

TABLE DES MATIÈRES

8.1. INTRODUCTION	3
8.2. LES DÉCROCHEMENTS VERTICAUX	4
8.2.1. Les dispositifs surélevés	4
8.2.1.1. But	4
8.2.1.2. Principe	4
8.2.1.3. Impact sonore	6
8.2.1.4. Caractéristiques techniques	15
8.2.1.5. Implantation et signalisation	24
8.2.1.6. Avantages et inconvénients	27
8.2.1.7. Recommandations	28
8.2.2. Surélévation: le coussin	32
8.2.2.1. But	32
8.2.2.2. Principe	32
8.2.2.3. Impact sonore	33
8.2.2.4. Caractéristiques techniques	35
8.2.2.5. Implantation et signalisation	38
8.2.2.6. Avantages et inconvénients	45
8.2.2.7. Recommandations	45
8.3. LES DÉCROCHEMENTS HORIZONTAUX	47
8.3.1. Rétrécissement	47
8.3.1.1. But	47
8.3.1.2. Principe	47
8.3.1.3. Impact sonore	49
8.3.1.4. Caractéristiques techniques	50
8.3.1.5. Implantation et signalisation	53
8.3.1.6. Avantages et inconvénients	54
8.3.1.7. Recommandations	55
8.3.2. Dévoisement	59
8.3.2.1. But	59
8.3.2.2. Principe	59
8.3.2.3. Impact sonore	60
8.3.2.4. Caractéristiques techniques	61
8.3.2.5. Implantation et signalisation	66
8.3.2.6. Avantages et inconvénients	68
8.3.2.7. Recommandations	69

8.4. LES CARREFOURS	72
8.4.1. Introduction	72
8.4.2. Influence sonore particulière des carrefours	72
8.4.3. Les carrefours simples	74
8.4.3.1. But	74
8.4.3.2. Principe	74
8.4.3.3. Impact sonore	75
8.4.3.4. Caractéristiques techniques	77
8.4.3.5. Implantation et signalisation	81
8.4.3.6. Avantages et inconvénients	83
8.4.3.7. Recommandations	84
8.4.4. Les carrefours à feux	86
8.4.4.1. But	86
8.4.4.2. Principe	86
8.4.4.3. Impact sonore	88
8.4.4.4. Caractéristiques techniques	90
8.4.4.5. Implantation et signalisation	94
8.4.4.6. Avantages et inconvénients	94
8.4.4.7. Recommandations	95
8.4.5. Les ronds-points	98
8.4.5.1. But	98
8.4.5.2. Principe	98
8.4.5.3. Impact sonore	100
8.4.5.4. Caractéristiques techniques	101
8.4.5.5. Implantation et signalisation	103
8.4.5.6. Avantages et inconvénients	104
8.4.5.7. Recommandations	105
8.5. TOUS LES USAGERS	110
8.5.1. Les piétons	110
8.5.2. Les deux-roues	111
8.5.3. Les transports en commun	112
8.6. RÉFÉRENCES	113
8.6.1. Références générales	113
8.6.2. Références citées dans le texte	114

8.1. INTRODUCTION

Le bruit routier et la gêne qu'il procure sont influencés par les aménagements de la voirie et les comportements qu'ils induisent sur la circulation (réduction de vitesse, déviation du flux de transit, comportements agressifs, etc.).

Différents dispositifs existent pour influencer la vitesse des véhicules et tenter d'agir sur le comportement des automobilistes. Ces mesures ont des objectifs de diminution de vitesse mais peuvent aussi avoir des objectifs de gestion du trafic. Certaines permettent également de dévier le flux de transit.

Au niveau des aménagements, nous pouvons distinguer :

- ◆ les décrochements verticaux, tels que les ralentisseurs, les plateaux et les coussins berlinois;
- ◆ les décrochements horizontaux, tels que les rétrécissements et les dévoiements;
- ◆ les carrefours et leurs modes de gestion qui sont étroitement liés.

Ces différentes dispositions sont développées dans cette fiche, de manière à comprendre au mieux leur influence au niveau sonore, en abordant leurs caractéristiques. Chaque type de dispositif est appréhendé de la façon suivante :

- ◆ ses objectifs;
- ◆ son principe de base;
- ◆ son influence générale sur le niveau sonore, tant au niveau local que global;
- ◆ ses caractéristiques techniques :
 - les données géométriques, qui peuvent avoir un effet sur les vitesses et les comportements, et donc indirectement sur le bruit,
 - les matériaux au niveau de la mise en œuvre, de son entretien et de sa rénovation, car une mauvaise conception et la dégradation d'un dispositif peuvent induire des nuisances sonores locales. Le revêtement de sol ayant également son importance sur le bruit, son influence est développée dans la fiche 7.
- ◆ ses critères d'implantation :
 - ses conditions de localisation, qui influencent l'environnement dans lequel il s'inscrit,
 - la signalisation et le marquage au sol qui l'accompagnent,
- ◆ leurs avantages et inconvénients;
- ◆ les recommandations de bon usage et pour tous les usagers de la voirie, de manière à limiter toute nuisance pour les riverains et les différents utilisateurs de l'espace public. Sont proposées des mesures particulières pour intégrer les modes doux et les transports en commun dans l'aménagement, mais également les poids-lourds et les véhicules d'urgence qui présentent des contraintes particulières.

Une telle démarche permet d'aborder chaque mesure dans son ensemble de manière à limiter les nuisances sonores sans créer de désagréments d'autres sortes.

- ◆ Dans l'ensemble de la fiche, il faut entendre par :
 - "code de la route", l'arrêté royal du 1er décembre 1975 portant sur le règlement général de la police routière, modifié par les arrêtés royaux jusqu'au 4 avril 2003. La notion de code de la rue vient d'y être introduit et sera d'application au 1er juin 2003. Il y est notamment intégré les patins à roulettes et les trottinettes.
 - "code du gestionnaire", l'arrêté ministériel du 11 octobre 1976 fixant les dimensions minimales et les conditions particulières de placement de la signalisation routière, modifié par les arrêtés ministériels jusqu'au 18 décembre 2002.

8.2. LES DÉCROCHEMENTS VERTICAUX

Les décrochements verticaux sont des dispositifs visant à réduire la vitesse des véhicules au profit de la sécurité des usagers plus faibles. Leur effet ralentisseur est basé sur une modification du profil en long et en travers de la voirie, les niveaux de la voirie sont alors variables.

Dans les décrochements verticaux, sont distingués :

- ◆ Les dispositifs surélevés, à savoir les ralentisseurs de trafic et les plateaux, tous deux faisant l'objet d'une législation;
- ◆ Le coussin, dont les caractéristiques font l'objet d'une circulaire ministérielle.

8.2.1. Les dispositifs surélevés

Les dispositifs surélevés, également appelés décrochements verticaux, proposent une modification locale du profil en long de la voirie. Les premiers exemples aujourd'hui révolus étaient appelés communément le "dos d'âne" ou un "gendarme couché".

8.2.1.1. But

L'objectif principal de ces dispositifs est de limiter et de réduire les vitesses des véhicules par la création d'un seuil de ralentissement, matérialisé par un rehaussement local de la voirie. Le dispositif doit être abordé prudemment et à allure modérée. La vitesse de franchissement souhaitée est de 30 km/h, afin d'améliorer la sécurité des piétons et des cyclistes principalement.

C'est une mesure dure car ce dispositif, inévitable lorsqu'il est installé, crée une contrainte dynamique gênante pour les passagers des véhicules l'empruntant.

Il s'agit, à ce jour, du dispositif le plus efficace pour diminuer les vitesses, du moins localement. Par la gêne qu'il procure, il réduit également le trafic de transit.

8.2.1.2. Principe

Les dispositifs surélevés doivent être implantés judicieusement et de manière parcimonieuse. En effet, des précautions doivent être prises quant au choix de ce dispositif et de sa localisation. Inadaptés, ils peuvent être source de dégâts aux véhicules, d'accidents et de nuisances sonores.

Réduisant la vitesse localement s'il est isolé, le rehaussement de la voirie est adapté au milieu urbain et aux voies à faible trafic. Il doit être visible, de jour comme de nuit, pour ne pas surprendre l'automobiliste.

Ce dispositif contraint, en effet, physiquement les automobilistes à ralentir car, couvrant toute la largeur de la chaussée, il est un obstacle inévitable. Son profil en long est destiné à provoquer un inconfort croissant avec la vitesse de franchissement.

Le règlement général de police impose, par l'article 22 terⁱ, la conduite à adopter vis-à-vis des dispositifs surélevés :

- ◆ Les conducteurs doivent approcher les dispositifs surélevés en redoublant de prudence et à allure modérée, de manière à franchir ceux-ci à une vitesse n'excédant pas 30 km/h;
- ◆ Tout dépassement par la gauche est interdit;
- ◆ L'arrêt et le stationnement sont interdits sur ces dispositifs, sauf réglementation locale (marquage au sol ou panneau de signalisation).

Les dispositifs surélevés se déclinent sous différentes formes. Seuls les dispositifs légaux et donc autorisés sont présentés et développés dans cette fiche.

- ◆ Le profil sinusoïdal, appelé "ralentisseur de trafic", communément dénommé "dos d'âne". Son profil présente une courbe régulière de longueur limitée.



Ralentisseur de trafic – Woluwé Saint Lambert

- ◆ le profil trapézoïdal, appelé aussi "plateau", est une surélévation plane de l'ensemble du corps de la chaussée avec deux rampes d'accès biseauté de type plan ou sinusoïdal. Sa longueur est variable. Le plateau peut également couvrir tout un carrefour.



Plateau - Laeken

Les autres profils, tels que le profil circulaire, parfois utilisé dans des parkings ou pour des accès privés, et le profil parabolique ne sont pas autorisés car non réglementaires.

En effet, en Belgique, seuls les profils sinusoïdal et trapézoïdal, sont autorisés et légiférés. Depuis 1983, les dispositifs surélevés sur les voiries publiques sont réglementés par des arrêtés royaux afin d'éviter les incompatibilités et les variantes trop aléatoires. L'arrêté royalⁱⁱ du 9 octobre 1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire est modifié et complété par celui du 3 mai 2002ⁱⁱⁱ, le dernier en date lors de la rédaction de cet ouvrage.

Selon la loi, les dispositifs surélevés sont destinés à limiter la vitesse maximale à 30 km/h. Les prescriptions ne s'appliquent pas aux dispositifs surélevés établis dans les zones résidentielles (telles que définies par le règlement de police).

8.2.1.3. Impact sonore

8.2.1.3.1. Introduction

L'aménagement d'un dispositif surélevé, de par la modification de conduite qu'il entraîne (freinage, variation de régime du moteur, accélération), modifie de toute évidence l'ambiance sonore environnante.

Les dispositifs surélevés influencent le contexte sonore à deux niveaux : local et global. L'impact local est celui engendré dans la zone toute proche de l'aménagement. L'impact global quant à lui est celui ressenti dans la zone géographique concernée par la réduction de vitesse engendrée par le dispositif limiteur de vitesse (en amont et en aval du dispositif).

Lors de la rédaction de cet ouvrage, l'impact acoustique de tels aménagements n'avait pas été étudié très largement. C'est pourquoi, afin de compléter les conclusions des études existantes, une campagne de mesures a été réalisée par le Centre de Recherches Routières (CRR) dans le cadre particulier de cette étude. Le rapport de cette campagne de mesures figure en annexe.

8.2.1.3.2. Impact global

A. NOTE THÉORIQUE

Un dispositif surélevé, lorsqu'il est correctement implanté, contribue à réduire la vitesse pratiquée par les véhicules dans une aire géographique d'étendue plus ou moins grande. La diminution globale de vitesse implique une diminution globale du niveau sonore dans cette même aire.

La diminution globale de vitesse proprement dite est donnée par :

$$\Delta V = V_{85} - V_{MI}$$

avec :

- V_{85} définie comme la vitesse en-dessous de laquelle roulent 85% des usagers lorsqu'ils sont hors de la zone d'influence du dispositif. Nous l'appellerons également "vitesse d'approche".
- V_{MI} la vitesse moyenne dans les zones d'influence amont et aval, donnée par :

$$V_{MI} = \frac{V_{85} + \bar{V}_{FR}}{2} \text{ où } \bar{V}_{FR} \text{ est la vitesse moyenne de franchissement.}$$

Selon un modèle mathématique, la variation globale du niveau sonore ΔL engendrée par un véhicule léger sur une route horizontale en fonction de la vitesse (pour des vitesses comprises entre 0 et 70 km/h) s'exprime :

- Si $V \leq 44$ km/h, $\Delta L = 0$ (dB[A])
- Si $V > 44$ km/h, $\Delta L = 0,136 \Delta V$ (dB[A])

B. RALENTISSEURS ET PLATEAUX

Les impacts globaux des 2 types de dispositif surélevé, déterminés par le CEDIA¹, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Dispositifs surélevés	$\bar{V}_{FR}$ (km/h)	Impact acoustique global (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/h	$V_{85} = 50$ km/h	$V_{85} = 70$ km/h
Ralentisseur de trafic	0 (au pas)	0	3,4	4,8
Plateau	15	0	2,4	3,8

¹ Centre d'Etude et de Développement en Ingénierie Acoustique, Liège.

Dans le cas précis étudié par le CEDIA, l'aménagement d'un ralentisseur de trafic permet de diminuer l'impact sonore global de 0 à 5 dB[A] selon la vitesse d'approche du véhicule, dans la zone d'influence de l'aménagement. Le plateau, franchi à une vitesse supérieure, induit des gains globaux inférieurs mais néanmoins importants puisqu'ils peuvent aller jusqu'à 4 dB[A] pour une vitesse d'approche de 70 km/h. Lorsque la vitesse d'approche des dispositifs surélevés est de 30 km/h (et ceci reste valable pour des vitesses allant jusqu'à 44 km/h), aucun gain sonore n'est attendu. Ceci s'explique par le fait que, dans cette plage, la réduction de vitesse implique une diminution plus rapide (que dans les plages plus élevées) des rapports de boîte de vitesse et par conséquent une augmentation plus importante de la vitesse de rotation du moteur (augmentation du bruit). (cfr. fiches 1 et 4).

Il est important de signaler que les vitesses de franchissement prises en compte ont été déterminées suite au passage d'un véhicule type sur différents dispositifs surélevés lorsque la chaussée était sèche. Il s'agit donc de valeur moyenne, dont l'écart-type peut être significatif vu les nombreux facteurs déterminant la vitesse de franchissement (visibilité du dispositif, dimensions, autres mesures de réduction de vitesse accompagnatrice, comportement du conducteur, etc.). Il est donc essentiel de ne pas généraliser ces résultats et de les considérer plutôt comme représentatifs d'une tendance en matière de comportement sonore.

Ainsi, par exemple, si l'on s'en réfère à la législation en vigueur lors de la rédaction de cet ouvrage, et comme précisé ci-dessus, la vitesse de franchissement souhaitée, tant pour les plateaux que pour les ralentisseurs de trafic, est de 30 km/h. Des dimensions moins rudes (hauteur du dispositif, etc.) ont été récemment définies (voir plus loin) et mènent à penser que les dispositifs sont en moyenne franchis à des vitesses plus élevées que celles considérées dans l'étude du CEDIA, préalable à ces nouvelles dimensions. Dans le cas où les dispositifs surélevés sont franchis à 30 km/h, l'impact sonore global est réduit et est de l'ordre de 1,5 dB[A] et 3 dB[A] (pour des vitesses d'approche V85 de 50 et 70 km/h respectivement).

A ces estimations liées à la réduction de vitesse, peuvent bien sûr s'ajouter une réduction des niveaux sonores liée à la dissuasion du trafic de transit, plus ou moins importante selon le nombre et le type de véhicules modifiant leur trajet. A ce sujet, rappelons qu'il faut réduire le trafic de moitié pour s'attendre à des réductions du niveau sonore de 3 dB[A].

8.2.1.3.3. Impact sonore local

A notre connaissance, lors de la rédaction de cet ouvrage, l'impact sonore local des dispositifs surélevés n'a pas été étudié largement. Les principales études ayant traité du sujet, et étant développées dans la suite, ont été menées par :

- ◆ le "Transport Research Laboratory" (TRL) du Royaume-Uni;
- ◆ le CEDIA de Belgique;
- ◆ le Centre de recherches routières (CRR) de Belgique.

Il est évident que, de la même manière que précédemment, les résultats, fortement influencés par de nombreux paramètres propres à l'étude menée, ne doivent pas être généralisés. Seules des tendances et recommandations peuvent en être extraites et être gardées à l'esprit par les gestionnaires de voirie lorsqu'ils décident d'implanter de tels dispositifs.

Au nombre des paramètres pouvant influencer les résultats, citons notamment :

- ◆ la méthodologie suivie lors des mesures : respect ou non des vitesses par le conducteur, vitesse de franchissement du dispositif, type de véhicule, etc.;
- ◆ les dimensions et les matériaux constitutifs des dispositifs étudiés, leur état de dégradation, le revêtement de la chaussée, etc.

De ce fait, il semble intéressant de décrire la méthodologie suivie ainsi que les caractéristiques techniques des dispositifs étudiés afin d'avoir un œil critique face aux résultats.

A. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT

A.1. Etude du laboratoire "Transport Research Laboratory" (TRL), Royaume-Uni

Le but principal de l'étude menée par le laboratoire TRL[™] est de comparer les niveaux de bruit local émis par des véhicules empruntant des ralentisseurs, plateaux et coussins berlinois (voir plus loin). Il s'agit

ensuite d'exploiter les résultats pour prévoir les changements de niveaux sonores suite à l'installation de tels aménagements pour différentes proportions de bus et véhicules de livraisons dans le flux de trafic.

Afin de répondre à ces objectifs, des mesures ont été réalisées lors de plusieurs passages de véhicules (véhicules légers, bus et véhicules commerciaux²) sur différents types de dispositifs surélevés, aménagés sur différentes voiries existantes ou construits sur une voie d'essai du TRL. Des mesures similaires ont été effectuées sur une voie sans dispositif, représentative de la "situation avant mise en place du dispositif" ou "situation sans dispositif"³. Les mesures, réalisées à 7,5 m du centre de chaque site et à une hauteur de 1,2 m par rapport à la voie, porte sur le niveau sonore L_{Amax} (voir fiche 1). Afin d'évaluer l'impact sonore des aménagements en fonction de la composition du trafic, la formule suivante, déterminant le niveau sonore L_{Aeq} , a été utilisée :

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[N \sum_{n=1}^{n=m} p_n 10^{L_{Axn}/10} \right] + C$$

avec

- ◆ N = flux total de trafic sur la période étudiée;
- ◆ m = le nombre de catégories (véhicules légers, lourds, deux roues, bus,...) de véhicules;
- ◆ p_n = le pourcentage de véhicules dans le flux total de trafic N qui sont classifiés dans la catégorie de véhicule n ;
- ◆ $L_{Axn} = L_{Amax} - 10 \log_{10} v$ où L_{Amax} est le niveau sonore maximum du véhicule de la catégorie n roulant à une vitesse v (km/h) ;
- ◆ C est une constante pour un site et une période donnée.

A.2. Etude du CEDIA, Belgique

L'impact sonore local des ralentisseurs et plateaux a été également étudié par le CEDIA^{vi}. Cette étude a porté, de la même manière que pour l'étude précédente, sur le comportement acoustique lors du passage du dispositif mais également lorsque le véhicule se situe en amont et en aval de celui-ci. Les tests ont été réalisés avec des véhicules légers uniquement. Les mesures, effectuées sur des sites existants munis de tels dispositifs, ont porté sur le niveau sonore L_{Amax} (pour caractériser l'émergence du bruit par rapport au bruit de fond) et également sur le SEL (pour caractériser l'énergie acoustique d'un passage de véhicule) (voir fiche 1). Ces mesures, réalisées à 1m du bord de la chaussée, ont été comparées à des mesures effectuées sur des tronçons de voirie similaires (même environnement, même matériaux, même géométrie) ne disposant pas d'aménagement réducteur de vitesse. Les auteurs signalent que les résultats, basés sur un nombre restreint d'aménagements, doivent être interprétés comme ensemble d'indicateurs de tendances sur le comportement locaux de tels aménagements.

A.3. Etude du Centre de recherches routières (CRR) - Belgique

Le Centre de recherches routières, dans le cadre de la rédaction de cet ouvrage, a réalisé une campagne de mesures portant sur les dispositifs surélevés (ralentisseurs et plateaux) mais également sur les dévoiements latéraux (voir plus loin). Les mesures, ayant porté sur le niveau L_{Amax} , sont effectuées en regard du dispositif mais également en amont et en aval de celui-ci (points de mesures distants de 10 m, au nombre de 3 pour les ralentisseurs et au nombre de 6 pour les plateaux et les dévoiements latéraux, situés à 7,5m de l'axe de la voie de circulation, à une hauteur de 1,2m). Les véhicules de test sont des véhicules légers (Toyota Yaris et Opel Zafira), plusieurs passages à vitesse constante (vitesse d'approche = vitesse de franchissement), pour différentes vitesses, ont été effectués pour caractériser l'impact de chaque dispositif étudié. L'impact sonore du comportement agressif d'un conducteur (vitesse d'approche élevée, freinage rapide avant le dispositif et accélération rapide à la sortie du dispositif) a également été étudié.

Pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur en annexe de cette fiche où figure le rapport complet de la campagne de mesures.

² Par véhicules commerciaux, l'auteur semble indiquer ce que l'on nomme traditionnellement 'poids lourds'.

³ Pour certains sites à l'étude, des mesures ont pu être réalisées avant la mise en place du dispositif surélevé et ainsi comparées aux niveaux de bruit après aménagement.

B. IMPACT SONORE LOCAL DES DISPOSITIFS SURÉLEVÉS

B.1. Ralentisseurs

Ci-dessous sont synthétisées les caractéristiques des aménagements étudiés ainsi que les vitesses des véhicules prises en compte dans l'estimation des impacts acoustiques.

	TRL	CEDIA	CRR
Caractéristiques des dispositifs			
Revêtement	informations non disponibles dans l'étude	informations non disponibles dans l'étude	Revêtement des deux dispositifs étudiés: klinker Revêtement des rues : asphalte
Largeur (m) (perpendiculaire à la voirie)	4,0	4,0	1) non précisé 2) non précisé
Longueur (m) (parallèle à la voirie)	3,7	6,0	1) 5,52 2) 3,22
Hauteur (mm)	75	Non précisé	1) 72 2) 136

Véhicules de test			
Vitesse d'approche ou vitesse avant installation de l'aménagement (km/h)	Véhicules légers : 45 km/h bus et véhicules commerciaux : 38 km/h	Véhicules légers : 30 km/h (à vérifier)	Vitesse d'approche = 20, 30 , 40 , 50 et 60 km/h.
Vitesse de franchissement (km/h)	Véhicules légers : 22 km/h bus et véhicules commerciaux : 18 km/h	Véhicules légers : "au pas"	Vitesse de franchissement = vitesse d'approche.

Les ralentisseurs ayant fait l'objet des mesures du CRR sont les suivants :



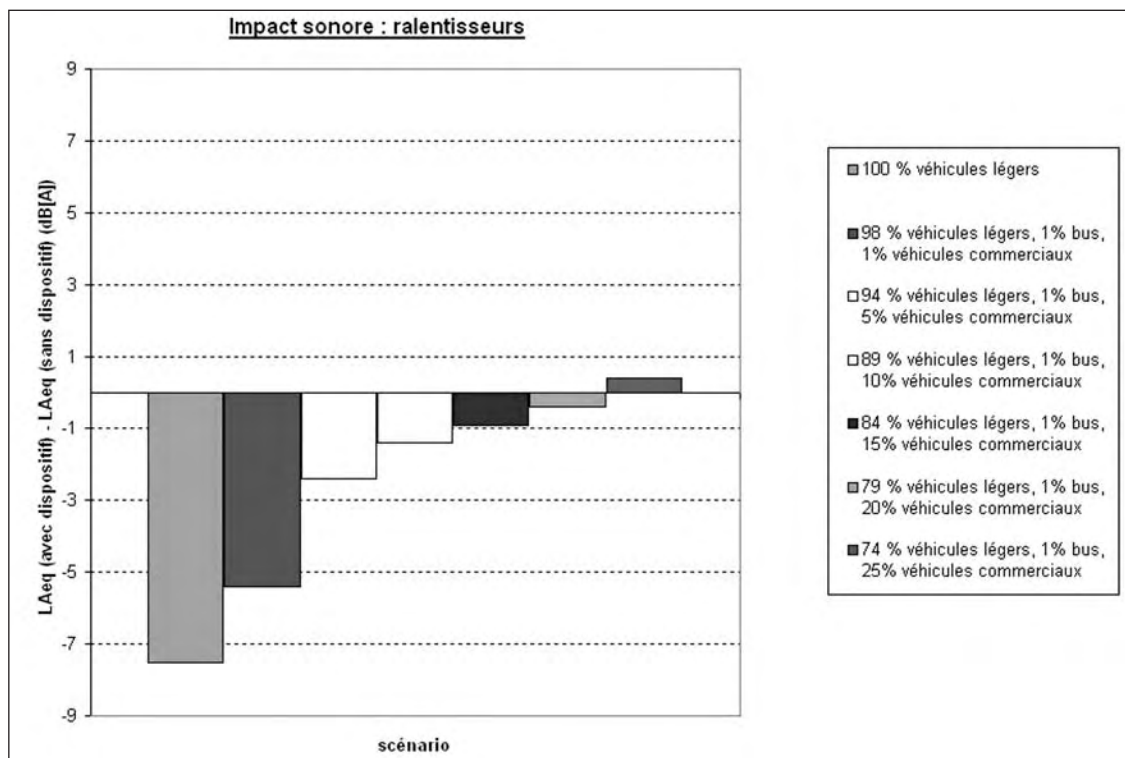
Linden, Kasteeldreef



Lubbeek, Kortrijkstraat

Impact sonore : étude du laboratoire TRL

L'étude menée par le laboratoire TRL met en évidence, dans les conditions précitées, des réductions des niveaux sonores locaux L_{Aeq} allant jusqu'à 7 dB[A] lorsque le trafic est constitué de 100% de véhicules légers. Cette diminution atteint 5 dB[A] lorsque 1% de bus et 1% de véhicules commerciaux composent le trafic et n'est plus que d'environ 1 dB[A] lorsque 10% et 1% du trafic sont constitués respectivement de véhicules commerciaux et de bus. Il faut atteindre un pourcentage d'environ 25% de véhicules commerciaux (et 1% de bus) pour que le dispositif soit à l'origine d'une augmentation des niveaux sonores (+ 0,5 dB[A] environ).



