioritaire ou durant le rouge de dégagement
- en utilisant un temps spécialement prévu à cet effet : on dit alors que le tourne-à-gauche est en situation critique ; il aura alors, dans ce cas seulement, une influence sur le fonctionnement du carrefour ;
- en adaptant la géométrie du carrefour pour organiser le stockage et l'écoulement des véhicules.

### ■ Le stockage interne au carrefour est suffisant

Avant de déterminer quelle solution retenir, il convient d'analyser les possibilités offertes dans le carrefour pour le stockage des tourne-à-gauche. Selon ces possibilités, on calcule le trafic que cela représente (trafic = nombre de véhicules stockés x nombre de cycles par heure).

Stocker 2 à 3 véhicules ne présente en général pas trop de difficulté dans la plupart des carrefours. Ces deux ou trois véhicules pourront facilement s'écouler pendant le rouge de dégagement. On pourra donc considérer dans une première approche que si chaque mouvement de tourne-à-gauche est inférieur à 150 uvp/h, les tourne-à-gauche sont compatibles avec les mouvements adverses et leur stockage ne pose pas de difficulté.



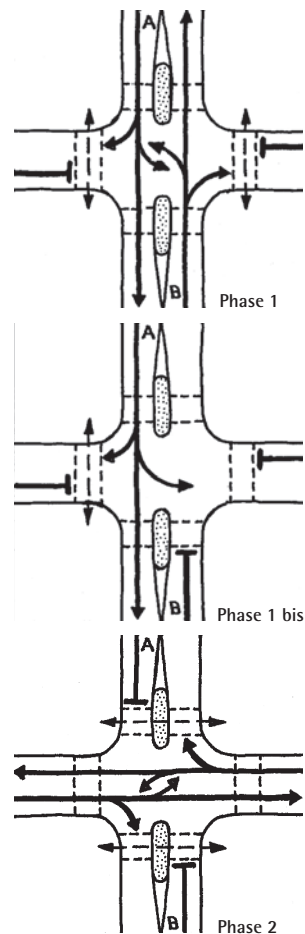
Dans un grand carrefour, on peut sans difficulté stocker 3 à 5 véhicules (environ 240 véh/h pour un cycle de 60 s)

Au-delà d'un trafic de tourne-à-gauche de 150 uvp/h avec des trafics directs antagonistes au moins deux fois supérieurs aux trafics tourne-à-gauche, une étude plus fine est nécessaire :

- entre 150 et 250 uvp/h, un léger décalage à la fermeture peut s'avérer suffisant ;
- au-delà de 250 uvp/h, les tourne-à-gauche sont en situation critique et un traitement spécifique est à envisager comme indiqué ci-après.

### ■ Le stockage interne au carrefour est insuffisant sur une entrée

On s'oriente vers un décalage à la fermeture : pour écouler le tourne-à-gauche critique de l'entrée A, on anticipe la fermeture de l'entrée B. Une attention particulière doit être apportée à la sécurité des piétons : refuge central supportant un R12 (figurine piéton) par exemple.



Il n'y a pas de création de phase supplémentaire, car il n'y a pas de temps perdu entre les situations 1 et 1 bis. Ce type de fonctionnement est parti-

culièrement bien adapté aux carrefours présentant des déséquilibres de trafic importants entre A et B (trafic plus important sur l'entrée A que sur l'entrée B). Il est également bien adapté sur des carrefours en T, ou lorsque la voie transversale est à sens unique.

Un fonctionnement inverse qui consisterait à ouvrir prématurément A avant B, c'est-à-dire un décalage à l'ouverture permettant le passage des tourne-à-gauche avant le mouvement adverse est formellement interdit par la réglementation, car dangereux.

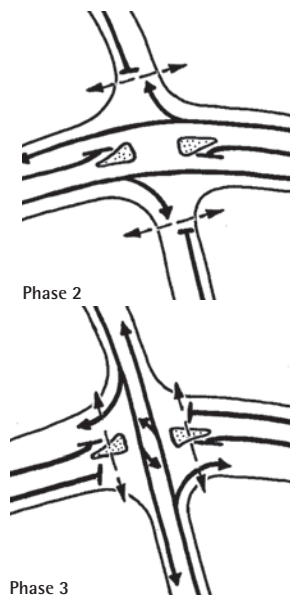
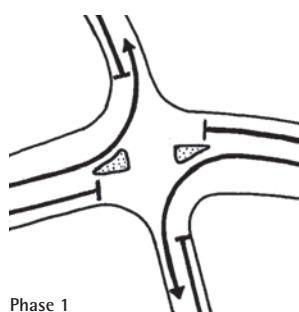
■ Le stockage interne au carrefour est insuffisant sur deux entrées opposées

Dans ce cas, le projecteur cherche, dans un premier temps, à stocker les véhicules dans le carrefour pour conserver le principe d'un fonctionnement à 2 phases :

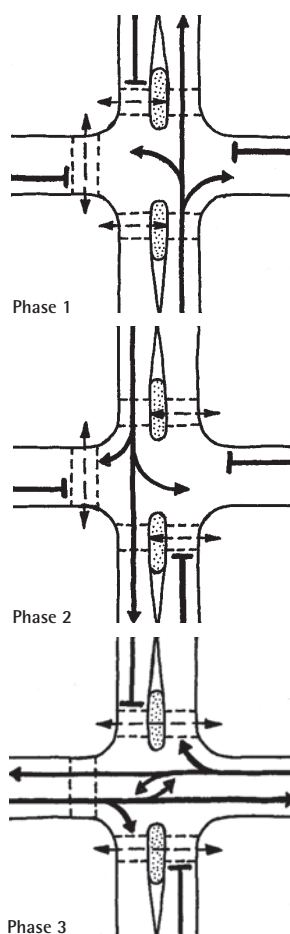
- soit en élargissant l'espace interne du carrefour ;
- soit, lorsque cet espace devient trop grand, à organiser le stockage en séparant les flux par l'implantation d'un îlot central (exemple du carrefour à feux avec îlot central décrit au paragraphe 8.9).

S'il est impossible de stocker à l'intérieur du carrefours les deux tournes-à-gauche adverses critiques, on est alors contraint de mettre en place un fonctionnement avec une phase supplémentaire, en adoptant suivant l'espace disponible :

a) Soit la mise en place d'une **phase spécifique** pour les tourne-à-gauche. Ce fonctionnement implique un croisement des véhicules « à l'indonésienne ». Le tourne-à-gauche à l'indonésienne est dangereux sans phase spécifique et surtout dans le cas d'une 2 x 2 voies.



b) Soit la solution dite accès par accès. Cette dernière solution est souvent préjudiciable à la capacité du carrefour, mais plus encore à la sécurité des piétons. Elle ne sera retenue qu'en dernier recours et devra être impérativement accompagnée d'un aménagement des traversées piétonnes en deux temps, avec refuge central pour les piétons.



### 8.3 Capacité

La capacité des carrefours à feux, contrairement à celle des carrefours plans sans feux et à celle des giratoires, n'est limitée que par le nombre de voies. Son augmentation est parfois contraire à la sécurité recherchée et de toute façon difficile en milieu urbain où les emprises disponibles sont limitées. Pour les raisons vues précédemment, les mouvements de tourne-à-gauche viennent limiter les performances en capacité des carrefours :

- soit les tourne-à-gauche s'écoulent entre les différentes phases, ce qui implique des cycles courts, donc une capacité globale réduite ;
- soit ils s'écoulent en phase spéciale et le rendement du carrefour est également diminué.

Les modalités de calcul de capacité des carrefours à feux figure en annexe.

### 8.4 Géométrie

Le principe essentiel dans un carrefour à feux est de réduire l'espace roulant. Cette réduction impose cependant un certain nombre de règles qu'il convient de respecter et qui concernent :

- les possibilités de giration des véhicules les plus contraignants (voir chapitre 6) ;
- la largeur et l'affectation des voies d'entrée ;
- les possibilités de rabattement en sortie de carrefour ;
- l'organisation physique des tourne-à-gauche ;
- la possibilité d'implanter les îlots et refuges piétons indispensables ;
- la prise en compte des cycles.

#### 8.4.1 Aménagement des voies en carrefour

##### > Largeur et nombre de voies

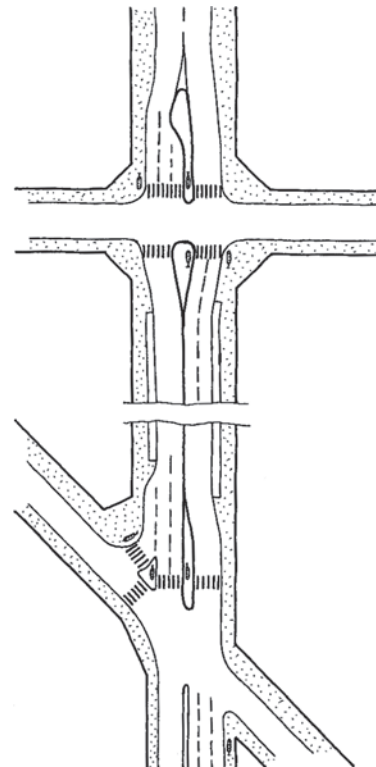
Les véhicules ne sont admis, à chaque entrée du carrefour, que pendant une fraction réduite du temps, généralement moins de la moitié de celui-ci.

De ce fait, pour assurer un écoulement homogène du trafic sur un axe, des voies supplémentaires de stockage sont créées aux entrées des carrefours, sur des longueurs de l'ordre de 50 m. Leur nombre et

leur longueur sont à optimiser, en fonction des volumes de trafic escomptés et des objectifs assignés.

Un axe régulé par feux est donc fréquemment constitué d'une succession de « ventres » et « étranglements » peu cohérents avec l'alignement du bâti, mais aussi avec l'éclairage public et d'éventuelles plantations.

Ce profil en travers variable conduit l'aménageur à réaffecter l'espace disponible en approche de carrefour ou en section courante. On peut, par exemple, supprimer le stationnement ou un éventuel terre-plein central.



D'une manière générale, la largeur des voies est la même aux intersections qu'en section courante. Il est cependant possible de réduire leur largeur lorsque l'emprise est suffisante pour insérer un aménagement complémentaire au droit de l'intersection : îlot refuge, voies spécifiques, bande cyclable... La largeur des voies est précisée au paragraphe 6.4.1.

##### > Les affectations de voies

Les affectations de voies en entrée de carrefour ne doivent pas être systématiques ; de nombreux carrefours fonctionnent bien sans elles. Les proportions des différents mouvements peuvent varier fortement au cours de la journée. Il n'est pas toujours indispen-

sable de dimensionner un carrefour par rapport aux heures de pointe, souvent concentrées sur de courtes périodes, notamment quand le fonctionnement d'un carrefour est de faible incidence sur l'ensemble de la circulation du quartier.

L'affectation devient par contre **indispensable** chaque fois qu'une entrée se divise en courants s'écoulant dans des **phases** de circulation **dissociées** dans le temps. Cette affectation sera, autant que possible, renforcée par la mise en place d'îlots directionnels.

Cette affectation ne peut se réaliser :

- sans connaître le volume et les évolutions des courants directionnels entrants ;
- que si l'analyse des courants conduit à une affectation unique.

Outre ces conditions, il est indispensable, pour que l'affectation soit bien perçue des usagers :

- d'appliquer la réglementation ;
- que le marquage au sol soit lisible en toutes circonstances ;
- que l'affectation soit facile et logique ;
- d'exclure, sauf cas particuliers, tous marquages ambigus (marquages trifides<sup>44</sup>...).

Lorsqu'une entrée nécessite une affectation de voies, il est parfois judicieux d'affecter également les voies des autres entrées.

Il est rare que la proportion de tourne-à-droite justifie d'affecter une voie à ceux-ci ; ces courants sont le plus souvent associés aux mouvements directs, avec une affectation mixte et un marquage bifide.

Toutefois, si un feu d'anticipation permettant le tourne-à-droite est mis en place, la voie de droite doit être exclusivement réservée à cet effet.

### > Rabattement

En général, le nombre de voies directes ou en filante est constant le long d'un axe ou d'un itinéraire ; ce

sont principalement des voies de tourne-à-gauche (éventuellement de tourne-à-droite) qui sont créées à l'entrée et disparaissent dans le carrefour : les voies directes sont alignées en évitant les zones de stockage des mouvements tournants.

Dans certains cas, le carrefour nécessite une **voie directe supplémentaire à l'entrée**. Cette voie directe disparaît généralement assez vite à la sortie (rabattement de 3 voies sur 2 ou de 2 voies sur 1).

Pour éviter un phénomène d'engorgement, ou « phénomène d'entonnoir », le rabattement (perte d'une voie) doit être suffisamment progressif. En zone urbaine, la perte d'une voie s'effectue ainsi sur une longueur d'environ 60 m entre la ligne de feux et la fin du rabattement. En périurbain, l'incidence est augmentée. Le biseau doit respecter la règle empirique du 1/10 (perte d'un mètre tous les 10 mètres).

Le marquage et l'affectation des voies sont utiles à l'entrée du carrefour. Par contre, il est en général préférable de n'avoir aucun marquage en sortie.

### 8.4.2 Tourne-à-gauche

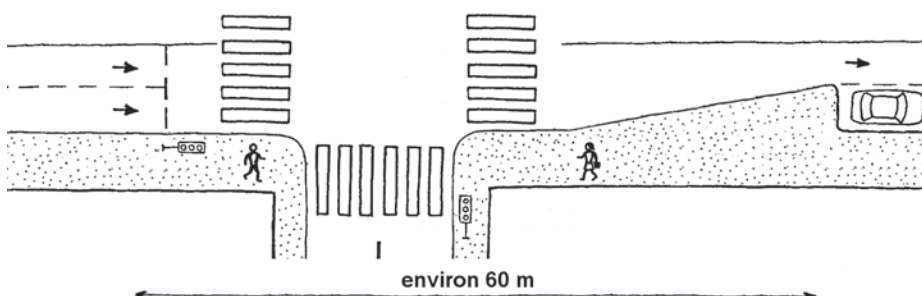
Cette organisation dépend de la manière dont s'effectuent ces mouvements (voir paragraphe 8.2.2).

#### > Tourne-à-gauche s'écoulant dans les créneaux du trafic adverse ou dans le rouge de dégagement

Ce fonctionnement ne conduit pas à des aménagements spécifiques. Tout dispositif incitant les usagers à se croiser « à l'indonésienne » est à éviter car nuisible à la visibilité du trafic adverse et donc dangereux.

#### > Tourne-à-gauche s'écoulant en décalage à la fermeture

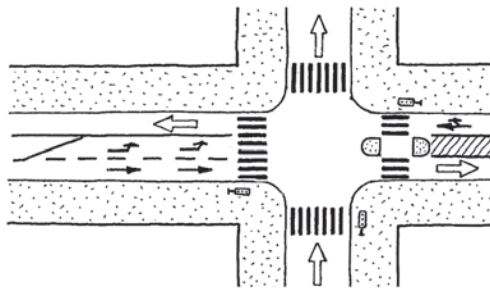
Une voie spéciale, affectée aux seuls tourne-à-gauche bénéficiant du décalage, est indispensable.



*En zone urbaine, la perte d'une voie s'effectue sur une longueur d'environ 60 m entre la ligne de feux et la fin du rabattement*

Les premiers véhicules se stockent à l'intérieur du carrefour, la file d'attente remonte dans la voie spéciale. Il est préférable que cette voie soit une voie supplémentaire créée à l'approche du carrefour et précédée d'un marquage ou d'un îlot évitant son utilisation par les véhicules du courant direct.

L'espace, dans l'alignement de la file d'attente du tourne-à-gauche, en sortie de carrefour, se trouve de fait inutilisable pour le mouvement direct. Il y a tout intérêt à le condamner physiquement par un marquage ou un îlot. On améliore ainsi le positionnement et la protection des véhicules en attente, ainsi que la sécurité de la traversée piétonne.

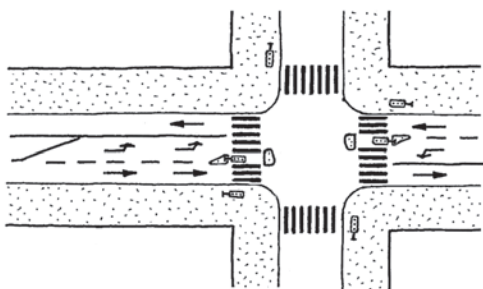


### > Tourne-à-gauche s'écoulant en phase spéciale

Les deux tourne-à-gauche adverses, admis simultanément en phase spéciale, sont organisés pour se croiser à l'indonésienne.

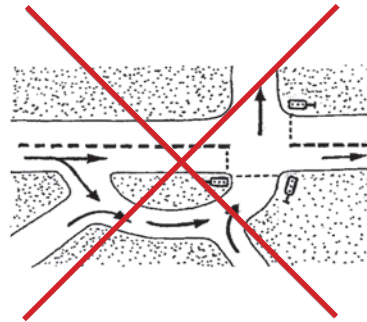
Les courants tourne-à-gauche sont alors stockés sur une voie, ou parfois plus, obligatoirement affectée en totalité en amont de la ligne de feux, donc plus longue à débit égal que dans le cas d'un décalage.

Cette voie spécialisée est, a priori, une voie supplémentaire créée à l'entrée du carrefour. Elle n'est pas nécessairement bordée sur sa gauche par un terre-plein, une ligne continue pouvant suffire pour la matérialiser. Sur sa droite, un îlot permet alors l'implantation du support de feux associé.



### > Proscrire les tourne-à-gauche s'écoulant par une voie de droite

Ce type de fonctionnement était répandu sur les rocadés urbains et les grands boulevards péri-urbains. Cependant, l'accidentologie montre que l'interdiction de tourner à gauche au centre du carrefour n'est pas toujours respectée, car peu crédible, et conduit à des accidents particulièrement graves. On assiste de plus en plus à leur suppression et à la mise place de carrefours de type giratoire, ou de carrefours à feux à îlot central.



### > Longueur des voies spécialisées

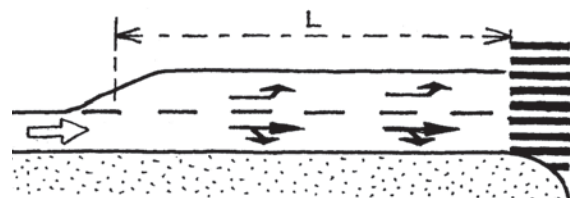
Les voies de tourne-à-gauche, ou éventuellement de tourne-à-droite, doivent avoir une longueur  $L$  suffisante pour permettre leur utilisation rationnelle, lorsque ces mouvements s'écoulent sur des phases spéciales.

$L$  est déterminée à partir du nombre  $g$  de véhicules par voie qui se présentent à chaque cycle sur le courant directionnel correspondant.

Ce nombre  $g$  est obtenu en divisant le débit (en uvp/h) de l'heure la plus chargée (pour le mouvement considéré) par le nombre de cycles par heure et, éventuellement, par le nombre de voies qui sont affectées à ce mouvement.

En considérant qu'un véhicule occupe en moyenne une longueur de 5 mètres, la longueur maximale de la file d'attente est donnée par la formule suivante :

$$L = 5 \times d \times r \quad (d \text{ demande en uvp/s et } r \text{ durée du rouge}).$$



## 8.5 Signalisation

L'objet de cette partie n'est pas de détailler la conception de la signalisation mais d'aborder les principes d'une signalisation adaptée au carrefour à feux. Pour plus de précision dans le détail de réalisation, le lecteur se reportera aux textes et normes en vigueur, et en particulier l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR).

### 8.5.1 Signalisation lumineuse

■ **Le signal R11** : ce signal s'adresse à tous les véhicules. Le rouge du signal R11 peut être répété sur l'arrière du signal sous la forme d'une croix grecque, qui a pour but de faciliter l'écoulement des mouvements de tourne-à-gauche adverses.



Le jaune clignotant général est réservé à un fonctionnement dégradé qui résulte d'une période transitoire pendant la mise en fonctionnement d'une installation, d'un passage en sécurité après détection d'un défaut de fonctionnement grave, d'un mode d'exploitation à certaines heures où la demande et la sécurité ne justifient plus un fonctionnement normal.

■ **Les signaux pour piétons R12** : les traversées pour piétons dans les carrefours à feux doivent



Figurine piéton (R12)

généralement être équipées de figurines piétons. La réglementation (décrets n° 2006-1657 et 2006-1658 et **arrêté du 15 janvier 2007** relatifs à l'accessibilité de la voirie et de l'espace public) impose de mettre des **dispositifs sonores ou tactiles** en complément des répétiteurs de feux piétons pour les personnes aveugles et malvoyantes. Une mise aux normes est nécessaire à l'occasion de travaux de rénovation de voirie.

■ **Les signaux directionnels R14** : ces signaux ne s'adressent qu'aux conducteurs concernés par la direction figurée sur les feux du signal. La question de l'utilisation de ces signaux ne se pose que sur les carrefours avec au moins trois phases et comportant une phase dite spéciale : cela en réduit fortement l'emploi, puisqu'un tel fonctionnement doit être évité. De plus, même dans le cas d'un fonctionnement à trois phases, il est vivement recommandé d'utiliser des signaux R11 qui resteront nettement plus visibles pour les usagers et plus simples à comprendre. Cela nécessite des adaptations de la géométrie du carrefour. L'expérience montre que l'on peut dans bien des cas supprimer ces signaux directionnels et mettre en place une signalisation plus visible à base de signaux R11.



Signaux directionnels (R14)

■ **Les signaux modaux tricolores** : ils sont utilisés pour séparer dans le temps l'admission des bus, ou des vélos. Là encore, comme pour les signaux fléchés, leur usage est indissociablement lié au fait que le passage des véhicules concernés est régi par une phase spéciale ou lorsqu'il y a une ambiguïté de lecture.

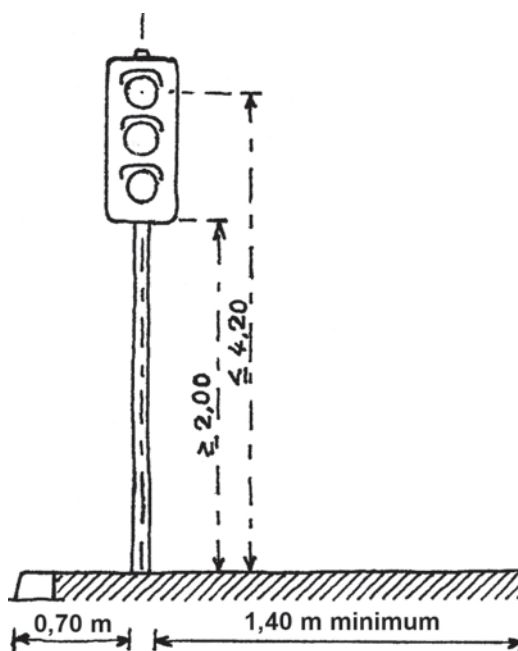


### 8.5.2 Implantation de la signalisation

Les signaux sont implantés pour être vus par les usagers auxquels ils sont destinés et ne doivent pas être vus par d'autres. Ils ne sont disposés à l'aval des zones de conflits qu'ils suppriment. L'IISR précise que la hauteur minimum des feux doit être de 2 m en présence de piétons, l'axe du feu rouge se trouvant à moins de 4,20 m de hauteur.

#### > Implantation sur trottoirs

Les signaux tricolores implantés sur trottoir doivent permettre l'accessibilité des piétons en respectant un cheminement libre de tout obstacle d'1,40 m minimum.

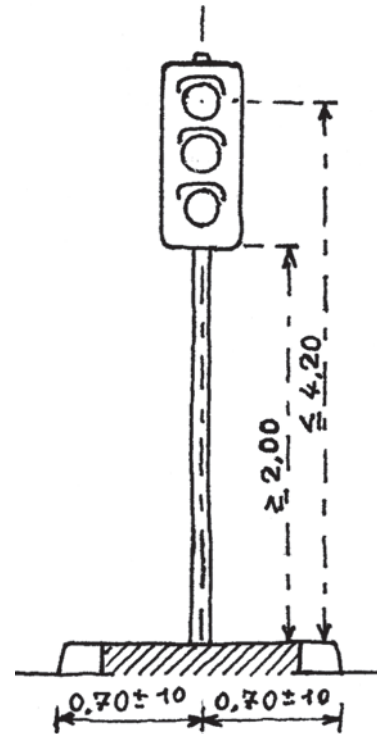


#### > Implantation sur îlots

Les signaux tricolores peuvent être implantés sur des îlots. Cela requiert une **largeur minimale d'1,40 m** (voir schéma ci-dessous), et de **préférence d'1,70 m**.

De plus, ils contribuent à la lisibilité du carrefour et au guidage des usagers. Ils accompagnent le phasage : les courants s'écoulant au cours de phases différentes sont séparés par les îlots. Certains peuvent interdire physiquement certains mouvements. Les îlots ne doivent pas être trop nombreux et leur taille doit être suffisante pour qu'ils soient correctement perçus. Une surface minimale de 5 m<sup>2</sup> est recommandée.

Ils facilitent aussi les traversées en deux temps des piétons (voir paragraphe 6.6.1).



Îlot supportant un feu tricolore (en présence de piétons, le bas du feu doit être à 2 m de hauteur au minimum)

### 8.5.3 Signalisation verticale

#### > Signalisation de danger

L'annonce d'un carrefour à feux par un panneau A17 n'est utile que là où la présence de feux peut surprendre, par exemple pour le premier carrefour rencontré en entrant dans l'agglomération (art. 40-3 de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière livre I, deuxième partie).



A17

#### > Signalisation de priorité adjointe

En cas de panne ou défaillance de la signalisation lumineuse, les feux sont soit éteints soit fonctionnent

au jaune clignotant. La gestion des conflits n'étant plus assurée par la signalisation lumineuse, le passage des usagers est soumis aux règles de priorité en place. On appelle mode dégradé le fonctionnement qui en résulte. Plusieurs modes sont possibles, le choix doit être défini par le concepteur en fonction de la logique d'itinéraire, de la sécurité et de la lisibilité de l'aménagement.

Deux modes dégradés sont possibles :

■ **La priorité à droite :**

En l'absence de tout panneau, le régime de priorité du carrefour (de chaque carrefour élémentaire) est la priorité à droite. Il n'y a pas de nécessité de le confirmer en associant à chaque feu un panneau AB1 (article 110 A, 3<sup>e</sup> paragraphe de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière).

Si la voie est déclarée à caractère prioritaire, on utilisera le panneau AB7 pour qu'elle perde ce caractère prioritaire.



AB7

■ **La priorité à un axe :**

La priorité est donnée à un axe. Elle est signalé :

- sur l'axe prioritaire avec des AB2 (ou AB6) aux entrées ;



AB2



AB6

- et sur l'axe non prioritaire avec des AB3a.



AB3a

### 8.5.4 Marquage au sol

#### > Ligne d'effet des feux

Les passages piétons sont tracés en aval des mâts de feux. Si l'on décide de décaler l'arrêt des véhicules en amont du passage piéton la ligne d'effet des feux sera alors matérialisée ; sinon, c'est le passage piéton qui fait office de ligne d'effet des feux. La ligne d'effet des feux peut être utile pour protéger les piétons des véhicules, notamment des véhicules lourds qui ne voient pas les usagers proches du véhicule (voir angle mort en 4.2.4), pour prendre en compte la giration des véhicules longs ou pour aménager un sas vélos. Un décalage de **3 à 5 m** permet de traiter ces différents cas.

### 8.6 Piétons

L'aménagement d'un carrefour à feux doit offrir aux piétons le maximum de confort et de sécurité sans augmenter de façon excessive les distances à parcourir ou les temps de traversée et d'attente. Le confort et la sécurité des piétons ne sont réellement

assurés que s'il existe une phase de vert spécifique aux piétons, en privilégiant au maximum la traversée directe (traversées en deux temps réservées aux cas spécifiques de régulation et d'infrastructures larges, et en présence de décalage).

Au niveau de la conception des plans de feux, on fournit aux piétons des temps de vert les plus longs possibles, compatibles avec les différents conflits à gérer.

### 8.6.1 Prise en compte des piétons dans les plans de feux

#### > Temps de vert des piétons

Il désigne la durée pendant laquelle le piéton peut s'engager, c'est-à-dire pendant laquelle la figurine piéton est verte. La réglementation fixe un temps de vert piéton minimum de six secondes, mais il est recommandé de le faire le plus long possible et en permettant au piéton engagé à la première seconde de vert de pouvoir achever au vert la traversée de la chaussée.

#### > Temps de dégagement

Il désigne la durée entre le moment où la figurine passe du vert au rouge et le moment où le feu voiture passe au vert sur la voie concernée (ou à la flèche jaune d'anticipation).

Ce temps de dégagement est au minimum égal en secondes à la distance à traverser mesurée en mètres (vitesse 1 m/s). Près des hôpitaux, des écoles maternelles, des maisons de retraite, il est conseillé de se baser sur une vitesse plus faible (0,80 m/s par exemple) : il convient de ne pas exagérer ce temps de dégagement, sinon les piétons sont incités à s'engager même en figurine rouge.

La distance à traverser comprend toute la largeur de la chaussée, même s'il existe un refuge central. Néanmoins, exceptionnellement, sur les grandes artères très larges, en général avec terre-plein central, il est possible de ne prendre en compte que la distance d'une demi-chaussée. Dans ce cas, le signal R12 doit être répété sur le refuge central.

#### > Temps d'attente

On recommande de bâtir les plans de feux en ne dépassant pas 40 secondes de temps d'attente pour les piétons sur la base d'un cycle à 2 phases.

#### > Boutons poussoir

La seule raison qui mérite, en carrefour, l'installation d'un bouton poussoir pour piéton est le fonctionnement par boucle de déclenchement sur la voie secondaire : le feu reste vert tant qu'une voiture ne se présente pas sur l'autre voie. Dans ce cas, il est impératif d'avoir une prise en compte rapide de l'appel (dans les 10 secondes).

#### > Vert piéton sur les quatre branches (ou rouge intégral)

Une « phase de rouge intégral » sur toutes les branches du carrefour permet de favoriser les traversées de piétons si les flux sont très importants. Cette mesure s'inscrit bien dans les politiques de modération du trafic mais ne peut être offerte que sur les carrefours où la fréquentation des piétons est importante. Elle présente l'inconvénient de rallonger les cycles de feux et d'augmenter ainsi le temps d'attente de tous les usagers. Elle sera particulièrement utile dans les carrefours constituant des nœuds de correspondances entre lignes de transports en commun de surface : on sait que, dans ce type de configuration, les piétons ont tendance à traverser au plus court, au mépris des règles, pour atteindre le véhicule TC qu'ils doivent prendre.

### 8.6.2 Îlot refuge

Dès lors qu'un carrefour a un fonctionnement quelque peu inhabituel (décalage à la fermeture, fonctionnement entrée par entrée), le traitement des traversées piétonnes avec îlot refuge central doit être la règle. Il est obligatoire lorsque la traversée piétonne ne peut se faire en un seul temps.

Le refuge central est également conseillé lorsque la longueur de traversée piétonne devient importante (chaussée de plus de 12 m ou 4 voies)

Pour une voie importante, le phasage des feux doit privilégier les traversées des piétons en un seul temps.

Si une traversée doit s'effectuer en deux temps, on s'assurera que l'îlot refuge présente une capacité toujours suffisante pour contenir le nombre de piétons traversant à chaque cycle.

Dans le cas où la traversée n'est pas réalisable en une seule fois, la figurine piéton R12 est obligatoire sur l'îlot, en veillant à sa bonne visibilité par le piéton.

La conception de l'îlot refuge est présenté au paragraphe 6.6.1.

### 8.6.3 Passages piétons

#### > Position des passages piétons

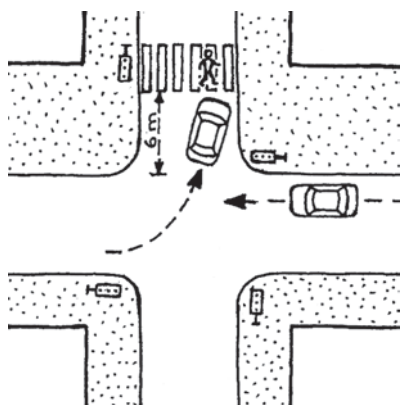
La position du passage piéton est étudiée pour faciliter le « stockage » du véhicule en toute sécurité, lorsque celui-ci laisse traverser les piétons (prioritaires).

Le passage piéton ne doit être ni trop éloigné, ni trop proche du carrefour. Trop éloigné, il contraint le piéton à faire un détour excessif. Trop proche, il ne permet pas à la voiture qui vient de tourner de se stocker avant le passage piéton, ce qui incite au passage en force du véhicule.

Un éloignement de 2 à 5 mètres est recommandé, valeur à adapter en fonction du cheminement naturel des piétons.

L'éloignement des passages piétons répond à deux autres besoins :

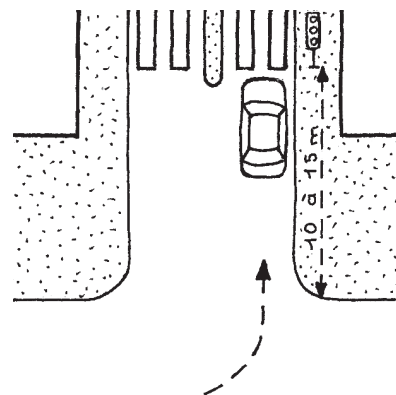
- la giration des véhicules lourds (dans le cas où existe un refuge central) ;
- en présence de répéteurs sonores pour aveugles<sup>45</sup>; risque de confusion des signaux sonores si les passages piétons sont trop proches (éloignement des passages piétons de part et d'autre de l'arrondi de trottoir).



#### > Mesures complémentaires

Un feu tricolore en sortie du carrefour (tourne-à-gauche ou tourne-à-droite) permet dans certaines situations de rétablir les rapports de force véhicu-

les-piétons à condition que ce feu soit adapté au contexte (zone scolaire par exemple). Il doit alors être implanté à une distance favorisant sa perception et le stockage des véhicules en attente (entre 10 et 15 mètres du carrefour).



Lorsque les mouvements de tourne-à-droite dépassent 500 vvp/h, il est difficile de faire traverser en même temps les piétons sur la voie sécante. Une solution consiste à aménager une voie spécifique de tourne-à-droite équipée d'un passage piéton géré par feux et d'un refuge pour une traversée en 2 temps, ou simplement à modifier le passage.

## 8.7 Cyclistes

S'il existe un aménagement cyclable, le gestionnaire du réseau doit assurer sa continuité et faire en sorte que l'automobiliste soit :

- conscient qu'il est sur le point de franchir une bande ou une piste où peut circuler un cycliste ;
- dans la meilleure position pour voir le cycliste devant, sur le côté, et derrière lui.

Il convient de marquer l'espace cyclable des carrefours à feux de façon très lisible avec des pictogrammes et en affectant un espace particulier aux cyclistes pour effectuer leurs changements de direction dans de bonnes conditions de sécurité (files de tourne-à-droite, de présélection, sas).

Les principes généraux d'aménagements des carrefours à feux, favorisant une meilleure sécurité des piétons, sont également profitables aux cyclistes. Il s'agit plus précisément des points suivants :

- réduction de la zone de conflit ;
- réduction des temps de traversée ;
- réduction des rayons de giration.

L'ouvrage du Certu 45  
Répéteurs de feux piétons pour personnes aveugles et malvoyantes présente les principes d'implantation des répéteurs sonores.

### 8.7.1 Mouvements de tourne-à-droite des automobilistes

Les conditions de visibilité des cyclistes par les automobilistes dépendent du type d'aménagement cyclable créé en amont du carrefour :

- bande cyclable : le conducteur de véhicule motorisé doit voir le cycliste avant de tourner (le cycliste est toujours prioritaire) ;
- piste cyclable : supprimer les masques à la visibilité, tel que le stationnement, et mettre en valeur la traversée des cyclistes sur la voie secondaire ou transformer la piste en bande. Sans signalisation spécifique, le cycliste est prioritaire sur les mouvements tournants lorsqu'il va tout droit.

#### > Voie de tourne-à-droite

Dans le cas où la largeur de chaussée le permet et les trafics de tourne-à-droite sont élevés, la création d'une voie exclusive de tourne-à-droite pour les voitures permet de mieux intégrer la circulation des vélos. Il faut alors marquer fortement la zone d'entrecroisement entre la voie de tourne-à-droite et la continuité de la bande cyclable (ou de la piste transformée en bande). Pour cela, on intercale le plus tôt possible la bande cyclable entre la voie de tourne-à-droite et les voies de filante.



(Photo : Cete Normandie-Centre)

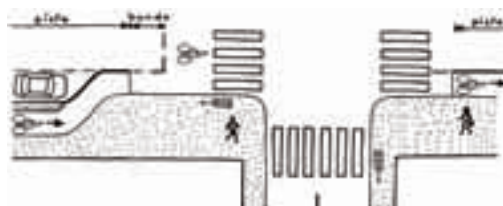
#### > Cas d'une piste cyclable

Il est souhaitable d'interdire et d'empêcher le stationnement latéral sur une vingtaine de mètres

avant le carrefour afin que l'automobiliste voie le cycliste. Deux solutions sont envisageables :

■ **Surélever la chaussée secondaire** au niveau de la piste. Cette disposition est aussi favorable au cheminement des piétons.

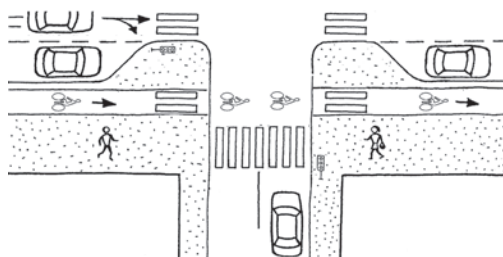
■ **Rapprocher la piste** de la chaussée pour que les automobilistes voient bien les cyclistes dans leur vitre latérale ou leur rétroviseur. Il est parfois souhaitable de transformer la piste en bande sur les vingt derniers mètres.



Transformation de la piste en bande 20 m avant le carrefour

■ **Éloigner la piste** pour que les automobilistes ayant tourné voient bien les cyclistes qui traversent. Ceci nécessite des aménagements spécifiques aux carrefours à feux :

- bonne visualisation de la traversée ;
- refuge sur le passage piéton contigu ;
- rappel du feu tricolore pour l'automobiliste avant la traversée de la piste (à droite et à gauche sur le refuge) ;
- feu tricolore en débouché de piste à destination des cyclistes (même phase que la voie longée) ;
- dans le cas où la voie sécante supporte un trafic faible, il est possible de réaliser un plateau surélevé au niveau de la traversée de la piste cyclable.



Éloignement de la piste

Cette solution d'éloignement de la piste cyclable convient à certaines configurations (zone peu urbanisée ou piste bidirectionnelle en milieu périurbain) mais présente certains dangers en zone très urbani-

sée où les recommandations citées ci-dessus ne sont pas toujours réalisables. On lui préférera donc, dans ce cas, la solution par rapprochement de la piste cyclable ou la surélévation (sauf si l'empêchement de stationner sur les 20 mètres avant le carrefour n'est pas appliqué).

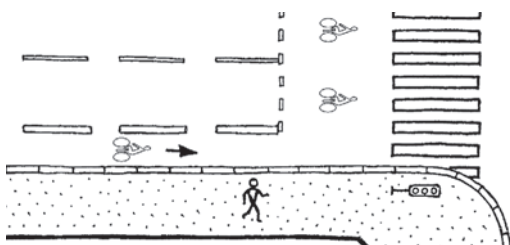
### 8.7.2 Mouvements de tourne-à-gauche des cyclistes

#### > Tourne-à-gauche par sas

Il peut s'appliquer qu'il y ait ou non une bande cyclable en section courante. En cas de piste cyclable, cette dernière devrait être transformée en bande cyclable au moins 20 m avant le début du sas. Le sas n'a de réelle utilité que pendant la phase de rouge. Les cyclistes peuvent alors se positionner pour leur manœuvre de tourne-à-gauche et se placer en amont des véhicules.

Seuls les vélos peuvent pénétrer dans le sas pendant la phase rouge, lorsque les autres véhicules sont arrêtés.

La solution la plus simple pour réaliser un sas consiste à avancer la ligne d'effet des feux de 3 à 5 m. En l'absence de bande cyclable en amont, il est nécessaire de créer une amorce de bande afin que le cycliste se positionne dans le sas.



Sas pour les vélos (photo : Cete de Lyon)

### 8.7.3 Double sens cyclable

En présence d'une voie à sens unique avec un double sens cyclable, la gestion par feux du carrefour conduit à :

- équiper le débouché du double sens cyclable d'un feu sans prévoir de phase spécifique aux cyclistes ;
- rajouter des pictogrammes en traversée pour attirer l'attention des automobilistes de la présence des cyclistes. L'expérience montre que des accidents surviennent lorsque les automobilistes tournent à gauche ;
- transformer le double sens cyclable en piste au niveau du trottoir pour amener le cycliste à traverser en parallèle au passage piéton. Les cyclistes sont alors assujettis au feu piéton.

## 8.8 Transport collectif

Les véhicules de TC de surface (bus et tramways) seront pris en compte dans l'aménagement géométrique du carrefour ou dans le fonctionnement de la signalisation lumineuse. Les principes de prise en compte restent globalement les mêmes, mais les objectifs de niveau de service (fréquence, régularité) peuvent conduire à chercher à les favoriser en leur donnant une priorité plus ou moins forte.

### 8.8.1 Géométrie

La prise en compte des TC dans la géométrie d'un carrefour à feux se fait à deux niveaux :

- comme pour les autres carrefours, la géométrie doit tenir compte des contraintes de giration et trajectoire optimale pour assurer le confort et la sécurité des passagers à l'intérieur du véhicule ;
- la conception au niveau des entrées et des sorties est cohérente avec la gestion prioritaire (ou pas) des TC et le traitement en section courante.

Lorsque le TC n'est pas en site propre, il est préférable, pour le favoriser, de créer une voie spécialisée sur quelques dizaines de mètres à l'amont du carrefour. Son positionnement par rapport aux autres voies de circulation générale doit être pensé en



Ce tronçon de la ligne TEOR est composé d'un site central aménagé selon le principe de « couloir d'approche » de quelques dizaines de mètres en amont des carrefours (photo : Cete Normandie -Centre).

fonction de l'importance des flux directionnels ; il peut être judicieux de laisser le TC au milieu en cas de tourne-à-droite important.

En revanche, il n'est pas forcément nécessaire de prolonger le site réservé en aval du carrefour si la gestion et la répartition des flux permet au véhicule de TC de se placer en tête du flot de véhicules dans la section considérée.

À l'inverse, on peut envisager de mutualiser le site propre, notamment les couloir bus, avec les mouvements tournants pour éviter qu'ils ne soient en conflit dans le carrefour si leur dissociation dans le phasage du plan de feux est difficile à obtenir.

### 8.8.2 Fonctionnement de la signalisation lumineuse

La prise en compte des TC dans la signalisation lumineuse consiste à rendre prioritaire, de préférence momentanément, le passage des véhicules de TC (ou uniquement de certains d'entre eux) dans la traversée du carrefour, de façon à réduire, voire à supprimer leur attente aux feux.

Les objectifs fixés pourront être plus ou moins ambitieux ; on peut définir plusieurs niveaux de priorité aux transports collectifs :

- **aucun arrêt aux feux** (mais passage à vitesse réduite) ; on parle alors, par abus de langage, de « priorité absolue », qui ne se justifie que pour des axes lourds de TC, avec véhicules de forte capacité et des objectifs de régularité et de vitesse commerciale élevées ;
- **arrêts aux feux réduits en nombre et en durée** ; on parle alors de « priorité relative », pouvant être obtenue plus facilement ;
- **simple redémarrage en « tête de peloton »**, en début de vert. Ceci est particulièrement intéressant pour la circulation en site banal.

Avant d'envisager de telles prises en compte dans des carrefours saturés, ou en limite de saturation (moins de 10 % de réserve de capacité), il convient d'en étudier les conséquences et, le cas échéant, de rechercher une nouvelle conception du carrefour.

La prise en compte prioritaire sera d'autant plus facile à réaliser que les passages sont réguliers et peu fréquents (ex : une ligne avec véhicules de forte

capacité), et d'autant plus difficile que les passages sont nombreux et aléatoires (ex : tronç commun à plusieurs lignes, dont certaines à fréquence élevée ou irrégulières).

Quelle que soit la technique utilisée, lorsque la fréquence des VTC est forte, il devient difficile de satisfaire toutes les demandes. De plus, lorsque plusieurs lignes de TC se croisent dans le carrefour, il convient de choisir quels véhicules seront prioritaires car on ne peut satisfaire deux demandes simultanées sur des mouvements en conflit.

Cette prise en compte ne nécessite pas forcément que le TC soit en site propre ou sur voie réservée en amont du carrefour, même si cela le favorise grandement. Elle supporte dans tous les cas la mise en œuvre d'un système de détection ou de communication entre le véhicule et le contrôleur, à intégrer à la conception du carrefour.

Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre.

### > Par phase spéciale pour les véhicules de TC

Lorsque le TC est en site propre à l'amont du carrefour, on peut gérer son passage comme un événement, avec une phase spéciale dont l'ouverture et la fermeture sont déclenchées par la détection du véhicule TC. La bonne précision dans l'estimation du délai d'arrivée et du moment de sortie du carrefour permet de crédibiliser cette phase vis-à-vis des autres usagers, de limiter l'impact en terme de temps de sécurité (et donc de capacité), en même temps qu'elle contribue à la qualité du service des TC – régularité et sécurité. L'emploi de signaux spécifi-



R17

ques (R17) est possible avec des règles de fonctionnement et d'implantation particulières par rapport aux feux tricolores.

Si le TC partage le site réservé avec d'autres usagers (vélos, taxis...), la gestion par phase spéciale ne peut pas être aussi optimisée ; le recours aux signaux spécifiques n'est alors pas possible, et le phasage doit tenir compte de la présence aléatoire de ces usagers qui peuvent remettre en cause l'efficacité de la détection de la présence de TC.

### > Par anticipation ou prolongation de vert pour le TC et pour éventuellement le flux qui lui est associé.

Cette technique est utilisée lorsque le véhicule de TC est admis dans le carrefour en même temps que d'autres mouvements de véhicules, qu'il soit en site banal ou en site réservé. En fonction de l'instant d'arrivée prévu du véhicule de TC, le vert de la phase dans laquelle il est admis est prolongé ou anticipé.

Il n'est pas indispensable d'avoir une grande précision sur les instants d'arrivée des véhicules car la phase dans laquelle est admis le véhicule profite à d'autres mouvements ; le fonctionnement reste donc crédible.

### 8.8.3 Incidence de l'emplacement des arrêts

La prise en compte des TC dans la signalisation lumineuse (programmation de phases escamotables TC, anticipation ou prolongation de vert pour les TC, régulation d'axe, etc. – voir annexe) doit intégrer la présence éventuelle d'arrêt(s) trop proche(s) en amont du carrefour.

Le positionnement des arrêts en amont des carrefours à feux présente plusieurs inconvénients :

- du fait du caractère variable du temps d'arrêt lié à la montée et à la descente des voyageurs, la présence de l'arrêt perturbe le lien entre l'arrivée du TC et sa prise en compte dans le phasage du carrefour, que ce soit par phase spéciale ou par anticipation-prolongation si la détection se fait en amont de l'arrêt ;



- en cas d'arrêt en pleine voie, le bus perturbe l'écoulement de la circulation générale pendant la phase de vert et peut poser des problèmes de perception des feux (masque visuel).

L'implantation à l'amont peut cependant se révéler intéressante dans le cas de couloir d'approche dissocié ou de site propre si on n'exige pas un fort niveau de priorité et si son positionnement à l'aval n'est pas possible pour des raisons d'emprise ou de localisation par rapport au contexte.

## 8.9 Cas particuliers

### 8.9.1 Carrefours à feux avec îlot central

Dans les intersections en croix, avec des flux de tourne-à-gauche importants et relativement équilibrés dans les 2 sens, on a vu précédemment qu'une des solutions est d'avoir recours aux carrefours compo-

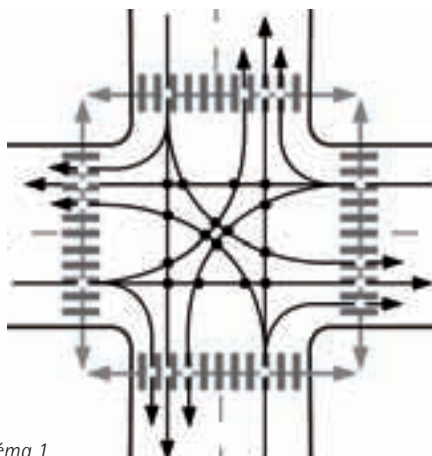


Schéma 1

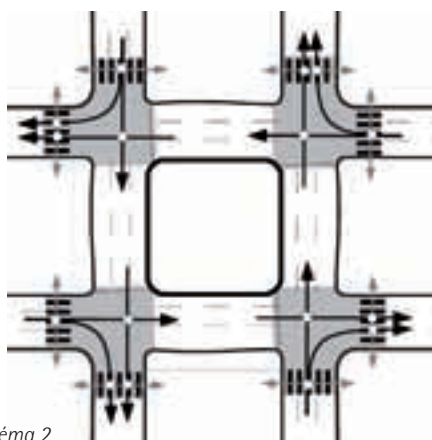


Schéma 2

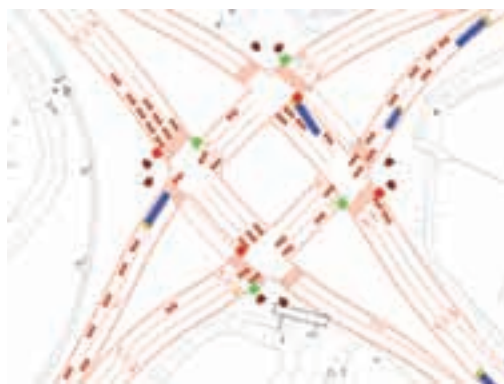
Les points de conflit dans un carrefour simple (schéma 1) sont plus nombreux que dans un carrefour composé (schéma 2).

sés. Sur la base de ce principe, le carrefour à feux avec îlot central est un carrefour à feux où a été implanté, au centre, un îlot de grande taille.

La décomposition en 4 intersections élémentaires permet de simplifier le traitement des conflits. Chaque intersection gère 4 points de conflits seulement. Soit 16 points de conflits au total (schéma 1), alors qu'un carrefour compact gère 32 points de conflits (schéma 2). On réalise donc une diminution globale du nombre de points de conflit.

La taille des zones de conflit est réduite minimisant les temps perdus. Tous les conflits entre véhicules sont gérés par feux, seul le conflit entre les véhicules qui tournent à droite et les piétons se gère par application de la règle de priorité.

L'espace entre les zones de conflit forme des zones de stockage (schéma) permettant de stocker les véhicules qui tournent à gauche. Ces zones de stockage sont également appelées « sas<sup>46</sup> ».



Géométrie d'un carrefour à feux avec îlot central (schéma : Cete Méditerranée)

Cette géométrie n'est pas sans rappeler celle du giratoire pour lequel l'îlot central permet la gestion des mouvements de tourne-à-gauche dans l'espace.

#### > Géométrie

L'îlot central prend une forme « carrée » et arrondie aux angles principalement pour optimiser le stockage dans les sas, faciliter l'implantation des signaux tricolores et éviter la confusion avec le giratoire. En effet, la forme non circulaire de l'îlot central permet un stockage plus important que si l'îlot avait les dimensions du cercle inscrit dans le carré central.

46 Dans un carrefour à feux avec îlot central, le terme « sas » désigne les 4 zones de stockage des véhicules placées au centre du carrefour.



(Photo : Cete de l'Ouest)

La taille de l'îlot se détermine selon plusieurs paramètres : temps du cycle, nombre de véhicules de tourne-à-gauche à stocker, nombre de voies, présence de véhicules longs dans les mouvements de tourne-à-gauche. Elle fait environ 16 à 25 m de large.

La largeur des îlots séparateurs au niveau des sas est de l'ordre de la largeur de l'îlot central. Ces dimensions permettent une traversée des piétons confortable mais un peu longue.

La prise en compte des cyclistes implique la réalisation d'une piste cyclable en périphérie de l'anneau.

### > Fonctionnement du carrefour à feux avec îlot central

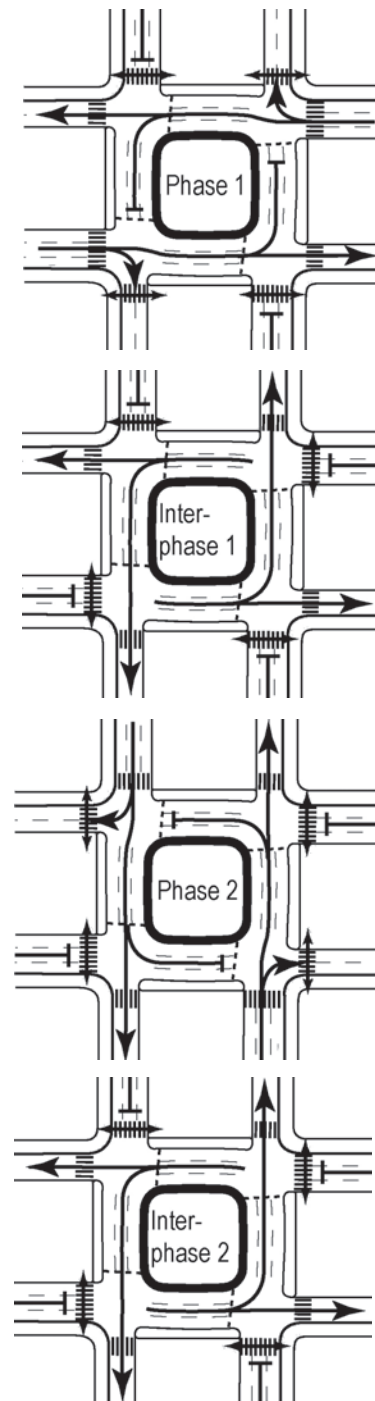
Sa géométrie à quatre branches présente l'intérêt de lui permettre de fonctionner avec un nombre de phases réduit car elle est compatible avec les deux grands principes d'aménagement et de fonctionnement des carrefours à feux : orthogonalité des voies en conflit et alignement des voies en phase.

Le fonctionnement du carrefour comporte 2 phases trafic et 2 périodes intermédiaires, appelées inter-phases, pour permettre aux mouvements directs d'achever le franchissement du carrefour et aux mouvements de tourne-à-gauche de libérer la zone de stockage, comme l'illustre le schéma ci-contre.

Ce fonctionnement simple réduit les temps perdus et optimise le fonctionnement du carrefour. La capacité de ces carrefours est élevée ; on atteint pratiquement une capacité entrante de 8 000 uvp/h avec des entrées à 3 voies.

### 8.9.2 Les places à feux

Lorsque l'îlot central est très grand, dans un contexte urbain ou périurbain avec un trafic piéton important,



Fonctionnement du carrefour à feux avec îlot central

le centre peut être assimilé à une place : on parle alors de place à feux. Ce cas n'est possible que si l'espace central est suffisamment grand pour que des activités s'y développent. On peut alors rendre la place centrale accessible aux piétons.