Estimation des modifications des niveaux sonores liés au trafic après installation d'un ralentisseur, pour différent scénarii de composition de trafic – Laboratoire TRL.

Impact sonore : étude du CEDIA

Les résultats de l'étude du CEDIA sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

	Δ SEL (dB[A]) SEL (avec dispositif) – SEL (sans dispositif)	Δ L_{Amax} (dB[A]) L_{Amax} (avec dispositif) – L_{Amax} (sans dispositif)
Point amont	- 0,6	-3,3
Point central	- 0,5	-2,8
Point aval	+ 0,9	- 0,4

Les résultats montrent des niveaux sonores L_{Amax} moins élevés suite à l'installation du ralentisseur, que l'on se situe en amont, au centre et en aval du dispositif. Ces différences sont de l'ordre de 3 dB[A] en amont et au centre mais en aval, la différence est très faible, étant donné l'accélération à la sortie du dispositif. Les différences faibles du niveau SEL (qui représente l'énergie acoustique du phénomène) s'expliquent par le temps de transit long dans la zone d'influence de l'aménagement du fait notamment que le véhicule s'arrête pratiquement face au dispositif. La valeur positive en aval traduit par ailleurs la phase d'accélération suite au franchissement du dispositif.

Il est important de savoir que ces gains sont valables dans le cas d'un usager respectueux des limitations de vitesses locales (avec et sans aménagement : vitesse d'approche de 30 km/h).

Impact sonore : étude du CRR

Les résultats de la campagne de mesures du CRR figurent en annexe, sous forme de graphiques et d'interprétations. Ils ont permis notamment de mettre en évidence une légère augmentation des niveaux sonores L_{Amax} (de l'ordre de 0 à 1,5 dB[A]) lors du franchissement du dispositif. Il est important de signaler que ce constat ne prend en compte que l'impact physique du dispositif (puisque la vitesse de franchissement est identique à la vitesse d'approche). Il est évident que le ralentisseur, de par son objectif de réduction de la vitesse, n'engendre pas de telles augmentations sonores lorsqu'il est comparé à une situation sans aménagement limitateur de vitesse. Ainsi, au regard de la figure 5 de l'annexe, la diminution du niveau acoustique L_{Amax} attendue lors du franchissement du dispositif à une vitesse de 20 km/h, comparativement à une situation où l'aménagement n'est pas présent et où la vitesse de passage est de 50 km/h, est supérieur à 10 dB[A].

B.2. Plateaux

Ci-dessous sont synthétisées les caractéristiques des aménagements étudiés ainsi que les vitesses des véhicules prises en compte dans l'estimation des impacts acoustiques.

	TRL	CEDIA	CRR	
Caractéristiques géométriques des dispositifs				
Revêtement	informations non disponibles dans l'étude	informations non disponibles dans l'étude	Plateau en klinkers Rue en revêtement asphaltique	Plateau en klinkers Rue avec revêtement en béton
Largeur (m)	4,0	6,0	non précisé	non précisé
Longueur (m)	7,8	36,0 (ou 40)	16,6	28
Hauteur (mm)	75	150 (plateau à accès trapézoïdaux)	71	103
Véhicules de test				
Vitesse d'approche ou vitesse avant installation de l'aménagement (km/h)	Véhicules légers : 45 km/h bus et véhicules commerciaux : 38 km/h	Véhicules légers : 50 km/h	Vitesse d'approche = 20, 30 , 40 , 50 et 60 km/h.	
Vitesse de franchissement (km/h)	Véhicules légers : 22 km/h bus et véhicules commerciaux : 18 km/h	Véhicules légers : 15 km/h	Vitesse de franchissement = vitesse d'approche.	

Les plateaux ayant fait l'objet des mesures du CRR sont les suivants :



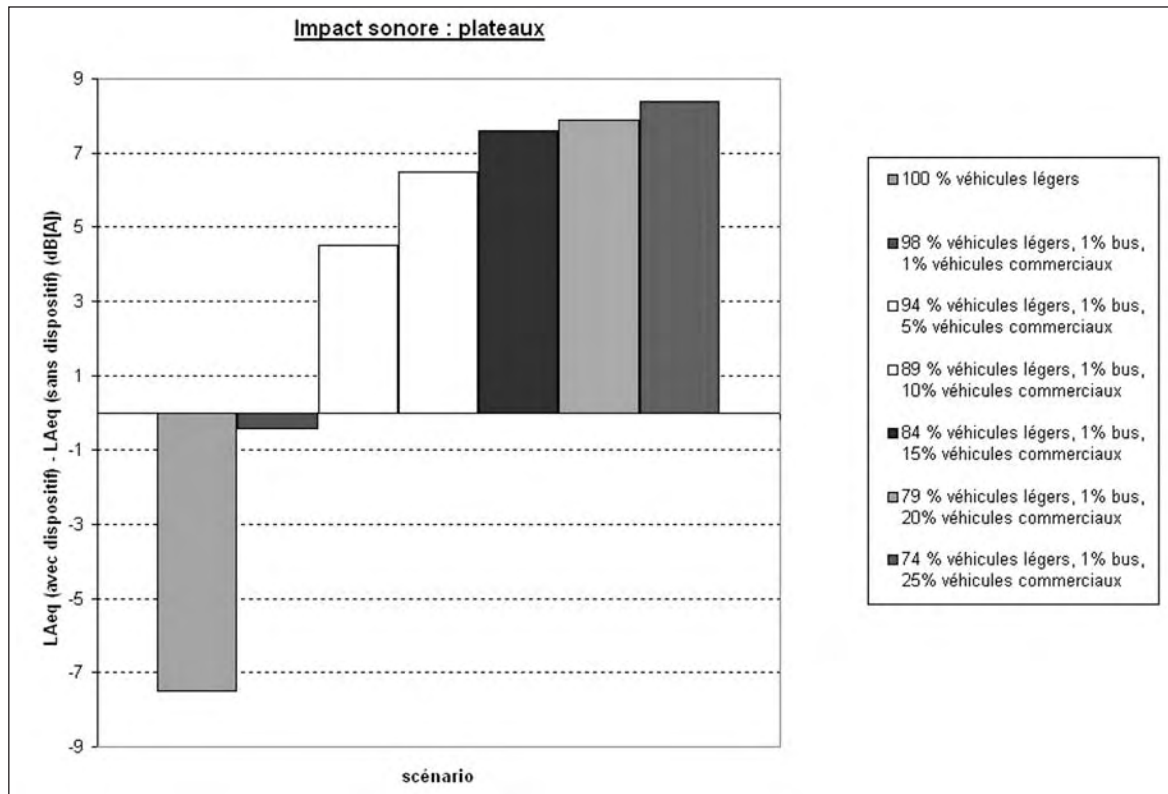
Hoeilaart, Waversesteenweg



Tervuren, Museumlaan

Impact sonore : étude du laboratoire TRL

L'étude menée par le laboratoire TRL met en évidence, comme dans le cas des ralentisseurs, des réductions des niveaux sonores L_{Aeq} allant jusqu'à 7 dB[A] lorsque le trafic est constitué de 100% de véhicules légers. Cette diminution atteint à peine 1 dB[A] lorsque 1% de bus et 1% de véhicules commerciaux composent le trafic. Dès que 5% et 1% du trafic est respectivement composé de véhicules commerciaux et de bus, la tendance s'inverse et une augmentation du niveau sonore d'environ 4 dB[A] est à attendre. Cet accroissement atteint près de 9 dB[A] lorsque 25% et 1% du trafic est constitué respectivement de véhicules commerciaux et de bus.



Estimation des modifications des niveaux sonores L_{Aeq} liés au trafic après installation d'un plateau, pour différents scénarii de composition de trafic – Laboratoire TRL

Le même laboratoire, en réalisant des mesures sonores dans la ville de Gloucester, a également mis en évidence le problème des poids lourds. Des mesures portant sur le niveau sonore L_{Amax} provoqué par les poids lourds, à une distance de 5 m du centre de la voirie et à une hauteur de 1,2 m, ont été réalisées avant et après la mise en place notamment de plateaux. Des augmentations du niveau L_{Amax} , de l'ordre de 0 à 1,5 dB[A], ont été enregistrées suite à l'introduction du dispositif, et ce, malgré que la vitesse des poids lourds aie diminué. Ceci peut s'expliquer principalement par deux phénomènes, l'un ou l'autre, selon le cas pouvant être à l'origine de l'augmentation du niveau sonore L_{Amax} :

- ◆ les conducteurs changent de vitesse pour négocier l'aménagement : il s'ensuit que la vitesse du moteur reste quasi inchangée, voire augmentée;
- ◆ le corps du véhicule peut engendrer un bruit important lors de son passage sur le dispositif : ainsi, une augmentation du niveau L_{Amax} de 11 dB[A] a été enregistrée lors du passage d'un poids lourd sur le plateau étudié.

A ce sujet, il est à remarquer que le corps du véhicule peut être à l'origine, lors du franchissement de l'obstacle, d'une émergence tonale, tendant à rendre le bruit plus distinct et gênant pour le riverain. Une analyse fréquentielle est indispensable pour détecter et analyser ce type de phénomène.

Il est à signaler que le passage de véhicules légers a également été étudié à Gloucester; les résultats montrent, en accord avec les résultats du CEDIA développés ci-dessous, des diminutions du niveau L_{Amax} de l'ordre de 5 dB[A] face au centre du dispositif lors du passage d'un véhicule léger, suite à la mise en place du plateau.

Impact sonore : étude du CEDIA

Les résultats de l'étude du CEDIA portant sur les plateaux sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

	$\Delta \text{SEL (dB[A])}$ SEL (avec dispositif) – SEL (sans dispositif)	$\Delta \text{L}_{\text{Amax}} \text{ (dB[A])}$ $\text{L}_{\text{Amax}} \text{ (avec dispositif)} - \text{L}_{\text{Amax}} \text{ (sans dispositif)}$
Point amont	- 5,6	-6,0
Point central	- 5,4	-6,1
Point aval	+ 0,0	- 3,0

Les résultats montrent, comme dans le cas du ralentisseur, des niveaux L_{Amax} locaux moins élevés suite à l'installation du plateau. Les gains sont du même ordre (6 dB[A]) en amont et au centre du dispositif étant donnée la bonne signalisation du dispositif permettant un freinage et une diminution de régime moins violents. Les gains en aval sont inférieurs (3 dB[A]) dû à l'accélération à la sortie du dispositif. Les quantités d'énergie sonore reçues en amont et au centre du dispositif sont également plus faibles (plus de 5 dB[A]) suite à l'introduction du plateau, du fait de la réduction de vitesse. Ces diminutions sont plus importantes que dans le cas du ralentisseur étant donné notamment le temps de transit moins important. En aval, la quantité d'énergie perçue est identique, avec ou sans aménagements; en effet, la réduction du bruit suite à l'introduction de l'aménagement (et donc suite à une diminution de vitesse) est notamment contrebalancée par une accélération suite au franchissement de l'aménagement.

Les observations sont valables pour un usager respectueux des limitations de vitesses locales (avec et sans aménagement : vitesse d'approche de 50 km/h).

Impact sonore : étude du CRR

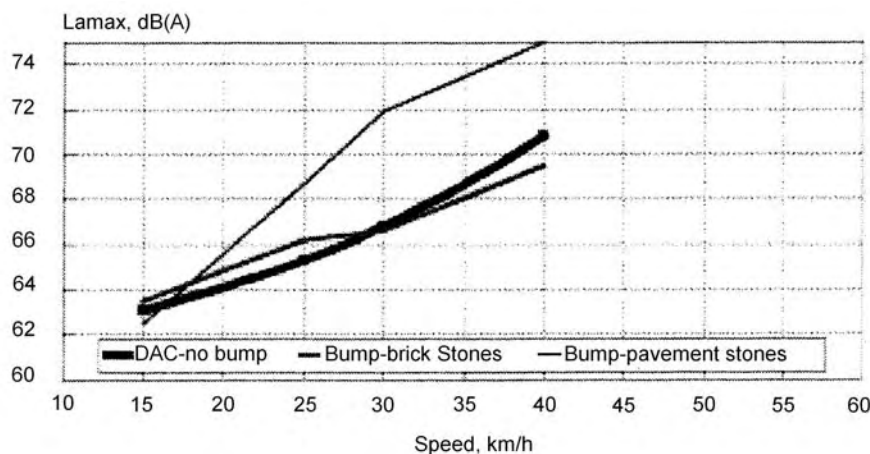
Les résultats de la campagne de mesures du CRR figurent en annexe, sous forme de graphiques et d'interprétations. Comme dans le cas des ralentisseurs, une légère augmentation des niveaux sonores L_{Amax} (de l'ordre de 0 à 1,5 dB[A]) lors du franchissement du dispositif a été constatée. Ce constat ne prend en compte que l'impact physique du dispositif (puisque la vitesse de franchissement est identique à la vitesse d'approche). Dans le cas où la situation 'passage sur le dispositif' à une vitesse de l'ordre de 30 km/h est comparée à une situation sans dispositif, où le véhicule circule à 50 km/h dans une rue identique, le gain relatif au niveau L_{Amax} est de l'ordre de 7 dB[A].

Influence du revêtement sur le bruit local

Pour rappel, le bruit de roulement, dû au contact pneu/route, devient dominant pour des vitesses supérieures à 40 km/h. Pour des vitesses inférieures, c'est le bruit d'origine mécanique qui est prépondérant. L'influence du revêtement des dispositifs surélevés ne doit donc pas être la plus déterminante dans le bruit engendré par le passage des véhicules puisque ces derniers abordent les dispositifs selon une vitesse inférieure à 40 km/h. Cependant, dans certains cas (cas de revêtements bruyants tels que pavés), le revêtement des dispositifs surélevés peut être à lui seul à l'origine d'augmentation non négligeable du bruit. Il peut aller de même lorsque le dispositif est en mauvais état.

Ainsi, une étude norvégienne^{vii} portant sur des mesures réalisées sur des plateaux munis de pavés et de briques, a permis de mettre en évidence le caractère bruyant des pavés même franchis à faible vitesse. Ainsi, les niveaux L_{Amax} observés lors du franchissement d'un plateau en pavé sont supérieurs de 3 à 6 dB[A] (pour des vitesses de véhicules variant entre 25 et 40 km/h) par rapport à une situation comparable avec plateau en brique (voir figure 10).

Pour plus de détails au sujet des revêtements, nous renvoyons le lecteur à la fiche 7 : 'Revêtements' où l'influence acoustique du revêtement est largement discutée.



Niveaux L_{Amax} lors du passage d'un véhicule léger sur des plateaux avec briques et pavés, en comparaison avec une surface d'asphalte dense.

8.2.1.3.4. Conclusion

Malgré les conditions particulières (vitesse d'approche et de franchissement, comportement des conducteurs, dimensions et matériaux des dispositifs, etc.) des études analysées, ces dernières semblent unanimes pour avancer que **l'implantation de ralentisseurs et de plateaux permet de réduire la plupart du temps le bruit global et local**. Des exceptions ont cependant été constatées dans le cas d'un tel dispositif implanté sur une voirie avec passage fréquent de bus et de poids lourds et également dans le cas d'un plateau en pavés de pierre naturelle. Des problèmes d'émergence sonore ont également été constatés lors du passage de poids lourds sur de tels dispositifs, probablement liés aux dimensions inadaptées.

On peut par conséquent d'ores et déjà attirer l'attention du gestionnaire de voirie soucieux de la problématique du bruit sur :

- ◆ la prise en compte de la composition du trafic de la voirie;
- ◆ le choix des matériaux utilisés pour la conception des dispositifs surélevés ainsi que la géométrie de ces derniers.

Par ailleurs, il a été montré qu'au plus le dispositif remplissait son rôle réducteur de vitesse, au plus ce dernier pouvait permettre de réduire le bruit global dans sa zone d'influence.

Ainsi donc, le gestionnaire peut d'ores et déjà être attentif aux implantations favorisant une réduction de vitesse efficace (bonne visibilité, accompagnement du dispositif par d'autres mesures réductrices de vitesse telles que les rétrécissements de voirie, etc.)

A la lueur de ces remarques, une **connaissance approfondie de la géométrie, des matériaux et des conditions d'implantation** s'avère utile pour aller dans le sens d'un moindre impact sonore du bruit routier. Ces éléments sont développés dans la suite.

Comme signalé ci-dessus, la réduction de vitesse induite par les dispositifs surélevés semble efficace pour réduire le bruit local. Il n'en reste pas moins que la plupart des riverains situés à proximité d'un dispositif surélevé se plaignent très souvent des nuisances sonores qu'ils subissent. La gêne sonore, même si le bruit local diminue, peut devenir plus grande suite à l'introduction d'un tel aménagement.

En réalité, les paramètres physiques étudiés (L_{Amax} , SEL et LAeq) sont indicatifs de la gêne liée à l'amplitude et à la durée de l'événement. Les dispositifs surélevés peuvent être gênants à bien d'autres égards :

- ◆ **caractère variable du bruit** : le dispositif surélevé implique des variations locales de bruit importantes : freinage avant son franchissement, franchissement, accélération à la sortie. Le caractère variable du bruit est souvent ressenti comme plus gênant qu'un bruit de type continu, même si d'amplitude plus faible;
- ◆ **émergence tonale** : le crissement des pneus, le bruit de la carrosserie du véhicule percutant le dispositif sont des phénomènes pouvant présenter une émergence tonale;
- ◆ **Contexte** : selon une étude menée par Inter-Environnement Bruxelles, la gêne sonore est d'autant moins grande que l'implication du citoyen est grande et que le dispositif se situe dans un contexte global où les mesures de réduction de vitesse sont déjà effectives.

Il est donc important de prendre en compte ces considérations additionnelles lors de l'implantation du dispositif.

8.2.1.4. Caractéristiques techniques

Les prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les dispositifs surélevés sont légiférées par des arrêtés datant du 9 octobre 1998 et du 3 mai 2002.

Au niveau géométrie, les dimensions sont imposées en considérant les contraintes des différents véhicules. Franchies à basse vitesse, les surélévations conformes ne peuvent poser de problèmes ou provoquer quelque nuisance.

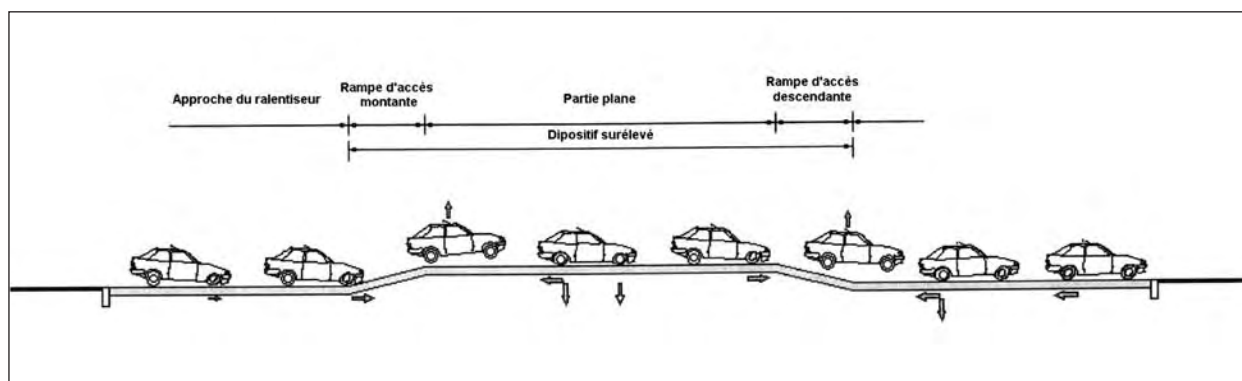
L'expérience et le bon sens complètent ces dispositions. Dans les zones résidentielles (au sens du code de la route), il n'est pas obligatoire que les dispositifs surélevés soient conformes à la législation.

8.2.1.4.1. Géométrie

Les dimensions ont été définies de manière à "apaiser les vitesses pratiquées... sans toutefois créer des contraintes inacceptables ... "viii.

Ce souci, issu d'une volonté de sécurité accrue, permet également de réduire les risques de gêne sonore locale. Par exemple, un dispositif avec une hauteur minimale permet d'éviter que les bas de caisse des véhicules percutent les dispositifs et émettent un bruit de type aigu, très gênant. Il faut toutefois que les dimensions soient suffisamment dissuasives pour que la réduction de vitesse soit efficace, et que le bruit global soit réduit au maximum.

Le passage d'un dispositif surélevé engendre au véhicule une accélération verticale. Celle-ci crée un sentiment d'inconfort pour les personnes qui se trouvent dans le véhicule.

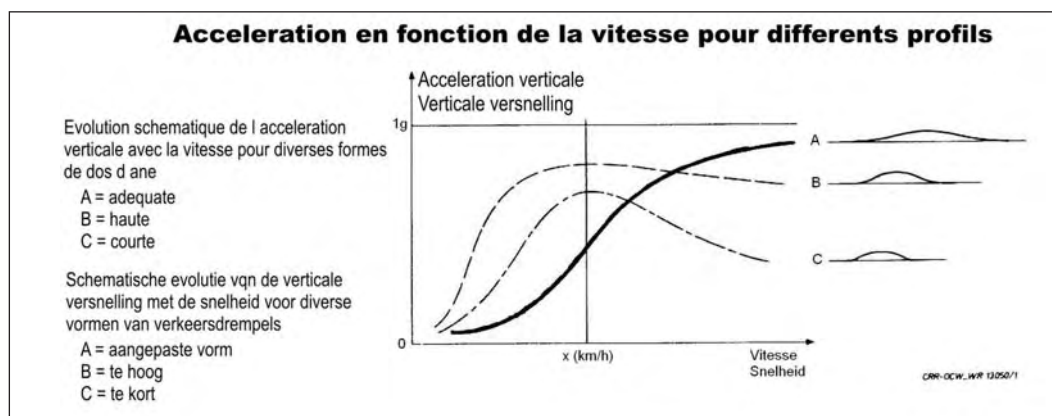


Accélération verticale due au dispositif surélevé (Source : CRR)

L'inconfort ressenti par une personne est fonction de l'accélération verticale.

Afin d'assurer l'efficacité du dispositif, il faut que l'accélération verticale :

- ◆ soit faible à faible vitesse de franchissement,
- ◆ augmente fort autour de la vitesse de référence,
- ◆ ne diminue pas au delà d'une certaine vitesse de franchissement,
- ◆ soit inférieure à 1g.



Accélération en fonction de la vitesse pour différents profils (Source : IBSR, 1992)

L'accélération verticale dépend non seulement de la vitesse à laquelle le véhicule aborde le dispositif, mais est également fonction du profil du dispositif lui-même (nature, hauteur, longueur, etc.) et des caractéristiques du véhicule (suspension, pression des pneus, confort des sièges, etc.).

4 cm est la hauteur minimum nécessaire pour créer un sentiment d'inconfort au passage d'un dispositif surélevé. De plus, la hauteur et la forme doivent être adaptées pour éviter que le bas de caisse de la voiture ne touche le dispositif.

La longueur doit être supérieure à l'empattement du véhicule, équivalent à +/-2,70m.

Sur des obstacles courts et élevés, la voiture risque de légèrement "décoller", en faisant un petit saut. De plus, si la longueur est trop faible, les chocs se superposent au lieu de se succéder, il y a donc un choc important à la place de plusieurs petits chocs. Non réglementaires, de tels dispositifs, aux dimensions inadaptées, ne sont plus sensés exister.

D'autre part, plus la longueur du dispositif est importante, plus la vitesse de franchissement peut être élevée avant d'impliquer une accélération verticale suffisante pour être inconfortable. L'objectif de réduction de vitesse est donc diminué avec la longueur du dispositif.

Les dimensions des dispositifs surélevés sont définies dans l'arrêté du 3 mai 2002, tant pour les ralentisseurs de trafic que pour les plateaux.

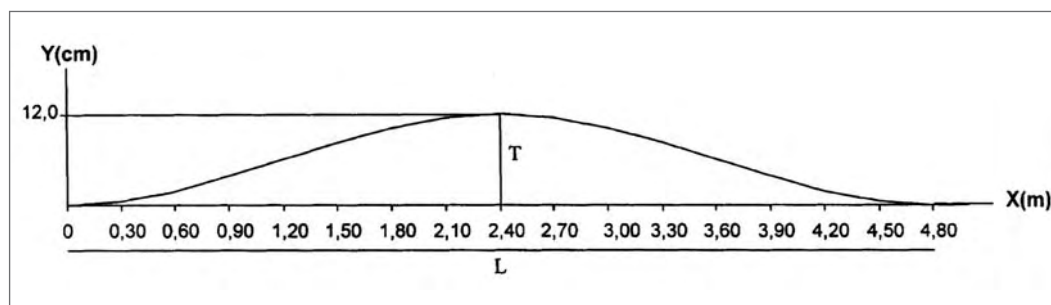
Les dispositifs non conformes devaient, depuis le 1^{er} novembre 2002, être adaptés ou enlevés si leur hauteur ou leur longueur étaient supérieures ou si leurs rampes d'accès étaient inférieures aux prescriptions législatives. Toutefois, les plateaux plus courts ou plus bas ou dont leurs rampes d'accès sont plus longues que les dimensions légales peuvent être indiqués par les signaux routiers A14 et F87 (voir plus loin) jusqu'au moment où des travaux de réaménagement de l'infrastructure soient entrepris.