Chaque intersection fonctionne comme un carrefour à feux indépendant. Les traversées piétonnes vers l'espace central seront alors gérées sans difficulté dans les cycles de feux.

## 9 Les giratoires

Le décret du 6 septembre 1983 a modifié le Code de la route et définit le giratoire comme un dispositif circulatoire bien précis :

*« Place ou carrefour comportant un terre-plein central matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique ».*

Code de la route, article R110-2

Les mini-giratoires (rayon extérieur de 7,5 à 12 m) ont été légalisés par le décret du 9 octobre 1995 qui complète l'article du Code de la route visé ci-avant par :

*« Toutefois, en agglomération exclusivement, les carrefours à sens giratoire peuvent comporter un terre-plein central matériellement franchissable, qui peut être chevauché par les conducteurs lorsque l'encombrement de leur véhicule rend cette manœuvre indispensable. »*

Code de la route, article R110-2

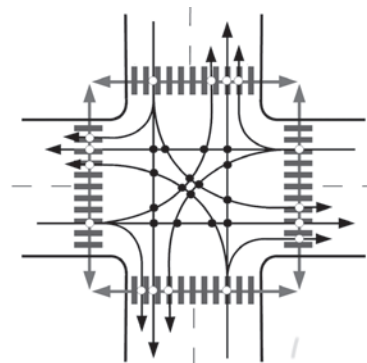
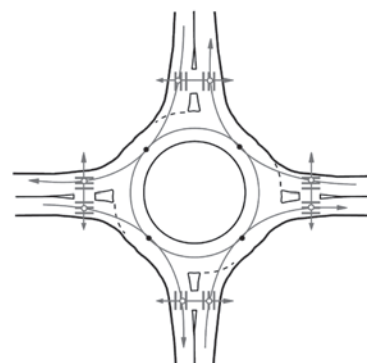
Sur le plan du fonctionnement, le giratoire traite les différents flux, en particulier les mouvements tournants, en simplifiant les conflits (anneau prioritaire en sens unique) et en les séparant dans l'espace (par l'îlot central).

En dehors des situations où la capacité du giratoire est dépassée, le fonctionnement est similaire en heure de pointe et en heure creuse sans attente inutile.

Sur le plan de la sécurité, le giratoire permet d'agir sur les deux points suivants :

- obliger à ralentir tous les usagers motorisés en cassant leurs trajectoires ;
- éviter les chocs frontaux, tous les véhicules circulant dans des directions convergentes.

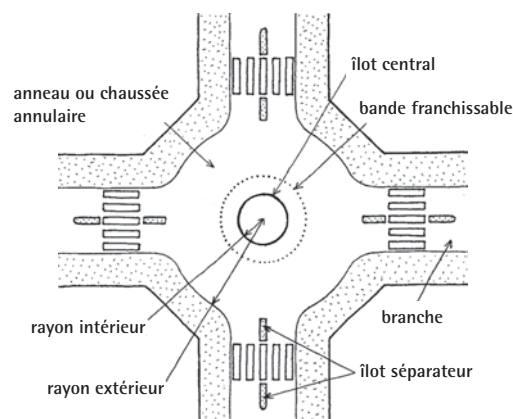
Ces éléments conduisent à un intérêt réel pour ce type d'aménagement, de telle sorte que de nombreux carrefours ne sont envisagés qu'en giratoire, en oubliant que ce n'est pas toujours la meilleure et la seule solution, surtout en milieu urbain.



16 points de conflits véhicules-véhicules sur un carrefour en croix sans feu contre 4 pour un giratoire

### 9.1 Principes généraux

Point de rencontre de plusieurs rues, le carrefour giratoire n'a de raison d'exister que s'il a au moins 3 branches. Il peut avoir jusqu'à 8 branches en milieu urbain dense. En zone périurbaine, il est préférable de le limiter à 6 branches.



Terminologie des éléments composants un giratoire

### 9.1.1 Perception

Un carrefour giratoire doit être perçu et identifié comme tel par tous les usagers qui vont l'aborder, de jour et surtout de nuit. Le niveau de perception d'un giratoire dépend à la fois de la signalisation, des îlots séparateurs, de l'aménagement de l'îlot central et des abords, de l'éclairage et surtout de la cohérence des aménagements dans la séquence d'approche.

L'aménagement de l'îlot central est le principal facteur permettant l'identification du type de carrefour. Il doit rompre la continuité visuelle de l'axe, particulièrement lorsque des alignements d'arbres ou d'éclairage en donnent une impression de longue ligne droite. Cela est assuré par le relief et le décor, ainsi que l'éclairage.

Les îlots séparateurs sur les branches, même réduits, contribuent à améliorer la perception du carrefour. Ils sont indispensables à la sécurité et à la traversée des piétons.

Si la signalisation est nécessaire, il ne faut pas en attendre beaucoup dans les contextes urbains à fort « bruit visuel ».

### 9.1.2 Lisibilité

Comme tout carrefour, le giratoire doit être lisible, c'est-à-dire compréhensible rapidement et sans ambiguïté par les usagers. Ce critère de lisibilité induit une grande simplicité de l'aménagement pour qu'il soit compris facilement par tous, en particulier des « non-habituels ». La forme, la disposition des branches, le nombre et l'affectation des voies ne doivent pas conduire à des interprétations différentes. Par exemple, la création d'une voie directe de tourne-à-droite n'est à envisager que si elle est indispensable (du point de vue des trafics) et réalisable sans prêter à confusion.

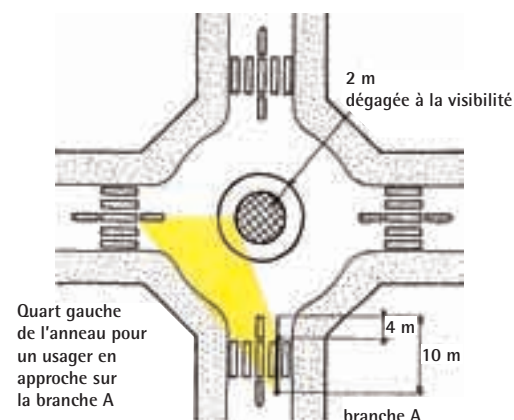
### 9.1.3 Visibilité

Les usagers qui vont entrer dans le giratoire doivent céder la priorité à ceux qui sont engagés sur l'anneau. N'étant pas contraints à l'arrêt absolu (pas de stop), ils doivent pouvoir identifier les véhicules prioritaires avant d'arriver à la ligne de cédez-le-passage.

Une très grande visibilité de la branche située à gauche n'est pas nécessaire. Elle peut même s'avérer être un facteur contre-performant dans certaines configurations. En effet, le conducteur focalise son attention sur les véhicules arrivant dessus, et risque de négliger ceux qui sont déjà sur l'anneau.

Le strict nécessaire est de dégager la visibilité sur le quart gauche de l'anneau, à 10 m de l'entrée. Aucun écran visuel ne doit être placé sur les dix derniers mètres des îlots séparateurs.

La visibilité doit aussi être assurée en périphérie de l'îlot central (en conservant une bande de 2 m sans élément haut) pour la prise d'information des usagers à l'arrêt ou sur l'anneau. On évitera en particulier des plantations arbustives trop proches de la chaussée annulaire, qui, en se développant, peuvent venir masquer cette zone. Ce principe permet également de dégager un triangle de visibilité régulier (voir. partie 2) pour les usagers qui circulent dans la partie intérieure de l'anneau.



## 9.2 Capacité

Elle se calcule en considérant le giratoire comme une succession de carrefours en T disposant d'une capacité individuelle.

Avec la priorité à l'anneau, il n'y a pas d'interaction d'une entrée sur une autre. Par contre, toute perturbation en aval du carrefour peut avoir des effets néfastes sur le fonctionnement du giratoire.

Pour calculer la capacité, il est nécessaire de connaître les trafics directionnels à l'heure la plus chargée; il est parfois utile de prendre aussi en considération la pointe inverse. Il est recommandé de retenir les

pointes habituelles plutôt que les pointes exceptionnelles. On peut admettre de ne pas toujours dimensionner pour l'heure la plus chargée afin d'éviter un sur-dimensionnement du carrefour hors heures de pointe.

Néanmoins, dans les secteurs à fortes variations saisonnières, il est nécessaire de prendre en compte les trafics des périodes les plus chargées afin de vérifier l'écoulement d'ensemble du trafic (effets sur les autres carrefours à proximité).

Dans le cadre d'études à moyen terme sur des tracés neufs, les prévisions de trafic peuvent conduire à envisager des entrées à plusieurs voies. Il convient alors de ne pas anticiper sur les trafics futurs et d'échelonnement les réalisations (passage de 1 à 2 voies par exemple), afin d'optimiser les conditions de sécurité. Les emprises de la géométrie finale doivent toutefois être réservées au départ.

**Les principaux termes de capacité ainsi que la formule de calcul simplifié de capacité sont définis en annexe.**

### > Ordre de grandeur

Une rapide observation du trafic horaire total entrant dans le giratoire permet de se faire une idée du niveau de la réflexion à mener sur la capacité :

- < 1 500 uvp/h, normalement pas de problème ;
- de 1 500 à 2 000 uvp/h, un examen de la répartition des trafics est nécessaire ; on vérifiera que la somme des trafics entrant et tournant ne dépasse pas 1 000 uvp/h à chaque entrée ;
- plus de 2 000 uvp/h, un test de capacité est vivement conseillé ; ce test peut être réalisé au moyen du logiciel GIRABASE.

Les calculs de fonctionnement des giratoires peuvent être réalisés avec le logiciel **GIRABASE**. À partir des données géométriques et des trafics horaires, GIRABASE détermine pour chaque entrée (une entrée pouvant comporter plusieurs voies) :

- les réserves de capacité ;
- les longueurs de stockage ;
- les temps d'attente.

## 9.3 Géométrie

### 9.3.1 Généralités

La conception d'un carrefour giratoire en milieu urbain n'est pas liée à des règles strictes mais doit répondre à un certain nombre de critères :

- s'intégrer dans l'environnement ;
- servir à la mise en valeur du site ;
- être adaptée aux trafics et à leur gestion ;
- être compréhensible par tous ;
- assurer de bonnes conditions de sécurité ;
- permettre tous les mouvements des poids lourds ;
- ne pas perturber les lignes de transports collectifs ;
- ne pas défavoriser les piétons et les cyclistes ;
- ne pas compromettre ou trop perturber les activités riveraines.

### 9.3.2 Typologie de giratoires

Les diversités de situation en milieu urbain, dues en particulier aux contraintes d'emprise et aux différentes catégories des voiries, amènent à distinguer 4 types de giratoires :

#### > Les mini-giratoires

Ils sont à privilégier dans les espaces contraints où la vitesse est modérée (zone 30).

- rayon extérieur : 7,50 à 12 m ;
- largeur de l'anneau : 6 à 9,50 m ;
- îlot central entièrement franchissable : 1,50 à 2,50 m de rayon ;
- une seule voie d'entrée et de sortie dans chaque branche.

En zone de rencontre, l'aménagement ne doit pas dégager une ambiance routière mais traduire la priorité piétonne sur tout l'espace public ; les limites sont moins marquées.

#### > Les giratoires compacts

Ils sont bien adaptés au milieu urbain dense : emprise réduite, réduction des vitesses des véhicules, meilleure prise en compte des piétons et cyclistes.

- rayon extérieur : 12 à 15 m ;

- largeur de l'anneau : 6 à 7 m (selon le rayon extérieur et la bande franchissable) ;
- îlot central avec bande franchissable de 1,50 à 2 m de largeur ;
- une seule voie d'entrée et de sortie dans chaque branche.

### > Les giratoires moyens

Ils permettent une plus grande capacité et le raccordement de plus de 4 branches tout en restant de taille modeste.

- rayon extérieur : 15 à 22 m ;
- largeur de l'anneau : 6 à 8 m (selon la largeur des entrées et la présence d'une bande franchissable) ;
- une à deux voies d'entrée et de sortie dans les branches principales ;
- nécessite des îlots pour les traversées piétonnes.

### > Les grands giratoires

Ils sont à réserver pour les axes à forts trafics et dans les zones où le bâti est peu dense du fait de leur emprise importante. Ils constituent souvent des difficultés pour les itinéraires piétons et cyclistes, leur grand rayon facilitant des vitesses plus élevées.

- rayon extérieur : supérieur à 22 m ;
- largeur de l'anneau : 7 à 9 m (selon la largeur des entrées) ;
- une à deux voies d'entrée et de sortie (voire 3 dans les branches principales) ;
- nécessite des îlots pour les traversées piétonnes.

### 9.3.3 Emprise et profil en long

L'emprise disponible ou facilement libérable doit permettre l'inscription du giratoire, au moins dans ses dimensions minimales. Pour assurer la giration des poids lourds et des transports collectifs, un rayon extérieur de 12 à 15 m est nécessaire (sauf pour les mini-giratoires). En y associant le trottoir en périphérie, c'est donc un cercle d'un peu plus de 30 m de diamètre qu'il faut pouvoir inscrire dans l'emprise disponible.

Il n'y a pas de valeur maximale, le régime de priorité à l'anneau des giratoires pouvant très bien s'appliquer à des places urbaines de grandes dimensions. En

aménagement neuf, il est toutefois inutile de vouloir faire trop grand, ne serait-ce que pour des raisons de coût. Un diamètre extérieur supérieur à 50 m est très rarement justifié. De plus, les grands diamètres ont un effet moindre sur la réduction de la vitesse.

Le profil en long devra présenter une pente inférieure à 6 %. Entre 3 et 6 %, il est nécessaire de réduire les vitesses d'approche et de considérer avec attention les mouvements de PL.

### 9.3.4 Branches

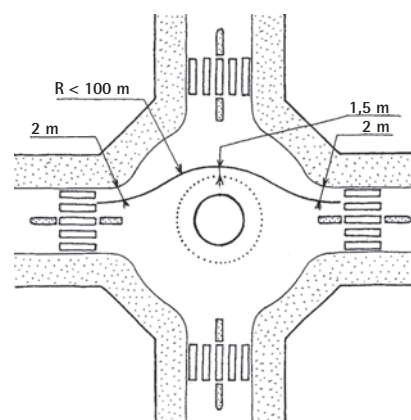
Un giratoire peut avoir de 3 à 8 branches en fonction de sa taille. Les branches sont disposées le plus régulièrement possible autour de l'anneau, ou du moins de telle façon qu'une sortie ne coupe pas directement l'entrée précédente.

L'axe de chaque branche doit être dirigé vers le centre de l'îlot central.

La disposition des branches ne doit pas permettre de trajectoire tangentielle ou d'entrée rectiligne, spécialement en milieu urbain où il faut maintenir la vitesse des véhicules suffisamment basse pour sécuriser la traversée des piétons (notamment en sortie).

La déflexion des trajectoires à travers le giratoire est le facteur le plus important pour la sécurité de l'aménagement. Elle correspond au rayon de l'arc de cercle, qui passe à 1,5 m de la bordure de l'îlot central, et à 2 m des bordures droites des voies d'entrée et de sortie opposées ou consécutives (giratoires à 3 branches par exemple). Ce rayon doit toujours être inférieur à 100 m.

Si ce rayon s'avère trop grand, on cherche à le réduire en modifiant les rayons de l'îlot central, des entrées ou des sorties. Il faut toutefois éviter une brusque inflexion en sortie.



### 9.3.5 Îlot central

Le centre doit être situé sur l'axe principal traversant le carrefour et, si possible, sur les axes secondaires. Ceci n'est pas sans poser quelques difficultés pour les carrefours en « T » où il est nécessaire soit de modifier l'emprise existante, soit de désaxer les branches.

L'îlot central doit être de préférence de forme circulaire car les giratoires de forme non circulaire, et notamment ovale, présentent un taux d'accidents plus élevé. L'îlot central est ceinturé de bordures basses ou d'une bande franchissable d'1,5 à 2 m. Les bordures hautes sont à éviter quand les vitesses d'approche sont élevées car elles constituent un facteur aggravant d'accident.

Excepté dans le cas des mini-giratoires, l'intérieur de l'îlot peut être en dôme, avec une pente maximale de 15 %. De nombreuses possibilités de mise en valeur sont envisageables (végétales, minérales, aquatiques ou lumineuses). Bien que très répandus, car intéressants pour améliorer la perception du giratoire, les obstacles en dur (arbres, pierres, monuments, etc.) sur l'îlot sont déconseillés sur les giratoires situés sur une voie où la vitesse autorisée en section courante est supérieure à 50 km/h (zone périurbaine, ou entrée d'agglomération). De même, il convient de limiter les aménagements qui réduisent la visibilité en périphérie de l'îlot.



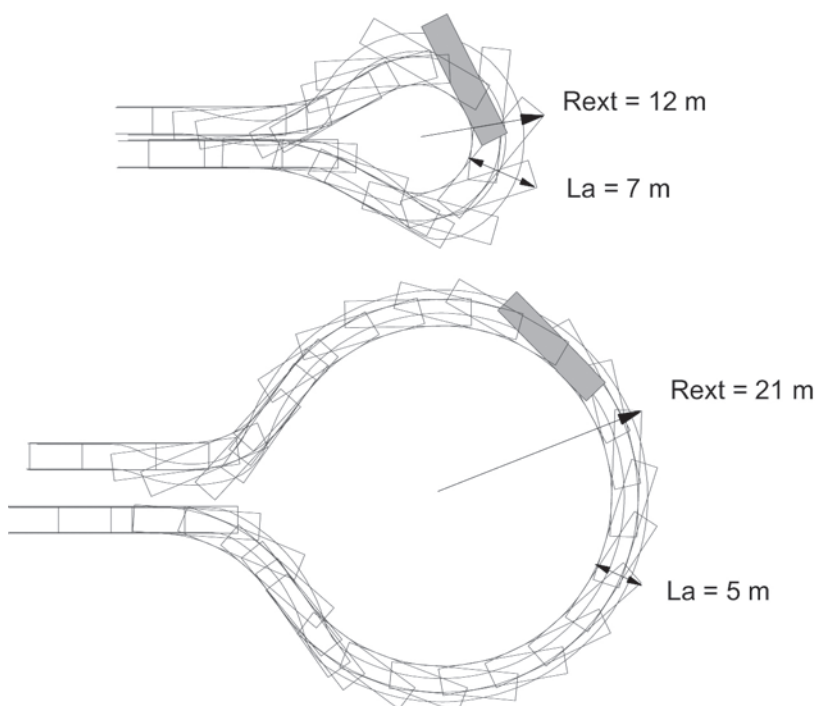
Îlot central ceinturé par des bordures ayant un profil non agressif et dont l'image est plus urbaine que les celles de type A ou I (photo : Cete de l'Est).

### 9.3.6 Anneau

La largeur de l'anneau dépend du rayon extérieur, de la largeur et du nombre de voies de l'entrée la plus large, et de la présence ou non d'une bande franchissable. Cette largeur doit être uniforme (aucune surlargeur ou voie supplémentaire ne peut être admise sur l'anneau, car cela peut créer des défauts de lisibilité de trajectoire ou générer des entrecroisements dangereux).

La largeur de l'anneau est généralement comprise entre 6 et 9 m : elle est d'au moins 20 % supérieure à la voie d'entrée la plus large :

- 6 m est acceptable s'il existe une couronne franchissable pour les PL et les TC ou dans le cas de giratoires à grand rayon avec des entrées à 1 voie ;



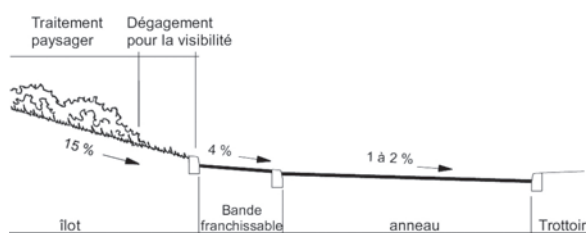
Épure de giration d'un bus articulé de 2,55 m de large (Citelis) pour un giratoire d'environ 12 m de rayon extérieur et un giratoire de 21 m de rayon extérieur. La zone de balayage est respectivement de 7 m et de 5 m.

- 9 m est un maximum même dans les cas d'entrées à deux voies.

Attention toutefois à ne pas trop réduire la largeur de l'anneau en présence de véhicules lourds qui risquent d'entraîner un orniérage de la chaussée.

Le dévers de l'anneau de 1 à 2 % est dirigé vers l'extérieur, pour les trois raisons suivantes :

- amélioration de la perception de la chaussée annulaire ;
- absence de rupture dans le raccordement des dévers sur les voies d'entrée et de sortie ;
- facilité dans la gestion de l'écoulement des eaux de surface.



Profil en travers type

### 9.3.7 Entrées

Une entrée de giratoire est dimensionnée par défaut à une seule voie. C'est le cas le plus courant, qui offre les avantages de réduire les traversées des piétons et de faciliter l'insertion des cyclistes. La largeur d'entrée d'une branche principale, mesurée à 5 m de la ligne de cédez-le-passage, peut varier de **3 à 4 m**. Une largeur plus faible est acceptable pour les entrées secondaires avec un minimum de 2,50 m.

Le niveau de trafic peut parfois justifier une entrée à deux voies. Ces dispositions ne doivent être admises qu'exceptionnellement, après s'être posé la question sur l'opportunité du choix de ce type de carrefour. Les entrées concernées présentent alors une largeur totale de 6 à 7 m. En cas d'entrée à 2 voies, la longueur minimale est de 25 à 30 m (largeur minimale de l'anneau : 8 m).

Les entrées à 3 voies sont incompatibles avec une forte demande de traversée des piétons et augmentent les risques d'accidents pour les cyclistes (voir 9.8).

Les dimensions intermédiaires sont ambiguës. Le marquage de 3 voies de 2,5 m, par exemple, n'apporte aucun gain de capacité par rapport à 2 voies de 3,75 m, mais augmente les risques pour les usagers les plus vulnérables.

Le rayon d'entrée est recommandé entre 8 m et 15 m. En aucun cas, il ne doit dépasser le rayon extérieur du giratoire.

### 9.3.8 Sorties

Comme en entrée, la sortie est généralement limitée à une seule voie. La largeur de cette voie est comprise entre 4 et 5 m.

Les sorties à deux voies ne sont nécessaires que dans les deux cas suivants :

- le trafic horaire sortant dépasse 1 200 uvp/h ;
- l'anneau a une largeur d'au moins 12 m avec un trafic sortant d'au moins 600 uvp/h.

La largeur des sorties à deux voies est normalement de 7 m ; ces sorties larges sont préjudiciables à la sécurité des piétons et des cyclistes (cisaillement en sortie, perte de visibilité).

Le rayon de sortie doit être supérieur au rayon intérieur du giratoire. Un minimum de 15 m est recommandé. Il n'y a pas de limite supérieure si la déflexion est correcte.

### 9.3.9 Îlots séparateurs

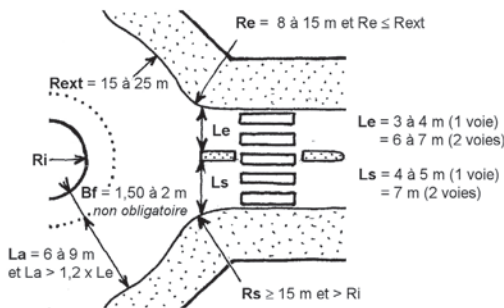
Les îlots séparateurs favorisent la perception du carrefour en approche. Leur largeur influe sur la capacité en dissociant plus tôt les véhicules qui sortent de ceux qui tournent. Ils permettent également l'implantation de la signalisation de direction, l'évitement de collisions entre les deux sens de circulation, et les prises à contre-sens de l'anneau.

Ils sont indispensables en agglomération afin que les piétons bénéficient d'un refuge pour traverser en deux temps.

L'îlot doit être borduré et assez large pour permettre d'isoler un piéton avec une poussette, un landau ou un vélo. Une largeur minimale de 2 m au niveau du passage est souhaitable.



L'îlot séparateur peut être évasé ou droit. Il ne doit pas provoquer un brusque rétrécissement de l'entrée.



Géométrie des giratoires moyen et grand

## 9.4 Les giratoires compacts urbains

Les giratoires de moins de 15 m de rayon extérieur s'adaptent bien au contexte urbain. On parle de giratoire compact (ou semi-franchissable) lorsque leur rayon extérieur est compris entre 12 et 15 m. Les petites tailles présentent **plusieurs avantages** :

- adaptée aux contraintes d'emprise en milieu urbain ;
- compatible avec le déplacement des piétons. L'allongement de leur cheminement reste acceptable et les traversées des branches sont plus courtes dans la mesure où elles ne comportent qu'une seule voie en entrée et en sortie ;
- favorable à la circulation des cyclistes qui peuvent circuler dans l'anneau sans marquage spécifique ;
- meilleure réduction des vitesses tout en offrant une capacité suffisante pour la plupart des axes urbains.

Pour les rayons inférieurs à 15 m, la géométrie doit être vérifiée pour s'assurer que les bus et les poids lourds tournent sans difficulté de l'entrée jusqu'à la fin du contre-braquage de sortie. À cet effet, l'îlot central comprend une bande franchissable d'1,50 à 2 m de large, avec une pente de 4 % et cernée de bordures franchissables. Cette bande peut être pavée ou revêtue d'une couleur différente de l'anneau et légèrement surélevée par rapport à l'anneau (environ 3 cm).

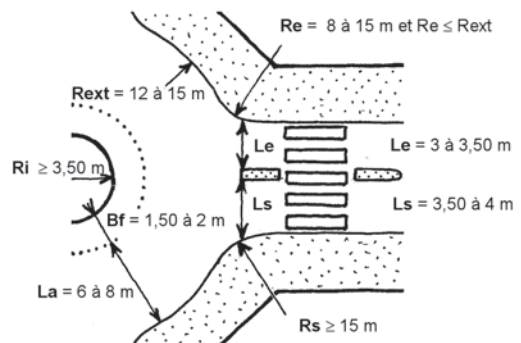
C'est la raison pour laquelle **le rayon extérieur de 12 m est un minimum** (voir 6.4.2). Il faut savoir que les roues arrière gauches vont empiéter sur l'îlot

central. Les marges sont très réduites et nécessitent une manœuvre engagée avec précision.

L'aménagement devant assurer une déflexion suffisante, le rayon de l'îlot central infranchissable ne peut pas être inférieur à 3,5 m.

La chaussée annulaire mesure de 6 à 8 m de large selon le rayon extérieur et la largeur de la bande franchissable. Il n'est pas nécessaire de matérialiser une bande cyclable en périphérie car elle incite les cyclistes à serrer à droite dans l'anneau. La taille du giratoire permet aux cyclistes de circuler vers le centre de l'anneau, trajectoire la plus propice à leur perception par les autres usagers.

Les entrées sont à une voie de 3 à 3,5 m de large. Les sorties sont à une voie de 3,5 à 4 m de large. Des îlots séparateurs sont préférables pour la protection des piétons.



Géométrie des giratoires compacts

### > Surélévations en giratoire

Dans les giratoires de petite taille situés en zone 30, il est tout à fait possible de réaliser des surélévations, soit pour réduire la vitesse soit pour améliorer l'accessibilité des piétons, soit pour une meilleure insertion dans une zone de circulation apaisée. Il existe 2 façons de procéder :

- aménager les traversées piétonnes en plateau traversant (ou ralentisseur) ;
- surélever l'ensemble du carrefour depuis les traversées piétonnes.

Les dispositions constructives sont identiques à celles évoquées pour les carrefours plans sans feux (voir 7.3.6). On retiendra entre autres la nécessité de conserver une différence de niveau entre les espaces piétons et les zones circulées.