Au niveau local, le dispositif doit être placé perpendiculairement à la chaussée et au moins sur toute sa largeur. Toutefois, lorsque les sens de circulation sur une chaussée sont séparés autrement que par des marques routières, la largeur du ralentisseur de trafic peut être limitée à la partie de la chaussée destinée à un sens de circulation.

A. LES RALENTISSEURS DE TRAFIC

Les formes et dimensions du ralentisseur de trafic sont définies dans l'annexe 1 de l'AR du 3 mai 2002.

Le ralentisseur de trafic a une longueur L maximale de 4,80m et une hauteur T maximale de 12 cm. Cependant, les ralentisseurs placés avant la mise en vigueur de l'arrêté (MB : 31 mai 2002) peuvent avoir une longueur variant de 4 à 4,80 m. La hauteur maximale sera alors de 10 cm pour une longueur de 4 m.



Profil en long d'un ralentisseur (Source : AR 09/10/1998)

Y= ordonnée, T= hauteur maximale du dispositif

X= abscisse, L= longueur du dispositif

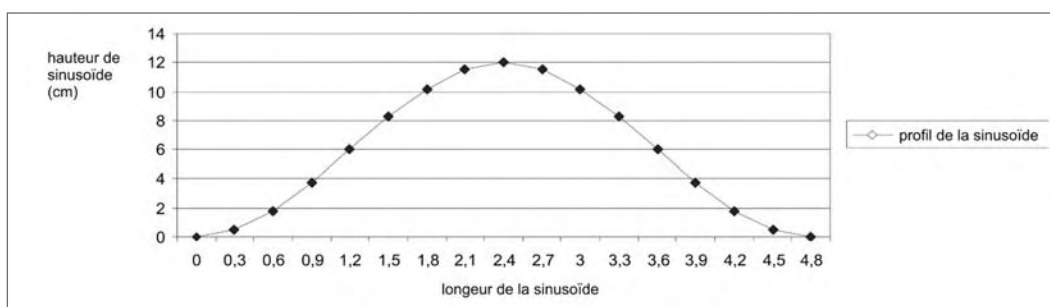
Le profil en long du ralentisseur sera calculé selon la formule :

$$Y \text{ (cm)} = \frac{T \text{ (cm)}}{2} \left(1 - \cos \frac{2\pi X \text{ (cm)}}{L \text{ (m)}} \right)$$

Cette formule permet de déterminer la hauteur que le dispositif doit présenter à chaque coordonnée X⁴.

⁴ Pour un ralentisseur type de 4,80 m de long et 12 cm de haut, le profil est donc calculé suivant selon la formule qui devient: $Y \text{ (cm)} = 6 \left(1 - \cos \frac{2\pi X \text{ (cm)}}{4,80\text{m}} \right)$

L'application de la formule donne le tableau suivant qui permet de connaître la hauteur (coordonnée y) tout au long de la sinusoïde :



Profil en long d'un ralentisseur de 4,80 m de long et 12 cm de haut
selon les données de l'arrêté royal du 9/10/1998

Ce qui donne de manière détaillée :

X en m	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
Y en cm	0	0,5	1,8	3,7	6	8,3	10,2	11,5	12	11,5	10,2	8,3	6	3,7	1,8	0,5	0

Calcul du profil en long d'un ralentisseur de 4,80 m de long et 12 cm de haut (Source : AR 09/10/1998)

Des tolérances sont autorisées dans la réalisation des ralentisseurs, à savoir :

- ◆ en longueur L : +/- 5 %
- ◆ en hauteur Y :
 - +/- 2 cm pour un point particulier
 - +/- 1 cm sur la moyenne du profil en long
- ◆ la saillie d'attaque A : +/- 0,5 cm (hauteur du début du ralentisseur)

Le profil en long est adapté en fonction de la longueur réelle du ralentisseur. La surface du ralentisseur doit être plane.

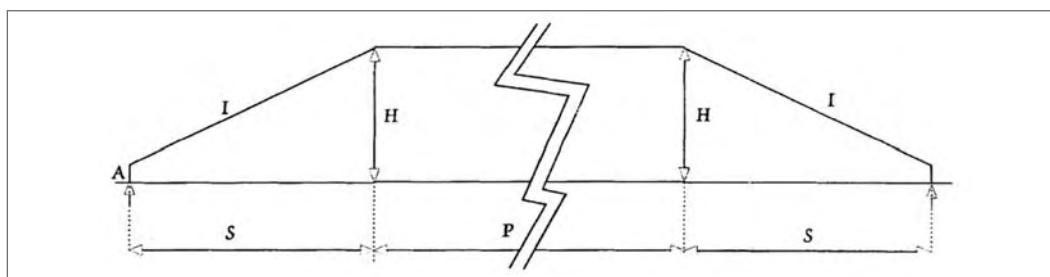
B. LES PATEAUX

Les formes et dimensions des plateaux sont déterminées dans l'annexe 2 de l'arrêté du 3 mai 2002, complété de l'erratum de la même date^{ix}.

Le profil du plateau peut être adapté en fonction de l'intensité, de la composition du trafic et des vitesses souhaitées.

Sa longueur de surface plane P, sa hauteur H, sa pente I et la forme de ses rampes d'accès sont variables. En effet, le plateau peut être de type trapézoïdal ou à accès sinusoïdal.

B.1. Plateau trapézoïdal (accès planes)



Plateau trapézoïdal (Source : AR 09/10/1998)

La longueur de la partie plane P est variable en fonction du type de trafic et des circonstances locales. Elle est de 8 m minimum si la voirie est fréquentée par des autobus et de 15 m pour les autobus articulés.

Selon une étude réalisée par la Société Régionale Wallonne du Transport , il est constaté que le comportement correct du bus articulé reste convenable quelle que soit la longueur du plateau. Il n'y a donc pas de réel intérêt à mettre 15 m sur les tracés des véhicules articulés.

La hauteur H recommandée est de 10 à 12 cm. Elle peut toutefois atteindre 15 cm pour être à même hauteur que le trottoir ou réduite à 8 cm si les conditions locales l'exigent.

Autorisé sur les lignes de bus, le plateau est paradoxalement considéré comme plus confortable pour les bus à une hauteur de 12 cm que de 10 cm. Issu de l'étude de la SRWT, ce paradoxe est peut être du à la stabilisation de la suspension du véhicule.

La longueur S des rampes d'accès et la pente I exprimée en % varient en fonction du type de trafic et de la hauteur H du plateau.

Les dimensions conformes d'un plateau trapézoïdal sont :

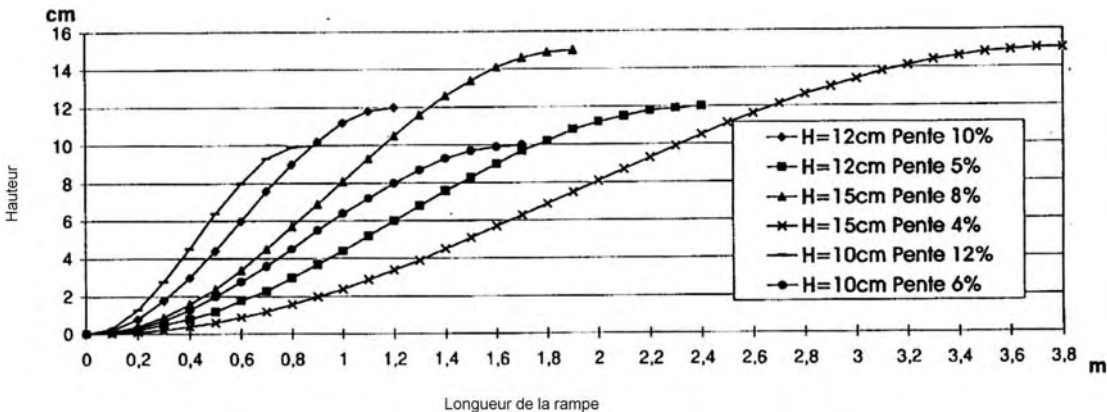
Hauteur H du plateau trapézoïdal		10 cm	12 cm	15 cm
Sur les voiries non fréquentées par des autobus et/ou de nombreux véhicules lourds	Longueur P de la partie plane en m	>5	>5	>5
	Pente d'accès I en %	14	12	10
	Longueur S de la rampe d'accès en m	0,70	1	1,50
Sur des voiries fréquentées par des autobus y compris les autobus articulés et/ou de nombreux véhicules lourds	Longueur P de la partie plane en m	>8	>8	>8
	Pente d'accès I en %	4	4	3
	Longueur S de la rampe d'accès en m	2,5	3	5

Dimension d'un plateau trapézoïdal (Source : AR 09/10/1998)

B.2. Plateau à accès sinusoïdal

Par rapport au plateau trapézoïdal, les accès sont différents et présentent une forme sinusoïdale.

Le profil varie selon la hauteur du plateau et la longueur de la rampe, influençant directement la pente, comme démontré dans ce tableau.



Rampe d'accès sinusoïdal pour plateau (Source : AR 09/10/1998)

Le profil en long de l'accès est calculé selon le type de plateau avec une formule , permettant de déterminer la hauteur de la rampe d'accès à chaque point, selon la longueur de la rampe et la hauteur du plateau, soit la hauteur finale de la sinusoïde.

Le type de plateau varie avec la longueur de la rampe d'accès : le type 85 a une rampe longue de 85 cm, le type 120 une rampe longue de 1,20 m, etc.

⁵ Formule de l'accès sinusoïdal : $Y (cm) = \frac{H(cm)}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi X(m)}{S(m)} \right)$, X = abscisse, Y = ordonnée, H = hauteur du plateau, S = longueur de la rampe d'accès.

Les dimensions conformes d'un plateau trapézoïdal sont :

Hauteur H du plateau à accès sinusoïdal		10 cm	12 cm	15 cm
Sur les voiries non fréquentées par des autobus et/ou de nombreux véhicules lourds	Type	85	120	190
	Longueur P de la partie plane en m	>5	>5	>5
	Pente d'accès I en %	12	10	8
	Longueur S de la rampe d'accès en m	0,85	1,20	1,90
Sur des voiries fréquentées par des autobus y compris les autobus articulés et/ou de nombreux véhicules lourds	Type	-	-	380
	Longueur P de la partie plane en m	-	-	>8
	Pente d'accès I en %	-	-	4
	Longueur S de la rampe d'accès en m	-	-	3,80

Dimension d'un plateau à accès sinusoïdal (Source : AR 09/10/1998)

De manière détaillée, le profil en long d'une rampe d'accès de type 85 est, selon la formule :

Type 85 – $Y = 10/2 (1 - \cos nX/0,85)$										
X en m	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,87
Y en cm	0	0,3	1,3	2,8	4,5	6,4	8	9,3	9,9	10

Profil en long d'une rampe d'accès sinusoïdale type 85

Ce tableau permet de connaître la hauteur (coordonnée Y) à chaque étape X de la sinusoïde de la rampe d'accès.

Ce même type de tableau existe pour les profils de type 120, 190 et 380 dans les arrêtés.

La tolérance utilisée dans la réalisation des différents types de plateaux est :

- ◆ en longueur de la rampe d'accès S : +/- 5%
- ◆ en longueur de la surface plane P : pas de tolérance
- ◆ en hauteur Y :
 - +/- 2 cm pour un point particulier
 - +/- 1 cm sur la moyenne du profil en long
- ◆ la saillie d'attaque A : +/- 0,5 cm maximum

8.2.1.4.2. Matériaux

Le choix des matériaux varie en fonction

- ◆ de la sécurité : visibilité, couleur claire, glissance,
- ◆ de la qualité et de la durabilité du revêtement,
- ◆ de la nature du sol,
- ◆ des autres matériaux de revêtement présents,
- ◆ du caractère du quartier et du type de circulation,
- ◆ ...

La nature des matériaux et leur mise en oeuvre sont des critères pouvant intervenir dans la gêne sonore constatée à proximité des dispositifs surélevés. Même si c'est principalement le bruit d'origine mécanique qui détermine les niveaux sonores pour les faibles vitesses, un revêtement bruyant, tel que des pavés de pierre naturelle, peut s'avérer gênant. L'effet du revêtement sur les niveaux sonores est développé dans la fiche 7. Par ailleurs, toute imperfection peut être source de nuisances sonores locales supplémentaires, d'où l'intérêt de prévoir un entretien et une rénovation régulière.

Selon la législation, les surélévations doivent être implantées de manière telle qu'elles se distinguent nettement du revêtement de la chaussée.

L'utilisation de matériaux différents de ceux de la chaussée et du trottoir améliore la perception du dispositif surélevé, mais peut poser des problèmes de raccord. Si des matériaux différents sont utilisés, il y a donc lieu de soigner particulièrement les raccordements.

De manière générale, la fondation du dispositif doit être renforcée par un béton maigre surmonté d'un sable stabilisant afin d'éviter le risque d'affaissement.

De plus, le dispositif est délimité par une contre-butée sur toute la longueur de ses côtés latéraux.

Un rehaussement de la chaussée entraînant une coupure dans l'écoulement des eaux, les avaloirs doivent être en nombre suffisant et correctement implantés.

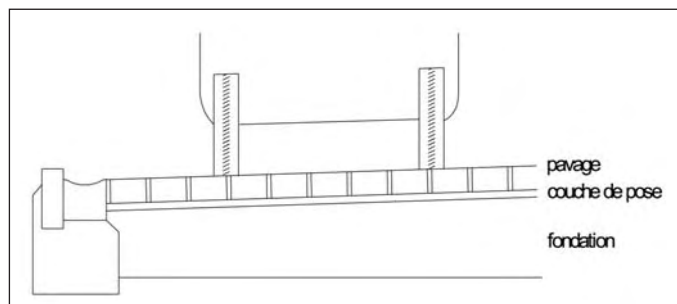
Il est également conseillé d'utiliser des matériaux non gélifs afin d'éviter les complications dues au gel et dégel.

A. LE PAVAGE

Les pavés permettent un bon contraste avec le revêtement de la voirie. La gamme de couleur est variée. Les lignes blanches peuvent être réalisées par un jeu de coloris entre les pavés, ce qui évite toute peinture et assure la tenue des couleurs dans le temps.

Cependant, en tant que revêtement relativement bruyant, le pavage peut être à l'origine de nuisances sonores dans son environnement proche.

Pour la surface plane des plateaux, les pavés peuvent être posés sur des voiries où le trafic est limité à 3.000 véhicules et 300 poids-lourds par jour. Ces nombres doivent être réduits à 500 véhicules et 40 poids-lourds par jour pour les rampes d'accès et les ralentisseurs de forme sinusoïdale.



Coupe type dans un dispositif surélevé en pavé

Les **problèmes** rencontrés dans le cas d'un dispositif en pavés peuvent être dus :

- ◆ au climat :
 - ruissellement et accumulation d'eau : il faut prévoir des avaloirs en nombre suffisant et correctement implantés ;
 - infiltration des eaux : la structure ouverte permettant la filtration de l'eau évite sa stagnation et par là même la formation de flaques, voir de plaques de verglas. Par contre, l'infiltration de l'eau peut créer des problèmes de stabilité en milieu humide et de saturation en eau de la couche de pose ;
 - gel et dégel : ces cycles peuvent entraîner des déformations des couches.
- ◆ au trafic :
 - vibrations : elles peuvent entraîner des infiltrations d'une couche par rapport à l'autre ;
 - efforts verticaux : ils doivent être répartis pour limiter les déformations et une dispersion de la couche de pose ;
 - efforts horizontaux : ils peuvent générer des déplacements des pavés : glissement, écartement, basculement, etc.

Au niveau de la **conception** et de la **mise en œuvre**, il faut être attentif aux différentes couches :

- ◆ Pavage : afin d'assurer la stabilité des pavés et l'imperméabilité maximum de cette première couche et afin d'éviter les problèmes dus à l'infiltration des eaux, il est conseillé :
 - une pente transversale $\geq 2,5\%$, avec évacuation des eaux de ruissellement;
 - une épaisseur des pavés compris entre 10 et 13 cm suivant le trafic;
 - Des joints étroits de +/- 3 mm, bien remplis d'un matériau anguleux et résistant à l'usure (silice, Quartz, Grès, Porphyre,...) afin d'éviter que le joint ne se disperse et ne s'érode;

- appareillage enchevêtré, pour répartir au mieux les efforts;
- hydrofugation du pavage, pour le rendre le plus imperméable possible.
- ◆ Couche de pose : pour être stable, également en présence d'eau et perméable pour éviter toute stagnation, il est bien de prévoir :
 - une granulométrie 0/7, avec suffisamment de gros éléments pour assurer une bonne stabilité aux vibrations et aux efforts même en milieu humide;
 - des matériaux anguleux, résistant à l'usure, et idéalement non gélifs pour éviter le risque de gonflement;
 - pas de matériaux stabilisés au ciment, pour limiter le risque de déstructuration de la couche de pose;
 - une épaisseur constante et de maximum 4 cm.
- ◆ Fondation : insensible à l'eau et au gel, elle doit pouvoir résister aux sollicitations importantes. Dès lors, il est conseillé :
 - des matériaux ne retenant pas l'eau et non gélifs;
 - une fondation stable, résistante au martèlement et à l'orniérage et idéalement drainante.

Par ailleurs, il est important d'optimiser les actions suivantes :

- ◆ Drainage : utile pour évacuer l'eau infiltrée, éviter une saturation en eau de la couche de pose et limiter ainsi les déformations et problèmes de stabilité dus à la présence d'eau dans les matériaux, le drainage se fait actuellement par la couche de pose. Un drainage limite aussi les embarras liés au gel.
- ◆ Chaînage et serrage : afin de transmettre et reprendre les efforts pour éviter ou limiter les déplacements des pavés, le pavage doit être bien serré. Outre des joints étroits et bien remplis, il faut un blocage du dispositif par le placement de bordures (contre-butage) le ceinturant. Celle-ci n'est pas nécessaire entre surfaces pavées de même nature.



Plateau en pavés - Laeken

En matière d'exécution, il faut être attentif au respect des prescriptions et au compactage des matériaux et soigner la pose.

Un pavage mal réalisé engendre des conséquences au niveau sonore, entre autres.

La Région bruxelloise ne recommande pas ce type de matériaux pour les dispositifs surélevés sur ses voiries.

B. ÉLÉMENTS EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ

Contre le basculement des éléments et un risque d'infiltration d'eau, la fondation doit être parfaitement plane, rigide et non érodable.

Les éléments en béton préfabriqué sont ancrés dans la fondation ou fixés par un dispositif de goujonage. Ils ne doivent pas être trop étroits, pour des raisons de stabilité et de réduction du nombre de joints, régulièrement source de soucis.

En effet, les joints doivent être étanches pour éviter les infiltrations d'eau et souples pour répondre au phénomène de dilation, sinon le béton peut se fissurer.



Rampes d'accès en béton préfabriqué

Le béton préfabriqué est un des matériaux préconisés par la Région de Bruxelles-Capitale pour la réalisation de dispositifs surélevés.

C. ENROBÉS HYDROCARBONÉS

Matériau fort utilisé comme revêtement de voirie, l'enrobé hydrocarboné est également utilisé pour la conception de ralentisseurs et plateaux.

Pour ce type de dispositif, l'enrobé hydrocarboné présente les mêmes avantages qu'en voirie. Il a une très bonne tenue dans le temps, sa durée de vie étant élevée. De plus, lorsqu'il doit être refait, il ne faut recommencer que la couche supérieure.

L'exécution des travaux est généralement bien assurée, car il s'agit d'un revêtement classique et donc connu par les entrepreneurs.

Au niveau de l'impact sonore, les enrobés hydrocarbonés présentent l'avantage d'être un revêtement parmi les moins bruyants.

Contrairement au pavage, les enrobés hydrocarbonés, comme les autres revêtements coulés, ne posent pas de problèmes dus à la giration des véhicules, notamment au niveau des plateaux situés aux carrefours. En effet, les mouvements des roues ont tendance à faire bouger les pavés.

Cependant, comme en voirie courante, les enrobés hydrocarbonés sont victimes d'orniérages dus aux sollicitations qui engendrent une déformation de l'hydrocarboné ou de la fondation. L'hydrocarboné doit être suffisamment résistant et la fondation rigide et résistante, également.

Les enrobés hydrocarbonés présentent également un risque de glissement des couches d'enrobé l'une sur l'autre ou sur la fondation. Une couche d'accrochage entre les couches réduit ce risque.

Le dispositif devant être distingué de la chaussée, l'enrobé hydrocarboné peut être coloré dans la masse ou subir un traitement de surface. Dans ce cas, la surface doit être régulièrement repeinte.



Plateau en asphalte à Woluwé-Saint-Lambert

La Région bruxelloise préconise également l'asphalte comme revêtement pour ce type de dispositif.

D. BÉTONS COULÉS SUR PLACE

Les bétons coulés sur place présentent les mêmes avantages que les enrobés hydrocarbonés. Étant encore peu utilisés, leur tenue dans le temps reste cependant peu connue.

D'autre part, les bétons coulés sur place peuvent présenter des risques de fissuration au niveau des raccords, due à la dilatation du matériau. Il faut donc prévoir des joints de retrait, plutôt localisés sur la partie plane dans le cas du plateau ou à la base des rampes d'accès, si jonction avec un revêtement en béton.

E. RACCORD ENTRE DIFFÉRENTS MATÉRIAUX

Les variations géométriques des matériaux sous contrainte étant différentes selon leur souplesse, leur comportement sous la charge des véhicules est différente. S'il y a raccordement entre matériaux différents, il faut le soigner géométriquement et techniquement.

Les efforts dynamiques verticaux sont réduits en évitant les dénivellations de trop de millimètres. Il est également déconseillé de passer brusquement d'une structure souple à une structure rigide, sans transition.

Au niveau des raccords, les pathologies sont pour :

- ◆ pavés/ enrobé hydrocarboné : fissures au raccord et mouvement des pavés. La couche d'asphalte étant moins compacte au niveau du raccord, car mise en œuvre manuellement, elle peut facilement "sauter" entraînant des fissures. La bordure délimitant le dispositif peut alors bouger.



Détail raccord entre pavés et enrobé hydrocarboné

- ◆ pavés/béton monolithique : la dilatation du béton pousse les pavés qui sont alors déplacés. Il faut prévoir des joints de dilatation de part et d'autre du dispositif et sur toute la largeur du ralentisseur de trafic.

F. ENTRETIEN ET RÉNOVATION

Outre l'importance de la mise en œuvre, l'entretien et la rénovation du dispositif ont également leur rôle à jouer au niveau des incidences acoustiques que peut avoir un dispositif détérioré.

L'entretien et la rénovation des dispositifs surélevés dépendent des matériaux choisis et de la mise en œuvre. Ils ont une influence non négligeable sur le bruit engendré au passage des véhicules.

Les lignes blanches doivent, si elles sont faites à la peinture, être régulièrement repeintes. Il n'y a pas d'entretien de ce type s'il s'agit de pavés blancs teintés dans la masse.

Les sollicitations peuvent poser des problèmes d'affaissement, de création d'ornières, de déplacement. Ceux-ci sont influencés par la forme, le matériau et la mise en œuvre du dispositif.

Les raccords entre les différents matériaux peuvent également créer des complications. Les raccords défectueux sont souvent source de nuisances sonores supplémentaires.



Détail : Réparation d'un raccord

Les problèmes détaillés matériaux par matériaux peuvent survenir sur tout dispositif et nécessitent donc une rénovation pour que ce dernier continue à être efficace tout en assurant la sécurité et en limitant les nuisances sonores locales.

8.2.1.5. Implantation et signalisation

Les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les conditions particulières de placement de la signalisation routière sont légiférées par des arrêtés datant du 9 octobre 1998 et du 3 mai 2002.

La localisation des dispositifs a peu d'influence directe sur le bruit. Il doit cependant être visible de jour comme de nuit et attendu, ce qui :

- induit une meilleure efficacité en terme de réduction de vitesse dans la zone d'influence du dispositif et donc, une meilleure efficacité en terme de réduction du bruit global (cfr. plus haut);
- diminue le risque de comportement "agressif" du conducteur (freinage brusque, etc.) et donc, la gêne acoustique locale.

La signalisation et le marquage au sol ont leur rôle à jouer dans la visibilité et la lisibilité de chaque dispositif.

8.2.1.5.1. Condition de localisation

Réglementairement, les dispositifs surélevés doivent être situés :

- ◆ soit à l'intérieur d'une agglomération,
- ◆ soit en dehors d'une agglomération, aux endroits bordés d'habitations ou de bâtiments fréquentés par le public ou aux endroits habituellement fréquentés par de nombreux piétons ou cyclistes, à la condition qu'il existe une limitation de vitesse de 50 km/h imposée par le signal C43 (rond blanc avec bande rouge et 50 au centre en noir),.... sauf lorsque le dispositif surélevé est implanté avant un carrefour dans une bande de circulation destinée aux vireurs à droite et séparée physiquement des autres bandes de circulation.

La voirie doit présenter des conditions de circulation telles qu'une réduction importante de la vitesse des véhicules améliore la sécurité, spécialement celle des piétons et des cyclistes.

En effet, pour être pertinent, le dispositif surélevé doit être choisi raisonnablement et approprié à la voirie. Mal localisés ou trop nombreux, les dispositifs perdent de leur crédibilité et de leur efficacité.

De plus, cette mesure doit être visible et prévue par l'automobiliste. Il faut éviter toute implantation dans une grande ligne droite, où la vitesse peut être élevée, ou à la sortie d'un tournant, que ce soit sur une voirie ou à un carrefour.

Un tel dispositif mal implanté peut surprendre et engendrer des dégâts aux véhicules qui n'ont pu ralentir, voir créer un accident. L'objectif de sécurité n'est alors pas atteint.

Les articles 2 de l'arrêté de 1998 et 3 de celui de 2002 interdisent d'ailleurs l'implantation d'un dispositif surélevé dans un virage pour les ralentisseurs. Les plateaux, eux, doivent être localisés de telle sorte que les rampes d'accès et de sorties soient situées en dehors des virages et qu'elles soient visibles à distance suffisante.

De plus, selon ces mêmes articles, les dispositifs surélevés doivent être placés :

- ◆ en dehors des carrefours et à une distance minimale de 15 mètres de ceux-ci,
- ◆ à une distance minimale d'environ 75 mètres d'un autre dispositif surélevé, sauf circonstances locales particulières,
- ◆ lorsque, sur route en pente, le pourcentage de la pente de la route additionné à celui de la rampe du dispositif n'est pas supérieur à 15%.

Idéalement, les rehaussements de la voirie se localisent aux carrefours et aux abords d'écoles, de pôles de loisirs, des parcs, des terrains de sport,... soit de part et d'autre d'une entrée très fréquentée par les piétons et les cyclistes. Un éclairage des dispositifs mis en place améliorera la visibilité de la variation du profil de la voirie.

Pour l'implantation des dispositifs surélevés, des différences existent entre les ralentisseurs et les plateaux.

Ralentisseurs de trafic :

Le ralentisseur de trafic ne peut pas s'appliquer sur toutes les voiries. En effet, vu ses caractéristiques physiques, ce dispositif fort contraignant n'est pas adapté aux voiries à grand débit ou empruntées régulièrement par des bus et des poids-lourds.

Il ne peut donc être placé légalement sur une voie empruntée par une ligne de transport en commun, ni fréquentée régulièrement par des véhicules de services de secours.

Ce type de mesure est réservé essentiellement aux voiries locales, sur lesquelles le trafic est limité.

Plateaux :

Outre les implantations classiques des dispositifs surélevés, le plateau peut également se placer :

- ◆ au niveau des carrefours. Le plateau est très utile lorsqu'il s'agit d'un carrefour formé par deux artères de même niveau hiérarchique (par exemple, deux interquartiers). Tout mode de gestion peut être ajouté (priorité de droite, cédez le passage, stop, feux,...);
- ◆ pour faciliter les traversées et améliorer leur sécurité. En effet, le plateau étant une surface plane, il peut accueillir un passage marqué pour les piétons ou les cyclistes;
- ◆ aux endroits très fréquentés des rues commerçantes, là où le flux dominant des piétons traverse;
- ◆ au croisement d'un itinéraire fort fréquenté par les modes de déplacement doux;
- ◆ afin de marquer et de valoriser l'espace public. La surélévation de toute une place marque son statut d'espace public et son régime bas de vitesse.

Dans des circonstances particulières telles une rue en pente, le plateau peut ne comporter qu'une seule rampe.

8.2.1.5.2. Signalisations – Marquage

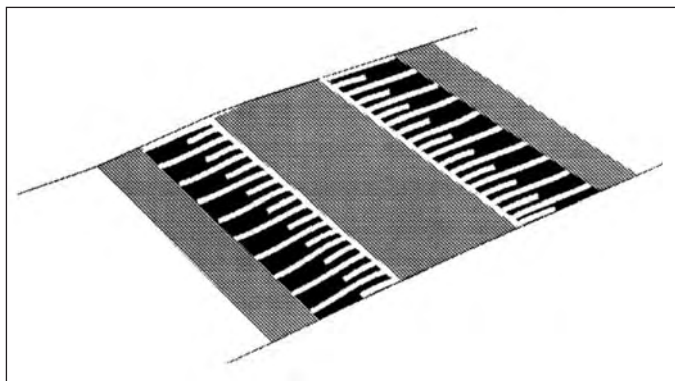
Les dispositifs sont d'une part constitués d'un marquage au sol et d'autre part munis d'une signalisation spécifique du code de la route.

De plus, selon la législation, les surélévations doivent être implantées de manière telle qu'elles se distinguent nettement du revêtement de la chaussée.

Pour les dispositifs surélevés, des traits de couleur blanche sur fond foncé sont marqués sur la partie la plus inclinée de chaque pente et sur toute la largeur. Les traits, parallèles à l'axe de la chaussée, sont marqués en alternance de traits longs et courts, tous perpendiculaires à un trait blanc transversal.

Pour les plateaux ne comportant qu'une seule rampe, les traits doivent quand même délimiter fictivement l'endroit où il n'y a pas de rampe.

Ce n'est pas nécessairement de la peinture. Il peut s'agir par exemple de pavés blancs alternés à des pavés foncés.



Ralentisseur de trafic (Source : AR 09/10/1998)

Selon l'arrêté, ces traits doivent avoir les dimensions suivantes :

- ◆ les traits blancs longitudinaux ont une largeur de 0,10 m environ;
- ◆ les traits longs ont une longueur de 1 m environ;
- ◆ les traits courts ont une longueur de 0,40 m environ;
- ◆ l'espace entre deux traits est d'environ 0,20 m;
- ◆ le trait blanc transversal a une largeur d'environ 0,20 m.

Si pour des raisons techniques, ces dimensions ne peuvent être respectées, le rapport entre elles doit rester constant.

En matière de signalisation verticale, les dispositifs surélevés sur les voies publiques sont annoncés :

- ◆ soit par les signaux routiers A 14  , situé en amont (à 150 m minimum du dispositif) pour signaler le dispositif,

et F87  , placé à hauteur du dispositif ;

Si la distance de 150 m minimum en amont ne peut être respectée pour le signal A14, il faut rajouter au panneau A 14 un panneau additionnel avec mention de la distance (lettres blanches sur fond bleu).

- ◆ soit seulement par le signal A14 si le plateau est implanté à un carrefour.

La surélévation n'est pas signalée si elle se situe dans une zone 30 délimitée par les signaux

F4a  et F4b  , ni dans les zones résidentielles ou zones de rencontre délimitées

par les signaux F12a  et F12b 

S'il y a plusieurs ralentisseurs de trafic qui se suivent, le signal A14 n'est implanté qu'avant le premier ralentisseur avec le panneau additionnel de type II 

Les dimensions des panneaux routiers relèvent du code du gestionnaire.

8.2.1.6. Avantages et inconvénients

Outre les avantages et inconvénients en matière de bruit que l'on peut déduire de ce qui précède, il est également intéressant de connaître les avantages et les inconvénients des dispositifs surélevés sur base d'autres critères (sécurité, etc.).

8.2.1.6.1. Avantages des dispositifs surélevés

Le dispositif surélevé :

- ◆ diminue efficacement la vitesse de tous les véhicules et permet ainsi de réduire de manière globale le bruit dans sa zone d'influence, de façon plus ou moins importante selon la réduction de vitesse en jeu;
- ◆ respecte l'organisation spatiale traditionnelle de la rue;
- ◆ peut facilement s'intégrer dans un ensemble de mesures, favorisant une réduction de vitesse et de bruit d'autant plus grande.

A. AVANTAGES SPÉCIFIQUES AUX RALENTISSEURS DE TRAFIC

Les avantages spécifiques aux ralentisseurs de trafic sont essentiellement dus à leur profil sinusoïdal. En effet, le ralentisseur de trafic :

- ◆ implique une faible modification de l'infrastructure;
- ◆ peut être franchi de manière agréable à vitesse réduite, grâce à sa forme sinusoïdale;
- ◆ réduit l'inconfort des véhicules à faibles suspensions tels les deux-roues;
- ◆ évite l'accrochage des pédales des deux-roues;
- ◆ induit une réduction limitée du nombre de places de stationnement;
- ◆ reste peu coûteux à la mise en œuvre et à l'entretien, dans le cas d'une bonne mise en œuvre;
- ◆ minimise la déformation physique du dispositif au cours du temps, grâce à sa forme;
- ◆ existe en éléments préfabriqués, facilitant sa mise en place rapide et permettant d'effectuer des tests avant la mise en place définitive d'une telle mesure;
- ◆ permet une diminution globale du bruit généralement plus importante que le plateau.

B. AVANTAGES SPÉCIFIQUES AUX PLATEAUX

De par ses caractéristiques, le plateau :

- ◆ offre une grande adaptabilité de localisation et de dimensions selon les caractéristiques du lieu;
- ◆ est adapté au carrefour, étant un endroit naturel de ralentissement;
- ◆ est compatibles avec des traversées piétonnes et cyclables;
- ◆ améliore le confort et la sécurité des traversées piétonnes, notamment pour les personnes à mobilité réduite, car il n'y a pas de haute bordure entre le trottoir et la voirie;
- ◆ permet une meilleure perception des traversées et de l'espace pour les automobilistes;
- ◆ peut s'intégrer au réaménagement complet de l'espace public et participer à l'image de la rue, ce qui induit une plus-value esthétique en plus de l'amélioration de la sécurité en soulignant l'importance des lieux;
- ◆ n'implique pas de réduction de places de stationnement quand il est placé à un carrefour;
- ◆ peut accueillir du stationnement autorisé en section courante par une réglementation locale, s'ils ont une longueur de minimum 10 m;
- ◆ engendre de gênes moins importantes que les ralentisseurs de trafic pour les transports en commun et les poids-lourds;
- ◆ entraîne une accélération verticale supérieure à celle du profil sinusoïdal, ce qui peut également être un inconvénient;
- ◆ lorsqu'il est franchi par des véhicules légers, semble localement plus efficace en matière de réduction sonore que le ralentisseur.

8.2.1.6.2. Inconvénients des dispositifs surélevés

Par contre, le dispositif surélevé :

- ◆ est une mesure ponctuelle qui a une influence sur la vitesse limitée localement, s'il est isolé;
- ◆ est inconfortable pour les deux-roues;
- ◆ engendre une grande dispersion des vitesses pratiquées;
- ◆ induit souvent des changements de régime de vitesse (décélérations - accélérations) qui peuvent créer des comportements agressifs ou nerveux et engendrer des nuisances sonores pour les riverains (ralentisseur de trafic et plateau en section courante);
- ◆ peut engendrer des nuisances sonores (émergence de bruit et émergence tonale), notamment lors de passage de poids lourds et de bus et lorsqu'ils sont mal entretenus.

A. INCONVÉNIENTS SPÉCIFIQUES AUX RALENTISSEURS DE TRAFIC

Le ralentisseur de trafic :

- ◆ est très inconfortable pour cars et poids-lourds;
- ◆ est interdit sur les lignes régulières de transport en commun;
- ◆ est inadapté dans les rues à forte pente;
- ◆ impose un entretien difficile;
- ◆ peut créer des vibrations aux habitations riveraines (atténuées toutefois par la forme sinusoïdale).

B. INCONVÉNIENTS SPÉCIFIQUES AUX PLATEAUX

- ◆ réduit, pour les piétons, la différence physique entre le trottoir et la voirie, ce qui diminue la perception des territoires, essentiellement pour les enfants et les malvoyants;
- ◆ implique une perte du nombre de places de stationnement sur la voirie, en dehors des carrefours ou de toute réglementation particulière à ce sujet;
- ◆ facilite le stationnement illicite car il n'y a pas de bordure;
- ◆ implique un coût d'exécution et d'entretien assez élevé;
- ◆ engendre une adaptation parfois importante du système de recueil des eaux pluviales.

8.2.1.7. Recommandations

A. RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE DE BRUIT

La littérature n'est pas vaste mais suffisamment riche en observations pour faire certaines recommandations afin de décider de l'opportunité de placer des dispositifs surélevés, de choisir judicieusement le type de dispositifs surélevés et d'éviter certaines nuisances sonores, et ce, en fonction de l'endroit envisagé. Comme signalé en partie plus haut, il est nécessaire d'attacher une importance particulière aux critères suivants avant la mise en œuvre d'un dispositif surélevé :

Matériaux

Etant donné les vitesses en jeu lors du franchissement des dispositifs, l'origine du bruit est surtout mécanique. Cependant, comme évoqué plus haut, un revêtement de pavés en pierre est à proscrire dans le cas où l'on désire minimiser le bruit. Par ailleurs, un entretien et une rénovation réguliers sont à privilégier afin d'éviter toute irrégularité, source de nuisances sonores.

Pour plus de détails, il est conseillé de se reporter à la fiche 7 de cet ouvrage.

Composition du trafic :

Comme l'a montré l'étude du laboratoire TRL, il est primordial de réfléchir l'installation d'un dispositif surélevé en tenant compte de la composition du trafic dans la rue ou le quartier concerné. Il est recommandé d'éviter l'implantation de tels dispositifs (ralentisseurs et plateaux) lors de passages réguliers de transports en commun et/ou de véhicules d'intervention urgente. Ceci afin d'éviter toute augmentation des niveaux sonores pouvant être source de gêne aux riverains situés à proximité de l'aménagement.

Espacement entre les dispositifs, visibilité et autres mesures :

L'espacement correct entre les différents aménagements ralentisseurs de trafic permet d'éviter les accélérations rapides et progressives à la sortie des dispositifs surélevés, et évite donc des variations importantes du bruit local. Concernant les plateaux et les ralentisseurs, l'expérience a montré qu'un espacement supérieur à 100 m encourageait les accélérations entre les aménagements. Par ailleurs, un espacement minimum entre les aménagements ralentisseurs permet d'assurer une meilleure efficacité en terme de réduction de la vitesse dans la zone d'influence et par conséquent, une réduction plus efficace du bruit global. Cette efficacité est par ailleurs renforcée lorsque tout est mis en œuvre pour assurer la visibilité du dispositif surélevé et lorsque des mesures complémentaires de réduction de vitesse accompagnent l'aménagement (rétrécissement de voirie, etc.).

Contexte

Comme précisé plus haut, il est important de situer l'aménagement dans un contexte de mesures réductrices de vitesse (rétrécissement de voirie, etc.). Par ailleurs, la participation citoyenne lors de l'élaboration des projets d'aménagements est également à encourager afin d'aller dans le sens d'une meilleure acceptation des riverains.

8.2.1.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

Il est à signaler que pour toute mesure imposant une obligation, une interdiction ou une restriction aux usagers de la route, un règlement complémentaire relatif à la circulation routière doit être adopté par le conseil communal et approuvé par la tutelle.

Le rehaussement de la chaussée doit être bien visible, de jour comme de nuit, et éclairé si nécessaire. La luminance et le contraste du revêtement ont leur importance pour améliorer la perception du dispositif. En effet, la modification du profil de la voirie doit être perceptible et annoncée si nécessaire, afin d'être attendue par l'automobiliste et d'éviter de le surprendre.

Dans le cas d'un plateau avec traversée piétonne, l'éclairage se justifie afin d'améliorer la sécurité des piétons.

Dans le Règlement Régional d'Urbanisme de la Région bruxelloise^{xiii}, l'article 8 (Titre 7, section 3) rappelle quelques principes en matière de localisation, de qualité et d'intégration des 'dispositifs ralentisseurs'. Ceux-ci étant dispensés de permis d'urbanisme (sauf si, de par leur grand nombre, ils perdent leur caractère de minime importance).

- ◆ Les dispositifs ralentisseurs sont localisés en fonction du contexte architectural et urbanistique, de même qu'en fonction de la sécurité des tous les usagers, et plus particulièrement des piétons et des cyclistes.
- ◆ Les dispositifs ralentisseurs s'intègrent à l'environnement bâti et non bâti :
 - les matériaux et leurs couleurs sont étudiés de manière cohérente avec le contexte,
 - l'éclairage et la signalisation assurent la visibilité de jour comme de nuit,
 - l'évacuation des eaux est assurée.



Ralentisseur accompagné d'un rétrécissement –Woluwé-Saint-Pierre

Etudiés en relation directe avec le lieu, les dispositifs surélevés et le plateau en particulier peuvent être mis à profit pour marquer l'espace public : une place, des bâtiments importants, des cheminements et traversées piétons. La mise en place d'un tel dispositif ne doit pas seulement répondre à une logique technique, mais également d'intégration et de mise en valeur de l'espace environnant.

Localement, la surélévation doit plutôt être placée en aval des avaloirs existants afin d'éviter la formation de flaques. Sinon, il faudra adapter les évacuations par rapport à l'implantation du dispositif.

8.2.1.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

Ayant pour objectif principal de diminuer la vitesse des véhicules, les dispositifs surélevés sont conçus pour la voiture essentiellement. Les autres usagers de la voirie sont cependant également concernés par cette modification du profil de la chaussée et parfois contraints par cette disposition.

A. PIÉTONS

Une diminution de vitesse améliore inévitablement la sécurité des piétons.

Le ralentisseur de trafic n'a pas d'influence sur le comportement du piéton ni des véhicules par rapport à celui-ci.

Le plateau, par contre, permet d'intégrer les autres usagers. En effet, toujours destiné à la voiture, il devient également très accessible aux piétons, puisque que adapté et autorisé dans la réglementation.

Situé au droit des traversées ou d'un carrefour, le plateau est généralement au niveau des trottoirs, sinon plus proche. Dès lors, il offre l'avantage du confort pour les piétons qui ne doivent plus enjamber la bordure, mais engendre l'inconvénient de la sécurité. En effet, sans grande différence de niveau entre le trottoir et le plateau, le piéton perçoit alors moins bien la distinction entre le trottoir et la voirie. Les personnes malvoyantes et les enfants, en particulier, ont besoin de repères et de marques de différences entre les territoires. L'usage de dalles tactiles permet de noter la limite des espaces.

Les personnes à mobilité réduite profitent par contre de cette "mise à niveau" au niveau des traversées facilitant le passage de chaises roulantes, caddies, poussettes, etc.

L'absence de bordure facilite également le stationnement illicite, l'envahissement du trottoir étant alors aisé pour les automobilistes.



Plateau avec passage pour piétons et potelets – Neder-Over-Heembeek

La présence de potelets et de bornes peut empêcher le parking sauvage tout en délimitant mieux les territoires entre piétons et voitures. Cette mesure reste à utiliser parcimonieusement pour éviter les 'forêts de potelets' et une dénaturation de l'espace public. La verbalisation reste une mesure d'accompagnement, limitant le stationnement défendu.

B. DEUX-ROUES

Une modification du profil en long de la voirie est inconfortable pour les cyclistes. La vitesse des deux-roues n'étant pas concernée en matière de réduction, les dispositifs surélevés ne sont qu'inconvénients pour eux. Cependant, le plateau est bien moins dérangerant que le ralentisseur.

La création d'un espace latéral restant au même niveau pourrait être une solution qui leur éviterait le passage du ralentisseur. Cependant la législation impose le dispositif sur toute la largeur de la chaussée, sauf lorsque les sens de circulation sont séparés autrement que par des marques routières, la largeur du ralentisseur de trafic peut être limitée à la partie de la chaussée destinée à un sens de circulation (AR 3/05/2002). Le cycliste roulant

dans le même sens de circulation que les véhicules, une telle mesure est contraire à la loi sauf lorsque les espaces de chaque usager sont bien distincts.

Non autorisé, un espace latéral n'est pas compatible avec un plateau associé à une traversée piétonne, car il y aurait des conflits entre ces deux modes de déplacements doux.

C. TRANSPORT EN COMMUN

Toute déformation de la chaussée est désagréable pour les usagers des transports en commun, d'autant plus que la modération de la vitesse ne concerne à priori pas les bus.

Le ralentisseur de trafic au profil sinusoïdal est proscrit pour les voiries accueillant des lignes de bus régulières. Il est donc nécessaire de considérer les itinéraires des transports en commun.

Le plateau est, par contre, autorisé. Selon une étude de la SRWT notamment, quelques précautions améliorent le confort des voyageurs au passage de ce type de dispositif :

- ◆ l'accès trapézoïdal est plus agréable que l'accès sinusoïdal. Les sinusoïdes ont une action plus violente;
- ◆ la longueur plane du plateau influence le confort qui s'améliore avec la distance. Il n'y a cependant pas de nécessité à augmenter la longueur jusqu'à 15 m pour les véhicules articulés, ceux-ci présentant un comportement correct quelle que soit la longueur du dispositif;
- ◆ la pente idéale est de 3 à 4%, la hauteur de 12 cm;
- ◆ la vitesse acceptable se limite à 30 km/h, pour le passage d'un plateau de 8 mètres de long, la longueur étant supérieure à l'empattement du véhicule (longueur préconisée par l'arrêté). Si le plateau est de 4 mètres, la vitesse du bus est réduite à 20 km/h.

Le conducteur du bus doit adopter une conduite "douce" à l'approche du plateau et à son franchissement pour éviter les désagréments aux voyageurs.

Combiné avec un arrêt, le plateau marque également la présence d'autres usagers.



Plateau combiné avec arrêt de bus – Anderlecht

D. POIDS-LOURDS

Pour les poids-lourds, un rehaussement de la chaussée présente les mêmes inconvénients que pour les bus des transports en commun. Il est particulièrement inconfortable. Sans être interdit par la législation, il est déconseillé d'implanter un tel dispositif sur une voirie fortement fréquentée par des poids-lourds. Les itinéraires de poids-lourds, repris par le PRD, déterminent les voiries qui doivent être accessibles à tout camion. L'itinéraire des convois exceptionnels reprend les axes qui doivent présenter des dimensions importantes pour pouvoir accueillir des poids-lourds de gabarits particulièrement importants.

La présence de dispositifs surélevés peut influencer le trafic de transit, dirigé alors vers d'autres voiries moins désagréables.

E. VÉHICULES D'URGENCE

Les surélévations de la chaussée ne sont pas idéales pour les véhicules d'urgence, et en particulier pour les ambulances transportant des blessés. Le plateau est cependant moins désagréable que le ralentisseur de trafic.

Au niveau des dimensions, les services d'urgence ne semblent pas avoir d'exigence. Il est, cependant, déconseillé de placer des dispositifs surélevés sur les voies principales d'accès aux hôpitaux et casernes de pompiers.

8.2.2. Surélévation: le coussin

Le coussin fut employé pour la première fois à Berlin. De là, découle son nom commun de "coussin berlinois". Ses objectifs et ses caractéristiques se rapprochent fortement de ceux du ralentisseur de trafic, à la grande différence principale de sa largeur. En effet, le coussin a la particularité de ne pas couvrir toute la largeur de la chaussée. Il est dès lors moins contraignant pour les véhicules dont la largeur entre les roues est importante

8.2.2.1. But

Le coussin a pour objectif principal de réduire la vitesse des voitures sans trop gêner les autres usagers de la voirie, à savoir les cyclistes, les deux-roues motorisés, les transports en commun et les poids-lourds, car contrairement aux dispositifs surélevés, il ne prend pas toute la largeur de la chaussée.

Selon la définition de la circulaire ministérielle du 3 mai 2002^{xiii}, le coussin consiste, en effet, en une surélévation de la chaussée qui contrairement aux dispositifs surélevés ne couvre pas toute la largeur de la voirie. Les dispositifs surélevés font l'objet de dispositions réglementaires (arrêté royal du 3 mai 2002^{xiv}) et visent à limiter la vitesse à 30 km/h. L'objectif du coussin est de réduire la vitesse mais pas nécessairement à 30 km/h, ce qui le différencie entre autre des dispositifs surélevés. Il peut cependant s'insérer comme mesure dans les zones 30.

8.2.2.2. Principe

Le coussin présente une forme de pyramide rectangulaire tronquée. Cette partie centrale est surélevée légèrement et laisse donc certaines portions de voiries au niveau zéro. Sa forme et ses dimensions sont conçues de telle façon à ce qu'une voiture normale doit au moins mettre une roue sur la surélévation. Celle-ci est suffisante pour créer un inconfort lors du franchissement, tout en tenant compte de la hauteur des véhicules, afin de leur éviter des dégâts.

Cependant, la largeur du dispositif est telle que les bus peuvent passer sans inconfort important. Ils doivent cependant réduire leur vitesse pour le franchir sans monter sur le centre surélevé. Ce dispositif a donc également un effet de ralentissement pour les autres véhicules qui ralentissent pour viser les bords du coussin afin de limiter au maximum le franchissement du dit dispositif.

En passant sur les bords, les deux-roues peuvent outrepasser le coussin tout en restant à niveau de la chaussée.

Le coussin réduit la vitesse de tous véhicules sans causer de désagréments inacceptables aux autobus et autres poids-lourds, malgré la contrainte de ralentissement.



Coussin à Berlin (Source : IREC, Le temps des rues, 1990)

Par sa présence le coussin permet également de créer un effet de porte.

8.2.2.3. Impact sonore

8.2.2.3.1. Introduction

De par la modification de conduite qu'il entraîne (freinage, variation de régime du moteur, accélération), le coussin modifie de toute évidence l'ambiance sonore environnante et ce, à deux niveaux : local et global. Pour rappel, l'impact local couvre la zone toute proche de l'aménagement et l'impact global s'étend dans la zone géographique concernée par la réduction de vitesse créée par le dispositif limiteur de vitesse (en amont et en aval du dispositif).

Lors de la rédaction de cet ouvrage, l'impact acoustique des coussins berlinois n'avait pas été étudié très largement. Le laboratoire TRL, ayant étudié les ralentisseurs de trafic et les plateaux (cfr plus haut), ont également porté leur attention aux coussins berlinois. En Belgique, étant donnée l'utilisation restreinte de tels dispositifs, aucune donnée acoustique n'est disponible.

8.2.2.3.2. Impact global

Évaluée de la même manière que pour les dispositifs surélevés (cfr. plus haut), la réduction globale du bruit liée à l'implantation d'un coussin berlinois est la suivante :

Dispositifs surélevés	V_{FR} (km/h)	Impact acoustique global (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/h	$V_{85} = 50$ km/h	$V_{85} = 70$ km/h
Coussin berlinois	15	0	2,4	3,8

CEDIA

Selon les estimations du CEDIA, il apparaît que le coussin berlinois permet d'atteindre des diminutions globales de bruit pouvant atteindre près de 4 dB[A] lorsqu'il est placé dans une zone où la vitesse observée est de l'ordre de 70 km/h.