Passage piéton surélevé (photo : Cete de l'Est)

## 9.5 Les mini-giratoires

Les mini-giratoires sont des carrefours de dimensions très réduites (**rayon extérieur < 12 m**), disposant d'un îlot central entièrement franchissable et dans lesquels on conserve cependant un régime de priorité à l'anneau.

### 9.5.1 Fonctionnement

Les dimensions étant très réduites, la présence d'un îlot central infranchissable rendrait impossible les mouvements des véhicules lourds. En le rendant franchissable, ils peuvent tourner à gauche en empiétant ou en chevauchant l'îlot central. Leur bon fonctionnement est très dépendant de la disposition des branches. Les véhicules légers le contournent sans difficulté si les trajectoires à décrire ne sont pas trop contraignantes (îlot central désaxé ou angle trop faible entre branches).

### 9.5.2 Domaine d'emploi

Exclusivement réservé au milieu urbain, le mini-giratoire est bien adapté aux carrefours en zone 30 et en entrée de zone de rencontre.

Il ne peut pas être le premier carrefour en entrée de ville sans transition préalable conduisant à baisser la vitesse, ni le carrefour événement assurant la tran-

sition entre deux catégories de voies bien distinctes. Il ne peut être envisagé que dans des rues n'offrant qu'une voie par sens.

L'emprise disponible pour la chaussée doit être inférieure à 24 m, un îlot infranchissable étant réalisable au-dessus de cette valeur.

### 9.5.3 Disposition des branches

Le mini-giratoire est limité aux intersections à 4 ou 3 branches. La disposition des branches est importante, l'aménagement s'inscrivant généralement entièrement dans l'emprise des chaussées existantes.

Les angles entre branches doivent être compris entre 80 et 140 degrés.

Ainsi, pour un carrefour à 3 branches en « T », l'inscription dans l'emprise ne permet pas de centrer l'îlot sur l'axe principal ; le décalage sur la branche secondaire offre :

- dans un sens, une trajectoire rectiligne, peu propice au respect des priorités ;
- dans le sens inverse, une trajectoire à forte déflexion rendant le contournement de l'îlot très contraint. Certains usagers n'hésitent pas à passer sur l'îlot, voire à contre-sens à gauche.

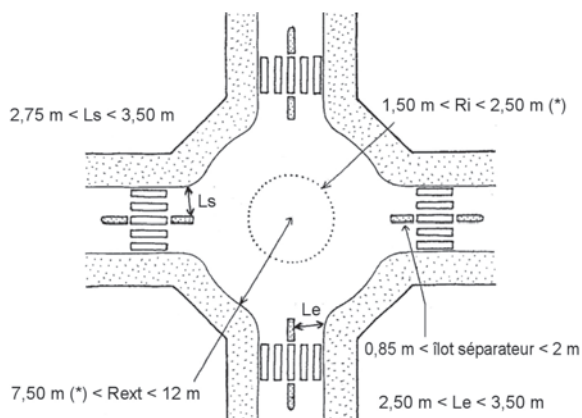
Un mini-giratoire dans un carrefour en « T » n'est donc acceptable que si l'îlot peut être centré sur l'axe principal.

Toutefois, un carrefour en baïonnette peut être traité en deux mini-giratoires rapprochés, si la distance de stockage est suffisante entre les deux (voir 9.11.2).

Dans un carrefour à 4 branches, ce sont les angles entre les branches les plus rapprochées qui peuvent générer des contournements par la gauche de la part des véhicules légers. La disposition doit être la plus orthogonale possible.

### 9.5.4 Géométrie

Le rayon extérieur doit être inférieur à 12 m : au-delà, une partie de l'îlot central est infranchissable. Le rayon minimum recommandé est de 7,50 m, mais il semble parfois possible de faire moins. L'îlot central mesure entre 1,50 m et 2,50 m de rayon, cette dernière valeur pouvant être dépassée pour les mini-giratoires de grande taille. Les îlots séparateurs sont facultatifs mais souhaitables. S'ils font moins d'1,50 m de large, ils ne constituent pas un refuge pour les piétons.



Dimensions recommandées pour les mini-giratoires  
(\*) Valeurs pouvant être dépassées

### 9.5.5 Îlot central

Il est en dôme de 10 à 15 cm au centre. En présence de bus à plancher surbaissé, le dôme ne dépassera pas 12 cm. Un des points les plus importants pour la perception et la compréhension du mini-giratoire réside dans l'aspect du dôme central : il doit être perceptible et dissuasif.

### > Perceptible

N'offrant qu'un faible relief, c'est plus par le contraste avec la chaussée annulaire que l'îlot central franchissable est lisible.

Peinture blanche, revêtement en résine, dôme en pavés de pierres claires sont des solutions qui offrent un bon contraste. On veillera à mettre en place des solutions qui ne génèrent pas de problèmes de glissance.

### > Dissuasif

Une surélévation de 1 à 2 cm par des bordures périphériques, des plots ou des dispositifs sonores peuvent limiter le franchissement par les véhicules légers ; on veillera toutefois à ne pas induire de nuisance pour les riverains. Mais c'est surtout avec une bonne disposition des branches que le chevauchement de l'îlot se limitera aux seuls véhicules à fort gabarit qui ne peuvent pas le contourner.

## 9.6 Signalisation

La signalisation d'un carrefour giratoire urbain comporte des panneaux de police (régime de priorité) et de direction (diagrammatique) ainsi que du marquage au sol.

Un carrefour giratoire doit être annoncé par une signalisation spécifique, conformément à l'article 42-10 de la 3<sup>e</sup> partie de l'IISR.



Schéma de principe d'implantation de la signalisation verticale ; seul le panneau A25 est obligatoire.

### 9.6.1 Signalisation de priorité

Le panneau A25 « carrefour à sens giratoire » implanté 10 à 50 m avant le carrefour est obligatoire ; il définit à lui seul la règle de priorité à l'anneau.

La ligne de cédez-le-passage est strictement nécessaire. Le panneau AB3a est très fortement recommandé. Si, compte tenu du déport créé par la courbe d'entrée, le panneau AB3a n'apparaît pas suffisamment tôt dans le champ visuel, il est doublé à gauche sur l'îlot séparateur.

### 9.6.2 Signalisation d'obligation

Le panneau B21-1 a pour objectif de prévenir tous mouvements contraires au sens normal de circulation. La géométrie du carrefour doit normalement déjà inciter le conducteur à emprunter ce sens normal. Le B21-1 permet d'améliorer la perception de l'îlot central de nuit, en particulier en cas d'éclairage insuffisant. Pour ces raisons, il est nécessaire d'implanter ce panneau en face de chaque entrée (sauf pour les mini-giratoires).

Un panneau B21a1 peut être placé en tête d'îlot pour renforcer sa perception. Il peut être remplacé par une balise J5 si l'îlot est précédé d'une ligne continue axiale.

Sur l'îlot séparateur d'entrée, l'emploi de balises souples est déconseillé (possibilité de défaut de lisibilité du giratoire). Toutefois, elles peuvent être utilisées pour matérialiser un rabattement de 2 à 1 voie en amont du carrefour.

### 9.6.3 Signalisation de direction

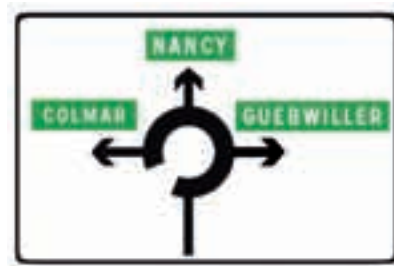
La signalisation de direction est un élément indispensable pour les usagers ; elle permet entre autres de mieux annoncer le carrefour giratoire avec les panneaux de présignalisation.

#### > Présignalisation de direction

La présignalisation de direction est optionnelle et n'est nécessaire que sur les axes structurants.

Elle est réalisée avec le panneau diagrammatique D42b, placé en amont du panneau A25. Ce panneau diagrammatique donne aux usagers des informations qui ne se limitent pas au simple jalonnement :

la distance et le type de carrefour conditionnent le comportement des usagers en approche.



D42

En milieu urbain dense, l'utilisation de ce panneau de grande taille n'est pas toujours possible. On cherchera à l'implanter dans les carrefours importants, pour la distribution du trafic des non-habituels, pour les giratoires de grande dimension ou à plus de 4 branches.

En milieu périurbain où la vitesse pratiquée peut être plus élevée, le panneau D42 présente une importance particulière car il a un rôle de repère très identifiable quant à l'annonce du type de carrefour rencontré, et participe ainsi à la sécurité.

Le dessin du panneau doit représenter au mieux la disposition des branches du giratoire.

#### > Signalisation directionnelle de position

Elle est réalisée à l'aide du panneau D21, placé sur l'îlot séparateur. Seules les mentions de sortie sont indiquées. La signalisation de direction ne doit jamais être implantée sur l'îlot central ni face aux véhicules dans le sens inverse de giration. Elle doit comporter au maximum 6 mentions dont 4 maximum de la même couleur.

### 9.6.4 Signalisation horizontale

Les entrées et sorties à 2 ou 3 voies (au moins 3 m par voie) sont séparées par une ligne discontinue T3. Sur les entrées, cette ligne peut devenir continue sur les 13 derniers mètres.

Aucun marquage au sol délimitant l'anneau ne doit être effectué aux sorties du giratoire.

Sur les mini-giratoires, l'îlot central ne peut être ceinturé que par une bande discontinue.



Éviter de marquer des voies concentriques dans l'anneau

D'une façon générale, le marquage de voies concentriques dans l'anneau est inutile et gênant. Il empêche l'usager de suivre « naturellement » une trajectoire dont l'éloignement, par rapport au centre, varie progressivement en fonction de son approche de la sortie. Les difficultés dues à ce marquage s'accroissent quand le giratoire est petit, et provoquent une gêne totalement insupportable lorsqu'on arrive à des anneaux de 9 m de large avec des rayons extérieurs de moins de 20 m.

## 9.7 Piétons

Malgré certaines idées reçues, les études statistiques montrent que les giratoires ne sont pas plus dangereux pour les piétons que les autres types de carrefours. Cependant, les carrefours giratoires et notamment ceux de grandes tailles ne sont pas favorables pour les piétons : les traversées créent un sentiment d'insécurité ; les grands aménagements allongent les cheminements et créent une coupure.

Il faut souligner le risque plus important d'accidents piétons sur les entrées et sorties à deux voies.

### 9.7.1 Critères de choix

La fréquentation piétonne doit être prise en compte dans les critères de choix d'un carrefour giratoire pour déterminer son dimensionnement et la position de ses branches. La taille des giratoires a une forte incidence sur la pratique des usagers piétons.

- les **grands giratoires** compliquent les cheminements piétons. Ils sont réservés aux zones périurbaines ou aux trafics élevés ;
- les **giratoires de taille réduite** s'inscrivent mieux dans les aménagements urbains et présentent une meilleure sécurité pour les piétons (giratoire compact et mini-giratoire).

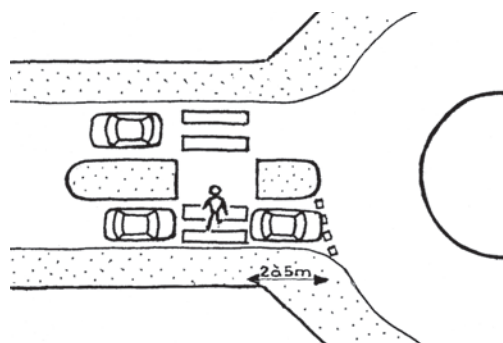
### 9.7.2 Passages piétons

En milieu urbain, l'implantation d'un passage piéton sur chacune des branches du giratoire est recommandée afin d'éviter toute traversée par le centre du giratoire.

La position du passage piéton est très importante pour garantir un bon niveau de sécurité des traversées piétonnes.

Le début du passage piéton doit être situé entre 2 et 5 m de la ligne de cédez-le-passage :

- 2 m pour les petits giratoires très urbains ;
- 5 m pour les grands giratoires.



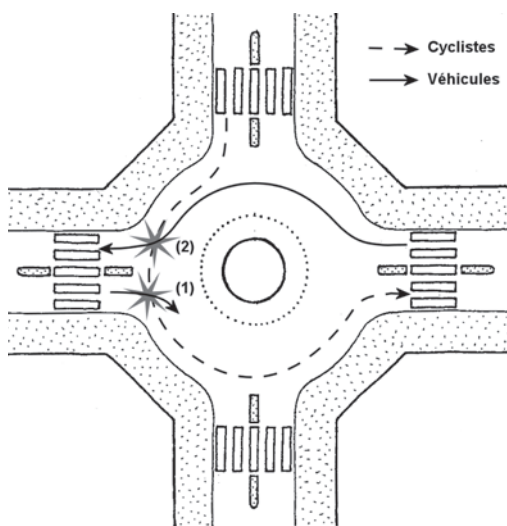
Le cheminement piéton et l'îlot ne doivent comporter ni plantation ni de panneau pour ne pas masquer les piétons.

L'implantation d'un îlot directionnel sur les branches du giratoire est indispensable pour la sécurité des piétons (îlot refuge) et une meilleure lisibilité du giratoire (sauf pour les mini-giratoires). En sortie de giratoire : les voitures n'ont pas de raisons fortes de s'arrêter et, de plus, le piéton ne sait pas si le véhicule va sortir.

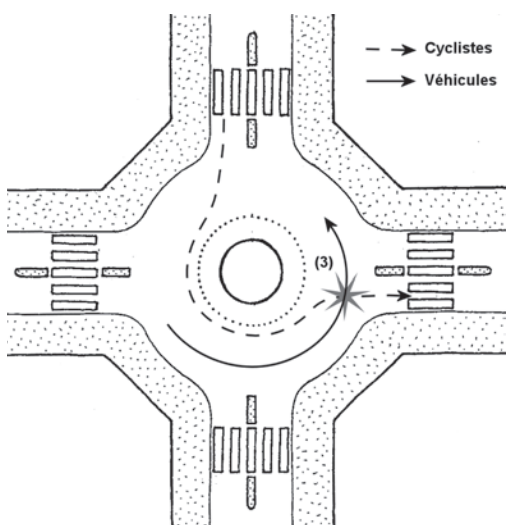
Dans les cas où le danger est fort pour les piétons et le trafic automobile modeste, le passage piéton situé en sortie de giratoire pourra être surélevé en veillant à prendre en compte la présence de transports collectifs et des deux roues motorisés.

## 9.8 Cyclistes

Bien aménagés, intégrant les cyclistes dès la conception, les giratoires ont l'avantage, par rapport à d'autres types de carrefours, de réduire le nombre de conflits orthogonaux (cyclistes-automobilistes) et d'atténuer les problèmes de tourne-à-gauche. Ils génèrent cependant des conflits et des accidents spécifiques liés surtout au refus de la priorité des cyclistes par les usagers motorisés, entrant et sortant de l'anneau (voir schémas ci-après).



1 et 2 : accidents fréquents concernant principalement les cyclistes (60 % des accidents) ;



3 : accidents moins fréquents que pour les situations 1 et 2.

Actuellement, rien ne milite en faveur de la réalisation d'un aménagement cyclable – pistes ou bandes cyclables – autour des giratoires. Les mini-giratoires

et les giratoires compacts sont les plus sûrs pour les cyclistes. Il n'y a, généralement, pas lieu de créer d'aménagement spécifique.

On retiendra qu'un aménagement spécifique ne peut pas être isolé autour d'un giratoire : il n'est concevable qu'en continuité d'une piste ou d'une bande cyclable en section courante ou si un projet d'aménagement existe sur une (ou plusieurs) des branches.

### 9.8.1 Bandes cyclables ou pistes cyclables

En règle générale, l'aménagement d'une bande cyclable en périphérie de l'anneau n'est pas conseillé, car celle-ci incite les cyclistes à serrer à droite dans l'anneau, ce qui ne correspond pas à une trajectoire optimale en terme de sécurité ; cet aménagement peut toutefois répondre à l'attente de certains cyclistes. La bande cyclable est inutile pour les petits giratoires et souvent inappropriée pour ceux de grande taille.

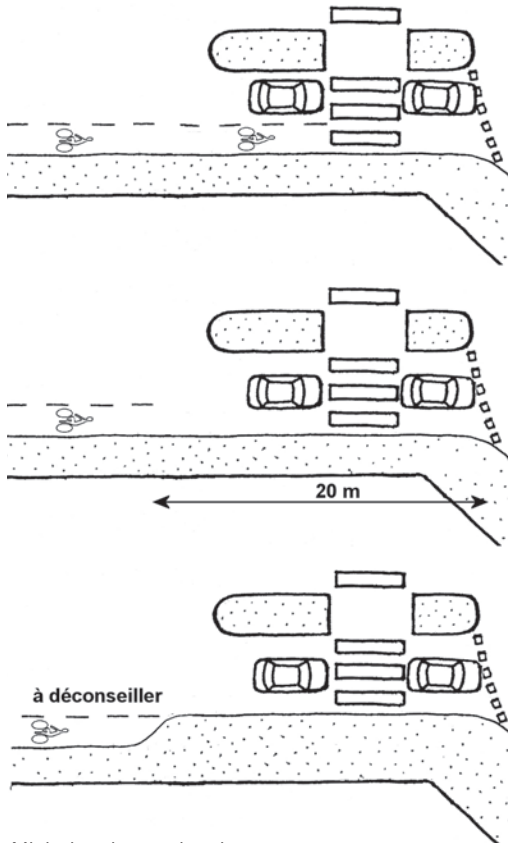
Pour les giratoires de grande taille, c'est la piste, séparée de la chaussée et contiguë au cheminement piéton, qui répond le mieux aux attentes des cyclistes. La piste est bien adaptée dès lors qu'il s'agit d'assurer la continuité d'une piste bidirectionnelle – notamment – de part et d'autre d'une branche.

### 9.8.2 Bandes cyclables

Si une bande cyclable est aménagée sur une ou plusieurs branches du giratoire, il existe plusieurs manières de faire aboutir le cycliste dans l'anneau ; celles-ci dépendent essentiellement des dimensions du giratoire.

#### > Mini-giratoires et giratoires compacts (rayon extérieur inférieur à 15 m)

Il est recommandé de ne pas marquer de bande cyclable autour de l'anneau car, la vitesse des véhicules n'étant pas très différente de celle des cyclistes, les conducteurs ne cherchent pas à les doubler. Son interruption est à prévoir à une vingtaine de mètres avant la ligne de cédez-le-passage.

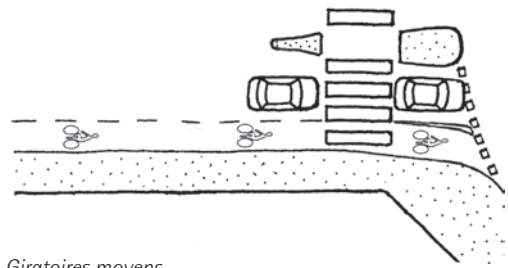


Mini-giratoires et giratoires compacts

### > Giratoires moyens

(rayon extérieur compris entre 15 et 22 m)

Il est conseillé de ne pas maintenir la bande cyclable autour de l'anneau. La sécurité n'est pas évidente aux entrées-sorties de l'anneau : aux entrées, le cycliste n'est pas dans le champ de vision de l'automobiliste, et aux sorties, il risque d'être dépassé par un conducteur quittant l'anneau.



Giratoires moyens

Il est possible de prolonger la bande cyclable jusqu'à l'anneau en aménageant un petit îlot au débouché sur l'anneau. Cette solution permet une insertion (et éventuellement une sortie) protégée du cycliste sur l'anneau et lui évite d'être coincé contre la bordure de trottoir par les poids lourds. Elle présente l'avantage de ne pas offrir de surlargeur aux véhicules motorisés. Elle ne facilite pas, par contre, le mouvement d'un cycliste désireux d'adopter une trajectoire s'éloignant du bord extérieur de l'anneau.

### > Grands giratoires

(rayon extérieur supérieur à 22 m)

Dans les giratoires de cette dimension, le cycliste est en danger à cause de la vitesse plus élevée des véhicules. Le marquage d'une bande cyclable sur l'anneau est alors fortement déconseillé. Les aménagements à mettre en œuvre sont de type piste cyclable.

Si aucun aménagement n'est réalisé dans le carrefour, il est recommandé de prolonger la bande cyclable jusqu'à l'anneau en aménageant un petit îlot au débouché de celui-ci, comme décrit précédemment.



Petit îlot protégeant les cyclistes circulant sur la bande cyclable. La bande cyclable sur l'anneau est toutefois déconseillée (photo : Cete de l'Est).

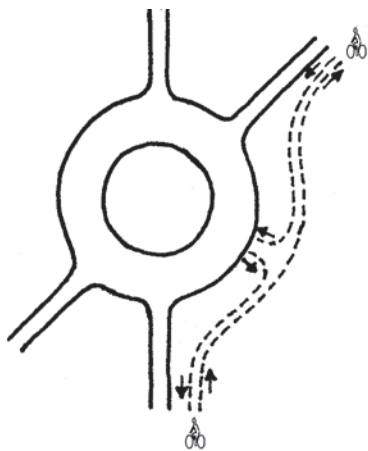
En sortie de giratoire, il est possible de créer un petit îlot au débouché sur l'anneau qui permet de bien identifier et de protéger les trajectoires poursuivies par les cyclistes. Par la même occasion, les automobilistes en sortie de giratoire perçoivent beaucoup mieux les cyclistes qui restent sur l'anneau.

### 9.8.3 Piste cyclable

Lorsqu'une piste cyclable est aménagée sur l'une ou plusieurs des branches du giratoire, elle peut soit déboucher directement dans l'anneau, soit contourner le giratoire.

On peut **raccorder la piste à l'anneau** lorsque les tourne-à-gauche des cyclistes sont importants, la vitesse des véhicules motorisés modérée et les poids lourds peu nombreux ou lorsque le contournement par l'extérieur est impossible par manque de place.

Lorsque la piste est bidirectionnelle, un raccordement direct à l'anneau par débouché radial entre deux branches (voir schéma) est préférable. Elle peut également être transformée en bande ou s'arrêter en amont du carrefour.



On peut aussi rechercher un **contournement complet** avec connexion sur toutes les branches ou se contenter d'assurer la continuité de la piste avec **franchissement d'une seule branche**.

#### > Le contournement complet

Le contournement complet est envisagé si la circulation générale sur l'anneau est particulièrement délicate pour les cyclistes (vitesse, poids lourds, giratoire

de grandes dimensions, etc.) et l'espace nécessaire disponible.

Cet aménagement supprime complètement le risque de certains types d'accidents sur l'anneau, mais reporte les conflits (refus de priorité en entrée et cisaillements en sortie de piste) au niveau de la traversée des branches. Une bonne visibilité entre le cycliste et le véhicule est nécessaire.



Traversée jouxtant celle des piétons (photo : Cete de l'Est)

Il est généralement préférable d'aménager des pistes bidirectionnelles plutôt qu'unidirectionnelles ; en effet, ces dernières sont souvent prises à contre-sens entre deux branches pour raccourcir les mouvements de tourne-à-gauche.

Dans la majorité des cas, la meilleure solution de franchissement des branches consiste à ne pas donner la priorité aux cyclistes sur la piste qui contourne le giratoire. La signalisation doit être ici très explicite pour les cyclistes.

L'aménagement d'une piste de contournement demande de l'emprise, que le tracé soit à peu près concentrique par rapport à l'anneau (de 1 à 5 m à l'extérieur) ou rectiligne entre les branches. Elle est donc plus difficile à implanter en milieu urbain dense que sur les grands giratoires en zone périphérique.

#### > Le franchissement d'une seule branche

Lorsque l'objectif principal est d'assurer la continuité d'un itinéraire, le franchissement d'une seule branche par la piste (nécessairement bidirectionnelle) est suffisant. Cette solution permet aussi de réinsérer les cyclistes dans la circulation générale vers d'autres directions.

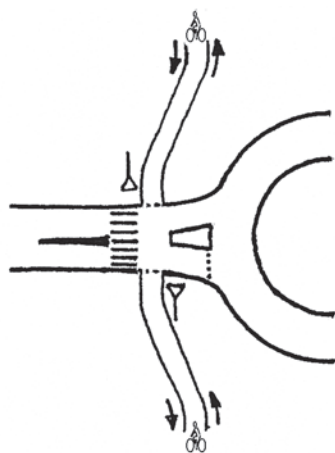


Du plus simple au plus compliqué (et au plus coûteux), trois solutions s'offrent à l'aménageur pour organiser ce franchissement :

- une traversée jouxtant la traversée piétonne et très proche de l'anneau, bénéficiant du même îlot central (permettant la traversée en deux temps) : cet aménagement, classique, doit de préférence aller de pair avec une perte de priorité pour les cyclistes, pour des raisons de sécurité. La sécurisation de ces traversées peut être renforcée, le cas échéant, par la réalisation d'un plateau surélevé ;



(Photo : Cete Méditerranée)



- une traversée cyclable spécifique, plus éloignée ( $\geq 20$  m) du giratoire et de la traversée piétonne : cette solution peut se justifier lorsque les flux cyclables sont importants ; elle permet d'aménager un véritable petit « carrefour cyclable » avec, par exemple, rétrécissement de la chaussée pour le trafic motorisé, installation d'un îlot séparateur (d'une largeur minimale de 2 m), réalisation d'un plateau su-

relevé qui assurent une meilleure visibilité des cyclistes et un meilleur contrôle de la vitesse des véhicules motorisés qu'au débouché dans l'anneau ;

- le franchissement dénivelé, en général par passage inférieur, est une solution très sûre qui trouve son entière justification lorsque le trafic – tant voiture que cycliste – est très important. En particulier, s'il s'agit de trajets scolaires, il convient de le concevoir de telle sorte que le franchissement soit suffisamment attrayant pour être effectivement utilisé.

## 9.9 Deux-roues motorisés

Le taux de deux-roues motorisés impliqués dans un accident n'est pas plus important dans un giratoire que dans d'autres types d'intersection. Par contre, les accidents se produisent souvent seuls et les obstacles (dont les bordures de trottoir) et la chaussée glissante sont souvent des facteurs mis en évidence dans les accidents mortels. Il est possible d'en diminuer la gravité en veillant à la qualité des revêtements, en évitant les obstacles dangereux, principalement sur l'îlot central, et en assurant une bonne perception des aménagements, notamment de nuit.

En complément des dispositions générales évoquées au paragraphe 6.6.4, la prise en compte des deux-roues motorisés dans l'aménagement d'un giratoire peut se traduire par :

- aménager l'îlot central avec des bordures non agressives et sans obstacle « dangereux » pour les usagers de 2RM ;
- éloigner les obstacles en périphérie (éclairage par exemple) et réaliser des bordures de trottoir de hauteur usuelle (environ 14 cm) ;
- privilégier les giratoires compacts avec une géométrie qui limite la vitesse des 2RM ;
- éviter les grands giratoires avec une chaussée annulaire large dont les voies seraient matérialisées.

## 9.10 Transports collectifs

### 9.10.1 Cas des transports collectifs dans la circulation générale

La transformation de certains carrefours (stop, feux...) en giratoires a parfois été citée comme bénéfique sur les lignes de transport collectif, dans la mesure où l'on a amélioré globalement la fluidité de la circulation générale. Par contre, lorsque le trafic devient plus important, le mode de gestion des flux dans le giratoire ne permet pas de donner une priorité aux TC. On peut seulement réduire le temps d'attente en créant une voie spécifique en approche.

De plus, pour le passager qui reste debout dans un bus, en particulier dans un bus articulé, le passage d'un giratoire n'est pas agréable : le mouvement courbe-contre-courbe est assez déséquilibrant. Pour un confort acceptable, les variations d'accélération (à-coups) sont à limiter à  $0,5 \text{ m/s}^3$  et l'accélération à  $1,5 \text{ m/s}^2$ .

#### > Rayon du giratoire

Pour qu'un bus puisse effectuer sans difficulté un mouvement de tourne-à-gauche, un rayon extérieur de 15 m est souhaitable.

Sur une ligne de bus occasionnelle ou sur un itinéraire utilisable en déviation temporaire d'une ligne permanente, un petit giratoire est envisageable. Le rayon extérieur minimal est de 12 m.



Épure de giration d'un bus dans un giratoire

La vérification par les épures obtenues, par exemple grâce au logiciel GIRATION est utile pour les petits giratoires.

#### > Arrêts

Pour respecter les dispositions<sup>47</sup> relatives à l'accessibilité des PMR, la réalisation des arrêts de bus sur l'anneau est à éviter car elle ne permet pas l'alignement du bus sur le quai.

Le positionnement sur les branches d'entrée se fait de préférence en pleine voie pour la même raison. Elle ne peut donc se faire dans les sorties à une voie : l'arrêt d'un bus peut provoquer un blocage complet du giratoire. Dans une sortie à 2 voies, l'arrêt sur chaussée est possible à plus de 10 m du carrefour.

Placé en entrée, l'arrêt sur chaussée à une voie ne bloquera que l'entrée et permettra un redémarrage facile. Sur une entrée à 2 voies, la visibilité entre les piétons et les véhicules circulant sur la deuxième voie n'est pas assurée : on évite donc d'implanter l'arrêt en entrée.

### 9.10.2 Sites propres de TC

Le franchissement d'un carrefour giratoire par un site propre de TC présente des difficultés tant au plan de la géométrie qu'en terme de gestion de la priorité.

> Dans le cas des tramways, il est rarement envisageable de leur faire contourner l'îlot central, sauf à concevoir de très grands giratoires inadaptés au milieu urbain. Ceci conduit à envisager une traversée directe de l'îlot central par la voie ferrée, ou l'aménagement d'un mini-giratoire franchissable si le contexte s'y prête par ailleurs. Il y a alors une contradiction entre le principe de priorité à l'anneau et celui de la priorité du véhicule sur rail, dans des configurations qui peuvent surprendre les autres usagers. Ceci conduit à adopter, pour gérer le passage du tramway, un système de signalisation lumineuse qui doit être compatible avec le maintien de la priorité à l'anneau en dehors de cet événement. On se réfère, pour le traitement de ces cas de figure, au guide *Giratoire et tramway*<sup>48</sup> édité par le Certu et le STRMTG<sup>49</sup>.

Décret n° 2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics.

Voir bibliographie en annexe.

Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés.



La voie de circulation générale est rabattue sur le site TC axial avant l'arrivée sur le giratoire (photo : Cete Normandie-Centre).

> **Dans le cas des TC routiers**, la recherche d'un niveau de service proche de celui du tramway peut conduire à vouloir adopter les mêmes principes de franchissement des carrefours giratoires (cas des BHNS). On doit alors suivre les mêmes recommandations d'aménagement et de gestion en les adaptant aux types de véhicule. Il est cependant envisageable, dans le cas de TC routiers en site propre, de laisser circuler les bus sur l'anneau du giratoire avec toutefois les inconvénients évoqués plus haut (voir 9.10.1) en terme de confort et de priorité.

On peut alors envisager plusieurs configurations pour l'insertion du TC dans le carrefour :

- la voie TC constitue une voie d'entrée supplémentaire sur l'anneau (cas des giratoires de grand diamètre). Elle sera dimensionnée pour permettre la giration du bus et faciliter son insertion sur l'anneau ;
- la voie de circulation générale est rabattue sur le site de TC en amont du giratoire (avec perte de priorité pour la voie de circulation

générale). Cette solution est adaptée au giratoire compact avec une seule voie en entrée.

## 9.11 Cas particuliers

### 9.11.1 Giratoires à forte capacité

Un des éléments principaux qui permet un gain de capacité est l'élargissement des entrées. Bien que ce soit la largeur de l'entrée qui influe sur la capacité, et non pas le nombre de voies marquées, il est cependant indispensable d'assurer une cohérence entre la largeur et le nombre de files :

- une file : de 3 à 4 m ;
- deux files : de 6 à 7 m.

Les valeurs intermédiaires (5 m, par exemple) seraient ambiguës pour les usagers.

Les entrées à une voie sont préférables du point de vue de la sécurité. Néanmoins, lorsque le risque de saturation est évident, il est acceptable d'envisager des entrées à 2 ou même 3 voies. Ces dispositions

sont cependant incompatibles avec la présence de piétons.

Sans être franchement courantes, les réalisations existantes de giratoires avec des entrées à 3 voies en milieu urbain ou périurbain apportent une expérience suffisante pour en fixer les principales règles de réalisation :

### > Capacité

Un giratoire à quatre branches avec des entrées à 3 voies peut écouler environ 5 000 véh/h (trafic total entrant) si les trafics sont bien répartis. Un test de capacité est, bien sûr, toujours nécessaire.

### > Géométrie d'une entrée à 3 voies

La largeur d'une entrée à 3 voies est de 9 à 10 m entre marquages. En général, la troisième voie constitue un évasement d'une approche à 2 voies ; la largeur complète doit être obtenue 30 m avant l'entrée du giratoire. L'évasement se fait de préférence par la droite.

### > Anneau

La largeur de l'anneau doit être d'au moins 20 % supérieure à l'entrée la plus large, à moduler en fonction du rayon de l'îlot central. En conséquence, la largeur d'anneau sera de 11 à 12 m.



Giratoire à forte capacité en milieu urbain

Au-delà de 3 voies, aucune réalisation française n'apporte une connaissance suffisante. Les résultats d'études anglaises montrent que la multiplication des files conduit à une croissance exponentielle des accidents (du moins matériels).

## 9.11.2 Carrefours en baïonnette

Il n'est pas rare de trouver en ville des carrefours dont les 2 branches secondaires ne se présentent pas l'une en face de l'autre mais sont éloignées de quelques dizaines de mètres : on a alors 2 carrefours en « T » rapprochés.

Si les trafics des voies secondaires dépassent un certain niveau, le fonctionnement d'un tel carrefour pose des problèmes et n'est pas toujours facile à gérer par feux. Qu'en est-il d'une solution giratoire ?

### > Un grand giratoire ?

On pourrait envisager un grand giratoire dont toutes les branches arriveraient sur l'anneau, en les dirigeant vers le centre. Cette solution, consommant beaucoup d'espace souvent bâti, est coûteuse et rarement applicable.

### > Un giratoire allongé ?

Il serait souvent possible d'inscrire dans l'emprise existante un giratoire de forme allongée (ou ovale) sur lequel arriveraient toutes les branches. On sait que cette forme est réputée plus accidentogène que la forme circulaire ; elle offre des trajectoires tangentielles aux mouvements directs de l'axe principal. Cette solution n'est à envisager que dans des cas très particuliers, par exemple en milieu urbain dense avec une vitesse d'approche modérée.

### > Un double giratoire ?

Il s'agit de 2 petits giratoires, éventuellement même de mini-giratoires, face à chaque entrée secondaire. Les cercles extérieurs ne doivent pas se chevaucher ni même se tangenter ; ils doivent être séparés d'une distance suffisante pour le stockage des véhicules en attente dans la section intermédiaire (voir les longueurs de queues obtenues par les calculs de capacité). Une interdistance de l'ordre de 5 m est suffisante.



*Baïonnette de mini-giratoires avec interdistance minimale*

Les doubles giratoires permettent de mieux gérer la déflexion dans le carrefour ainsi que les tourne-à-gauche (contrairement au cas des îlots allongés). Les vitesses d'entrée sont ainsi maîtrisées. Un double giratoire est particulièrement bien adapté à un carrefour avec des branches asymétriques. Très souvent, cette solution présente l'avantage de rester dans l'emprise existante pour réaménager le carrefour.

### 9.11.3 Giratoires et feux tricolores

Certains aménageurs souhaitent équiper des giratoires existants de feux tricolores pour des raisons diverses :

- éviter une saturation en écoulement libre ;
- conserver l'aspect circulaire d'un carrefour, imposé par l'environnement urbanistique ;
- maîtriser les flux de circulation (itinéraire à privilégier, file d'attente à contrôler...) ;
- une meilleure gestion des flux des piétons.

#### > Augmenter la capacité

S'il s'agit d'**augmenter la capacité** ou de gérer la traversée des piétons, nous recommandons alors de

transformer les giratoires en carrefour à feux avec îlot central (voir paragraphe 8.9.). Cela ne se fait pas simplement en implantant des feux. En effet, ce qui permet un bon fonctionnement de ce type de carrefour est essentiellement l'écartement entre l'entrée et la sortie d'une même branche.

Pour pouvoir écouler plus de trafic avec des feux sur un giratoire à 1 ou 2 voies, il faudra augmenter le nombre de voies, en entrée et sur l'anneau (voire en sortie). On pourra limiter les déflexions, en modifiant la forme de l'îlot central.

**Il suffit parfois de peu de modifications géométriques pour permettre la transformation.**

#### > Contrôler une remontée de queue

Si l'on souhaite **gérer occasionnellement une branche** par des feux tricolores, en amont de l'entrée, pour éviter ou réduire une file d'attente gênante ou dangereuse (sur bretelle de sortie de VRU, à proximité d'un passage à niveau...), il est préférable de ne traiter qu'une seule branche. Au-delà, on réalisera un carrefour à feux avec îlot central.

Conformément à l'instruction interministérielle sur la signalisation routière (6<sup>e</sup> partie, article 111,1), ce dispositif de contrôle de flot se fait au moyen de signaux R22J.

L'implantation des feux doit être étudiée en détail en respectant les points suivants :

- ne pas placer les feux au droit de l'anneau mais bien en amont car dans ce cas, ils ne gèrent pas les conflits entre véhicules au droit de l'intersection (éviter la confusion entre les feux et le cédez-le passage) ;
- placer les feux bien en amont des passages piétons car ils n'ont pas pour objectif de gérer les conflits entre piétons et véhicules.

Le signal lumineux est normalement éteint. En cas de besoin, il passe successivement du jaune clignotant au jaune fixe, au rouge puis au jaune clignotant avant de s'éteindre.

#### > Passages piétons à feux

L'adjonction de feux tricolores au droit des traversées piétonnes matérialisées est réservée aux entrées-sorties à deux voies minimum, et lorsque le trafic motorisé est important et que l'on veut privilégier une traversée piétonne (présence d'une école par exemple).

Les passages piétons sont éloignés d'au moins 15 m du carrefour pour deux raisons :

- limiter le risque qu'une file d'attente de véhicules ne perturbe le passage des piétons ;
- éviter qu'en régime fluide la vue d'un feu vert ne donne une fausse information sur le régime de priorité du carrefour.

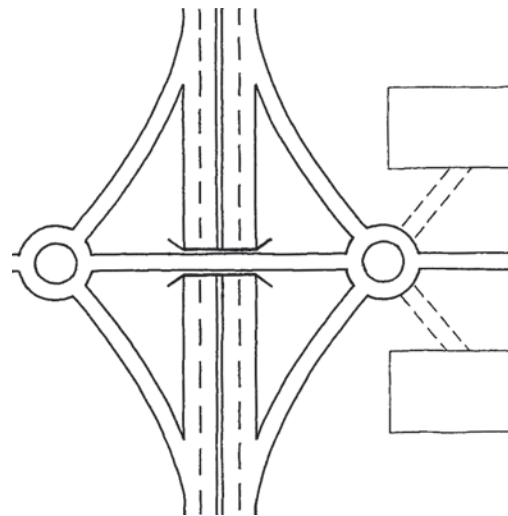
Le déclenchement des feux se fait par appel piéton avec réponse immédiate, un intervalle de 30 s étant cependant nécessaire entre deux cycles. Le temps de vert piéton est réduit au minimum, les temps de dégagement étant calculés en fonction de la largeur à traverser (1 seconde par mètre).

#### 9.11.4 Échangeur lunette

Cet échangeur correspond à deux giratoires aux carrefours des bretelles avec la voie franchie d'un échangeur en losange.

Ce type d'aménagement évite de faire des carrefours avec tourne-à-gauche central, très accidentogènes.

Ce type de carrefour permet, de plus, lorsque l'urbanisation se développe autour de l'échangeur, de brancher directement les accès sur une cinquième ou sixième branche du giratoire, alors que la solution du carrefour normal aurait nécessité la création d'un troisième et d'un quatrième carrefour.



# 10 Les passages souterrains à gabarit réduit (PSGR)

En milieu urbain, la dénivellation d'un carrefour doit être exceptionnelle ; elle ne peut être envisagée qu'au terme d'une étude préalable approfondie (voir partie 2 chapitre. 5.4). Elle nécessite également la comparaison avec des solutions d'aménagement du carrefour plan. Une attention toute particulière doit être portée à l'aménagement du carrefour de surface où l'on doit assurer la continuité urbaine, en particulier la circulation des cyclistes et piétons, mais aussi celle des véhicules non admis dans le passage souterrain (bus, poids lourds...).

Le présent chapitre précise les conditions de réalisation et les règles de conception des passages souterrains de courte longueur à gabarit réduit assurant le franchissement de carrefours.

Il ne traite pas des tunnels<sup>50</sup>, mini-tunnels, tranchées couvertes aménagés en section courante, pour la conception desquels on se référera à la documentation éditée par le Cetu<sup>51</sup> et le SETRA.

Le choix du ou des courants à déniveler ne doit pas exclusivement répondre à la recherche d'une fluidité maximale et durable du carrefour de surface.

Ce raisonnement pourrait en effet conduire à une réserve de capacité inutile car très supérieure à celles des carrefours amont et aval, ou à l'obligation, de proche en proche, de déniveler tous les carrefours de l'axe.

La dénivellation d'un courant gênant de tourne-à-gauche (pas nécessairement volumineux) peut suffire à décongestionner le carrefour et à lui procurer la capacité nécessaire aux besoins d'écoulement de l'axe le plus chargé.

sées par la proximité d'autres carrefours conduisent le plus souvent à adopter une hauteur libre dans l'ouvrage, inférieure à celle autorisant la circulation de véhicules au gabarit normal de 4,30 m (PSGN de hauteur libre 4,40 m).

Trois gabarits sont définis dans le guide PSGR de 1971 et le dossier pilote des tunnels (Cetu 1990) :

## > PSGR Type A : gabarit de 1,90 m (hauteur libre minimale de 2,10 m)

Ces ouvrages ne laissent passer que les voitures légères. Ils doivent être réservés à des utilisations bien particulières telles que l'accès à des parkings publics ou privés (centres commerciaux).

## > PSGR Type B : gabarit de 2,60 m (hauteur libre minimale de 2,80 m)

Ce gabarit autorise la circulation de plus de 80 % des véhicules utilisés en milieu urbain.

Les recommandations pour la conception des tunnels à gabarit réduit (RECTUR) préconisent un gabarit de 2,70 m permettant, outre l'accès de l'ensemble des ambulances de type voiture particulière, celui des fourgons VSAB et de certains bus urbains. Toutefois, la problématique est un peu différente du fait de la longueur plus importante des ouvrages.

## > Gabarit bus intermédiaire de 3,50 m (hauteur libre minimale de 3,70 m)

Ce gabarit permet la circulation des bus urbains et de certains véhicules de secours.

Les ouvrages au gabarit intermédiaire de 3,50 m ont des caractéristiques géométriques transversales et un profil en long plus confortable qui les rapprochent plus des PSGN. Leur implantation doit faire l'objet d'une réflexion approfondie quant à leurs

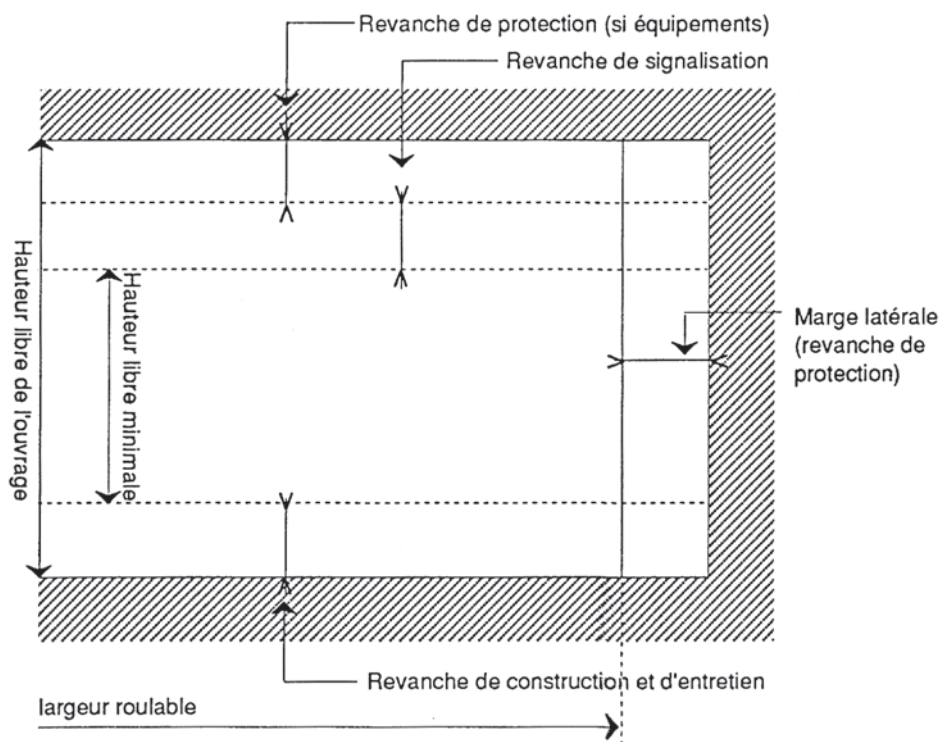
<sup>50</sup> Les tunnels sont définis par l'article R 118-1-1 du Code de la voirie routière et les dispositions de sécurité à mettre en œuvre figurent dans la circulaire interministérielle 2006-20 du 29 mars 2006 sur la sécurité des tunnels de plus de 300 m.

<sup>51</sup> Se référer au guide de recommandations pour la conception des tunnels urbains à gabarit réduit (RECTUR) édité par le Cetu en 1995.

## 10.1 Géométrie de l'ouvrage

### 10.1.1 Gabarit

Les contraintes hydrauliques, la présence de réseaux et les longueurs maximales de raccordement impo-



Dimensionnement de la hauteur des ouvrages

avantages par rapport à ceux d'un PSGN ou d'un PSGR type B.

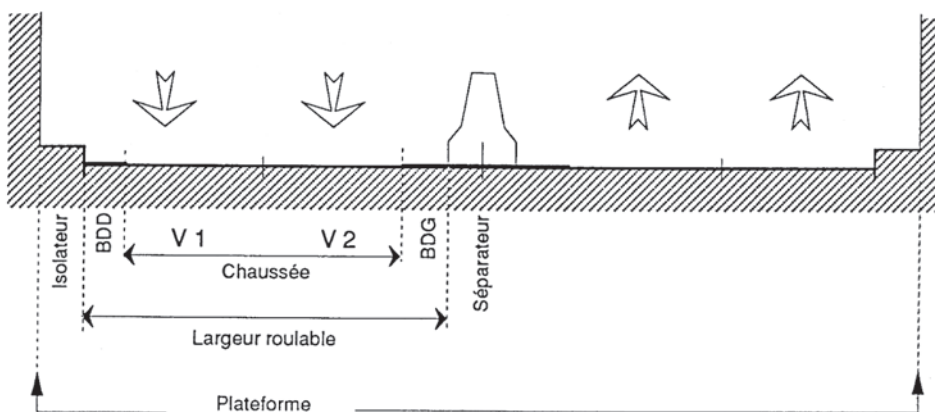
Pour la détermination de la hauteur libre minimale de l'ouvrage, des revanches de construction et d'entretien, des revanches verticales et latérales de protection, on se reportera à la circulaire du 17 octobre 1986 et aux recommandations pour la conception des tunnels urbains à gabarit réduit (RECTUR).

Une enquête sur la hauteur des véhicules du courant à déniveler permettra au concepteur de choisir le gabarit de l'ouvrage le mieux adapté aux besoins.

### 10.1.2 Profil en travers

La plate-forme d'un passage souterrain comprend :

- les isolateurs latéraux, constitués d'un trottoir ou d'un bute-roues ;
- les bandes dérasées et, exceptionnellement, des bandes d'arrêt d'urgence ;
- la chaussée, composée d'une ou plusieurs voies de circulation ;
- un séparateur central dans les ouvrages bidirectionnels.



Éléments constitutifs du profil en travers



### > Largeur minimale de la plate-forme

Elle se mesure de piédroit à piédroit au niveau de la chaussée et dépend :

- de la largeur des voies ;
- du nombre de voies ;
- des dispositions particulières prises pour l'exploitation en cas de panne et la sécurité des usagers en détresse circulant à pied dans l'ouvrage.

### > Largeur minimale des voies

- 2,80 m pour un PSGR de type A ;
- 3,00 m pour un PSGR de type B ;
- 3,50 m pour un gabarit de 3,50 m au moins.

### > Largeur des couloirs de circulation

En fonction de l'importance du trafic attendu sous le PSGR et de la longueur de l'ouvrage, le projeteur doit se poser la question de permettre ou non la conservation du nombre de files au droit d'un véhicule en panne, ce qui joue sur la largeur roulable.

Le dimensionnement de la largeur roulable utilise la notion de couloir de circulation, qui fixe la largeur minimale dont a besoin le véhicule au droit de l'incident. La largeur des couloirs dépend de la vitesse et peut être définie par le tableau ci-dessous.

Dans les ouvrages courbes de rayon inférieur à 200 m, les couloirs de circulation devront comporter des surlargeurs de giration de valeur  $S = 8/R$  pour les VL et  $S = 22/R$  pour les PL (cas des gabarits intermédiaires de 3,50 m).

Le nombre de voies est fonction des débits de pointe à écouler, de la fréquence et de la durée de ces pointes, et de la capacité de l'axe dénivelé à terme (capacité des carrefours amont et aval).

Une saturation temporaire de l'ouvrage en pointe est admise lorsque le débit total écoulé par le carrefour (courant dénivelé et courants de surface) est inférieur ou égal à la capacité maximale de l'axe. L'élargissement de l'ouvrage conduirait au dépassement de cette capacité et procurerait un confort d'usage excessif, voire dangereux en heures creuses (dépassements, excès de vitesse).

Les valeurs suivantes des débits de saturation d'une file de circulation sont données à titre indicatif pour le dimensionnement de l'ouvrage et du carrefour de surface :

- ouvrages unidirectionnels : 2 000 véh/h ;
- ouvrages bidirectionnels : 1 600 véh/h.

Ces débits sont variables en fonction de la géométrie de l'ouvrage (visibilité en courbe, déclivité) et des conditions d'écoulement amont et aval (entrecroisement des flux notamment).

### > Isolateurs latéraux

Les isolateurs ont pour fonction de permettre la circulation exceptionnelle de piétons (conducteurs de véhicules en panne, entretien), de mettre hors gabarit les différents équipements, de permettre le passage de réseaux et d'offrir un dégagement latéral de visibilité en courbe.

#### ■ Circulation des piétons

Il est préférable d'interdire la circulation des piétons dans les passages souterrains. Si ceux-ci y sont admis, le trottoir devra répondre aux exigences d'accessibilité pour les PMR (largeur minimum de 1,40 m, pente longitudinale maximale de 5 %...). Dans les autres cas, le trottoir sert d'isolateur latéral :

- dans les ouvrages à gabarit normal, il est constitué soit d'un trottoir de service (largeur

	VL gabarit = 1,90 m	Fourgon gabarit = 2,60 m	Camion gabarit = 3,50 m
Véhicule arrêté	2,15 m	2,35 m	2,85 m
Véhicule au pas	2,30 m	2,50 m	3,00 m
Véhicule à 40-50 km/h (vitesse prudente)	2,70 m	2,80 m	3,25 m

Détermination de la largeur des couloirs de circulation

minimale : 0,75 m), soit d'un simple bute-roues (0,50 m). Dans les ouvrages courts (dénivellation de carrefour), l'aménagement de trottoirs n'est pas justifié ;

- dans les PSGR, l'isolateur est un bute-roues de largeur minimale 0,40 m. En général, il n'est pas prévu de bandes dérasées, sauf dans les ouvrages unidirectionnels à une seule voie où l'on doit permettre le dépassement d'un véhicule en panne.

La présence de goussets en plafond détermine la largeur des isolateurs en fonction du dévers de la voie et des revanches latérales et verticales de protection.

L'aménagement de BAU n'est justifié que dans le cas de PSGN à fort débit et à vitesse élevée, où l'on veut privilégier l'écoulement de l'axe dénivelé et maintenir un niveau de service homogène avec des caractéristiques transversales continues dans l'ouvrage.

Ces objectifs sont en règle générale en opposition avec les contraintes d'emprise et les exigences de modération de la vitesse propres au milieu urbain.

### ■ Protection des équipements

Des revanches latérales et verticales de protection seront à prévoir lorsque l'ouvrage comportera des équipements. Pour la détermination de ces revanches, on se reportera au guide Cetu des tunnels de décembre 1990.

### ■ Dégagement latéral de visibilité

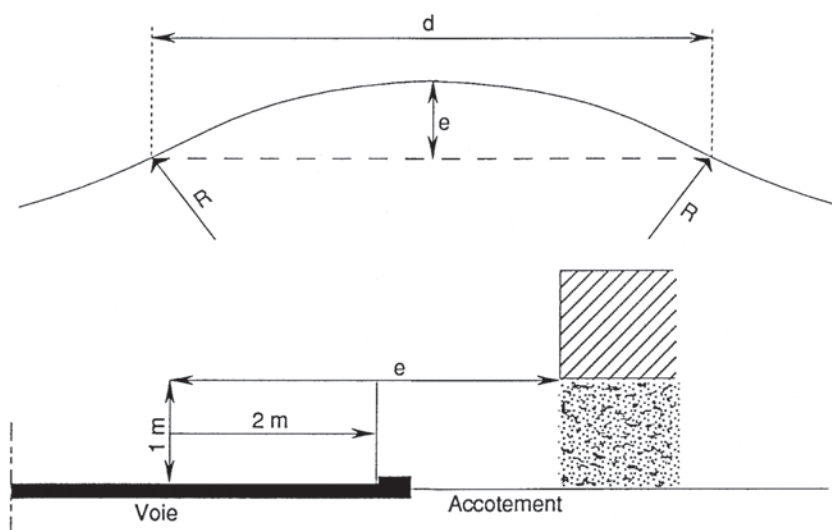
Dans les ouvrages droits ou à faible courbure, la visibilité est conditionnée par les caractéristiques du profil en long. La visibilité sur un obstacle au sol de hauteur supérieure à 0,15 m, situé à la distance d'arrêt, doit être assurée en tout point de l'ouvrage.

La distance d'arrêt doit tenir compte de l'influence de la pente et de la courbe.

Dans les ouvrages courbes, la visibilité de l'utilisateur est conditionnée par le profil en travers de l'ouvrage.

La visibilité sur un véhicule à l'arrêt de 1 m de hauteur, situé à la distance d'arrêt, doit être assurée en tout point de l'ouvrage.

L'application de la règle de dimensionnement des dégagements latéraux de visibilité, définie par le



R	50 m	120 m	
Vitesses pratiquées	50 km/h	50 km/h	70 km/h
Dégagement latéral de visibilité e (1 s)	3,20 m	1,35 m	4,70 m

Dégagements latéraux de visibilité

guide PSGR 71 du SETRA, peut conduire à des valeurs excessives entraînant un surcoût de construction rédhibitoire et une élévation dangereuse des vitesses en heure creuse (notamment sur la voie extérieure à la courbe, dans le cas des ouvrages unidirectionnels à 2 voies).