Il est important de signaler que les vitesses de franchissement prises en compte ont été déterminées sur base de la littérature. Or, celles-ci peuvent varier de manière importante vu les nombreux facteurs influençant la vitesse (visibilité du dispositif, dimensions, autres mesures de réduction de vitesse accompagnatrice, comportement du conducteur, véhicules, etc.). Il est donc essentiel de ne pas généraliser ces résultats et de les considérer plutôt comme représentatifs d'une tendance en matière de comportement sonore.

A ces estimations liées à la réduction de vitesse, peuvent bien sûr s'ajouter une réduction des niveaux sonores liée à la dissuasion du trafic de transit, plus ou moins importante selon le nombre et le type de véhicules modifiant leur trajet. A ce sujet, rappelons qu'il faut réduire le trafic de moitié pour s'attendre à des réductions du niveau sonore de 3 dB[A].

8.2.2.3.3. Impact sonore local

L'impact sonore local des coussins berlinois, étudié par le laboratoire TRL, est développé dans la suite.

Il est évident que, de la même manière que pour les dispositifs surélevés, les résultats, fortement influencés par de nombreux paramètres propres à l'étude menée, ne doivent pas être généralisés. Seules des tendances et recommandations peuvent en être extraites et être gardées à l'esprit par les gestionnaires de voirie lorsqu'ils décident d'implanter de tels dispositifs.

Au nombre des paramètres pouvant influencer les résultats de l'étude :

- la méthodologie suivie lors des mesures : respect ou non des vitesses par le conducteur, vitesse de franchissement du dispositif, type de véhicule, etc.
- les dimensions et les matériaux constitutifs des dispositifs étudiés, leur état de dégradation, le revêtement de la chaussée, etc.

De ce fait, il apparaît important de décrire la méthodologie suivie ainsi que les caractéristiques techniques des coussins afin d'avoir un œil critique face aux résultats.

A. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT

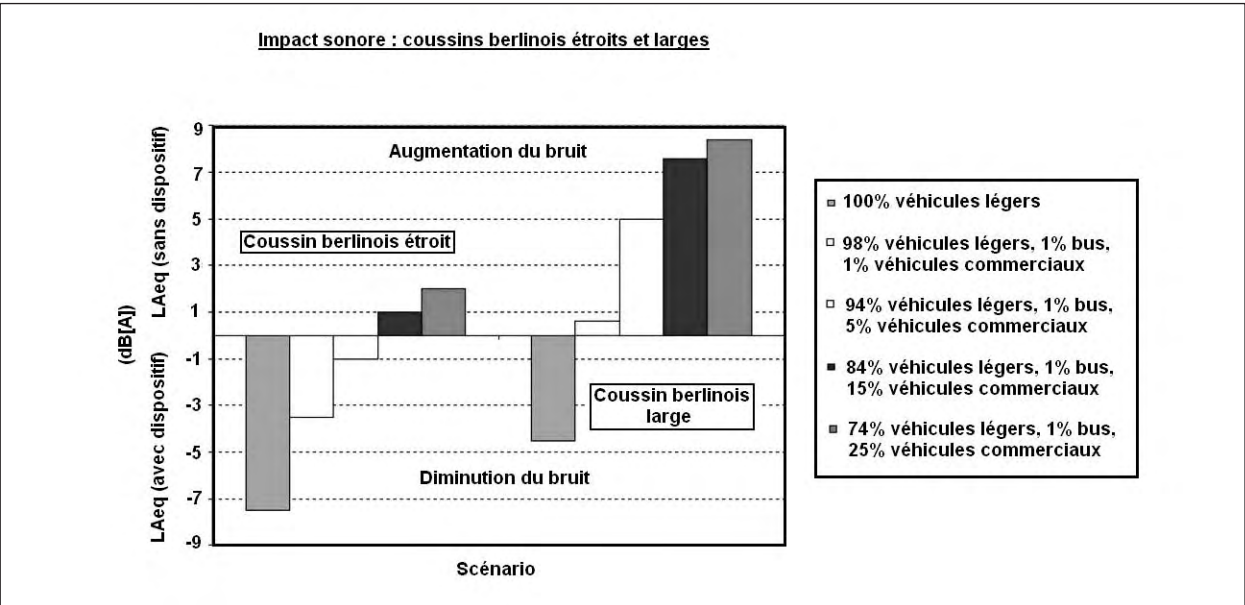
L'impact sonore local des coussins berlinois n'a jusqu'alors pas fait l'objet de nombreuses études. Le laboratoire "Transport Research Laboratory" (TRL) du Royaume-Uni a étudié ce type de surélévation, de la même manière que pour les ralentisseurs et les plateaux (cfr plus haut).

B. IMPACT SONORE LOCAL DES COUSSINS BERLINOIS

Ci-dessous sont synthétisées les caractéristiques des coussins étudiés ainsi que les vitesses des véhicules prises en compte dans l'estimation des impacts acoustiques.

	TRL	
Caractéristiques géométriques des dispositifs		
	Coussins “étroits”	Coussins “larges”
Largeur (m)	de 1,5 à 1,6 m	de 1,88 à 1,9 m
Longueur (m)	de 2 à 3,5 m	de 1,95 à 2,38 m
Hauteur (mm)	de 60 à 75 mm	de 75 à 80 mm
Véhicules de test		
Vitesse d’approche ou vitesse avant installation de l’aménagement (km/h)	Véhicules légers : 45 km/h bus et véhicules commerciaux : 38 km/h	
	Coussins “étroits”	Coussins “larges”
Vitesse de franchissement (km/h)	Véhicules légers : 30 km/h bus et véhicules commerciaux : 34 km/h	Véhicules légers : 22 km/h bus et véhicules commerciaux : 24 km/h

Le laboratoire TRL distingue les coussins berlinois de type étroit et de type large, induisant semble t'il un comportement acoustique différent surtout lorsque la flotte de véhicules commerciaux est importante. Ainsi, le trafic composé uniquement de véhicules légers, dans les deux cas, permet d'atteindre des réductions du niveau sonore LAeq de l'ordre de 5 à 6 dB[A], un maximum étant attendu pour les coussins de type large. Cependant, ces derniers contribuent à augmenter les niveaux sonores, dès que plus de 1% de véhicules commerciaux et 1% de bus s'ajoutent au trafic. Ainsi, une augmentation de près de 9 dB[A] est préconisée lorsque 25% du trafic est composé de véhicules commerciaux. Les coussins de type étroit sont moins défavorables d'un point-de-vue acoustique puisqu'il faut atteindre 10% de véhicules commerciaux (et 1% de bus) pour enregistrer une augmentation des niveaux sonores. Cette dernière est faible et n'atteint que 2 dB[A] lorsque le trafic est composé de 25% de véhicules commerciaux.



Estimation des modifications des niveaux sonores liés au trafic après installation de coussins berlinois, pour différent scénarii de composition de trafic – Laboratoire TRL

L'interprétation de ces résultats mène à penser que les coussins, dont les dimensions sont préconisées par la circulaire belge (cfr. plus bas), pourraient être à l'origine d'une augmentation de bruit local lorsqu'ils sont implantés en voiries fortement fréquentées par des transports en commun et poids lourds. Cependant, aucune certitude ne peut être avancée à ce sujet. Il est donc conseillé de prendre ce risque en considération et donc d'attacher une **importance à la composition de trafic** lors de l'implantation d'un tel dispositif.

Le même laboratoire, en réalisant des mesures sonores dans la ville de Gloucester, équipée d'un coussin berlinois de type "étroit" a mis en évidence des diminutions du niveau L_{Amax} , de l'ordre de 5 dB[A] suite à l'introduction du dispositif, lors du passage d'un véhicule léger. Contrairement à l'expérience menée avec le plateau (cfr. plus haut), les poids lourds n'ont pas été à l'origine d'augmentation du niveau L_{Amax} .

8.2.2.3.4. Conclusion

On peut par conséquent d'ores et déjà attirer l'attention du gestionnaire de voirie soucieux de la problématique du bruit sur :

- la prise en compte de la composition du trafic de la voirie ;
- la géométrie du coussin berlinois (largeur surtout).

Par ailleurs, il est évident qu'au plus le coussin réduit la vitesse, au plus le bruit global est réduit dans la zone d'influence.

Ainsi donc, le gestionnaire peut également être attentif aux implantations favorisant une réduction de vitesse efficace (bonne visibilité, accompagnement du dispositif par d'autres mesures réductrices de vitesse telles que les rétrécissements de voirie, etc.)

A la lueur de ces remarques, une **connaissance approfondie de la géométrie et des conditions d'implantation** s'avère utile pour aller dans le sens d'un moindre impact sonore du bruit routier. Ces éléments sont développés dans la suite.

Selon ce qui précède, la réduction de vitesse induite par les dispositifs surélevés semble efficace la plupart du temps pour réduire le bruit local. Des exceptions ont pu être constatées : lorsqu'une grande proportion du trafic est composée de véhicules lourds (transports en commun et poids lourds), surtout lorsque le coussin est le plus large.

La plupart des considérations relatives à la gêne des plateaux et ralentisseurs de trafic sont valables dans le cas du coussin berlinois (caractère variable du bruit et contexte), à ceci près qu'il semble que l'émergence tonale constatée lors du passage de poids lourds sur le plateau n'est plus observée.

8.2.2.4. Caractéristiques techniques

La circulaire ministérielle du 3 mai 2002 relative aux dispositifs surélevés, destinés à limiter la vitesse à 30 km/h et aux coussins vise notamment à définir les caractéristiques géométriques.

En matière de coussin, cette circulaire est un premier pas vers des dispositions réglementaires dans ce cadre. Les directives mentionnées doivent donc être prises en considération dans les futurs aménagements.

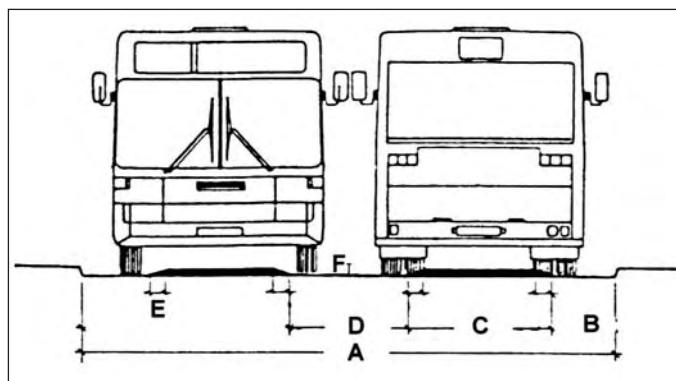
8.2.2.4.1. Géométrie

Le principe du coussin se base sur les dimensions des véhicules.

Pour une voiture de gabarit 'classique', l'écartement entre les essieux est de 1,40m.

Pour les bus de la Région Bruxelloise^{xv}, les dimensions sont :

- ◆ Au niveau de la voie avant (distance entre axes des roues avant)=1,95 à 2,07 m
- ◆ Au niveau de la voie arrière (distance entre axes des roues arrières)=entre 1,85 et 1,89m



Passage des bus sur des coussins (Source : IBSR 1992)

Les caractéristiques géométriques à respecter sont :

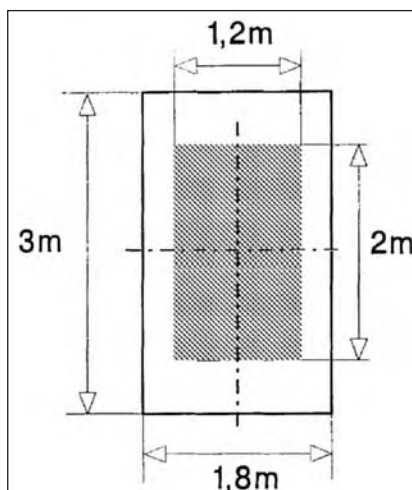
Dimensions extérieures du dispositif		
Longueur	3 à 4 m	Elle peut être réduite à 1,70 m en zone 30.
Hauteur	6 à 7 cm	7 cm est la hauteur maximale. Inférieur à 6 cm, le dispositif perd de son efficacité en matière de réduction de vitesse, (créant seulement une gêne acoustique).
Largeur	1,75 et 1,90 m	Elle est réduite à 1,75 m si la route est fréquentée de manière régulière par des poids-lourds : bus, cars ou camions.
Dimensions de la partie plane		
Largeur	1,15 m à 1,25 m	
Longueur	2 m à 3,10 m	Non précisée dans la circulaire
Dimensions de la partie plane		
Largeur des pentes latérales	30 à 35 cm	
Largeur des pentes avant et arrière	45 à 50 cm	Elle peut être réduite à 30 cm en zone 30.

Dimensions des coussins (Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

La largeur du coussin a une influence considérable sur le bruit :

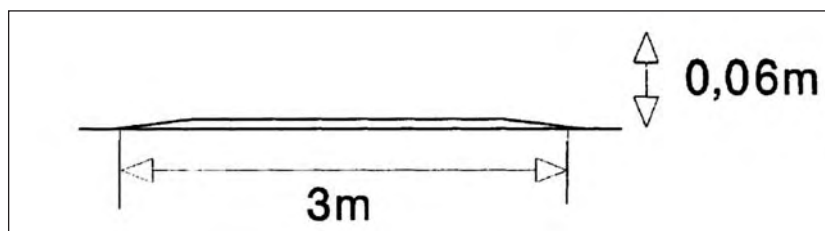
- plus le coussin est large, plus la dissuasion de vitesse est grande dans la zone d'influence, et plus le bruit global est réduit.
- plus le coussin est large, plus il devient un inconvénient pour les transports en commun et poids lourds. Dans ce cas, il peut s'avérer que le bruit local soit plus élevé que lorsque aucune mesure de réduction de vitesse n'était présente (cfr plus haut).

La vue en plan du coussin est la suivante :



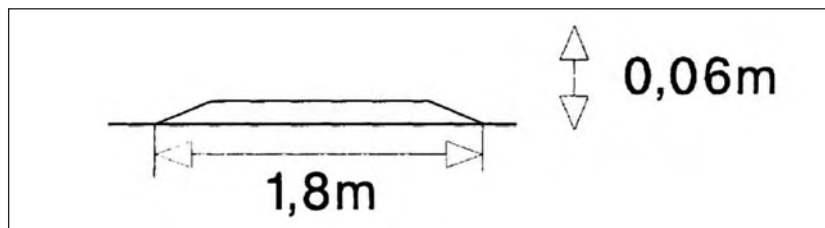
Vue en plan d'un coussin type
(Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

Le profil en long type, soit dans le sens de la circulation, est le suivant :



Profil en long (Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

Le profil en travers type, perpendiculaire au sens de circulation est le suivant :



Profil en travers (Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

Pour des raisons de sécurité, les chanfreins doivent être correctement réalisés. La saillie d'attaque doit être inférieure à 0,5 cm, comme pour les dispositifs surélevés.

La circulaire étant fort récente et le coussin à ses premières expériences, il y a actuellement peu d'exemples de coussins conformes en Région bruxelloise. En Région wallonne, les premiers sont en cours d'exécution.



Coussin dans rue à sens unique à Etterbeek

8.2.2.4.2. Matériaux

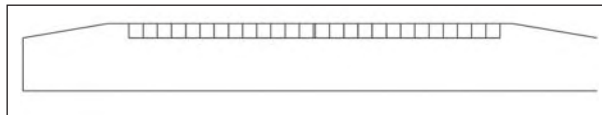
La nature des matériaux et leur mise en oeuvre sont des critères pouvant intervenir dans la gêne sonore constatée à proximité des coussins. Même si c'est principalement le bruit d'origine mécanique qui détermine les niveaux sonores pour les faibles vitesses, un revêtement bruyant, tel que des pavés de pierre naturelle, pourrait s'avérer gênant. L'effet du revêtement sur les niveaux sonores est développé dans la fiche 7. Par ailleurs, toute imperfection peut être source de nuisances sonores locales supplémentaires, d'où l'intérêt de prévoir un entretien et une rénovation régulière.

Comme pour les dispositifs surélevés, l'utilisation de matériaux différents de la chaussée et du trottoir améliore la perception du coussin, mais peut poser des problèmes de raccord.

Actuellement, les coussins sont réalisés en béton préfabriqué venant se poser sur la voirie existante. Le caoutchouc recyclé est également une possibilité.

A. BÉTON PRÉFABRIQUÉ^{xvi}

Une dalle de béton est préfabriquée en usine. Des pavés en pierre naturelle ou en béton de ciment y sont assemblés au moment de la préfabrication. Ces éléments résistent aux sollicitations prévues.



Coupe type d'un coussin en béton préfabriqué avec pavés

Les pavés en pierre naturelle sont rejointoyés après le décoffrage. Les pavés de béton sont posés "bord à bord" sans joint. Le béton peut être teinté.

Les éléments préfabriqués sont posés soit sur la fondation existante, soit sur une fondation en béton maigre de 20 cm d'épaisseur minimum. Sa résistance à la compression simple correspond à celle des trottoirs et des îlots.

La solidarité entre le dispositif et la voirie doit être assurée.

La circulation sur le nouveau dispositif est interdite pendant les 7 premiers jours suivant la mise en œuvre.

B. CAOUTCHOUC RECYCLÉ

Le caoutchouc recyclé est renforcé par des armatures métalliques. La pose est facile et rapide. Elle se fait par fixation mécanique.

De couleur variable, son esthétisme est à vérifier. Il est cependant clair qu'il marque bien la différence entre les revêtements.

Toutefois, ce matériau ne peut assurer une saillie inférieure à 0,5 cm, ce qui est contraire à la circulaire. Les coussins de ce type restent utiles pour effectuer des essais de localisation sur une période déterminée.

C. ENTRETIEN, RÉNOVATION

Les coussins ne demandent pas d'entretien particulier. Comme tout dispositif, ils doivent être renouvelés lorsque des dégradations sont relevées.

Les coussins étant un dispositif encore peu développé, il y a encore peu de connaissance quant à leur tenue dans le temps.

8.2.2.5. Implantation et signalisation

La circulaire ministérielle du 3 mai 2002 relative aux dispositifs surélevés, destinés à limiter la vitesse à 30 km/h et aux coussins vise à définir également les critères et modes d'implantation des dispositifs dénommés "coussins", ainsi que la signalisation et les autres moyens permettant de les rendre perceptibles par les conducteurs.

La localisation des coussins berlinois a peu d'influence directe sur le bruit. Il doit cependant être visible de jour comme de nuit et attendu, ce qui :

- induit une meilleure efficacité en terme de réduction de vitesse dans la zone d'influence du dispositif et donc, une meilleure efficacité en terme de réduction du bruit global (cfr. plus haut).
- diminue le risque de comportement "agressif" du conducteur (freinage brusque, etc.) et donc, la gêne acoustique locale.

8.2.2.5.1. Conditions d'implantation

Les principes d'implantation sont définis par la circulaire ministérielle.

Pour des raisons de sécurité, l'implantation du coussin doit se confiner aux voiries dont la vitesse est limitée à maximum 50 km/h.

De plus, les coussins sont idéalement implantés :

- ◆ À au moins 100 m de l'indication de la limitation à 50 km/h, selon les conditions locales;
- ◆ A au moins 15 m d'un carrefour;
- ◆ A +/- 75 m l'un de l'autre s'ils se succèdent.

Pour des raisons de sécurité et de visibilité, les coussins ne seront pas implantés :

- ◆ dans des virages;
- ◆ sur ou dans des ouvrages d'art;
- ◆ sur des voiries en pente supérieure ou égale à 6%;
- ◆ à travers un passage piéton, mais peuvent être avant et après de manière à l'encadrer.

Au niveau local et toujours selon la circulaire, l'axe longitudinal du dispositif doit être parallèle à la chaussée.

La largeur du coussin étant limitée à la largeur des essieux des poids-lourds, il est nécessaire de placer un coussin sur chaque bande de circulation, lorsque la voirie en compte deux. Une telle mesure évite que l'automobiliste ne se déporte sur l'autre voie pour éviter le dispositif placé sur sa bande. Si les sens de circulation sont séparés physiquement sur une distance suffisante, il peut n'y avoir qu'un coussin dans un sens.

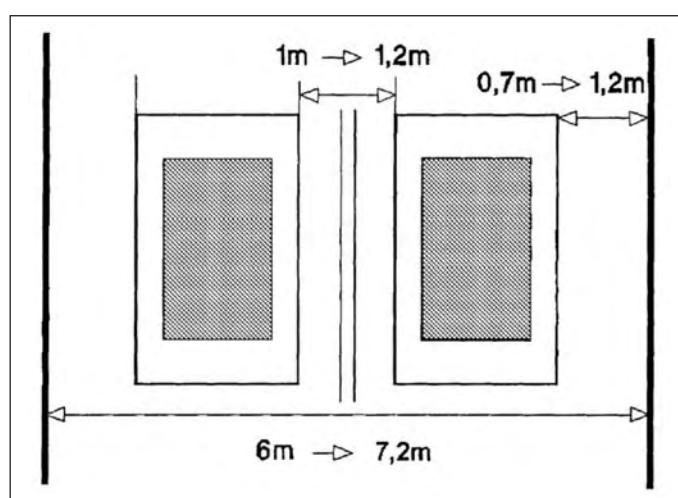
Il est cependant déconseillé de placer des coussins de ce type sur des voiries comportant plus de deux bandes de circulation.

A. IMPLANTATION DE COUSSINS EN VOIRIE

Pour des raisons de dimensions, des coussins ne peuvent s'installer côte à côte sur une voirie de largeur inférieure à 6 m.

A.1. Voirie de largeur inférieure à 7,20 m

D'une manière générale, les sens de circulation doivent être séparés par une ligne blanche continue supérieure ou égale à 10 m de long pour une voirie jusqu'à 7,20 m de large. Pour rappel, franchir la ligne blanche est une infraction grave.



Coussins sur une voirie de largeur de 6 à 7,2 m
(Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

Les coussins respectent les dimensions géométriques également déterminées par la circulaire et développés au point suivant.



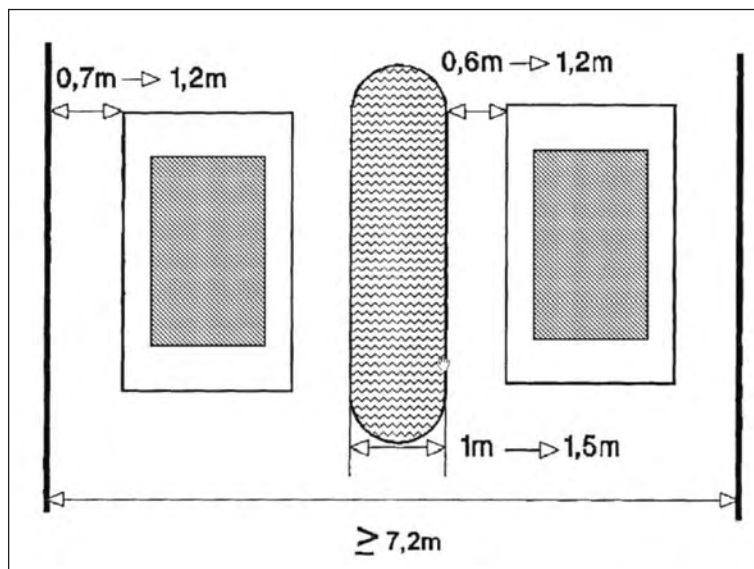
Coussin sur une chaussée de 6 à 7,40 m
(Source : Certu, Guide des coussins et plateaux, 2000)

D'une manière générale, il faut en effet éviter que l'espace entre deux coussins ne laisse au conducteur la possibilité de passer entre eux, évitant ainsi la contrainte du dispositif.

A titre d'exemple, la circulaire propose d'autres implantations variant selon la largeur de la voirie.

A.2. Voirie de largeur supérieure à 7,20 m

Si la chaussée est de largeur supérieure à 7,20 m, les sens de circulation sont alors séparés par un îlot central bombé.



Coussins sur une voirie de largeur $\geq 7,20$ m
(Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)

Il est toujours possible de placer un coussin uniquement dans un sens de circulation, celui-ci sera alors séparé physiquement de l'autre sens sur une certaine distance afin d'éviter que les automobilistes ne fassent la baïonnette facile pour éviter le dispositif, qui n'aura aucune efficacité et incitera à une manœuvre dangereuse.



Coussins sur une chaussée supérieure à 7,40 m de large
[Source : Certu, Guide des coussins et plateaux, 2000]

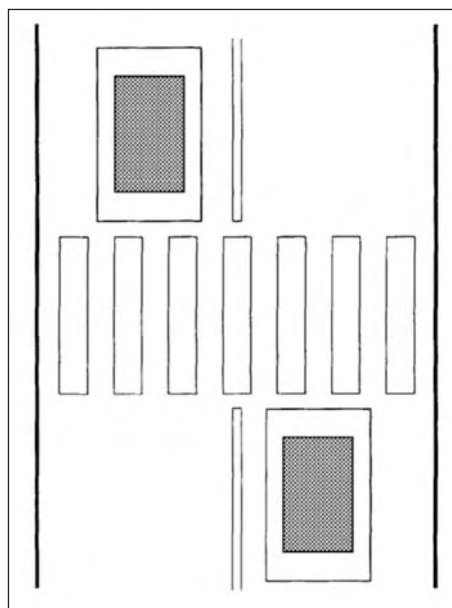
D'une façon générale, le ou les coussin(s) doivent être implantés de façon logique en évitant de favoriser ou de pousser l'automobiliste à des manœuvres discréditant la sécurité, voire à commettre une infraction.

B. IMPLANTATION DE COUSSINS ASSOCIÉS À UN PASSAGE POUR PIÉTONS

B.1. Voiries de largeur inférieure à 7,20 m

Les passages pour piétons ne pouvant être réalisés sur les coussins, il est possible de décaler les dispositifs ralentisseurs pour pouvoir intégrer le passage entre les deux.

Pour une voirie de 6 m, la séparation entre les deux sens de circulation est marquée par une ligne blanche continue de minimum 10 m de long.