Cette règle a pour base de calcul :

- la distance d'arrêt  $d$  comprenant un temps de perception-réaction d'1 seconde avant l'action de freinage ; le temps de perception-réaction d'1 seconde est retenu, plutôt que 2 secondes, car il caractérise mieux l'état de vigilance de l'utilisateur circulant en milieu urbain dans ce type d'ouvrage ;
- un conducteur placé à 2 m du bord droit de la voie.

Le dégagement latéral (distance entre le conducteur et le parement intérieur) est donné par la formule :

$$e = d^2/8R$$

( $R$  = rayon de la trajectoire du conducteur).

Le tableau de la page précédente donne, à titre indicatif, les dégagements latéraux de visibilité correspondant à des rayons de 50 et 120 m, avec des vitesses pratiquées de 50 et 70 km/h et un temps de perception-réaction d'1 seconde.

### > Bandes dérasées et séparateurs

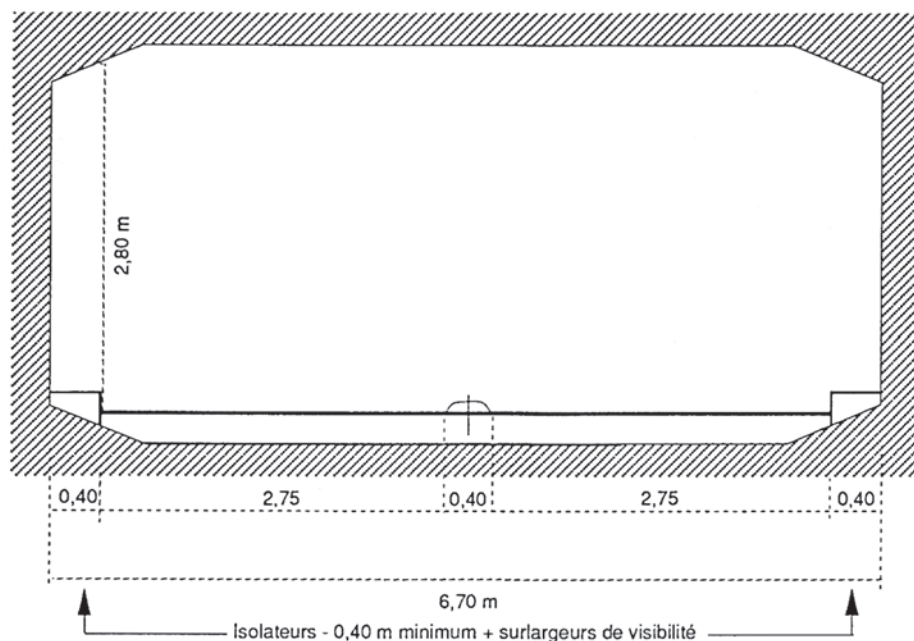
Dans les ouvrages bidirectionnels, le séparateur central est soit :

- un bute-roues de largeur minimale 0,40 m et de hauteur minimale 0,20 m, qui a pour fonction d'empêcher les dépassements et de lutter contre les excès de vitesse, mais qui n'empêche pas les franchissements accidentels ;
- un dispositif de retenue destiné à empêcher tout franchissement.

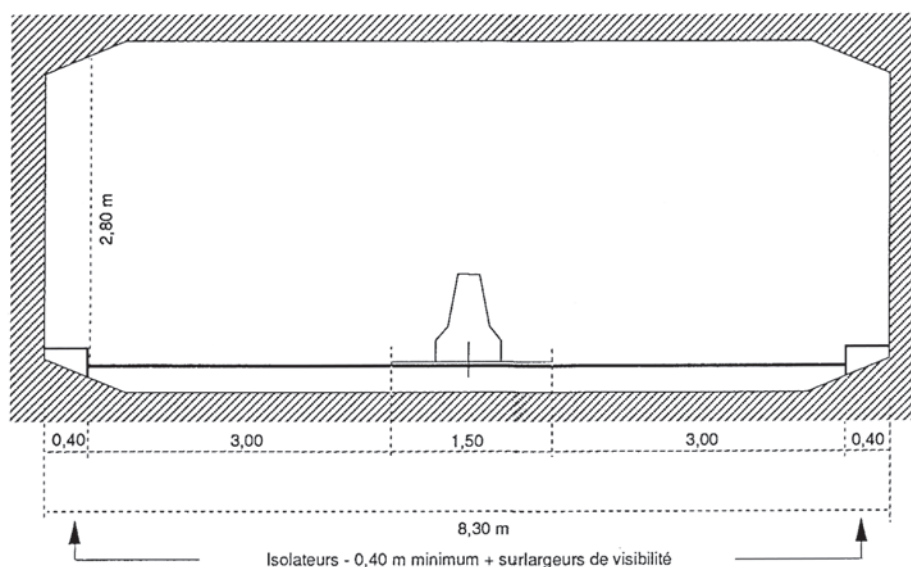
La largeur minimale d'un séparateur infranchissable comportant une glissière type DBA est d'1,50 m.

Cette solution doit être envisagée systématiquement dans les ouvrages à 2 x 2 voies et les ouvrages à 2 x 1 voie, où les vitesses et les risques de franchissement seront élevés (ouvrages courbes, approche rapide).

### Exemples de profils en travers



PSGR B (2,60 m) bidirectionnel - 2 voies - avec séparateur franchissable



PSGR B (2,60 m) bidirectionnel – 2 voies – avec séparateur infranchissable

### 10.1.3 Profil en long

Le guide PSGR 71 prévoit des caractéristiques conçues pour des vitesses de référence de 40 et 60 km/h, qui ne correspondent plus aux vitesses réglementaires actuelles en ville.

Le tableau ci-après donne les valeurs minimales des rayons paraboliques et les pentes maximales :

Les valeurs minimales en point haut procurent la visibilité suffisante pour des vitesses respectant les limitations imposées en ville (distance de visibilité sur obstacle > distance d'arrêt).

Pour des vitesses supérieures, dont la pratique peut être constatée à l'approche comme à l'intérieur des ouvrages, les pertes de visibilité deviennent rapidement importantes et peuvent occasionner des collisions arrière, et en chaîne, ou des renversements de piétons traversant aux extrémités des trémies.

À titre d'exemple, à 80 km/h, dans un ouvrage aux caractéristiques minimales en profil en long, les pertes de visibilité sur obstacle sont d'environ 70 m en entrée et 50 m en sortie ; il ne faut surtout pas, pour autant, offrir des conditions de visibilité correspondant à 80 km/h car cela inciterait les usagers à pratiquer des vitesses encore plus élevées.

Le traitement de l'approche semble être la meilleure façon de contraindre l'utilisateur à adapter sa vitesse aux conditions de visibilité offertes par l'ouvrage.

Le rayon en point bas sous l'ouvrage doit assurer :

- la visibilité sous plafond à la distance d'arrêt, l'œil du conducteur étant situé à 1 m du sol ;
- la limitation de l'accélération verticale à  $g/20$ .

Les valeurs minimales indiquées dans le tableau ci-dessous, liées au respect de la seconde condition, procurent en général au conducteur une visibilité supérieure à la distance d'arrêt.

Type d'ouvrage Gabarit Vitesse réglementaire de l'axe dénivelé	PSGR B 2,60 m 50 km/h	PSGR A 1,90 m 50 km/h	PSGR B 2,60 m 70 km/h
Rayon convexe	500 m	500 m	1 400 m
Rayon concave	400 m	400 m	800 m
Déclivité maximale instantanée	9 ‰	9 ‰	8 ‰

Valeurs minimales des rayons paraboliques et pentes maximales

### 10.1.4 Caractéristiques en plan

Les valeurs minimales en plan sont rarement atteintes, hormis pour les dénivellations de courants de tourne-à-gauche ; on respectera les valeurs minimales données par les instructions techniques et rappelées ci-après :

Vitesse réglementaire	50 km/h	70 km/h
R m	80 m	200 m
Dévers maximal	4 ‰	4 ‰

*R m : minimal absolu au dévers maximal*

Un tracé en plan contraignant, avec des caractéristiques transversales réduites créant un effet de parois dissuasif, paraît contribuer efficacement à l'abaissement des vitesses et à une meilleure sécurité.

Le dévers ne devra pas dépasser 4 ‰, quitte à augmenter sensiblement le rayon minimal (de l'ordre de 20 ‰ au maximum), si la vitesse réellement pratiquée par les usagers risque d'être très supérieure à la vitesse de référence de l'ouvrage, ou si des problèmes d'adhérence sont prévisibles (drainage, gel, etc.).

## 10.2 Équipements d'exploitation

### 10.2.1 Accès

L'accès au PSGR doit être traité par affectation de voie. La signalisation directionnelle et le marquage au sol doivent être prévus en conséquence. Toutefois, l'engagement d'un usager dans un ouvrage à caractéristiques réduites (gabarit limité, voie étroite, visibilité et vitesses réduites) doit résulter d'un acte conscient et volontaire, et l'on veillera donc à ce que l'usager soit clairement informé et préparé aux conditions particulières de circulation dans l'ouvrage : vitesse modérée, conduite en attention soutenue.

L'accès à l'ouvrage par un dispositif de type déboîtement n'est envisageable que dans des cas très particuliers : PSGR unidirectionnel à une voie avec un trafic important vers le carrefour de surface, dénivellation d'un courant de tourne-à-gauche, faible vitesse d'approche.

### 10.2.2 Équipements

Les systèmes de détection des véhicules hors gabarit sont de type mécanique (gabarit souple à lames verticales alertant l'usager par effet sonore) ou électronique (cellules optiques activant le clignotement d'un panneau lumineux).

La signalisation directionnelle et les équipements de tri des véhicules hors gabarit sont composés, dans le sens de circulation, de :

> **Un portique de présignalisation** dégageant le gabarit normal.

Ce portique peut comporter des feux de balisage des voies pour prévenir l'usager de la fermeture éventuelle de l'ouvrage.

La présignalisation de la voie affectée au PSGR supporte un panneau B12 d'interdiction d'accès aux véhicules de hauteur supérieure au gabarit.

La voie affectée vers le carrefour de surface comporte la mention « Toutes directions ».

La circulaire du 22 mars 1982 précise les distances d'implantation de la présignalisation en fonction du nombre de voies affectées et de la vitesse d'approche.

> **Une signalisation avancée sur portique ou potence** comportant le système de détection des véhicules hors gabarit (gabarit souple à lame verticale détection optique).

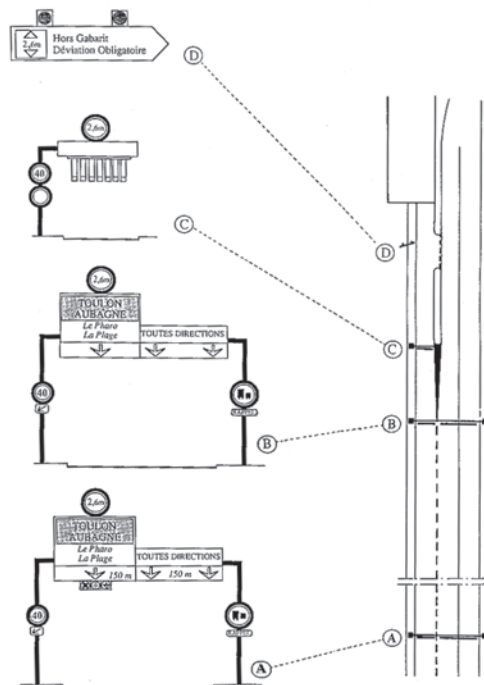
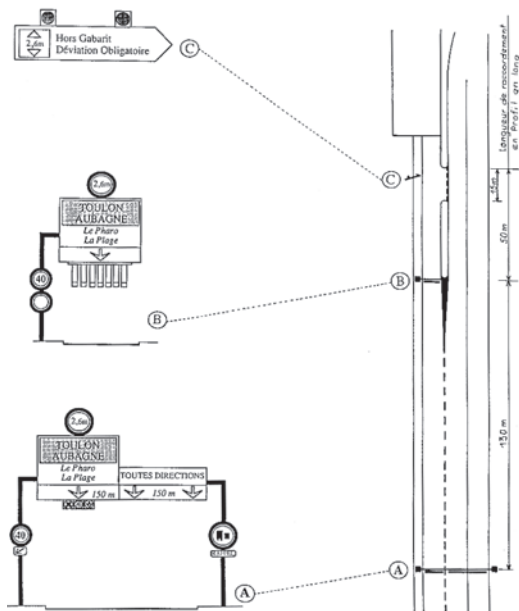
La signalisation avancée est implantée à l'origine de l'îlot séparateur.

> **Une indication de sortie (panneau SC7)**, avec flashes clignotants activés au passage d'un véhicule sous le détecteur, guidant les véhicules détectés vers l'échappatoire.

La distance entre le détecteur et l'échappatoire est déterminée par la vitesse d'approche et la distance d'arrêt du véhicule.

La forme et la longueur de l'échappatoire doivent permettre le dégagement du véhicule hors gabarit, et sa réinsertion dans le flux de surface dans de bonnes conditions de confort et de sécurité, sans toutefois inciter les usagers à contourner les équipements pour entrer dans le PSGR.

Au minimum, une ligne continue doublée d'un pointillé côté PSGR interdira ces manœuvres.



### 10.3 Carrefour de surface

Les carrefours où sont projetés des PSGR sont souvent complexes dans leur état initial ; ils écoulent un trafic important et leurs emprises sont étendues.

Le fonctionnement du carrefour de surface, qui écoulera après aménagement un trafic principale-

ment constitué de mouvements tournants, devra minimiser les inconvénients suivants, souvent présents :

- élévation de la vitesse d'approche due à la fluidité de l'axe dénivelé ;
- vaste espace central contribuant à une mauvaise compréhension réciproque des usagers et à un mauvais guidage.

On s'efforcera d'assurer la cohérence de l'axe dénivelé, mais aussi du carrefour, avec les carrefours adjacents, aussi bien sur l'axe principal que sur la transversale.

L'aménagement projeté devra permettre une redistribution de l'espace au bénéfice des riverains et des exigences de la vie urbaine : continuité et protection des cheminements piétons, arrêts des transports collectifs, desserte des riverains, stationnement, etc.

### 10.4 Sécurité

L'aménagement d'un PSGR implique généralement de nouveaux dysfonctionnements :

- il accroît de façon générale l'effet de coupure de la voie ;
- il allonge les cheminements des piétons ;
- il aggrave les accidents piétons, notamment aux extrémités des trémies : emprises plus importantes, vitesses plus élevées, fluidité du trafic.

Pour cette raison, il faut éloigner les passages piétons des entrées-sorties du PSGR et contraindre les piétons à un détour.

La solution des passages piétons protégés par des feux en sortie de PSGR est à proscrire car elle est incohérente avec la fluidité offerte à l'automobiliste, qui ne perçoit pas les feux ou qui, parfois, les franchit consciemment.

L'aménagement d'un PSGR perturbe également le fonctionnement de la desserte riveraine en interdisant toute traversée de l'axe dénivelé et peut occasionner des retournements dangereux aux extrémités des trémies. Ces retournements devront être facilités dans les carrefours voisins, ou sur les voies secondaires.



*L'aménagement du carrefour de surface doit assurer la continuité urbaine. (photo : Cete Normandie-Centre)*

Lorsque le carrefour de surface est exploité par des feux, on a pu observer des accidents dus au non-respect de la signalisation tricolore, lorsque la vitesse d'approche du carrefour, accrue par la présence du PSGR, devenait excessive et incompatible avec la distance de perception du carrefour. Un traitement adapté de l'approche du carrefour, mais aussi de l'ouvrage, doit être réalisé dès la mise en service.

Les travaux du groupe de travail sur la sécurité des PSGR, piloté par le Certu en 1988, ont permis d'établir, à partir des problèmes de fonctionnement relevés sur un échantillon de 30 ouvrages implantés en milieu urbain, diverses recommandations :

- éviter, compte tenu des problèmes de visibilité que pose le profil en long des PSGR, leur implantation (du moins avec les caractéristiques minimales) sur les axes où la vitesse pratiquée s'écarte de la vitesse réglementaire ;
- mener une réflexion approfondie sur l'opportunité de l'aménagement et la cohérence avec le réseau dans lequel il s'insère, sur le choix de l'axe à déniveler, et sur le type de carrefour de surface ;
- effectuer une étude détaillée des conséquences de l'implantation d'un PSGR en matière de perturbation des activités riveraines, de transformation de la perception de la voie par l'automobiliste, de modification des conditions d'utilisation de la voie par les usagers autres que les automobilistes ;
- intégrer à la conception du PSGR des mesures destinées à reconstituer une situation acceptable pour tous : soin dans le traitement visuel et qualitatif de l'aménagement, déplacement des arrêts de bus, préservation des traversées piétonnes, longueur et traitement de la partie couverte et des abords des trémies ;
- mettre en place un revêtement de chaussée antidérapant à l'intérieur du PSGR et veiller régulièrement à la qualité de son état de surface ;
- implanter un dispositif d'assainissement apte à éviter les accumulations d'eau de ruissellement au point bas des PSGR ;
- veiller à ce que le système de détection des véhicules hors gabarit soit fiable et lisible ; on se référera, pour sa conception, à la note d'information 62 d'août 1988 éditée par le SETRA.







# Annexes

---

Carrefours à feux

Carrefours giratoires

Carrefours plans sans feux

# 1 Carrefours à feux

## 1.1 Définitions

Les termes techniques utilisés pour la conception d'un carrefour à feux et de son fonctionnement ont fait l'objet en décembre 1991 de la norme expérimentale Feux de circulation – Terminologie, P 99-000.

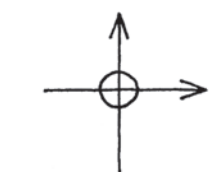
### 1.1.1 Conflit

Un conflit est la rencontre en un même lieu et au même moment d'au moins deux mouvements directionnels d'usagers de la voirie (véhicules ou piétons). Il convient de distinguer deux types de conflits :

- les conflits primaires ;
- les conflits secondaires.

#### > Conflits primaires

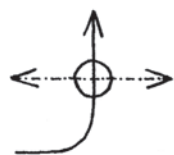
Ils sont à éliminer systématiquement dans un carrefour à feux. Ils sont constitués de la rencontre de deux mouvements sécants :



Véhicules - Véhicules



Véhicules - Piétons

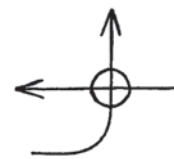


Cas particulier,  
Si phase spéciale T.A.G. :  
T.A.G. - Piétons

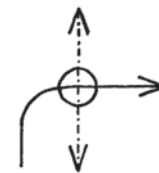
#### > Conflits secondaires

Ce sont des conflits gênants, mais pour lesquels le respect des règles du Code de la route permet de gérer sans ambiguïté les priorités à donner.

Ils sont généralement tolérés, cependant l'analyse au cas par cas peut conduire, pour des raisons de fluidité, de confort ou de sécurité, à séparer les mouvements en cause.



T.A.G. - Direct



T.A.D. - Piétons

### 1.1.2 Phase de circulation ou de trafic

Période pendant laquelle un ou plusieurs courants directionnels sont admis simultanément dans le carrefour. On regroupera au sein d'une même phase le maximum de courants compatibles.

Par extension, et dans le cas de recouvrement de lignes dans un fonctionnement séquentiel (voir définition ci-après), une phase est aussi la période pendant laquelle une ligne au moins est au vert sur des états successifs.

### 1.1.3 Phasage

Ordonnement des phases de circulation dans un carrefour à feux.

### 1.1.4 État des feux

L'état des feux d'une ligne, à un instant donné, est la situation dans laquelle se trouve le signal ou les signaux commandés par la ligne.

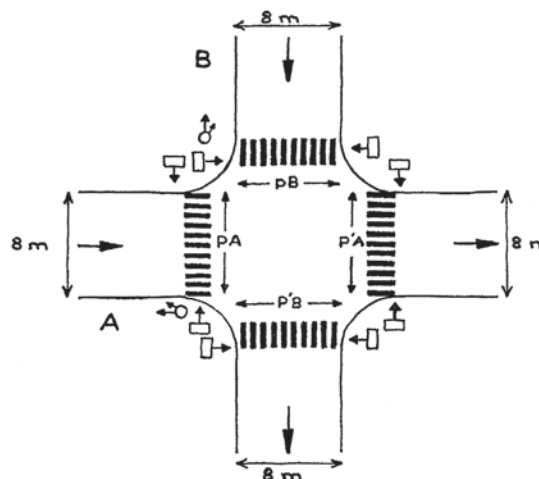
L'état des feux d'un carrefour, à un instant donné, est la configuration des états de feux de l'ensemble des lignes.

Par abus de langage, ce peut être la période pendant laquelle les feux restent dans la même configuration.

### 1.1.5 Ligne d'effet des feux

C'est la ligne au droit de laquelle les véhicules doivent se soumettre aux indications des signaux tricolores.

Cette ligne est en général matérialisée par un marquage approprié portant le même nom ou, le cas échéant, par le marquage d'un passage piéton. À défaut de marquage, elle se situe toujours dans un plan vertical passant par le signal tricolore qui lui est associé, perpendiculaire à l'axe de la voie.



### 1.1.6 Rouge de dégagement

C'est la durée minimale qui s'écoule entre le passage au rouge d'une ligne de feux et l'ouverture d'une ligne de feux qui lui est antagoniste.

Sa durée est calculée pour permettre aux usagers, engagés à la dernière seconde de vert piéton ou de jaune fixe véhicule de la première ligne, de dégager le point de conflits avant l'arrivée au même point des usagers s'engageant à l'ouverture de la deuxième.

Les vitesses des usagers généralement prises en compte pour déterminer cette durée sont :

- 1 mètre par seconde (m/s) pour les piétons (voire 0,75 m/s pour des zones sensibles – personnes âgées, handicapés, etc.) ;
- 10 m/s pour les automobiles.

### 1.1.7 Matrices des incompatibilités de rouge de dégagement

La matrice des incompatibilités (ou des antagonismes) est une matrice carrée symétrique dans laquelle chaque élément indique si les deux courants, auxquels il correspond, peuvent être admis simultanément ou non.

La matrice de rouge de dégagement est issue de la précédente. Dans chacune de ses cases, on indique la

durée de rouge de dégagement nécessaire entre les divers courants incompatibles.

Cette dernière matrice doit donc être symétrique, en ce qui concerne les cases à renseigner, mais non en ce qui concerne leur contenu. (voir schéma ci-après).

	A	B	pA	p'A	pB	p'B
A						
B						
pA						
p'A						
pB						
p'B						

■ compatible  
 ■ incompatible

Matrice des incompatibilités

	A	B	pA	p'A	pB	p'B
A		1	0	1		
B	1				0	1
pA	8					
p'A	7					
pB		8				
p'B		7				

Matrice des rouges de dégagement (temps en s)

### 1.1.8 Cycle d'un carrefour à feux

C'est le temps séparant deux passages successifs de l'ensemble des feux d'un carrefour par le même état.

Un carrefour peut avoir un fonctionnement cyclique ou acyclique.

### 1.1.9 Fonctionnement séquentiel

Façon de décrire, dans un fonctionnement cyclique, le déroulement des lignes par un enchaînement d'états

de l'ensemble des feux dont la nature et l'ordre sont figés, mais dont la durée, le cas échéant nulle, peut varier. Ce type de fonctionnement est facilement représenté par un diagramme séquentiel.

### 1.1.10 Plan de feux de sécurité

Plan de feux qui satisfait, dans un fonctionnement cyclique, aux contraintes de temps minimaux de sécurité : rouges de dégagement, jaunes fixes et verts minimaux, et dont les durées sont incompressibles. Ce plan de feux n'est généralement pas applicable sur le terrain, mais il sert à définir les contraintes de sécurité imposées à tous les plans de feux.

## 1.2 Calcul de capacité

La réserve de capacité d'un carrefour est définie comme la différence entre la capacité théorique maximum et la demande de trafic, exprimées toutes deux en unité de véhicules particuliers directs par heure et par voie (uvpdh/h par voie). Elle peut être énoncée en pourcentage.

### 1.2.1 Demande du carrefour

Le phasage a permis d'organiser, en gérant à la fois l'espace et le temps, les différents mouvements de circulation.

Le calcul de la demande du carrefour va être constitué d'une série d'opérations visant à ramener tout

carrefour, si complexe soit-il, à une unité très simple qui est l'unité de véhicules particuliers directs par heure et par voie (uvpdh/h par voie).

### > Transformation des comptages directionnels effectués par catégorie de véhicules en comptages exprimés en unité de véhicules particuliers par heure (uvp/h).

Cette transformation pourra être effectuée à l'aide des coefficients d'équivalence suivants :



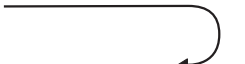


- Un deux-roues (lourd ou léger) = 0,3 uvp
- Un véhicule léger (< 3,5 t) = 1 uvp
- Un poids lourd ou un bus (> 3,5 t) = 2 uvp

Un coefficient d'équivalence de 3 pourra être utilisé pour les bus articulés, les semi-remorques...

### > Transformation des comptages directionnels (uvp/h) en trafic équivalent exprimé en unité de véhicules particuliers directs par heure (uvpdh/h).

Il s'agit de savoir à combien de véhicules directs équivaut un véhicule effectuant un mouvement particulier (tourne-à-droite ou tourne-à-gauche).

Cette transformation sera effectuée grâce à des coefficients d'équivalence qui ont pour effet de majorer le débit d'une entrée en fonction de la gêne

TYPE DE MOUVEMENT		Coefficient
	Direct non gêné	1,0
	Mouvement tournant soumis à une giration à 90°	1,1
	Mouvement tournant soumis à une giration difficile (angle aigu)	1,2
	Mouvement tournant non prioritaire, avec un flux piétons important (+ de 250 piétons/h environ)	1,3 ou plus*
	Mouvement tournant non prioritaire par rapport à un flux de véhicules et dont la zone de stockage est insuffisante	1,1 à 1,7**

\* On prendra 1,3 si les piétons offrent aux véhicules du mouvement tournant des possibilités de dégager leur entrée (ou de se stocker sans gêner le mouvement direct), et plus dans le cas contraire.

\*\* Ce coefficient varie dans de très grandes proportions, selon trois paramètres principaux :

1°) proportion du mouvement tournant par rapport au mouvement direct sur l'entrée considérée ;

2°) nombre de files de circulation sur cette même entrée ;

3°) nombre de véhicules pouvant se stocker dans le carrefour, sans bloquer la file, etc.

que les mouvements tournants génèrent sur cette entrée par leurs ralentissements, leurs stockages.

Ces coefficients ne seront appliqués que dans la mesure où la gêne est réelle, notamment lorsque les mouvements tournants ne disposent pas de phases spéciales et sont dépendants d'un mouvement prioritaire (piétons ou véhicules), ou soumis à des rayons de giration difficiles.

Pour chacune des entrées, on détermine les coefficients d'équivalence en fonction des types de mouvements.

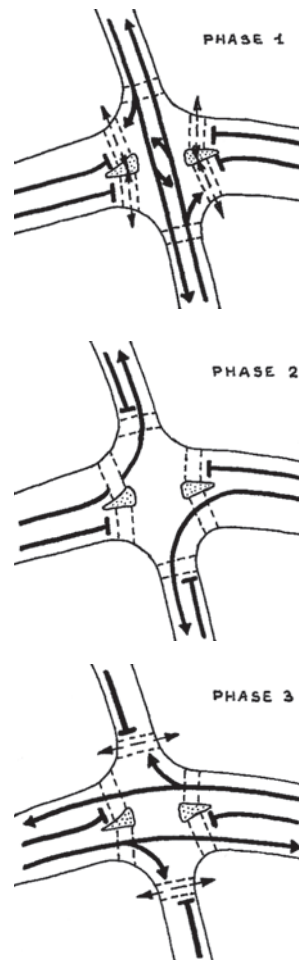
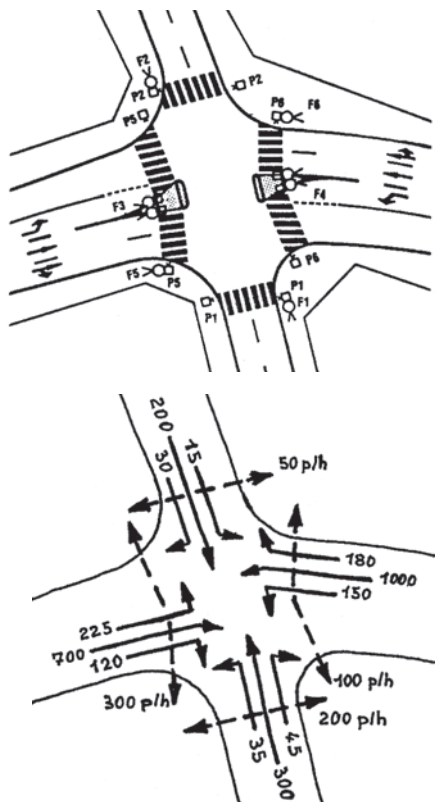
En ce qui concerne les tourne-à-gauche :

- on les pondère comme de simples mouvements tournants, sans conflits, s'ils sont en phase propre ; l'entrée est alors recalculée sur (n-1) files et une demande réduite du débit des tourne-à-gauche ;
- on les pondère de 1,1 à 1,7 s'ils s'écoulent en utilisant les créneaux du trafic adverse et ne disposent pas d'une file spécialisée.

On notera l'intérêt de diminuer la durée du cycle pour minimiser l'influence de ce coefficient.

Exemple :

Soit un carrefour dont le découpage en phases, et les débits directionnels exprimés en uvp/h, sont les suivants :



Pour ce découpage en phases, les débits équivalents en uvpdh/h pour chaque courant seront les suivants :

- Courant commandé par le feu F1 (toutes directions)  
 $300 + (45 \times 1,1) + (35 \times 1,5) = 400$  uvpdh/h
- Courant commandé par le feu F2 (toutes directions)  
 $200 + (30 \times 1,3) + (15 \times 1,5) = 260$  uvpdh/h
- Courant commandé par le feu F3 (mouvement tourne-à-gauche)  
 $225 \times 1,1 = 250$  uvpdh/h
- Courant commandé par le feu F4 (mouvement tourne-à-gauche)  
 $150 \times 1,1 = 165$  uvpdh/h
- Courant commandé par le feu F5 (mouvements direct et tourne-à-droite)  
 $700 + (1,1 \times 120) = 830$  uvpdh/h
- Courant commandé par le feu F6 (mouvements direct et tourne-à-droite)  
 $1\ 000 + (1,1 \times 180) = 1\ 200$  uvpdh/h

### > Transformation des uvpd/h en unités de véhicules particuliers directs par heure et par voie (uvsd/h par voie).

Il est évident qu'un trafic, s'appliquant sur une entrée donnée, n'aura pas la même influence sur celle-ci selon qu'il dispose d'une ou plusieurs voies.

Il convient donc de calculer, pour chacune des entrées du carrefour, le débit équivalent par voie.

Ce calcul sera effectué en divisant le débit par le nombre de voies de l'entrée sur laquelle il s'applique ; si les voies sont affectées à des mouvements particuliers, on retiendra le débit de la voie la plus chargée.

Cette règle pourra poser des problèmes au projecteur dans certains cas limites : combien de voies doit-on considérer sur une largeur d'entrée de 5 m ?

L'examen des conditions d'écoulement du trafic permettra de lever l'ambiguïté. La référence de base étant une voie de 3 m dont le débit de saturation est 1 800 véhicules/h, soit un véhicule toutes les deux secondes dans de bonnes conditions de fonctionnement ; on pourra considérer des fractions de voie.

Dans l'exemple proposé, les entrées F5 et F6 offrent chacune deux voies de circulation (celle de droite est empruntée à la fois par des véhicules directs et par des tourne-à-droite).

Les débits en uvsd/h par voie seront donc respectivement :

- Entrée F1 : 400 uvsd/h par voie.
- Entrée F2 : 260 uvsd/h par voie.
- Entrée F3 : 250 uvsd/h par voie.
- Entrée F4 : 165 uvsd/h par voie.
- Entrée F5 :  $830/2 = 415$  uvsd/h par voie.
- Entrée F6 :  $1200/2 = 600$  uvsd/h par voie.

#### Cas particulier d'une entrée affectée d'une surlargeur de longueur limitée

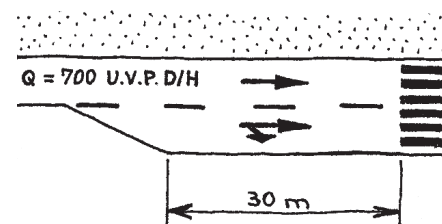
Ce cas est extrêmement fréquent, qu'il résulte d'une surlargeur réelle ou d'une surlargeur fictive générée par une interdiction de stationner à quelques dizaines de mètres de la ligne de feux.

Dans ces conditions, se pose le problème de savoir quel débit on doit affecter sur la file de gauche, qui peut être considérée de longueur infinie en fonction de la présence de la surlargeur d'une longueur finie.

En fait, l'utilisation de cette surlargeur est variable suivant les situations :

- en période de saturation, elle sera utilisée comme voie de stockage pendant la durée du rouge et comme voie de roulement pendant le vert ;
- en période de fluidité, elle sera utilisée, au mieux, comme voie de stockage, une coordination pouvant l'annuler complètement.

Soit la configuration suivante :



La file de droite, de longueur égale à 30 m, admet un stockage de 6 uvp par cycle (1 uvp = 5 m de long).

En première approximation, on peut utiliser l'hypothèse défavorable du cycle de 90 s (40 cycles/heure) ; cette file débite donc au moins  $40 \times 6 = 240$  uvp/h car elle risque de ne pas être utilisée en fin de vert par les véhicules arrivant en écoulement libre. Le calcul sera donc poursuivi avec seulement la file de gauche supportant un débit de 460 uvp/h.

### > Détermination des courants prépondérants de chaque phase

Pour l'ensemble des courants admis en même temps dans le carrefour, on retient celui qui a la valeur maximale exprimée en uvsd par heure et par voie et cela pour chaque phase.

Pour le carrefour fonctionnant en 3 phases de l'exemple :

- Phase 1 : on retient le débit de 400 uvsd/h par voie max. (400, 260).
- Phase 2 : on retient le débit de 250 uvsd/h par voie max. (250, 165).
- Phase 3 : on retient le débit de 600 uvsd/h par voie max. (415, 600).

### > Détermination de la demande du carrefour

C'est la somme des courants prépondérants de chacune des phases exprimée en uvpdh/h par voie.

Dans notre exemple, cette demande sera de :  
 $400 + 250 + 600 = 1\,250$  uvpdh/h par voie.

#### 1.2.2 Capacité théorique maximale du carrefour

Les lois de poursuite des véhicules font qu'une voie de circulation ne peut admettre, au maximum, qu'un certain débit appelé « débit de saturation » dont la moyenne s'établit aux environs de 1 800 uvpdh/h (soit un véhicule toutes les deux secondes).

On a vu que la succession des phases entraînait des ruptures dans les flux des trafics, ce qui occasionnait des temps perdus dus aux décélérations, aux arrêts, puis aux redémarrages, ainsi qu'aux temps de sécurité entre phases (rouges de dégivrage).

Toutes ces contraintes font que les feux consomment de l'énergie « au propre comme au figuré », et comme dans toute machine, les frottements internes font chuter le rendement.

Par exemple, pour un cycle de 60 s et des temps perdus, équivalents entre phases, égaux à 5 s, on peut dire que le rendement d'un carrefour à feux par rapport à un écoulement libre est de :

- 83 % pour un fonctionnement en deux phases;
- 75 % pour un fonctionnement en trois phases;
- 67 % pour un fonctionnement en quatre phases.

Ce phénomène de perte de rendement est largement amplifié par celui de la dissociation dans les phases différentes des mouvements prépondérants.

De plus, l'attente inévitable d'une certaine proportion d'usagers au rouge engendre un « retard » global qui croît lorsque la proportion de temps de vert, et donc la probabilité de passer sans s'arrêter, diminue.

Ces remarques démontrent que les carrefours doivent fonctionner à deux phases le plus souvent possible, exceptionnellement à trois phases, dans la mesure où des contraintes de sécurité ou de stockage l'obligent, et qu'il faut proscrire les fonctionnements à quatre phases.

La capacité théorique d'un carrefour est donnée par la formule :

$$QT_{\max} = 1800 (C - T) / C$$

C = durée du cycle

T = somme des temps perdus par cycle.

Cette capacité maximale ne peut théoriquement être atteinte que pendant de courtes périodes (quelques cycles). Sur une période plus longue, elle conduirait à la formation de files d'attente impossibles à résorber compte tenu de l'arrivée irrégulière des véhicules.

#### 1.2.3 Calcul de la réserve de capacité du carrefour

Par définition, la réserve de capacité d'un carrefour est la différence entre la capacité théorique maximum correspondant à un cycle donné et la demande, exprimées toutes deux en uvpdh/h par voie.

Dans notre exemple, si nous considérons que les temps perdus par cycle s'élèvent à 18 s (6 s pour chaque phase), et que le cycle maximum acceptable est de 90 s, la capacité théorique est de 1 440 uvpdh/h par voie (voir tableau p. 28 de l'ouvrage Guide carrefours à feux)

La réserve de capacité du carrefour sera alors de :

$$i = 1440 - 1250 = 190 \text{ uvpdh/h par voie.}$$

Elle peut être exprimée en pourcentage, soit :

$$i \% = \frac{1440 - 1250}{1250} = 0,15$$

Le carrefour a une réserve de capacité de 15 % ; c'est le pourcentage dont le trafic peut croître avant saturation. Son fonctionnement peut être jugé satisfaisant, une réserve d'environ 10 % étant indispensable pour traiter une pointe d'une heure.

On peut considérer qu'un indice égal ou supérieur à 0,2 assure un fonctionnement du carrefour étudié exempt de tout phénomène de saturation (on est assuré que les files d'attente s'annuleront à chaque cycle). Mais, a contrario, un indice supérieur à 0,4 pour le trafic de l'heure de pointe doit conduire à s'interroger sur l'opportunité de gérer ce carrefour par des feux.



### 1.3 Exemples de décomposition de phases

Carrefour à trois entrées et à trois branches			Avantages	Inconvénients
			Schéma le plus simple. Possibilité d'escamotage de la phase 2 correspondant en général à une voie secondaire.	Voir le problème de stockage des véhicules en tourne à gauche.
			Ne nécessite pas de voie de stockage pour les tourne-à-gauche.	Dissociation des mouvements directs de la voie principale.
			En phase 2 le tourne-à-droite ne peut être autorisé que s'il n'est pas en conflit avec une traversée piétonne. Traitement indépendant des tourne-à-gauche, possibilité d'escamotage.	Demande une voie spécialisée pour le stockage des tourne-à-gauche.
			Solution idéale pour les piétons.	Demande 2 voies pour chaque entrée. Nécessite des surlargeurs si le carrefour est emprunté par des poids lourds.

Carrefour à quatre entrées et à quatre branches				Avantages	Inconvénients
					Voir le problème de stockage des véhicules en tourne-à-gauche.
			Ne nécessite pas de voie de stockage pour les tourne-à-gauche.	Traitement délicat des passages piétons.	
			Bonne évacuation des tourne-à-gauche à l'indonésienne.		Demande une voie spécialisée pour le stockage des tourne-à-gauche.
				Supprime tout conflit entre les véhicules.	La sécurité des véhicules se fait au détriment de celle des piétons. Temps d'attente trop long pour les véhicules et les piétons.
				Supprime tout conflit entre les véhicules. Sécurité des piétons mieux assurée que dans le cas précédent.	Nécessité de voies de stockage pour les tourne-à-gauche, temps d'attente trop long pour les véhicules et les piétons.

## 1.4 Fonctionnement d'une signalisation lumineuse

Le fonctionnement normal d'une signalisation lumineuse est le fonctionnement tricolore, suivant le déroulement conventionnel réglementaire rouge, vert, jaune, rouge. Il est néanmoins possible que cette installation soit totalement éteinte, suite à une panne ou une extinction volontaire, manuelle, télécommandée, éventuellement programmée. Enfin, il se peut qu'elle fonctionne au jaune clignotant général, tous les feux étant alors au jaune clignotant sur le feu du milieu. Ce jaune clignotant peut être provoqué soit :

- par le contrôleur, suite à un défaut grave sur l'installation (jaune clignotant de sécurité) ;
- soit manuellement ;
- soit par intervention extérieure télécommandée ;
- soit programmée.

Le fonctionnement tricolore peut être généré de deux manières :

- **manuellement** (au « coffret agent ») ;
- **automatiquement**, à l'aide d'un automate. Il convient alors de distinguer :
  - le **mode local**, élaboré au niveau du carrefour par le contrôleur lui-même suivant un déroulement à temps fixes ou adapté aux variations locales du trafic (sur les entrées du carrefour lui-même) ;
  - le **mode asservi**, géré à distance par un organe externe qui adapte la signalisation aux variations du trafic d'un secteur entier.

### 1.4.1 Adaptation au trafic

Généralement, le fonctionnement d'une signalisation lumineuse s'adapte aux variations des conditions locales de circulation ou à celles d'un secteur entier.

Ces variations peuvent être soit « macroscopiques » (assez régulières, donc prévisibles, d'amplitude souvent importante), soit « microscopiques » (aléatoires et d'amplitude généralement plus faible). Les premières correspondent aux pointes journalières, voire hebdomadaires, les secondes aux variations statistiques d'un cycle à un autre.

Pour répondre à ces variations, deux techniques existent :

- la **macro-régulation**, mise en œuvre pour un temps relativement long afin de répondre à l'évolution générale de la circulation prévisible ou recensée ; elle peut être appliquée à un carrefour ou, plus généralement, à une zone ou à un ensemble de carrefours ;
- la **micro-régulation**, dont l'objectif est de prendre en compte, pendant un temps relativement court, les variations rapides et aléatoires du trafic ; elle est mise en œuvre à un carrefour donné.

#### > Macro-régulation des feux

La macro-régulation consiste à choisir, parmi une bibliothèque de plans de feux, celui à appliquer en fonction des conditions de circulation.

Le choix du plan de feux peut être effectué :

- soit localement (commutateur horaire ou hebdomadaire) ; on parle alors de multiprogrammation à temps fixe ;
- soit globalement pour une zone (automate gérant l'ensemble du secteur) ;
- soit à partir du PC de circulation.

Il peut y avoir aussi simple pilotage, phase à phase ou ligne à ligne, du contrôleur de carrefour par l'automate central.

#### > Micro-régulation des feux

La micro-régulation a pour objet d'adapter le fonctionnement d'une signalisation lumineuse aux conditions de circulation momentanées à l'approche d'un carrefour.

Le fonctionnement d'un carrefour à feux, à un instant donné, est souvent le résultat de l'application d'une ou de la combinaison de plusieurs **fonctions de micro-régulation**.

■ **L'escamotage** consiste à supprimer tout ou partie du vert ou du rouge d'une ou plusieurs lignes de feux :

- l'escamotage de phase consiste à supprimer une ou plusieurs phases dans le cycle ;

- l'escamotage de ligne consiste à maintenir au rouge une ou plusieurs lignes de feux ;
- l'aiguillage de phase permet de choisir entre plusieurs phases.

■ **L'adaptativité** consiste à faire varier la durée du cycle, ou celle du vert ou du rouge, d'une ou plusieurs lignes de feux :

- l'adaptativité d'une phase s'applique sur l'ensemble des lignes de feux constituant cette phase ;
- l'adaptativité sur une ligne s'applique sur une ligne ;
- le glissement de ligne consiste, au sein de deux phases consécutives, à remplacer, sans introduire de nouveaux conflits, une ou plusieurs lignes en fin de vert dans la première phase par d'autres lignes au vert, dans la phase suivante.

■ **Le repos** consiste à arrêter momentanément le déroulement du diagramme ou du plan de feux en cours :

- le repos sur artère, en absence de demande sur d'autres phases, arrête le déroulement du plan de feux sur une phase présélectionnée ;
- le repos sur dernier appel, en absence de demande sur d'autres phases, arrête le déroulement du plan de feux sur la dernière phase appelée ;
- le repos au rouge intégral, en absence de demande sur une phase particulière, arrête le déroulement du plan de feux sur une période de rouge intégral ; à la demande, le cycle reprend son déroulement à partir de la phase ou de l'état appelé.

Pour gérer une situation exceptionnelle ou un mode de transport particulier, d'autres fonctions de micro-régulation peuvent être mises en œuvre ; elles se déduisent cependant des fonctions de bases décrites ci-dessus. À titre d'exemples :

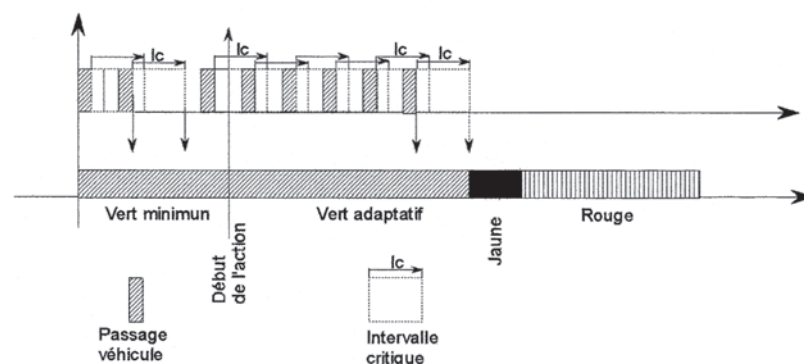
■ **L'antiblocage** a pour fonction de supprimer les risques d'engorgement interne d'un carrefour (par exemple par une mauvaise évacuation des tourne-à-gauche). C'est, en fait, une fonction d'adaptativité agissant sur un certain nombre de temps de dégagement, ou encore décalant la fin de vert d'une ligne de feux antagoniste.

■ **La priorité** aux véhicules de TC correspond, selon les cas à :

- un escamotage de ligne ou de phase : en l'absence de véhicule TC, la ligne ou la phase gérant l'accès correspondant est escamotée ;
- un escamotage d'état lorsqu'un dégagement anticipé du carrefour est nécessaire ;
- une adaptativité pour anticiper ou prolonger le vert de la ligne prioritaire.

**L'adaptativité des feux d'un carrefour**, selon l'algorithme de l'intervalle critique, est, en France, la méthode la plus répandue pour adapter une signalisation lumineuse aux variations microscopiques de trafic.

Elle consiste, à chaque passage de véhicules, à prolonger la durée de vert d'une ligne ou d'une phase jusqu'à une valeur maximale, tant que l'intervalle de temps, séparant deux véhicules, est inférieur à un seuil appelé intervalle critique.



Adaptabilité selon l'intervalle critique

L'intervalle critique utilisé est le temps s'écoulant entre le passage de l'arrière d'un véhicule et le passage de l'avant du véhicule qui le suit.

On retient généralement un intervalle-critique compris entre 2 et 3 s : tant que le temps entre 2 véhicules qui se suivent est inférieur à cette valeur, on prolonge le vert jusqu'à une durée maximale ; dans le cas contraire, on passe à la phase suivante dans le cycle de feux.

D'autres méthodes d'adaptativité plus élaborées existent ; on peut citer l'algorithme de Miller ainsi que PRODYN.

Elles prennent en compte, d'une manière plus globale, les demandes de trafic sur toutes les entrées d'un carrefour, soit pendant la durée de rouge, soit au début de chaque phase de trafic.

Par contre, elles nécessitent de disposer de capteurs, parfois assez éloignés, sur chaque entrée, entraînant quelquefois des coûts importants de génie civil.

#### 1.4.2 Détection des véhicules

Les véhicules sont détectés à l'aide d'une boucle magnétique en surface de chaussée (capteur), associée à un module électronique (détecteur).

Les informations recueillies à l'aide de boucles concernent :

- le débit ;
- le taux d'occupation ;
- le passage de véhicule (uni ou bi-directionnel) ;
- le temps d'attente du véhicule ;
- parfois la vitesse, information rarement utilisée.

L'**emplacement d'une boucle** dépend du type d'indicateur à mesurer.

Le lecteur trouvera à ce sujet des indications dans les documents suivants :

- Guide *Les capteurs de trafic routier*, SETRA décembre 1995 ;
- Note d'information SETRA n° 40 – Série « Circulation, Sécurité, Équipement, Exploitation » Capteurs – Détecteurs du trafic routier.

À titre d'exemples :

- une mesure de taux d'occupation doit être faite à l'aide de boucles placées nettement à l'amont d'une ligne de feux ;

- une présence de véhicules au droit d'un feu escamotable impose une boucle la plus rapprochée possible de celui-ci, entre 3 et 5 mètres ;
- un passage peut être détecté à l'aide d'une boucle placée à moins de 5 mètres de la ligne de feu.

La fiabilité d'une boucle est un élément essentiel dans la fiabilité de l'information recueillie, et donc dans la qualité de la régulation. Des vérifications doivent être effectuées régulièrement (tous les 6 mois environ) et après tous travaux de chaussée.

D'autres systèmes peuvent être utilisés pour détecter les véhicules. Il s'agit souvent d'une détection plus ciblée : éventuels incidents ou mode de transport spécifique.

On peut citer l'effet Doppler ainsi que les hyper-fréquences pour déceler la congestion ; les infra-rouges ou l'effet piézo-électrique, pour détecter des modes particuliers.

#### 1.4.3 Mise en œuvre d'une signalisation

Toute signalisation lumineuse de carrefour comporte :

- un contrôleur de carrefour ;
- un ensemble de signaux tricolores ;
- un câblage pour relier les signaux au contrôleur.

Le **contrôleur de carrefour** est l'organe de commande d'un carrefour à feux. Il permet le fonctionnement de la signalisation lumineuse et assure la sécurité.

Les **signaux lumineux** doivent être conformes à la norme NF P 99 200.

Cette norme s'applique à tout signal lumineux d'intersection, permanent ou temporaire, sur voies ouvertes au public et concerne :

- les signaux principaux à feux circulaires ou à pictogrammes ;
- les signaux de répétition à feux circulaires ou à pictogrammes ;
- les signaux piétons ;
- la croix grecque rouge arrière.

Le câblage d'un carrefour à feux doit respecter les normes et les règles de l'art.

Conformément à la norme NFP 99 100, chaque ligne de feux doit être équipée d'au moins un contrôle de fonctionnement du signal rouge.

#### 1.4.4 Calcul d'un plan de feux

Un plan de feux doit être élaboré à partir d'un plan de feux de base tenant compte de tous les temps minimum d'engagement, et de dégagement, indispensables à la sécurité de tous les usagers, piétons et véhicules, en conformité avec la réglementation en vigueur.

Le *Guide carrefours à feux* (Certu, mars 1988) permet l'élaboration de ces plans de feux.

Une voie de circulation ne peut avoir un débit supérieur à une certaine valeur appelée **débit de saturation**, de l'ordre de 1 800 uvpd/h en milieu urbain, ce qui correspond à un véhicule toutes les 2 secondes environ.

Ce débit est déterminant pour connaître la capacité théorique maximale d'un carrefour, qui ne peut d'ailleurs être atteinte que pendant de courtes durées, sinon des remontées de queue sur certaines entrées sont à craindre.

## Carrefours giratoires 2

### 2.1 Capacité des giratoires : définition et éléments influant

#### 2.1.1 Définition

La capacité d'une entrée est le débit horaire maximal pouvant pénétrer sur l'anneau en fonction du trafic gênant.

Le trafic gênant est une combinaison :

- du trafic tournant (trafic prioritaire sur l'entrée) ;
- du trafic sortant sur la même branche.

Ces calculs nécessitent donc la connaissance de la répartition des trafics par mouvement, sous forme de matrice origine-destination.

La réserve de capacité peut s'exprimer en uvp/h (différence entre la capacité et le trafic entrant) ou en pourcentage (réserve de capacité en uvp/h sur trafic entrant). Cette dernière présentation est compatible avec celle des calculs de capacité des carrefours à feux. Pour des branches très secondaires, des résultats très supérieurs à 100 % ne sont pas rares.

Le temps moyen d'attente est la moyenne des temps d'arrêt de chaque véhicule à l'entrée. Le temps total d'attente, somme des temps d'attente individuels, est un élément de comparaison avec d'autres solutions dans un calcul économique.

La longueur de queue moyenne, exprimée en unité de véhicules particuliers (uvp), est le nombre moyen de véhicules en attente à l'entrée. La longueur maximale (à 95 % par exemple) est le nombre d'uvp en attente non dépassé dans 95 % du temps, durant l'heure de pointe. Cette donnée est particulièrement intéressante pour évaluer le risque de remontée de queue et ses conséquences (en général on considère 10 m par uvp).

#### 2.1.2 Éléments influants

De nombreux éléments dans la géométrie d'un carrefour giratoire ont une influence sur la capacité.

Certains se combinent entre eux de façon favorable ou défavorable.

Les principaux éléments sont :

- la largeur de l'entrée, et non pas le nombre de voies marquées ; cependant l'influence d'un élargissement d'une entrée est limitée par sa longueur et par la largeur de l'anneau ;
- la largeur de l'anneau, toutefois à limiter pour des raisons de sécurité ;
- le rayon de l'îlot central peut agir dans les deux sens, pour les petites valeurs ;
- la largeur de l'îlot séparateur influe sur la gêne apportée par le trafic sortant ;
- la largeur de sortie dans certaines limites ;
- la disposition des branches.

Les angles et rayons des entrées peuvent avoir une influence sur la capacité ; cette influence est cependant minime, dans les limites acceptables de sécurité (prise de vitesse des véhicules).

### 2.2 Formule simplifiée de calcul de capacité

Cette formule de calcul manuel a été présentée dans le guide Conception des carrefours à sens giratoire implantés en milieu urbain de 1988. Elle ne prend en compte qu'une partie des éléments influant sur la capacité mais reste tout à fait valable dans les cas suivants :

- giratoires urbains de taille moyenne à grande (10 m à 30 m de rayon intérieur) ;
- entrées à 1 voie ;
- bonne répartition des branches ;
- trafics équilibrés.

Le calcul se déroule de la façon suivante, on détermine :

> le trafic entrant  $[Q_e]$ , sortant  $[Q_s]$  et tournant  $[Q_t]$  de chaque branche, à partir de la matrice origine-destination (en uvp/h, avec un coefficient de 2 pour les PL et de 0,5 pour les deux-roues) ;

> **la capacité [C]** d'une entrée s'exprime suivant la formule :

$$C = 1\,500 - 5/6 \times Qg \quad (= 0 \text{ si } Qg > 1\,800)$$

avec  $Qg = a \times Qt + b \times Qs$

a varie en fonction du rayon de l'îlot central [R] entre 0,9 si  $R < 15$  m, et 0,7 si  $R > 30$  m ;

b varie en fonction de la largeur de l'îlot séparateur [Li], entre 0 si  $Li > 15$  m, et 0,3 si  $Li = 0$ .

> **la réserve de capacité [RC]** pour une entrée à 1 voie est donnée par la formule :

$$RC = C - Qe$$

Pour une entrée à 2 voies, la formule proposée en 1988 ( $RC = C - 0,7 \times Qe$ ) est un peu pessimiste, un coefficient de 0,6 serait mieux adapté.