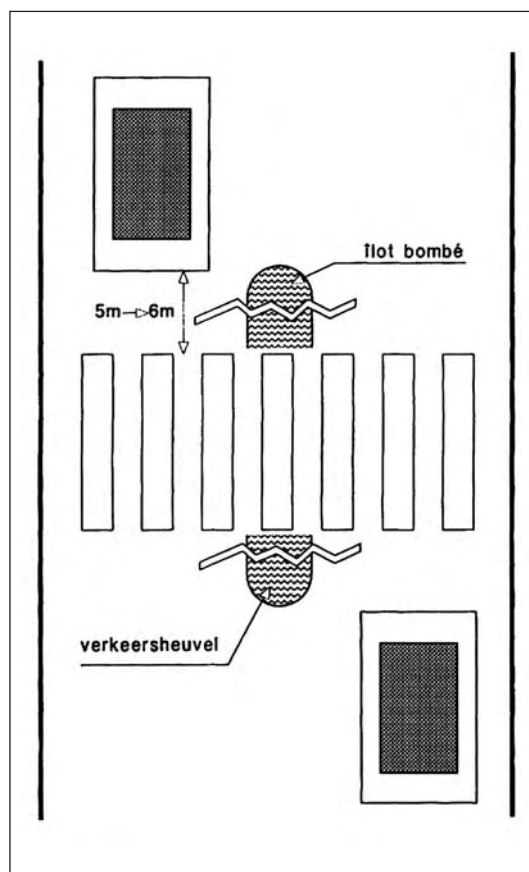


Voirie ≥ 6 m avec passage pour piétons
[Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002]

Si la largeur de la chaussée le permet, la séparation physique est conseillée pour éviter un slalom des automobilistes entre les coussins, ce qui aurait un effet contraire aux objectifs d'améliorer la sécurité des piétons.

B.2. Voiries de largeur supérieure à 7,20 m avec passage pour piétons

La circulaire propose l'exemple pour une voirie de plus de 7,20 m de large.



Chaussée $\geq 7,20$ m avec passage pour piétons et îlot bombé (Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002)



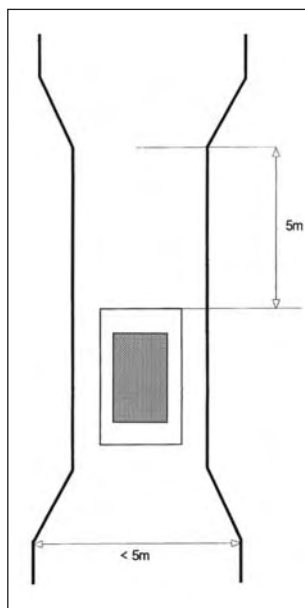
Coussins et passage piétons sur une chaussée de plus de 7,40 m à Woluwé-Saint-Pierre

C. IMPLANTATION DE COUSSIN(S) ASSOCIÉ(S) À UN RÉTRÉCISSEMENT

C.1. Voirie à sens unique

Le coussin peut aussi être associé à un rétrécissement de la chaussée, notamment dans le cas de voirie à sens unique. La circulaire précise que ce type d'aménagement ne peut être réalisé que lorsque les vitesses sont réduites de fait, comme dans les zones 30.

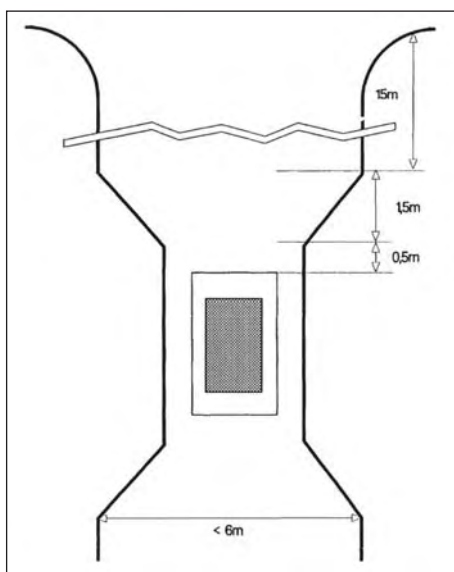
La circulaire propose le cas d'une chaussée à sens unique de largeur inférieure à 5 m.



Coussin avec rétrécissement dans une chaussée à sens unique < 5 m [Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002]

C.2. Voirie à double sens

Cette disposition est également intéressante dans le cas de voirie à double sens de largeur inférieure à 6 m. Le passage sera alterné. La priorité sera alors accordée au sens sortant de l'agglomération afin de ralentir la vitesse des véhicules essentiellement dans le sens entrant. Les panneaux de signalisation, indiquant la priorité, peuvent être placés pour gérer les éventuels conflits.



Coussin avec rétrécissement de la voirie [Source : Circulaire ministérielle du 3 mai 2002]

Non défini, le rétrécissement doit cependant être suffisamment étroit pour ne pas laisser de doute aux automobilistes quant à la possibilité de passer à deux ou non.

La visibilité entre les deux entrées doit également être suffisante pour des raisons de sécurité.

De plus, si le coussin est associé à un passage pour piétons, il doit être placé avant.

Outre les principes proposés par la circulaire, l'implantation d'un coussin doit prendre en compte l'environnement, respecter l'esthétisme du lieu, s'intégrer dans l'espace existant et éviter les nuisances sonores.

8.2.2.5.2. Signalisations – Marquage

Aucune signalisation verticale n'est obligatoire. Mais dans certains cas, comme le conseille la circulaire ministérielle, elle peut s'avérer utile pour des raisons de lisibilité et de sécurité. Elle permet de prévenir l'automobiliste pour éviter de le surprendre, sur des voiries rectilignes par exemple et peut donc contribuer également à réduire les nuisances sonores.



Le dispositif sera alors signalé par le signal de danger A51

complété par un panneau additionnel de type III indiquant la nature du danger, à savoir "dispositif ralentisseur" en blanc sur fond bleu.

Le dispositif ne sera pas signalé s'il est implanté dans une zone 30, délimitée par les signaux



F4a

et F4b

Dans le cas d'un rétrécissement avec passage alterné, le dispositif peut être complété des panneaux



B19

et B21



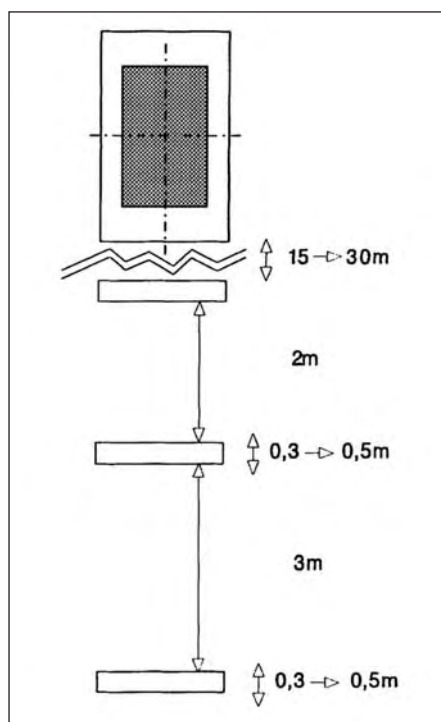
, signalant un passage étroit et précisant le sens de priorité.

Le premier panneau, B19, impose le céder le passage. Le second B21 donne la priorité aux conducteurs sur ceux venant d'en face. Ces panneaux ne peuvent être placés avant un passage étroit à circulation alternée que si la visibilité d'une extrémité à l'autre du passage est assurée.

Les dimensions des panneaux routiers relèvent du code du gestionnaire.

En matière de marquage, la circulaire ministérielle propose que la partie chanfreinée du coussin soit en blanc pour être bien visible.

Pour mettre en évidence le dispositif, il peut être précédé de trois bandes blanches selon le schéma qui suit.



Bandes précédant le coussin
(Source : Circulaire ministérielle du 31 mai 2002)

8.2.2.6. Avantages et inconvénients

Outre les avantages et inconvénients en matière de bruit que l'on peut déduire de ce qui précède, il est également intéressant de connaître les avantages et les inconvénients des dispositifs surélevés sur base d'autres critères (sécurité, etc.).

8.2.2.6.1. Avantages du coussin

En matière d'avantage, le coussin :

- ◆ est un casse-vitesse pour voitures et permet d'améliorer l'ambiance sonore globale;
- ◆ réduit également la vitesse des bus et poids-lourds mais sans leur créer des désagréments très inconfortables;
- ◆ a moins de risque d'être à la source d'émergence tonale suite au passage de poids lourds ;
- ◆ ne gêne pas les deux-roues;
- ◆ ne gêne pas le drainage de la voirie, il n'y a donc pas de mesures complémentaires à prendre pour assurer le bon écoulement des eaux;
- ◆ coûte moins cher qu'un plateau ou un ralentisseur;
- ◆ ne provoque pas d'accrochage vu sa faible hauteur;
- ◆ peut créer un effet de porte.

8.2.2.6.2. Inconvénients du coussin

Au niveau des inconvénients, le coussin :

- ◆ ne réduit pas la vitesse des deux-roues motorisés;
- ◆ peut être à la source de nuisances sonores locales si mal dimensionné et fréquemment emprunté par des bus et poids lourds;
- ◆ ne peut servir de passage pour piétons;
- ◆ nécessite généralement un aménagement complémentaire pour assurer son efficacité et éviter des comportements sauvages : îlot central, rétrécissement de la voirie, dévoiement, ...

8.2.2.7. Recommandations

8.2.2.7.1. Recommandations en matière de bruit

Les recommandations émises dans le cas des ralentisseurs de trafic et des plateaux sont également valables dans le cas des coussins berlinois (voir plus haut).

Il faut par ailleurs veiller à ce que le coussin soit correctement dimensionné (pas trop large), surtout dans le cas où la voirie est fortement fréquentée par des véhicules lourds.

8.2.2.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

Le coussin doit être intégré dans l'espace public et correspondre à son environnement et ses caractéristiques.

L'implantation et les dispositions complémentaires doivent être choisies de manière à éviter tout comportement pervers et illicite, pouvant s'avérer dangereux, comme le slalom improvisé entre les coussins. Le dispositif doit rester sûr et ne doit pas être intransigeant avec les petites erreurs d'estimation et de conduite des automobilistes.

Pour être efficace et respecté, ce type de dispositif est souvent complété d'autres dispositions en matière de ralentissement de la vitesse : îlot central, rétrécissement, ...

La perception du dispositif par rapport à la chaussée et à l'espace est renforcée, notamment par la différence de couleur et de matériaux par rapport au revêtement de la voirie. La visibilité devant être assurée de jour comme de nuit, un éclairage public peut s'avérer nécessaire. Il marquera alors le lieu.

Comme mentionné dans la circulaire ministérielle, il est toujours utile de consulter les riverains et de relever l'avis des transports en commun et les services d'intervention s'ils passent régulièrement par l'en-

droit concerné. Un aménagement est toujours mieux accueilli s'il y a consultation et concertation avec les personnes concernées de près.

8.2.2.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

A. PIÉTONS

Le coussin est un dispositif bien distinct des cheminements piétons. Il ne peut notamment pas être traversé par le passage piéton.

Placé en amont d'une traversée, il peut renforcer l'obligation du conducteur de réduire sa vitesse au niveau du passage pour piétons, au bénéfice de la sécurité de ceux-ci.



Exemple à Zurich

Dans cet exemple, le coussin est accompagné d'un rétrécissement. Mais il peut être regretté le manque de mise en valeur avec le bâtiment, qui est une école.

B. DEUX-ROUES

Le dispositif est un avantage non négligeable pour les deux-roues par rapport aux dispositifs surélevés. Les cyclistes n'ont, en effet, pas de contrainte physique à subir au franchissement du dispositif, puisque des bandes latérales restent à niveau de la voirie. Ils doivent juste viser un peu, vu qu'ils ont de 70 cm à 1,20 m de large pour passer selon les cas. Il n'y a pas de réelles contraintes pour les deux-roues motorisés non plus.

Des chanfreins mal réalisés peuvent cependant être contraignants voir dangereux pour les cyclistes et autres deux-roues. Une saillie verticale et trop importante par exemple...

C. TRANSPORT EN COMMUN

Selon le complément d'étude de la SRWT^{xvii} sur les ralentisseurs de trafic, le coussin répond au défaut principal des dispositifs surélevés à savoir l'inconfort lors du franchissement des bus. Ce type de dispositif améliore nettement le confort des usagers des bus tout en imposant malgré tout, une diminution de la vitesse pour les bus qui doivent viser pour bien passer le coussin.

La SRWT déconseille de placer un coussin à hauteur d'un arrêt de bus.

D. POIDS-LOURDS

Les poids-lourds trouvent dans le coussin les mêmes avantages que les bus, par rapport aux dispositifs surélevés sur toute la largeur de la chaussée.

E. VÉHICULES D'URGENCE

Les véhicules d'urgence ayant des dimensions variables selon leur type, les coussins peuvent être plus ou moins contraignants. Ce dispositif nécessitant cependant un ralentissement dans tous les cas, il n'est pas adéquat sur les voiries fortement fréquentées par les services d'urgence.

8.3. DÉCROCHEMENTS HORIZONTAUX

Par décrochements horizontaux, il faut entendre une modification du profil en travers de la voirie réduisant généralement l'espace consacré à la voiture.

Les décrochements horizontaux se présentent sous deux formes :

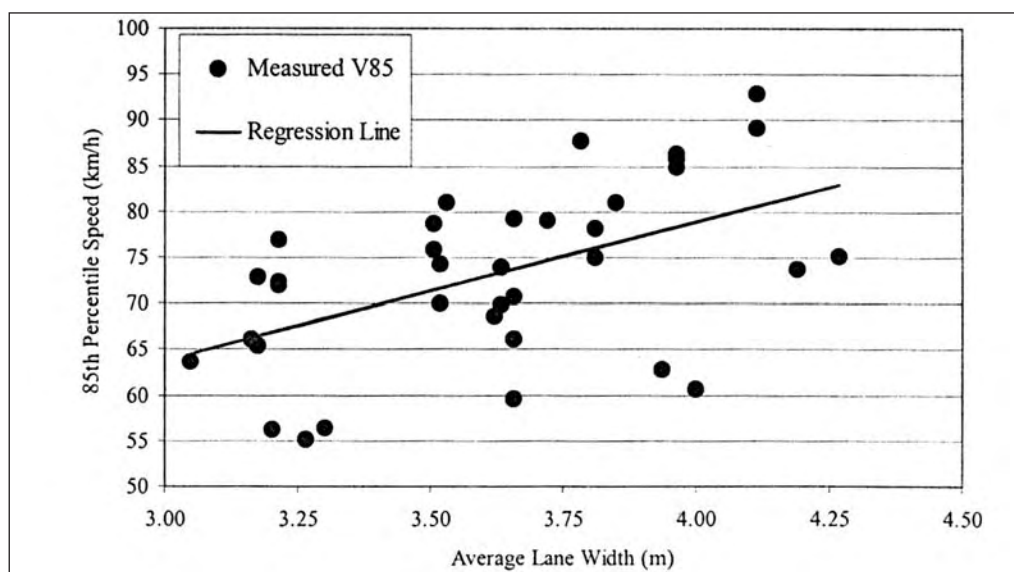
- ◆ les rétrécissements : la voirie est rétrécie sans créer de modification de la trajectoire des véhicules, la laissant rectiligne,
- ◆ les dévoiements : la trajectoire des véhicules est modifiée.

Ces deux types de décrochements peuvent également être combinés.

8.3.1. Rétrécissement

8.3.1.1. But

Les décrochements horizontaux, tels que les rétrécissements, ont pour objectif principal de diminuer la vitesse, en jouant sur la largeur de la voirie localement ou sur une certaine distance. Le but du rétrécissement est de donner à l'automobiliste une impression d'étroitesse qui l'incite à diminuer instinctivement sa vitesse. Cet effet d'exiguïté peut être procuré par un rétrécissement physique accompagné de mesures visuelles dans certains cas. En travaillant sur la perspective et l'aspect visuel, c'est l'effet psychologique qui influence l'automobiliste à réduire sa vitesse et à adapter son comportement aux circonstances locales.



Relation entre la vitesse et la largeur d'une bande (Source :?)

Les rétrécissements peuvent aussi être initiés dans un but de réduire l'espace consacré à la voiture, au profit de l'espace public et des autres usagers de la voirie, tels que les piétons notamment. Des élargissements de trottoirs ont, par exemple pour objectif d'améliorer la sécurité des piétons.

Les rétrécissements peuvent également marquer la transition entre deux espaces, en créant un effet de porte.

8.3.1.2. Principe

Le rétrécissement de l'espace voirie peut s'effectuer en réduisant la largeur de la chaussée :

- ◆ Soit de part et d'autre des bandes de circulation,
- ◆ Soit par le centre de la voirie.

La largeur des bandes de circulation est alors réduite à son minimum, pour influencer la vitesse, et réduire ainsi le bruit.

Le rétrécissement peut être :

- ◆ fort (réduction du nombre de bande) ou moyen (diminution des largeurs),
- ◆ brusque ou progressif, le rétrécissement par palier est possible (forme d'entonnoir).

La matérialisation des rétrécissements de la voirie se présente sous différentes formes, pouvant aller du simple marquage au sol à un aménagement complet de la voirie.

En effet, le resserrement de la chaussée peut être obtenu par :

- ◆ rétrécissement physique :
 - marquage au sol, zébré ou de couleurs différentes;
 - création de bandes latérales, de revêtement différent, pavés, dalles de gazon,... laissant la possibilité de les franchir;
 - diminution générale de la largeur des bandes de circulation;
 - séparation des deux sens de la circulation visuelle ou physique, qui permet éventuellement un refuge pour les traversées piétonnes;
 - création d'îlot directionnel;
 - création d'une voie pour d'autres usagers de la voirie, comme :
 - l'élargissement du trottoir, mesure profitant aux piétons;
 - une piste cyclable ou bandes suggérées dans le cadre notamment d'un Sens Unique Limité;
 - une bande pour les transports en commun;
 - un arrêt central de transport en commun;
 - une bande de stationnement.
- ◆ rétrécissement visuel :
 - la plantation d'arbres sur trottoir ou en bac à plantes;
 - l'alignement de luminaires, qui induisent un resserrement renforcé la nuit;
 - l'effet bordure qui influence psychologiquement le conducteur et réduit sa vitesse lorsque la bordure n'est pas séparée de la bande de circulation par un filet d'eau.

Les rétrécissements peuvent être locaux ou sur toute une longueur suivant les cas.

Les rétrécissements peuvent être aisément réalisés grâce à l'îlot qui se présente sous différentes formes :

- ◆ marquage au sol : lignes blanches ou couleurs différentes,
- ◆ îlot franchissable : sans être agréable à franchir, il est franchissable en cas de nécessité et peut être parcouru à faible vitesse. Il permet le passage des poids-lourds;
- ◆ îlot construit : plus rigide, il ne permet pas son franchissement. Des dispositions en matière de sécurité sont à prendre pour éviter toute tentative de franchissement. Il peut aussi être planté.



Ilot à Boitsfort

Le rétrécissement peut impliquer :

- ◆ un nombre de bandes équivalentes, avec la nécessité d'assurer le croisement des véhicules;
- ◆ la réduction du nombre de bandes, à 2x1 bande. Les rétrécissements sur plus de 2x1 bande sont moins efficaces;
- ◆ une seule bande avec circulation alternée, impliquant parfois un arrêt complet.

8.3.1.3. Impact sonore

8.3.1.3.1. Introduction

De par la modification de conduite qu'il entraîne, le rétrécissement modifie l'ambiance sonore environnante et ce, à deux niveaux : local et global. Pour rappel, l'impact local couvre la zone toute proche de l'aménagement et l'impact global s'étend dans la zone géographique concernée par la réduction de vitesse créée par le dispositif limiteur de vitesse (en amont et en aval du dispositif).

8.3.1.3.2. Impact global

Calculée de la même manière que pour les dispositifs surélevés (cfr. plus haut) par le CEDIA, la réduction globale du bruit liée à un rétrécissement de voirie est la suivante :

Type de rétrécissement	$\bar{V}_{FR}$ (km/h)	Impact acoustique global (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/h	$V_{85} = 50$ km/h	$V_{85} = 70$ km/h
En section courante	30	0	1,4	2,7

Selon les estimations du CEDIA, le rétrécissement de la voirie semble moins efficace pour réduire le bruit global que les décrochements verticaux, sa vitesse de franchissement étant plus grande. Cette dernière a été déterminée sur base de la littérature et n'est pas représentative de chaque cas. Il faut donc éviter de généraliser ces résultats.

En effet, la réduction de vitesse attendue lorsqu'on envisage un rétrécissement de voirie, et donc la réduction du bruit global, dépend de divers paramètres, variables d'un cas à l'autre, tels que :

- ◆ le type de rétrécissement et le trafic;
- ◆ associé :
 - lors d'un rétrécissement à 2x1 bande de circulation, la mesure s'avère plus efficace quand une voiture se trouve en présence de trafic en sens opposé. En effet, lorsque deux voitures doivent se croiser, les automobilistes ralentissent par mesure de prudence pour éviter tout accrochage. En l'absence de trafic, le rétrécissement sur une voirie à double sens est peu efficace;
 - un rétrécissement à une seule bande de circulation a l'effet le plus fort car, ne laissant passer qu'un sens, la largeur de la voie est réduite au maximum. Les véhicules doivent donc adopter une vitesse limitée pour passer.
- ◆ la largeur de la bande de circulation;
- ◆ la présence ou non de mesures d'accompagnement (dispositifs surélevés, etc.);
- ◆ etc.

8.3.1.3.3. Impact local

Il est fort probable que l'implantation locale d'un rétrécissement diminue le bruit local du fait de la réduction de vitesse induite, sans être par ailleurs source de gêne acoustique manifeste. Aucune gêne de la sorte ne semble d'ailleurs faire l'objet de plainte en Région de Bruxelles-Capitale, à l'inverse des dispositifs surélevés.

Ceci peut s'expliquer par le caractère variable du bruit moins prononcé, le rétrécissement n'impose généralement pas de réduction de vitesse importante. Par ailleurs, les problèmes éventuels d'émergence sonore, observés lors du passage de poids lourds sur des dispositifs surélevés, ne sont pas rencontrés.

Il existe toutefois des situations pouvant être gênantes localement, notamment dans le cas d'un rétrécissement à une seule bande de circulation. Bien que ce type de rétrécissement soit le plus efficace en termes de réduction du bruit global, il peut mener à des comportements sauvages et bruyants localement. En effet, un passage alterné implique que, lorsque des véhicules viennent en sens inverse, l'un des véhicules doit s'arrêter pour laisser passer l'autre et redémarrer ensuite, comportement pouvant être source de gêne sonore, d'autant plus s'il s'agit d'une période calme. Il arrive également qu'un des deux automobilistes, à la vue de l'autre véhicule, en sens opposé, accélère brutalement afin de "passer le premier".

8.3.1.4. Caractéristiques techniques

Il n'y a actuellement aucune législation en matière de décrochements horizontaux. Les principes de réalisation doivent donc faire preuve de logique et de bon sens, complétés de l'expérience acquise pour les réalisations existantes.

8.3.1.4.1. Géométrie

De ce qui précède, il est clair que la géométrie et le type de rétrécissement va largement influencer le bruit.

La géométrie des rétrécissements dépend du type de voirie, de la vitesse souhaitée et du trafic qui doit l'emprunter, en l'occurrence la présence de poids-lourds, de bus, de véhicules de service,...

Les largeurs normalisées des véhicules, en ligne droite, sont pour :

- ◆ la voiture: 1,80 m;
- ◆ les bus bruxellois : 2,35 à 2,50 m;
- ◆ les poids-lourds : 2,55 m;
- ◆ les véhicules articulés : 2,55 m;
- ◆ les motos et vélos : 0,75 m (espace nécessaire) et 1 m avec remorque.

Les véhicules d'urgence nécessitent 4 m d'espace libre (soit au dessus de la bordure). Ils ont également un rayon de braquage intérieur de 11 m et extérieur de 15 m, dont il faut tenir compte dans les rétrécissements au carrefour notamment.

Les rétrécissements devant rester accessibles aux poids-lourds, les dimensions leur sont adaptées. La mesure est donc moins contraignante pour les voitures que pour les poids-lourds, or c'est généralement aux premières qu'une telle mesure est destinée.

Le rétrécissement peut être composé d'éléments franchissables parcourus en cas de nécessité, et par les poids-lourds par exemple. Ils ont l'avantage de réduire au maximum l'espace tout en restant accessibles, de manière à laisser une certaine souplesse à la mesure. L'îlot franchissable est limité à 15 cm de hauteur.

Le franchissement d'un îlot peut cependant être à l'origine de bruit, dépendant notamment des matériaux utilisés et du comportement du chauffeur.



Îlot franchissable à Evere

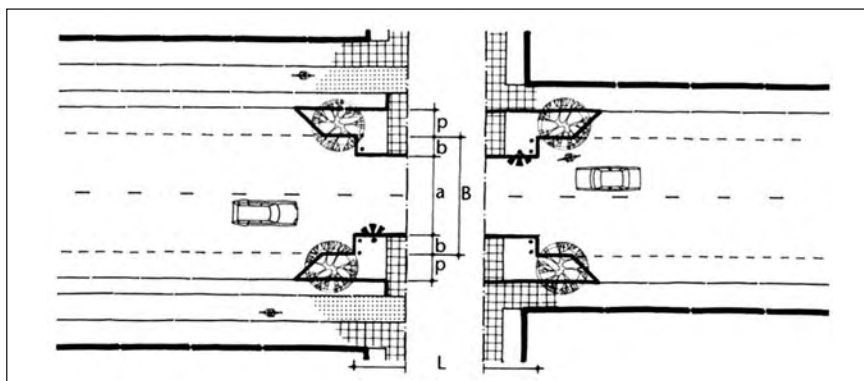
L'îlot construit peut causer des dégâts aux véhicules s'il est mal dimensionné.