### Autres méthodes de calculs et logiciels

Les méthodes de calcul et logiciels étrangers ne sont en général pas applicables pour les giratoires français car ils font intervenir des composantes géométriques inacceptables dans de bonnes conditions de sécurité, ou supposant des comportements inhabituels en France.

On pourra utiliser le logiciel GIRABASE. Il prend en compte tous les éléments acceptables influant sur la capacité, intègre les piétons, signale les problèmes en sortie, et propose des solutions en cas de réserve de capacité insuffisante.

## 2.3 Éléments de choix

On peut considérer comme correcte, pour une entrée, une réserve de capacité entre 25 et 80 % (exprimée sous la forme  $(C - Qe) / Qe$ ).

Une réserve de capacité trop importante sur une entrée principale doit conduire à vérifier que sa largeur (ou le nombre de voies) n'est pas surdimensionnée. Si toutes les entrées ont une réserve de capacité très confortable, la largeur de l'anneau peut parfois être réduite.

Si la réserve de capacité est faible (5 % à 25 %), on portera son attention sur les temps d'attente et les longueurs de queues (proximité d'un autre carrefour,

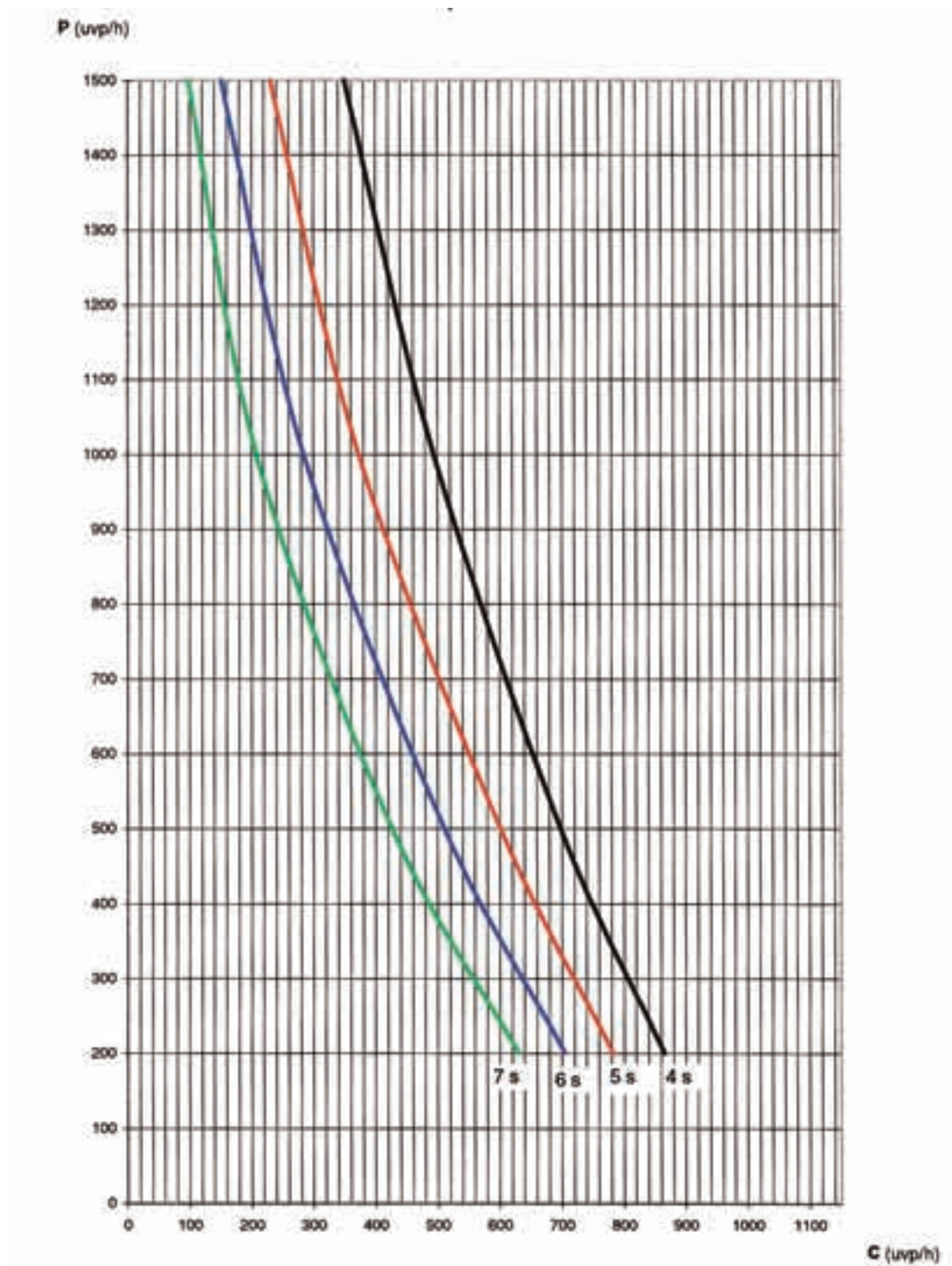
d'une perte de visibilité ou d'un point singulier). L'évolution dans les années à venir est également à regarder. Il est nécessaire d'appréhender les phénomènes d'hyper-pointes hebdomadaires ou saisonnières.

Si la réserve de capacité est **inférieure à 5 %**, et *a fortiori* si elle est négative, de fortes perturbations sont à craindre. Il y a lieu de rechercher des dispositions visant à améliorer la capacité telles que :

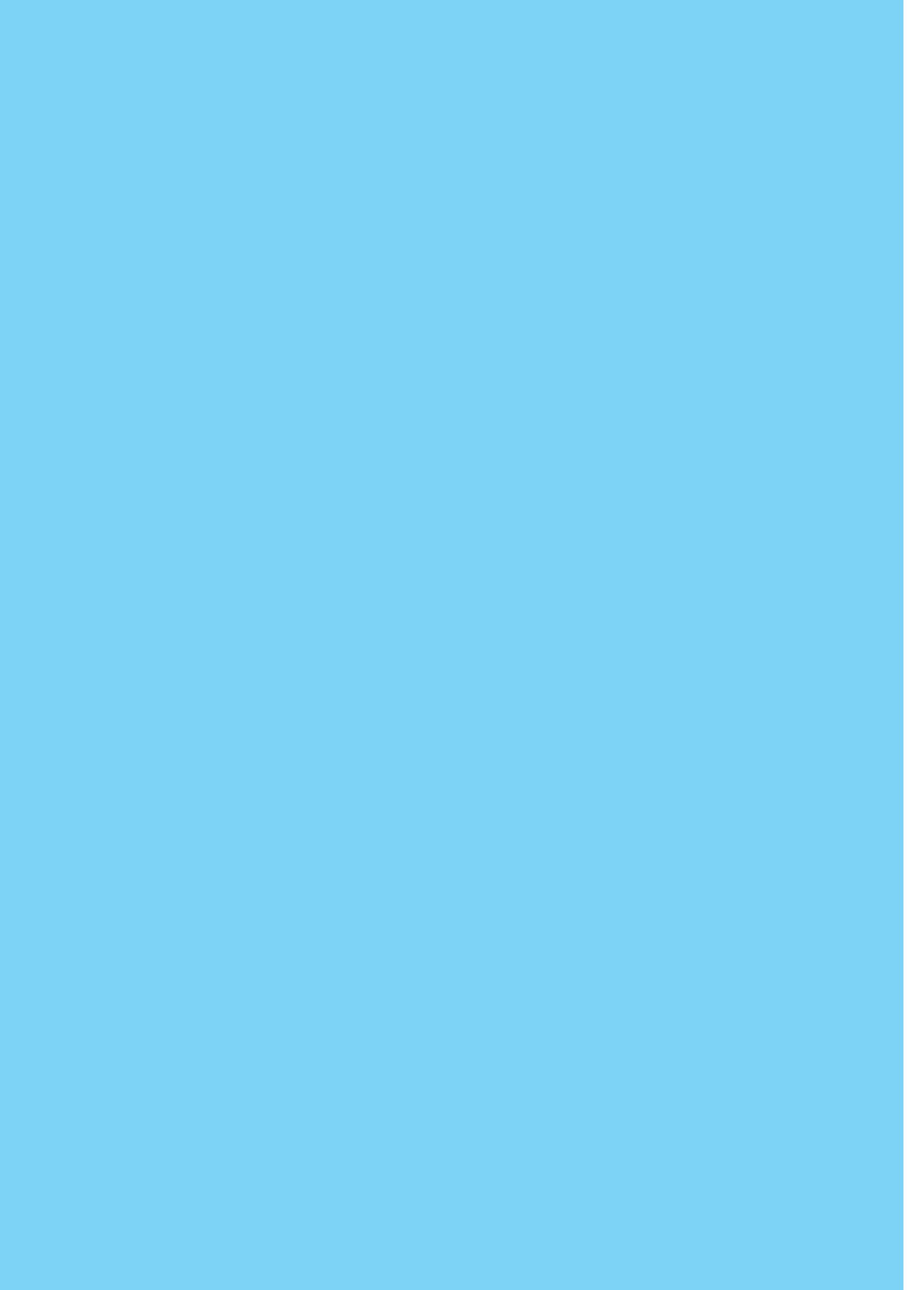
- l'élargissement de l'entrée (en restant dans les gammes de valeurs applicables au nombre de voies) ;
- l'élargissement de l'îlot séparateur si le trafic sortant a une forte influence ;
- l'élargissement de l'anneau ;
- la création d'une voie directe de tourne-à-droite ;
- la recherche d'un autre type de carrefour ;
- dans les cas extrêmes, la dénivellation du giratoire.

## Carrefours plans sans feux 3

Abaque de calcul de la capacité limite en fonction du créneau critique et du débit prioritaire







# Bibliographie

## Textes réglementaires

- *Code de l'environnement*
- *Code de la route*
- *Code de l'urbanisme*
- *Code de la voirie routière*
- *Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 en faveur des personnes handicapées*
- Décret n° 2006-1657 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics et décret n° 2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics
- *Instruction interministérielle sur la signalisation routière, 1<sup>re</sup> à 7<sup>e</sup> partie*

## Ouvrages

- *Accident contre obstacles en milieu urbain, comment limiter leur nombre et leur gravité ?*, Lyon, Certu, 2005.
- *Carrefours à feux avec îlot central*, Lyon, Certu, 2008.
- *Carrefours à feux*, Certu, 1988.
- *Dossier pilote des tunnels - Partie 2 Géométrie*, Cetu, 1990.
- *Fiches carrefours à feux*, Lyon, Certu, 1999.
- *Giratoires et tramways. Franchissement d'un carrefour giratoire par une ligne de tramways*, Lyon, Certu, 2008.
- *Guide d'aménagement de la voirie pour les transports collectifs*, Lyon, Certu, 2000.
- *Guide des coussins et plateaux*, Lyon, Certu, 2010.
- *Guide PSGR 71*, Bagneux, Setra, 1971.
- *Guide zone 30, méthodologie et recommandations*, Bagneux, CETUR, 1992.
- *La priorité aux feux pour les véhicules de transports en commun*, Lyon, Certu, 2001.
- *Le profil en travers, outil du partage des voiries urbaines*, Lyon, Certu, 2009.
- *Les bus et leurs points d'arrêts accessibles à tous, guide méthodologique*, Lyon, Certu, 2001.
- *Les espaces publics urbains, Recommandations pour une démarche de projet*, Paris, MIOCP, 2001.
- *Les mini-giratoires*, Lyon, Certu, 1997.
- *Les ralentisseurs de type dos d'âne et trapézoïdal*, Lyon, Certu, 1994.
- *Mise en conformité des carrefours à feux*, Lyon, Certu, 1999.
- *Plans de déplacements urbains*, Lyon, Certu, 1996.
- *Prise en compte des motocyclistes dans l'aménagement et la gestion des infrastructures*, Certu, SETRA, 2000.
- *Recommandations pour la conception des tunnels urbains à gabarit réduit*, Lyon, Cetu, 1994.
- *Recommandations pour les aménagements cyclables*, Lyon, Certu, 2008.
- *Répétiteurs de feux piétons pour personnes aveugles et malvoyantes*, Lyon, Certu, 2006.
- *Sections 70 en agglomération*, Certu, 1996.
- *Sécurité des routes et des rues*, Certu, Setra, 1992.
- Thierry Brenac, Claudine Nachtergaële, Hélène Reigner, *Scénarios type d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention*, INRETS, 2003.
- *Transports exceptionnels et aménagements de voirie en milieu urbain*, Lyon, Certu, 2001.
- *Une voirie accessible*, Lyon, Certu, 2007.
- *Ville et vélos (fiches)*, Lyon, Certu, 2008.

- *Ville plus sûre, quartiers sans accidents. Savoir-faire et techniques*, Lyon, Certu, 1990.
- *Zone 30 : des quartiers à vivre* (mallette pédagogique, affiches), Lyon, Certu, 1996.
- *Zone 30. Des exemples à partager*, Lyon, Certu, 2006.

## Logiciels

- CARACAS, version 2.0.0, *Création de carrefours giratoires en 2D*, Setra, 2002.
- CONCERTO, version 1.8.0, *Traitement des données accidents*, Setra, 2007.
- COPRA, version 1.3, *Consultation des procédures accidents*, Lyon, Certu, 2008
- DIAGFEUX, version 1.0, *Conception et calcul de diagramme des carrefours à feux*, Lyon, Certu, 2009.
- GIRABASE version 4.0, *Calcul de capacité de carrefour giratoire*, Lyon, Certu, 1999.
- GIRATION, version 3.3, *Définition, calcul, dessins d'épures de giration*, Lyon, Certu, 2007.
- MITEMPS, version 3.0, *Mesures informatisées des temps de parcours*, Lyon, Certu, 2003.
- OndeV, version 1.0, *Calcul et dessin d'ondes vertes*, Lyon, Certu, 1999.

## Glossaire

---

<b>BAAC</b> :	Bulletin d'Analyses des Accidents Corporels	<b>SETRA</b> :	Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
<b>BHNS</b> :	Bus à Haut Niveau de Service	<b>STRMTG</b> :	Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés
<b>IISR</b> :	Instruction Interministérielle sur la Signalisation Routière	<b>TAD</b> :	Tourne-à-Droite
<b>ONISR</b> :	Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière	<b>TAG</b> :	Tourne-à-Gauche
<b>PDU</b> :	Plan de Déplacements Urbains	<b>TC</b> :	Transport Collectif
<b>PL</b> :	Poids Lourd	<b>TCSP</b> :	Transport Collectif en Site Propre
<b>PLU</b> :	Plan Local d'Urbanisme	<b>uvp/h</b> :	Unité de Véhicules Particuliers par heure
<b>PMR</b> :	Personne à Mobilité Réduite	<b>VL</b> :	Véhicule Léger
<b>PSGN</b> :	Passage Souterrain à Gabarit Normal	<b>VRU</b> :	Voies Rapides Urbaines
<b>PSGR</b> :	Passage Souterrain à Gabarit Réduit	<b>2RM</b> :	Deux-Roues Motorisé

# Table des matières

■	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
■	<b>Avertissement</b>	<b>9</b>
PREMIÈRE PARTIE		
■	<b>Le lancement de l'étude</b>	<b>11</b>
1	<b>La problématique urbaine</b>	<b>12</b>
1.1	Les politiques globales de déplacement	12
	Le Plan de Déplacements Urbains (PDU)	12
	Le schéma directeur d'accessibilité des services de transports et le plan de mise en accessibilité de la voirie et des espaces publics.	13
	Le schéma ou plan vélos	13
	Le plan local de modération de la vitesse	13
1.2	Les documents d'urbanisme	14
1.3	Le réseau viaire	14
	Le plan de circulation	14
	La hiérarchisation du réseau	14
2	<b>La démarche d'étude</b>	<b>17</b>
2.1	Le contexte de la demande	17
	Les objectifs de l'étude	17
	L'équipe de projet et le groupe de pilotage	18
2.2	Le diagnostic global	18
	Le recueil de données	18
	Les analyses thématiques	19
	La synthèse croisée et les objectifs	19
2.3	Le parti d'aménagement	19
2.4	Les phases de conception	20
	Le projet	20
	Suivi et évaluation de l'aménagement	21
DEUXIÈME PARTIE		
■	<b>Le diagnostic global</b>	<b>25</b>
3	<b>Le recueil des données</b>	<b>26</b>
3.1	Données sur le fonctionnement urbain	26

	Schéma de voirie	26
	Fonction des voies	26
	Structure urbaine	27
3.2	Données sur les usagers	29
	Piétons	29
	Cyclistes	31
	Transports collectifs	33
	Motocyclistes et cyclomotoristes	35
3.3	Données de trafic – déplacements	36
	Exploitation	36
	Observation sur le site	36
	Estimation des trafics	37
	Aspects environnementaux	39
3.4	Données relatives à la sécurité	41
	Observations sur le site	41
	Accidents	42
	Mesures de vitesse	44
3.5	Données spatiales	45
	Contraintes des emprises	45
	Géométrie du carrefour	46
	Morphologie de l'espace	46
	Réseaux souterrains	47
4	<b>Les analyses thématiques</b>	<b>48</b>
4.1	Analyse du fonctionnement urbain	48
	Objectifs	48
	Besoins propres au tissu urbain environnant	48
4.2	Analyse usagers	49
	Piétons	49
	Cyclistes	49
	Transports collectifs	50
	Poids lourds	50
	Les deux-roues motorisés	51
4.3	Analyse des trafics et des déplacements	52
	Causes de dysfonctionnements extérieures au carrefour	52
	Dysfonctionnements internes au carrefour	53
4.4	Analyse de la sécurité	53
	Le bilan des accidents	53
	La recherche des causes possibles d'insécurité	53
	Les configurations à risques	55
4.5	Analyse spatiale	59

5	<b>Le choix du type de carrefour</b>	<b>63</b>
5.1	Critères de choix du carrefour plan sans feux	64
	Choix entre cédez-le-passage et stop	64
	Priorité à droite	64
5.2	Critères de choix du carrefour giratoire	65
	Du point de vue de la sécurité	65
	Du point de vue du fonctionnement	65
	Du point de vue des trafics	66
	Du point de vue de l'emprise	66
5.3	Critères de choix du carrefour à feux	67
	Du point de vue de la sécurité	67
	Du point de vue du fonctionnement	68
	Du point de vue des trafics	68
	Du point de vue de l'emprise	69
5.4	Critères de choix du passage supérieur à gabarit réduit (PSGR)	69

### TROISIÈME PARTIE

	■ <b>Le recueil des données</b>	<b>71</b>
6	<b>Les principes généraux d'aménagement</b>	<b>72</b>
6.1	Lisibilité	72
	En approche	72
	Interne au carrefour	72
6.2	Visibilité réciproque	73
	Règles de base	73
	Règles entre conducteurs de véhicules	73
	Règles entre conducteurs de véhicules et piétons	74
6.3	Modération de la vitesse	74
	Réduction de l'espace dédié à la circulation	74
	Surélévations	75
6.4	Principes géométriques	77
	Largeur des voies	77
	Giration des véhicules	77
	Orthogonaliser les voies en conflit	78
6.5	Éclairage	78
	Généralités	78
	Spécificités des giratoires	80
	Spécificités des passages souterrains	80
6.6	Prise en compte des usagers particuliers dans les carrefours	80

	Piétons	80
	Cyclistes	86
	Transports collectifs (TC)	88
	Les motocyclistes et cyclomotoristes	91
<b>7</b>	<b>Les carrefours plans sans feux</b>	<b>92</b>
7.1	Typologie	92
	Priorité à droite	92
	Cédez-le-passage	92
	Stop	92
7.2	Capacité	92
7.3	Géométrie	93
	Les voies	93
	Tourne-à-gauche	94
	Tourne-à-droite	95
	Rayon de bordure	95
	Îlots	96
	Carrefour plateau	96
7.4	Règles de visibilité	96
	Visibilité entre conducteurs	96
	Visibilité entre conducteurs et piétons	98
7.5	Signalisation	98
	Signalisations de police verticale et horizontale	98
	Signalisation horizontale des passages piétons	99
7.6	Cyclistes	100
	Cas d'une bande cyclable	100
	Cas d'une piste cyclable	100
7.7	Présence d'un site propre de transports collectifs	101
<b>8</b>	<b>Les carrefours à feux</b>	<b>103</b>
8.1	Généralités	103
8.2	Découpage en phases d'un carrefour (plan de feux)	103
	Principes élémentaires	104
	Analyse des tourne-à-gauche	105
8.3	Capacité	108
8.4	Géométrie	108
	Aménagement des voies en carrefour	108
	Tourne-à-gauche	109
8.5	Signalisation	111
	Signalisation lumineuse	111
	Implantation de la signalisation	112



	Signalisation verticale	112
	Marquage au sol	113
8.6	Piétons	113
	Prise en compte des piétons dans les plans de feux	114
	Îlot refuge	114
	Passages piétons	115
8.7	Cyclistes	115
	Mouvements de tourne-à-droite des automobilistes	116
	Mouvements de tourne-à-gauche des cyclistes	117
	Double sens cyclable	117
8.8	Transport collectif	117
	Géométrie	117
	Fonctionnement de la signalisation lumineuse	118
	Incidence de l'emplacement des arrêts	119
8.9	Cas particuliers	120
	Carrefours à feux avec îlot central	120
	Les places à feux	121
9	<b>Les giratoires</b>	<b>122</b>
9.1	Principes généraux	122
	Perception	123
	Lisibilité	123
	Visibilité	123
9.2	Capacité	123
9.3	Géométrie	124
	Généralités	124
	Typologie de giratoires	124
	Emprise et profil en long	125
	Branches	125
	Îlot central	126
	Anneau	126
	Entrées	127
	Sorties	127
	Îlots séparateurs	127
9.4	Les giratoires compacts urbains	128
9.5	Les mini-giratoires	129
	Fonctionnement	129
	Domaine d'emploi	129
	Disposition des branches	129
	Géométrie	130
	Îlot central	130

9.6	Signalisation	130
	Signalisation de priorité	131
	Signalisation d'obligation	131
	Signalisation de direction	131
	Signalisation horizontale	131
9.7	Piétons	132
	Critères de choix	132
	Passages piétons	132
9.8	Cyclistes	133
	Bandes cyclables ou pistes cyclables	133
	Bandes cyclables	133
	Piste cyclable	135
9.9	Deux-roues motorisés	136
9.10	Transports collectifs	137
	Cas des transports collectifs dans la circulation générale	137
	Sites propres de TC	137
9.11	Cas particuliers	138
	Giratoires à forte capacité	138
	Carrefours en baïonnette	139
	Giratoires et feux tricolores	140
	Échangeur lunette	141
10	<b>Les passages souterrains à gabarit réduit (P.S.G.R.)</b>	142
10.1	Géométrie de l'ouvrage	142
	Gabarit	142
	Profil en travers	143
	Profil en long	147
	Caractéristiques en plan	148
10.2	Équipements d'exploitation	148
	Accès	148
	Équipements	148
10.3	Carrefour de surface	149
10.4	Sécurité	149
	<b>■ Annexes</b>	<b>153</b>
1	Carrefours à feux	154
2	Carrefours giratoires	165
3	Carrefours plans sans feux	167
	<b>Bibliographie</b>	<b>169</b>
	<b>Glossaire</b>	<b>171</b>
	<b>Table des matières</b>	<b>172</b>

# Urban crossroads

---

## Guide

This guide provides the general principles for improving crossroads in urban areas. Here, designers will find a working method enabling them to put together an improvement project and choose the type of crossroads according to criteria of traffic flow, safety and urban life. The design of each type of crossroads is then detailed and technical recommendations are given meeting the needs of the different users who move around in towns: drivers, cyclists, pedestrians, public transport. The guide covers: roundabouts, crossroads with traffic lights, open crossroads without traffic lights (stop, give way, priority to the right), raised crossroads, underpasses with reduced clearance, etc.

# Cruces urbanas

---

## Guía

Esta guía aporta los principios generales de ordenación de cruces en el medio urbano. Los diseñadores encontrarán en esta guía un método de trabajo que les permitirá desarrollar un proyecto de ordenación y elegir un tipo de cruce en función de los criterios de circulación, de seguridad y de vida urbana. A continuación se detalla la concepción de cada tipo de cruce y se hace recomendaciones técnicas que respondan a las necesidades de los distintos usuarios llamados a desplazarse por el medio urbano: automovilistas, ciclistas, peatones, transportes urbanos. En esta guía se tratan: las rotondas, los cruces con semáforos, los cruces planos sin semáforos (stop, ceda el paso, prioridad a la derecha), los cruces en meseta, los pasos subterráneos de gálibo reducido...

© CERTU - 2010

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, le centre d'Études 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 professionnalismes au service de la cité.

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 : Service Edition (Patrick Marchand)

Mise en page : Helphi'Com 04 78 62 80 30

Impression : Jouve 01 44 76 54 40

Achevé d'imprimer : juin 2010

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2010

ISSN : 1263-3313

ISBN : 978-2-11-098922-2

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Jouve est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Cet ouvrage est en vente au CERTU

Bureau de vente :

9, rue Juliette Récamier

69456 LYON cedex 06 - France

Tél. 04 72 74 59 59

Internet: <http://www.certu.fr>

centre d'Études  
sur les réseaux,  
les transports,  
l'urbanisme et  
les constructions  
publiques

Grande Arche,  
Paroi Sud  
92055 Paris La Défense  
Cedex

Téléphone :  
+33 1 40 81 21 22

Télécopie :  
+33 1 40 81 16 30

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel doit savoir. Le Certu a suivi une démarche de validation du contenu et atteste que celui-ci reflète l'état de l'art. Il recommande au professionnel de ne pas s'écarter des solutions préconisées dans le document sans avoir pris l'avis d'experts reconnus.

Le Certu publie également les collections : débats, dossiers, rapports d'étude.

## Carrefours urbains

Guide

Ce guide fournit les principes généraux d'aménagement des carrefours en milieu urbain. Les concepteurs y trouveront une méthode de travail leur permettant de bâtir un projet d'aménagement et de choisir un type de carrefour en fonction de critères de circulation, de sécurité et de vie urbaine.

La conception de chaque type de carrefour est ensuite détaillée et fait l'objet de recommandations techniques répondant aux besoins des différents usagers appelés à se déplacer en milieu urbain : automobilistes, cyclistes, piétons, transports en commun. Sont abordés dans ce guide : les giratoires, les carrefours à feux, les carrefours plans sans feux (stop, cédez-le-passage, priorité à droite), les carrefours plateaux, les passages souterrains à gabarit réduit...

La présente édition actualise le contenu de l'ancienne version en fonction des évolutions survenues depuis 1999, notamment pour une meilleure prise en compte des piétons, dont les personnes à mobilité réduite (PMR), cyclistes, usagers des transports collectifs, cyclomotoristes et motocyclistes.

*English summary at the end of the work.*

*Ver la síntesis en español al final del libro.*

### | SUR LE MÊME THÈME

#### ■ Le profil en travers, outil de passage des voiries urbaines

2009

#### ■ Carrefours à feux avec îlot central

*Une solution pour les forts trafics d'échange*  
2008

#### ■ Giratoires et tramways

*Franchissement d'un carrefour giratoire par une ligne de tramways - Guide de conception*  
2008 - téléchargeable sur [www.certu.fr/catalogue](http://www.certu.fr/catalogue)

#### ■ Recommandations pour les aménagements cyclables

2008

#### ■ Répétiteurs de feux piétons pour personnes aveugles et malvoyantes

*Mise en œuvre*  
2006

#### ■ Girabase (logiciel version 4.0 - 1999)

*Calcul de capacité de carrefour giratoire*  
1999

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

[www.certu.fr](http://www.certu.fr)  
Prix : 35 euros  
ISSN : 1263-3313  
ISBN : 978-2-11-098922-2