Les largeurs minimums préconisées par le manuel des espaces publics bruxellois^{viii} pour des bandes de circulation⁶ dépendent des vitesses souhaitées :

- ◆ chaussées ordinaires – 30 km/h :
 - à sens unique : 3 m (croisement d'un vélo aisé à partir de 3,25 m)
 - à double sens : 4,50 m (croisement de camions difficile)
- ◆ chaussées animées – 50 km/h :
 - en sens unique : 4 m
 - en double sens :
 - 5,90 m pour un croisement prudent des bus et poids-lourds
 - 6,25 m pour un croisement aisé des bus et poids-lourds
 - 6,40 m est la largeur imposée par la STIB sur ses parcours⁷
- ◆ larges chaussées – 50 km/h – deux bandes par sens avec séparation des deux sens :
 - bande de droite : 3 m
 - bande de gauche : 2,20 m (dimension non réglementaire) à 2,75 m (les poids-lourds ne peuvent se dépasser)
 - largeur totale des deux bandes: 5,20 m à 5,75 m.

Les Pays-Bas sont plus drastiques en matière de rétrécissement. Les dimensions minimums pour un rétrécissement local sont pour le :

- ◆ Passage à 2 voies, variable selon l'intensité et la composition du trafic, la largeur 'a' varie de :
 - 4,30 m à 5 m⁸;
 - 5 m à 6 m⁹, si forte fréquentation des bus, de poids-lourds et de vélos (sans dispositions particulières). Cette dimension ne pourra descendre que très localement sous 6 m lorsque la voirie est fréquentée par une ligne de bus;
 - la largeur b correspondant à la partie rétrécie est supérieure ou égale à 1,50 m;
 - la largeur p correspond à la bande de stationnement;
 - la longueur L du rétrécissement est de 5 à 10 m.



Rétrécissement à deux bandes¹⁰ (Source : Crow, ASV 1996)

- ◆ Passage à 1 voie, la largeur 'a' varie de :
 - 2,75 m à 3,25 m, (réduction possible jusqu'à 2,50 m dans conditions locales particulières), le code de la route demande minimum 3 m;
 - 3,25 m à 3,5 m, si nombreux deux-roues intégrés dans la circulation;
 - la largeur b correspondant à la partie rétrécie est supérieure ou égale à 1,50 m;
 - la largeur p correspond à la bande de stationnement;
 - la longueur L du rétrécissement est de 5 à 10 m;
 - l'espace libre nécessaire pour les véhicules d'urgence est de 4 m.

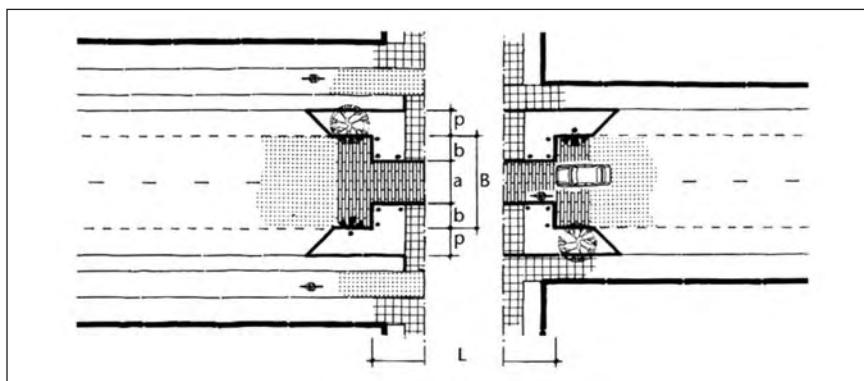
⁶ Le Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports est plus sévère dans les dimensions qu'il préconise.

⁷ Pour information, le MET de Verviers impose 5,50 m pour le passage des grumiers.

⁸ Le Code du Gestionnaire prévoit 3 mètres par bande de circulation.

⁹ Les transports en commun demandent 6,40 m en Région bruxelloise.

¹⁰ Chez nous, les angles devraient être plus souples (marquage au sol,...) pour des raisons de sécurité.



Rétrécissement à une bande [Source : Crow, ASV 1996]

Les dimensions ne doivent pas laisser de doute quant à la possibilité de se croiser à deux véhicules. La visibilité doit être claire. Le passage alterné des véhicules engendre des arrêts complets et des redémarrages des véhicules passant en second. Ces changements de rythmes peuvent être dérangeants au niveau sonore.

Pour des voiries tout à fait locales, une variante peut être de longs rétrécissements, jusqu'à 50 m, de façon à laisser un contact visuel entre les automobilistes. La voirie est alors à une bande avec des surlargeurs locales, sorte d'encoches permettant les croisements. C'est également une alternative à la mise en sens unique assurant l'accessibilité des riverains et limitant les inconvénients des sens uniques tels vitesse, transit, ...

8.3.1.4.2. Matériaux

A. CONCEPTION

Le choix des matériaux est très variable en fonction du type de rétrécissement et de l'aménagement souhaité.

La chaussée, en elle-même, n'est pas modifiée. Il peut s'agir d'éléments qui viennent compléter l'infrastructure existante. Le rétrécissement peut aussi s'intégrer dans une refonte approfondie de la voirie.

Dans leur conception la plus simple, les îlots peuvent être délimités par des lignes blanches peintes. Pour marquer une plus nette différence avec la chaussée, le marquage peut être dans une couleur différente obtenue soit par teinture dans la masse de la chaussée, soit par produit additionnel.

Les îlots franchissables sont généralement réalisés en pavés de béton ou pierres naturelles. Une surface trop lisse serait trop agréable pour les automobilistes et les îlots seraient donc moins respectés. En contrepartie, un revêtement rugueux engendre des nuisances sonores plus importantes qu'un revêtement lisse, au moment de son franchissement.

Les surlargeurs différentes suivent la même logique.

Les îlots non franchissables, de même que les trottoirs, ne sont normalement pas soumis à des sollicitations particulières. Les matériaux utilisés sont le béton, des pavés ou des dalles. Les îlots peuvent également être verdurisés et plantés.

Demandant peu de matière, les bacs à plantes, mesure pouvant être provisoire, sont souvent utilisés pour réduire les dimensions de la chaussée. L'aménagement doit être bien fini si cette mesure est amenée à rester en place. Ce type de " mobilier " est proscrit par la Région bruxelloise.

Pour tout aménagement, l'écoulement des eaux doit être intégré pour être assuré.

B. ENTRETIEN, RÉNOVATION

L'entretien et la rénovation du dispositif dépendent fortement de ce qui a été mis en place.

La peinture demande effectivement un entretien régulier.

Les îlots franchissables doivent être entretenus et réparés au besoin pour proposer une surface toujours surmontable sans danger et sans provoquer des nuisances supplémentaires, notamment au niveau acoustique.

Les îlots, en général, nécessitent une rénovation en cas de dommage, éventuellement créés par les voitures.

Dans le cas de plantations et de bacs à plantes, il est nécessaire de les entretenir régulièrement pour éviter un triste spectacle.

8.3.1.5. Implantation et signalisation

8.3.1.5.1. Conditions d'implantation

Les conditions d'implantation varient selon le type et les dimensions du rétrécissement mis en place. Et inversement, les caractéristiques du rétrécissement seront influencées par la localisation et le trafic y passant.

Sur les voiries à vitesse rapide, le rétrécissement est essentiellement visuel pour des raisons de sécurité. L'implantation d'un rétrécissement physique est à éviter lorsque la vitesse autorisée ou réellement pratiquée en moyenne est supérieure à 50 km/h. Il peut toujours y avoir des variations dans les largeurs des différentes bandes.

Rétrécir physiquement la voirie est réservé aux routes où la vitesse de circulation est limitée à 50 km/h. Pour les rétrécissements à une voie, le trafic horaire est idéalement inférieur à 600 véhicules par heure. Il peut être appliqué sur quelques dizaines de mètres si la voirie a un trafic inférieur à 200 véh/h et sans ligne régulière de transport en commun. La visibilité entre les deux entrées doit être correcte pour éviter tout conflit.

Les localisations privilégiées sont :

- ◆ les entrées d'agglomération;
- ◆ au niveau d'une traversée piétonne ou cycliste fort fréquentée, pour marquer l'espace et améliorer la sécurité des modes de déplacements doux;
- ◆ aux abords d'écoles, de centres sportifs, de lieux de loisirs, ...;
- ◆ à l'entrée d'un quartier, créant un effet de porte;
- ◆ à un rétrécissement de l'espace rue;
- ◆ à l'entrée d'un pont;
- ◆ à un arrêt de bus ou de tram, l'espace gagné étant mis au profit des usagers des transports en commun.



Traversée avec rétrécissement devant une école de Jette

Pour éviter toute surprise pouvant entraîner des scénarios non souhaités, sources notamment de gêne acoustique, le rétrécissement doit être implanté de manière à être visible et attendu, tant de jour que de nuit.

Dans le cas d'un rétrécissement réduit à une bande, la sortie doit être visible de manière à éviter que deux véhicules ne le franchissent en même temps.

Un rétrécissement isolé aura un effet limité sur la réduction de la vitesse et donc, sur le bruit. Il est donc intéressant de l'accompagner par d'autres mesures (plateau, etc.). De plus, il sera généralement prévu au centre de la chaussée de manière à ne pas "accorder" une priorité à un sens plutôt qu'à l'autre. La priorité peut être accordée à un sens dans un souci de gestion des flux.

8.3.1.5.2. Signalisation – Marquage

Si, idéalement, l'aménagement est lisible et cohérent, il n'est pas nécessaire de le signaler. Un aménagement bien visible encourage un comportement adapté aux vitesses souhaitées, au profit d'une réduction de bruit et d'une meilleure convivialité.

En cas de doute, il existe pour marquer le rétrécissement :

- ◆ les signaux de danger A7  signalant un rétrécissement de la chaussée d'au moins 1 m et dangereux pour la circulation, selon le code de la route et le code du gestionnaire. En contradiction, les rétrécissements créés pour réduire la vitesse ayant un objectif de sécurité doivent être conçus de manière à être sûrs.
- ◆ le signal de danger A51 , également conseillé pour d'autres dispositifs ralentisseurs, est placé au niveau du dispositif pour éviter les surprises.
- ◆ les signaux de type D1 , précisant de quel côté il faut passer.

Dans le cas d'un rétrécissement avec passage alterné, le dispositif peut être complété, si nécessaire,

des panneaux B19 , imposant de céder le passage et B21 , donnant la priorité aux conducteurs sur ceux venant d'en face. La visibilité d'une extrémité à l'autre du passage est assurée.

La priorité de passage est donnée de préférence au sens sortant pour limiter au maximum la vitesse dans le sens entrant. Une telle signalisation diminue les conflits mais peut inciter des vitesses plus élevées dans le sens prioritaire.

Si le rétrécissement est restrictif, le panneau d'interdiction C27  signale la largeur maximum autorisée. Celui-ci doit être annoncé en amont s'il n'y a pas de possibilité d'éviter le dispositif sans effectuer de manœuvre.

Les dimensions des panneaux routiers relèvent du code du gestionnaire.

En matière de marquage, des marques au sol peuvent diriger l'automobiliste vers le rétrécissement. Cette mesure améliore la visibilité du dispositif mais diminue son efficacité en facilitant son approche.

La perception visuelle du rétrécissement peut également être améliorée par des bandes situées en amont qui attirent alors l'attention de l'automobiliste.

Pour des raisons évidentes de sécurité, le dispositif doit être visible de jour comme de nuit.

8.3.1.6. Avantages et inconvénients

Outre les avantages et inconvénients en matière de bruit que l'on peut déduire de ce qui précède, il est également intéressant de connaître les avantages et les inconvénients des rétrécissements sur base d'autres critères (sécurité, etc.).

8.3.1.6.1. Avantages du rétrécissement

Le rétrécissement :

- ◆ diminue la vitesse de véhicules et donc le bruit;
- ◆ sécurise les piétons, en mettant aussi une distance supplémentaire entre piétons et voitures;

- ◆ raccourcit la traversée des piétons et sécurise leur traversée en améliorant le triangle de visibilité entre piéton et automobiliste, si le rétrécissement est associé à une traversée piétonne;
- ◆ diminue l'effet de barrière que la voirie peut créer;
- ◆ peut accueillir, par avancées de trottoir, du mobilier urbain : éclairage, plantes,...
- ◆ permet la délimitation de places de stationnement;
- ◆ rend généralement l'espace public plus convivial;
- ◆ peut créer un effet de porte;
- ◆ peut être réalisé à un coût très faible;
- ◆ peut être réalisé de manière temporaire.

Au niveau des carrefours, il :

- ◆ diminue la vitesse en accentuant le virage;
- ◆ améliore la lisibilité et la visibilité du carrefour;
- ◆ raccourcit et sécurise la traversée des piétons.

L'îlot central a l'avantage de :

- ◆ rétrécir physiquement la chaussée;
- ◆ séparer les flux;
- ◆ permettre les traversées piétonnes en deux temps et de ce fait de protéger les piétons;
- ◆ créer un effet de paroi;
- ◆ diminuer les perspectives visuelles, s'il est planté de végétation ou de luminaires.

8.3.1.6.2. Inconvénients du rétrécissement

Le rétrécissement :

- ◆ peut gêner certains véhicules, s'il est mal pensé ou si ses dimensions sont mal adaptées;
- ◆ est une des mesures qui a le moins d'effet sur la vitesse et donc sur le bruit global;
- ◆ n'est généralement pas à la source de gêne sonore locale;
- ◆ peut être source d'insécurité s'il y a des doutes lors des passages alternés;
- ◆ a un effet réduit pour les habitués;
- ◆ réduit le nombre de place de stationnement, variant selon la longueur;
- ◆ peut, s'il est réalisée sur une certaine longueur, être contraignant lorsqu'une voiture de secours désire passer, les véhicules ayant moins de place pour se mettre sur le côté.

8.3.1.7. Recommandations

8.3.1.7.1. Recommandations en matière de bruit

La plupart des recommandations émises dans le cas des décrochements horizontaux sont également valables dans le cas des rétrécissements de voirie (matériaux, entretien, rénovation, espacement entre les aménagements réducteurs de vitesse, visibilité, autres mesures accompagnatrices et contexte).

Dans le cas de rétrécissement à deux bandes de circulation, il est nécessaire de tenir compte de la fréquence de passage des véhicules dans les deux sens. Dans le cas d'un déséquilibre important, le rétrécissement n'aura en effet pas l'effet escompté.

Dans le cas d'un rétrécissement à une seule bande de circulation, il faut veiller à ce que le passage alterné se fasse de manière adéquate (éviter les comportements "j'accélère pour passer en premier").

8.3.1.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

Les aménagements doivent être bien pensés, car ils peuvent être sources de conflit et de dégâts s'ils sont mal adaptés. Ils seront mieux perçus s'ils sont implantés de façon logique.

Ils doivent tenir compte de la hiérarchisation de la voirie et du trafic qui y passe : transport en commun, poids-lourds, véhicule de service de secours, convois exceptionnels, ...

La perception et l'efficacité du rétrécissement peuvent être améliorées par des dispositions verticales telles que plantations, éclairage...

La visibilité du dispositif, surtout s'il n'est pas franchissable, est indispensable de jour comme de nuit. Pour cela, il doit être contrasté et peut être annoncé par signalisation ou marquage au sol. Il peut éventuellement être annoncé par un îlot franchissable.

L'éclairage, des catadioptriques, l'usage de peintures réfléchissantes... assurent la visibilité du rétrécissement pendant la nuit^{xxi}. Une bonne approche du dispositif réduit les nuisances sonores en évitant des comportements inadaptés et des vitesses trop variables.

L'efficacité des îlots dépend de leur conception :

	Guidage	Perception	Réduction de vitesse
Ilot plan	Bon si contrastes	Bonne si contrastes	Faible
Ilot construit avec bordures avec chanfreins	Bon si contrastes	Moyenne	Bonne
Ilot franchissable	Bon si contrastes	Bonne si contrastes	Bonne
Ilot planté	Bon	Bonne	Bonne
Ilot construit avec bordures hautes	Bon	Bonne si contrastes	Bonne

Efficacité des îlots (Source : IBSR, De la route à la rue, 1998)

La manière dont fonctionne le dispositif doit être bien comprise. Il faut notamment éviter qu'un des deux automobilistes ait envie de passer le premier et accélère pour y arriver, ce qui va à l'encontre des objectifs de la mesure et engendre par ailleurs, comme on l'a vu plus haut, des nuisances sonores inutiles.

D'autre part, les rétrécissements visuels et psychologiques ont leurs limites, ils perdent en effet de leur efficacité essentiellement par rapport aux automobilistes réguliers qui ont l'habitude de passer par là.

L'écoulement des eaux doit toujours être assuré.

Comme pour toute mesure isolée, le rétrécissement peut s'accompagner de mesures complémentaires pour améliorer son efficacité, sa perception et son intégration. Des dispositifs tels que les ralentisseurs de trafic, plateaux, coussins berlinois,... complètent efficacement les rétrécissements.

8.3.1.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

Les rétrécissements de la voirie ne concernent pas uniquement les voitures.

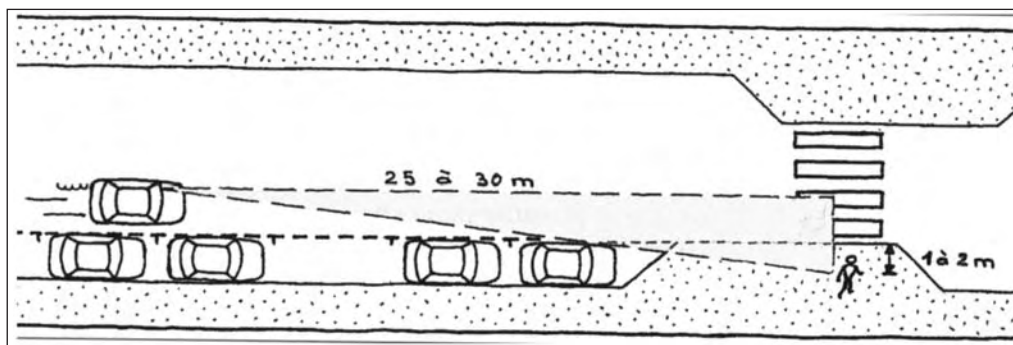
A. PIÉTONS

Les piétons peuvent profiter des rétrécissements.

Dans le cas de réduction de la largeur de la chaussée par l'élargissement des trottoirs, c'est un bénéfice évident pour le piéton qui voit son espace augmenté.

Au niveau des traversées piétonnes, l'élargissement des trottoirs entraînant un rétrécissement de la voirie apporte beaucoup d'avantages aux piétons :

- ◆ réduction de la vitesse des véhicules et amélioration de leur sécurité;
- ◆ réduction de la longueur de la traversée;
- ◆ amélioration de la visibilité entre piéton et automobiliste, car le piéton est sur le bord de la voirie et n'est plus être caché par des voitures en stationnement. Le piéton se trouve alors plus tôt dans le triangle de visibilité de l'automobiliste.



Triangle de visibilité (Source : Certu, Carrefours urbains, guide, 1999)

Aux carrefours, les "oreilles", avancées des trottoirs au niveau des traversées, remplissent ce rôle d'amélioration de la sécurité des piétons.

En Région bruxelloise, le Règlement Régional d'Urbanisme (titre 7, section 2, article 6) spécifie que le trottoir est élargi au droit des traversées piétonnes lorsque la chaussée comporte une zone permanente de stationnement adjacente au trottoir. Le RRU limite cependant l'élargissement du trottoir à 1,70 m dans le cas de stationnement longitudinal. Si le filet d'eau est placé entre la bande de stationnement et la chaussée, l'élargissement du trottoir peut être réalisé jusqu'au niveau du filet d'eau.



Élargissement des trottoirs au niveau d'une traversée piétonne à Auderghem

Lorsque le rétrécissement de la voirie se fait par l'implantation d'un îlot au centre, il reste un avantage pour le piéton qui peut traverser en deux fois grâce au refuge créé par l'îlot.

L'utilisation de bacs à plantes sera limitée et réfléchi pour assurer aux conducteurs et aux piétons une bonne visibilité réciproque. Les bacs étant hauts sur une largeur importante, ils peuvent 'cacher' les personnes.

B. DEUX-ROUES

Le rétrécissement imposé aux voitures peut aussi être contraignant pour les deux-roues. Ceux-ci n'étant pas visés par cette mesure, des dispositions peuvent être prises pour limiter leur gêne.

Un passage de minimum 1 m hors marquage, réservé sur le côté, évite aux cyclistes le détour du rétrécissement et d'être coincés par des véhicules et surtout par des poids-lourds. La réinsertion des cyclistes après le rétrécissement doit être bien réfléchi.

Dans le cas d'un rétrécissement limitant la circulation à un sens à la fois, une telle mesure évite au cycliste d'attendre son tour comme les voitures.

Sur des longueurs plus importantes, la voirie peut être rétrécie par la création d'une bande suggérée pour deux-roues ou d'une piste cyclable. La largeur générale de la voie pour les vélos doit être correcte, pour assurer la sécurité des cyclistes.



Création d'un trottoir cyclable à Neder-Over-Heembeek

Dans le cadre d'un Sens Unique Limité, la largeur minimum conseillée est de 4 m, pour des raisons de sécurité.

C. TRANSPORT EN COMMUN

Afin d'éviter trop de désagréments au transport en commun, il faut tenir compte du passage de lignes régulières dans le choix de l'implantation d'un rétrécissement.

Dans le cas de larges chaussées, le rétrécissement peut être initié par la création d'une bande réservée au transport en commun. Celui-ci ne sera pas contraint et verra sa vitesse augmentée.

Au niveau des arrêts, les rétrécissements peuvent être mis à profit des usagers, en matière de confort et de sécurité. En effet, la vitesse est réduite et l'espace récupéré peut leur être attribué.

Si le rétrécissement est accompagné de l'arrêt du bus en voirie, la présence des transports en commun est renforcée. Il permet également la création d'une onde verte. En effet, lorsqu'un bus ou un tram s'arrête brièvement à l'arrêt, il bloque les voitures qui le suivent. Au redémarrage, il a alors la voirie libre pour avancer.



Ilot central franchissable au niveau d'un arrêt de bus à Uccle

D. POIDS-LOURDS

Les largeurs des rétrécissements doivent respecter la présence des poids-lourds. S'ils sont nombreux, d'autres dispositions doivent être envisagées pour diminuer la vitesse.

Les îlots franchissables permettent une certaine souplesse pour le passage des camions. En bordure de voirie, ils sont malheureusement parfois occupés par du stationnement illicite ce qui étouffe leur intérêt.

Les rétrécissements contraignants peuvent inciter les conducteurs de poids-lourds à choisir d'autres itinéraires.

E. VÉHICULE D'URGENCE

Les véhicules d'urgence nécessitent une largeur libre de 4 m, à respecter dans la conception de tout rétrécissement. Les îlots franchissables peuvent également faciliter le passage de ce type de véhicule en cas d'urgence.

8.3.2. Dévoisement

Le dévoisement est un décrochement dans le profil en travers de la voirie imposant à l'automobiliste une modification de sa trajectoire.

8.3.2.1. But

Comme le rétrécissement, le dévoisement a pour objectif principal de diminuer la vitesse, afin d'améliorer la sécurité des usagers de la voirie, en influençant le comportement des automobilistes. Il permet également une requalification de l'espace public.

Par la gêne qu'il procure, il peut aussi contribuer à réduire le trafic de transit.

8.3.2.2. Principe

Les dévoisements influencent la vitesse par une réduction des dimensions de la voirie accompagnée d'une modification de la trajectoire rectiligne.

Le décalage de l'axe des bandes de circulation et de la chaussée crée une rupture optique visant à réduire la vitesse. Rompant avec la perspective en profondeur, l'espace est, en effet, divisé en plusieurs séquences, sorte de sous-espaces optiquement délimités.



Exemple de dévoisements à Woluwé-Saint-Pierre

La vitesse est également diminuée à cause de la nécessité physique de ralentir pour prendre un virage.

Les décrochements horizontaux se présentent sous différentes formes, pouvant aller du simple marquage au sol à un aménagement complet de la voirie. L'espace récupéré peut être mis au profit de l'espace public.

Le principe étant de canaliser la circulation et diriger les flux, sur la distance voulue, les dévoiements peuvent être créés par :

- ◆ des îlots directionnels, possibles sous différentes formes :
 - îlots marqués,
 - îlots franchissables,
 - îlots construits en dur, éventuellement verdurisés.

L'îlot central doit être placé de préférence au milieu de la chaussée pour créer le dévoiement dans les deux sens.

- ◆ des espaces verts, plantations et bacs à fleur;
- ◆ des avancées de trottoirs;
- ◆ des aménagements de places de stationnement alternées;
- ◆ des bornes et potelets.

Le dévoiement peut impliquer :

- ◆ un nombre de bandes équivalentes, avec la nécessité d'assurer le croisement des véhicules;
- ◆ une seule bande avec circulation alternée, impliquant parfois un arrêt complet.

La diminution de la vitesse varie en fonction de l'espace laissé à la voiture, de la profondeur des décrochements et le cas échéant, de l'espace entre deux mesures réductrices de vitesse.

Tout en assurant le passage des poids-lourds et des services publics, les aménagements se font au cas par cas et sont à adapter à chaque situation en fonction des objectifs poursuivis.

8.3.2.3. Impact sonore

8.3.2.3.1. Introduction

De par la modification de conduite qu'il entraîne, le dévoiement modifie l'ambiance sonore environnante et ce, à deux niveaux : local et global.

8.3.2.3.2. Impact global

Calculée de la même manière que pour les dispositifs surélevés (cfr. plus haut) par le CEDIA, la réduction globale du bruit liée à un dévoiement de voirie est la suivante :

Type de rétrécissement	$\bar{V}_{FR}$ (km/h)	Impact acoustique global (dB[A])		
		$V_{85} = 30$ km/h	$V_{85} = 50$ km/h	$V_{85} = 70$ km/h
En section courante	30	0	1,4	2,7

Selon les estimations du CEDIA, le dévoiement de la voirie, de la même manière que le rétrécissement, semble moins efficace pour réduire le bruit global que les décrochements verticaux, sa vitesse de franchissement étant plus grande. Cette dernière a été déterminée sur base de la littérature et n'est pas représentative de chaque cas. Il faut donc éviter de généraliser ces résultats.

En effet, la réduction de vitesse attendue lorsqu'on envisage un dévoiement de voirie, et donc la réduction du bruit global, dépend de divers paramètres, variables d'un cas à l'autre, tels que :

◆ le type de dévoiement et le trafic associé :

Ainsi, par exemple, lors d'un dévoiement à 2x1 bande de circulation, la mesure s'avère plus efficace quand une voiture se trouve en présence de trafic en sens opposé. En effet, lorsque deux voitures doivent se croiser, les automobilistes ralentissent par mesure de prudence pour éviter tout accrochage. En l'absence de trafic, le dévoiement sur une voirie à double sens est peu efficace.

- ◆ la sévérité du dévoiement (largeur de la voirie, profondeur, largeur et longueur du dévoiement – voir géométrie);
- ◆ la présence ou non de mesures d'accompagnement (dispositifs surélevés, etc.).
- ◆ etc.

8.3.2.3.3. Impact local

Il est fort probable que l'implantation locale d'un dévoiement diminue le bruit local du fait de la réduction de vitesse induite, sans être par ailleurs source de gêne acoustique manifeste. L'existence d'une gêne sonore pourrait néanmoins être plus probable que dans le cas du rétrécissement étant donné les changements de vitesse plus prononcés. Les problèmes éventuels d'émergence sonore, observés lors du passage de poids lourds sur des dispositifs surélevés, ne sont pas rencontrés.

Les situations pouvant être gênantes localement sont similaires à celles rencontrées lors de l'implantation d'un rétrécissement, à savoir lors d'un passage alterné situé à proximité immédiate des riverains imposant :

- L'arrêt et le redémarrage d'un des sens de circulation;
- Parfois des comportements agressifs (volonté de passer en premier) lors du passage alterné.

8.3.2.4. Caractéristiques techniques

8.3.2.4.1. Géométrie

Les dévoiements sont plus ou moins prononcés, selon la vitesse réelle de la voirie et de la vitesse désirée. Il est évident que les décrochements plus profonds sont plus efficaces et permettent d'atteindre des réductions de bruit global plus importantes.

Les dimensions des dévoiements varient en fonction du type de voirie, du type et de la fréquence du trafic. Les rayons de braquage nécessaires pour les véhicules d'urgence doivent être respectés.

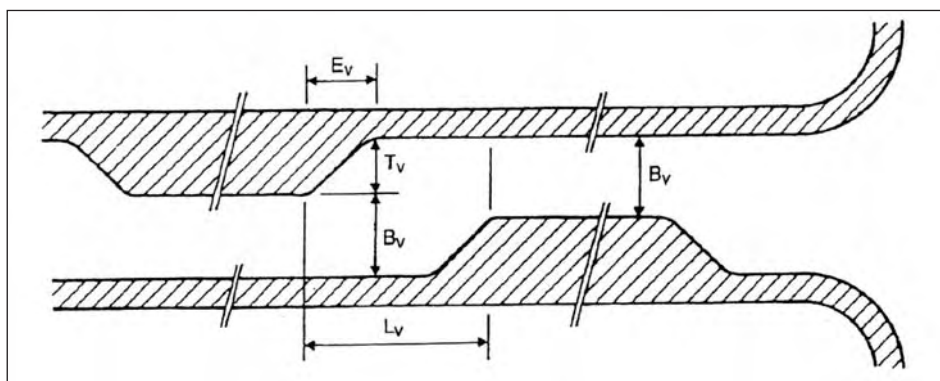
A titre informatif, les dimensions d'un dévoiement imposant le passage alterné (une bande de circulation) sont :

	Voie principale		Voie inter-quartier		Réseau de quartier
Régime de trafic (de part et d'autre du dévoiement)	2 sens	1 sens	2 sens	1 sens	2 sens
Largeur de chaussée (Bv) – passage alterné	≥ 5 m	≥ 4 m	≥ 4 m	≥ 3,5 m	≥ 3 m
Vitesse de base	40 km/h		≤ 40 km/h		≤ 30 km/h
Véhicules déterminant la géométrie	Camions (+adaptation pour gabarits particuliers)		Camions		Voitures de livraison, automobile
Cas de croisement déterminant	Camions / Automobiles (sauf rétrécissement particulier)		Automobiles/automobiles (sauf points de croisements particuliers)		Automobiles/Motos
Distance d'arrêt	≥ 40 m		≥ 20 m		≥ 10 m

Principe d'aménagement des décrochements (Source : Transitec, formation de conseiller en mobilité)

Dans ce cas, les largeurs de chaussée (B_v) impliquent que les véhicules ne peuvent se croiser. Le passage doit donc être alterné si la voirie est à double sens, les voitures attendant avant le dévoiement.

Le schéma type d'un dévoiement avec passage alterné est le suivant :



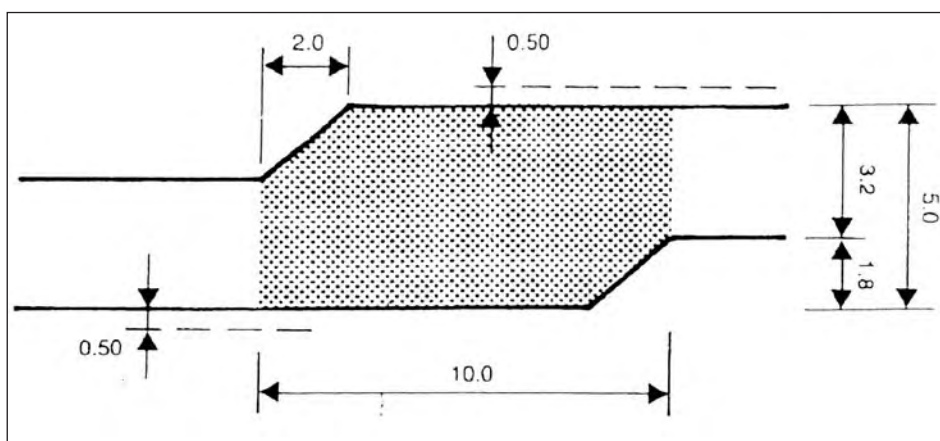
Décrochements horizontaux (Source : Transitec, formation de conseiller en mobilité)

Les dimensions déterminant un dévoiement sont :

- ◆ B_v : largeur de la voirie,
- ◆ T_v : largeur du dévoiement, c'est-à-dire le décrochement,
- ◆ E_v : longueur du dévoiement,
- ◆ L_v : longueur totale du dévoiement.

Le type de décrochement est défini par le rapport entre la largeur totale de la voirie utilisée au décrochement (largeur voirie + largeur du décrochement) et la longueur du décrochement.

A titre d'exemple, le dévoiement de type 5/10 a une largeur totale de 5 m sur une longueur de 10 m. Ce type de décrochements est adapté aux voiries locales.



Dévoiement de type 5/10 (Source : Transitec, formation de conseiller en mobilité)

Les dimensions proposées pour différents types de dévoiements type ont pour objectifs d'atteindre des vitesses fort réduites.

Type de décrochement (Bv + Tv)/Lv*	Bv en m Largeur 1 voie	Tv en m Largeur du dévoisement	Lv en m Longueur totale du dévoisement	Ev en m Longueur du dévoisement	Voirie concernée
5/10	3,20	1,80	10	2	Voie locale
6/9	3,50	2,50	9	4	Locale : 2 sens
7/10	3,50	3,50	10	4	
8/11	3,50	4,50	11	4,50	
9/12	3,50	5,50	12	5,50	Inter-quartier : 1 sens
6/5	4	2	5	2	Inter-quartier : 2 sens
7/6	4	3	6	3	
9/9	4	5	9	5	
10/9	4	6	9	6	Principale : 1 sens
9/5	5	4	5	4	Toutes
10/6	5	5	6	3	

Dimensions types (Source : Transitec, formation de conseiller en mobilité)

* Bv = largeur de la voirie

* Tv = largeur du dévoisement, c'est-à-dire du décrochement

* Lv = longueur totale du dévoisement

Les variantes de dévoisement sont nombreuses et à adapter à chaque situation.

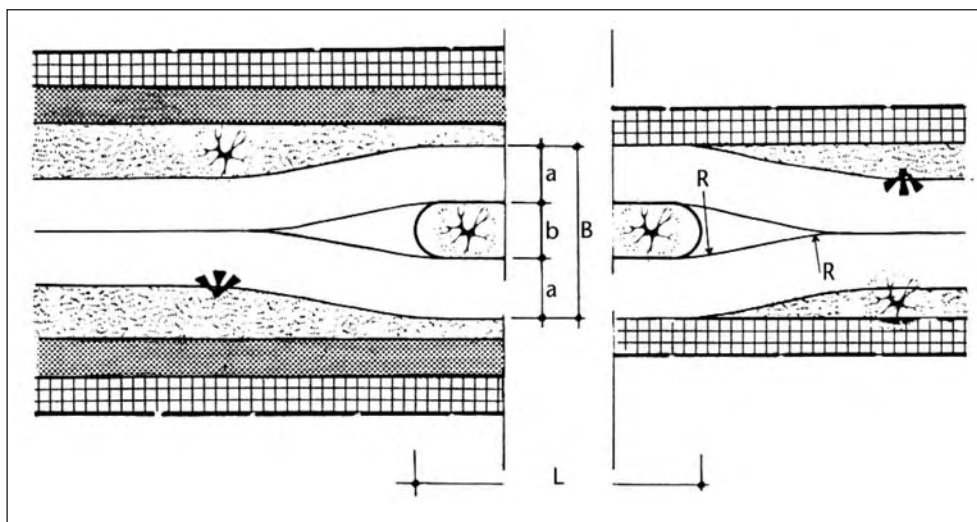
A. EXEMPLES DE DÉVOIEMENT

Dans le croquis de droite, les cyclistes sont intégrés dans la circulation. A gauche, l'aménagement intègre une piste cyclable séparée, dans le cas de forte demande de la part des deux-roues.

La largeur libre doit toujours être de 4 m pour laisser passer les véhicules d'urgence.

A.1. Dévoisement par un îlot central

Créé par un îlot central, ce dévoisement est symétrique et s'effectue dans les deux sens. La longueur L et la largeur l du dévoisement varient en fonction de la situation.



Dévoisement par un îlot central (Source : Crow, ASV 1996)

La largeur 'a' varie de :

- ◆ 2,75 à 3,25 m si la piste cyclable est séparée,
- ◆ 3,25 à 3,50 m si les cyclistes sont intégrés à la circulation.

Le rayon de courbure R est 30 à 40 m, dépendant l'espace de manœuvre nécessaire, déterminé par le type de trafic.

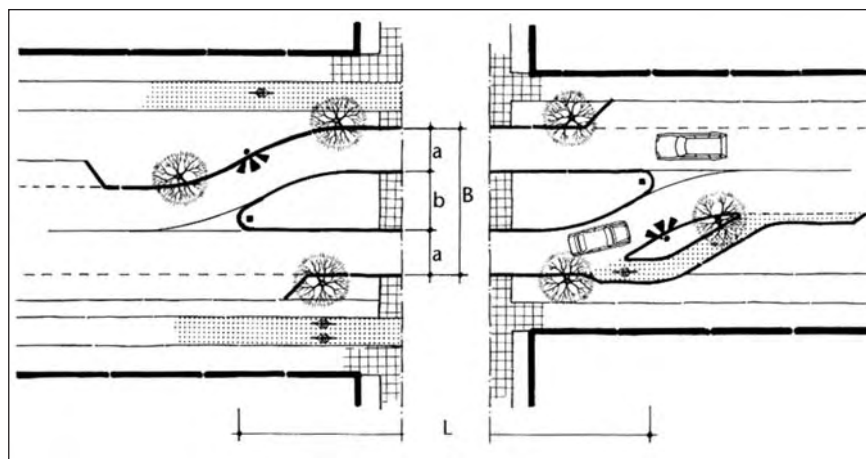


Dévoisement par un îlot central – Woluwé-Saint-Pierre

Si les courbes sont plus anguleux, la largeur de la bande est augmentée 3,25 à 3,50 m, quelles que soit les dispositions prises pour les cyclistes.

A.2. Dévoisement par îlot central avec désaxement de la chaussée

Dans cet exemple, la chaussée est désaxée après le dévoisement. Elle peut être combiné par des mesures de stationnement.



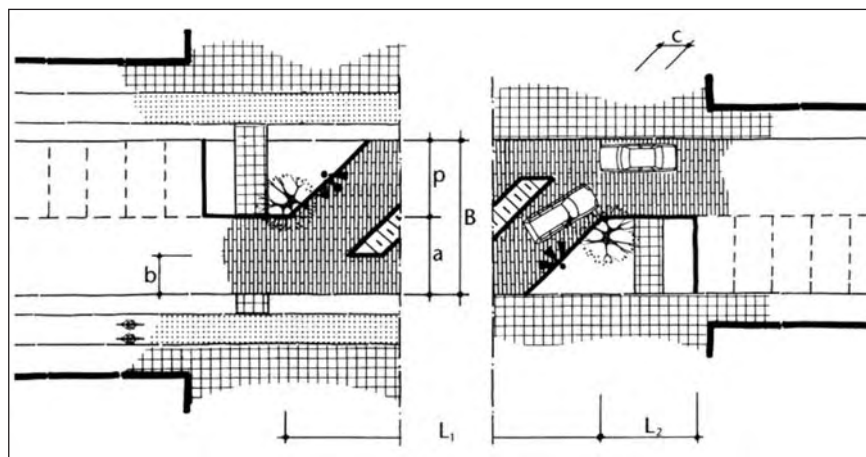
Dévoisement par un îlot central avec modification de l'axe de la voirie
(Source : Crow, ASVV 1996)

La largeur a des bandes en ligne droite est de :

- ◆ 2,75 à 3,25 m si la piste cyclable est séparée,
- ◆ 3,25 à 3,50 m si les cyclistes sont intégrés à la circulation.

A.3. Dévoisement avec alternance du stationnement

Le dévoisement peut être associé et créé par l'alternance du stationnement longitudinal, en épis ou perpendiculaire à la chaussée, en fonction de la largeur de la voirie et du besoin en stationnement.



Dévoisement avec alternance du stationnement en épis (Source : Crow, ASV 1996)

Vu son caractère fort contraignant, ce type de déroiement est limité aux voiries dont la vitesse est inférieure à 50 km/h et l'intensité est de 400 à 600 evp/heure.

Les dimensions minimums sont :

- ◆ la largeur a des deux bandes ≥ 6 m;
- ◆ la largeur b d'une bande d'environ 2,50 m;
- ◆ la largeur c de l'îlot central d'environ 1,50 m;
- ◆ la profondeur p du déroiement de 4,50 m;
- ◆ la longueur L_1 du déroiement dépend de l'espace de manœuvre nécessaire;
- ◆ la longueur L_2 comprise entre le déroiement et la zone de stationnement de 5 à 6 m.

Il faut que le déroiement soit de minimum 2 m pour être efficace et répété sur toute la chaussée si le trafic est faible. De plus, dans les zones de faible vitesse, comme les zones 30, il est mieux de rétrécir la chaussée à une bande de circulation imposant un passage alterné. Il ne peut cependant y avoir de doute quant à la possibilité de se croiser ou non à deux voitures.

Vu la nécessité de pouvoir laisser passer les poids-lourds, il y a la possibilité de créer des surlargeurs franchissables, pour éviter de proposer des dimensions trop larges qui n'auraient alors pas d'influence sur l'automobiliste.

8.3.2.4.2. Matériaux

A. CONCEPTION

Comme les rétrécissements, les déroiements peuvent être :

- ◆ marqués à la peinture;
- ◆ teintés de couleurs différentes;
- ◆ suggérés par des bornes et potelets;
- ◆ délimités par des îlots franchissables, construits ou plantés;
- ◆ circonscrits par des plantations ou des bacs à plantes;
- ◆ intégrés dans un réaménagement complet de la voirie.

Comme pour les rétrécissements, dans le cas d'îlots franchissables, les nuisances sonores peuvent être plus importantes au moment du franchissement et en fonction de la nature des matériaux.



Dévoisement par potelet et stationnement à Molenbeek

Ce dévoisement est réalisé à base de potelets en plastique marquant également le stationnement. Il n'est pas des plus explicites.

B. ENTRETIEN, RÉNOVATION

L'entretien et la rénovation varient fortement en fonction de l'aménagement réalisé.

En cas d'îlots marqués, il n'y a que l'entretien de la peinture.

S'il y a verdurisation, il y a l'entretien du gazon, plantes et arbres.

L'infrastructure est à rénover selon les dégradations constatées. Les zones franchissables doivent rester en état pour éviter des nuisances dues aux dommages, tant au niveau sécurité qu'en matière de bruit. Les potelets arrachés, les coups et autres accrochages sont aussi des raisons de rénovation.

8.3.2.5. Implantation et signalisation

8.3.2.5.1. Conditions d'implantation

Il n'y a pas de légalisation en matière d'implantation des dévoissements.

Cependant, il est conseillé de se limiter aux voiries où la vitesse réelle est de 50 km/h maximum en moyenne (soit $V_{85}^{11} \geq 50$ km/h).

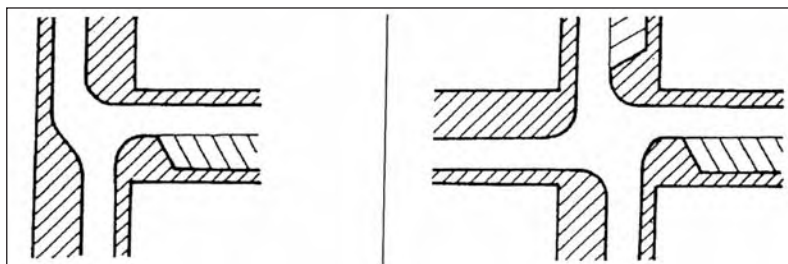
Le trafic horaire est idéalement de

- ◆ maximum 800 véh./h pour un carrefour;
- ◆ maximum 400 véh/h pour chaussée réduite à une voie à l'endroit du dévoisement.

Les voiries pourvues de dévoissements doivent conserver une certaine fluidité, selon la vitesse recherchée.

Les localisations privilégiées sont :

- ◆ de part et d'autre de lieux fréquentés, en tenant compte de la visibilité entre usagers;
- ◆ à un carrefour, à très basse vitesse;



Exemples de dévoisement à un carrefour
(Source : Transitec, formation de conseiller en mobilité)

¹¹ V_{85} = vitesse pratiquée par 85 % des automobilistes

- ◆ en concordance avec des décrochements bâtis;
- ◆ à un arrêt de bus.

Placés en quinconce, les dévoiements aèrent l'espace, notamment pour le piéton.

La distance entre décrochements horizontaux est idéalement :

- , Supérieure à 70 m pour les voiries principales,
- , Entre 30 à 50 m pour les voiries inter-quartiers,
- , De 10 à 30 m pour les voiries locales du réseau de quartier.

Pour des raisons de sécurité, le dispositif doit être bien visible, de jour comme de nuit, et ne pas surprendre. Ceci permet également de minimiser toute gêne sonore locale et de favoriser un bruit global moins élevé.

Le dévoiement doit aussi être suffisamment lisible pour être bien compris et permettre aux véhicules de se croiser sans danger.

8.3.2.5.2. Signalisation – Marquage

Vu l'absence de législation, aucune signalisation n'est obligatoire.

Dans un souci de sécurité, certains cas peuvent être signalés pour éviter toute surprise à l'automobiliste. Une bonne perception du dispositif engendre également un comportement plus adapté limitant les nuisances acoustiques notamment.

Les signaux d'obligation de type D1, comme par exemple D1c



ou D1d



, peuvent indiquer la direction à suivre en marquant la modification de trajectoire.



Les panneaux de type 1 , 2 et 5 peuvent également marquer le dispositif.



Rue des Grands Prix à Woluwé-Saint-Pierre

Pour attirer plus précipitamment l'automobiliste, le dispositif peut être signalé par le signal de danger



A51 , conseillé pour d'autres dispositifs visant à ralentir la vitesse.

Dans le cas d'un dévoiement avec passage alterné, le dispositif peut être complété des panneaux



B19 et B21 , signalant un passage étroit et précisant le sens de priorité. Le premier panneau, B19, impose le céder le passage. Le second B21 donne la priorité aux conducteurs sur ceux venant d'en face. Ces panneaux ne peuvent être placés avant un dévoiement à passage alterné que si la visibilité d'une extrémité à l'autre du passage est assurée.

Les dimensions des panneaux routiers relèvent du code du gestionnaire.

Le marquage en courbe peut annoncer le dévoiement et éclairer l'automobiliste mais ce type de marque reste d'aspect routier et diminue l'effet de ralentissement car l'automobiliste est guidé et la rupture est moins forte.

8.3.2.6. Avantages et inconvénients

Outre les avantages et inconvénients en matière de bruit que l'on peut déduire de ce qui précède, il est également intéressant de connaître les avantages et les inconvénients des dévoiements sur base d'autres critères (sécurité, etc.).

8.3.2.6.1. Avantages du dévoiement

Le dévoiement :

- ◆ diminue la vitesse et donc le bruit;
- ◆ permet de raccourcir les perspectives et de rompre avec la linéarité de la rue;
- ◆ réduit la gravité des accidents;
- ◆ est adaptable à chaque situation, ses dimensions étant variables;
- ◆ peut être aménagé en places de stationnement;
- ◆ peut intégrer des by-pass pour les transports en commun;
- ◆ peut être réalisé à bas prix et des essais sont possibles;
- ◆ a un coût faible si réalisé par marquage au sol et une gestion du stationnement.

8.3.2.6.2. Inconvénients du dévoiement

Cependant, le dévoiement :

- ◆ est généralement moins efficace au niveau de la diminution de vitesse, et donc au niveau de la réduction du bruit global, que les dispositifs surélevés;
- ◆ a une efficacité limitée si il est isolé, il nécessite donc d'en mettre beaucoup ou de l'accompagner de mesures complémentaires pour obtenir un résultat (sécurité et bruit);
- ◆ a un faible impact sur le nombre de conflits;
- ◆ est désagréable pour le piéton si il doit faire aussi les zig-zag;

- ◆ peut être dangereux pour les cyclistes si bloqués entre dispositif et véhicules;
- ◆ peut réduire le nombre de places de stationnement;
- ◆ induit un risque de stationnement sauvage entre les chicanes;
- ◆ limite, au carrefour, la perception notamment au niveau des priorités;
- ◆ rompt avec la perspective;
- ◆ peut être contraire à l'image de la rue traditionnelle et difficile à intégrer dans certains quartiers à urbanisme classique;
- ◆ peut devenir un terrain d'essai pour automobilistes à la recherche de sensation et inciter à la conduite sportive et bruyante.

8.3.2.7. Recommandations

8.3.2.7.1. Recommandations en matière de bruit

La plupart des recommandations émises dans le cadre des décrochements horizontaux sont également valables dans le cas des dévoiements de voirie (matériaux, entretien, rénovation, espacement entre les aménagements réducteurs de vitesse, visibilité, autres mesures accompagnatrices et contexte).

Dans le cas de dévoiement à deux bandes de circulation, il est nécessaire de tenir compte de la fréquence de passage des véhicules dans les deux sens. Dans le cas d'un déséquilibre important, le dévoiement n'aura en effet pas l'effet escompté.

Dans le cas d'un dévoiement à une seule bande de circulation, il faut veiller à ce que le passage alterné se fasse de manière adéquate (éviter les comportements "j'accélère pour passer en premier").

8.3.2.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

Un simple marquage au sol a peu d'influence sur la vitesse. Il peut être associé à du stationnement alternatif. La mesure ne sera alors efficace que lorsque des voitures sont stationnées.

En cas de dispositif dur, les infrastructures doivent être bien visibles de jour comme de nuit, sous peine de danger.

Pour une meilleure visibilité et lisibilité, les dispositifs peuvent être mis en évidence en

- ◆ soulignant et démarquant les bordures (largeur, couleur, hauteur);
- ◆ les contrastant avec la chaussée;
- ◆ alternant des plantations;
- ◆ marquant l'axe ou des lignes transversales sur la chaussée;
- ◆ proposant un revêtement différent au niveau du dévoiement, ...

Pour une meilleure lisibilité de l'espace, les contrastes doivent être marqués: de la chaussée par rapport à la chicane, des abords de la chicane par rapport aux abords de la voirie,...

La monotonie d'un zig-zag trop régulier doit être évitée.

Les dévoiements peuvent être créés par des îlots centraux, qui conviennent bien pour des voiries larges et ont un effet de déviation dans les deux sens. Ceux-ci peuvent être associés à une traversée piétonne et permettre un refuge pour les piétons.



Dévoisement par un îlot central à Woluwé-Saint-Pierre

Un petit îlot central franchissable dans un dévoiement bien marqué à deux sens augmente la contrainte en séparant bien les deux sens de circulation. Par contre, il génère du bruit lors de ses franchissements. Il est possible de combiner des décrochements horizontaux avec du stationnement de différents types selon la largeur du décrochement et de la voirie, allant du stationnement longitudinal au stationnement à 90°. Le stationnement perpendiculaire est cependant à éviter si le trafic est important car l'automobiliste aura plus de difficultés pour sortir de sa place. En contre partie le stationnement illicite doit être évité et combattu, sur les îlots par exemple.

L'aménagement ne doit pas être trop rigide afin de laisser une certaine polyvalence possible à l'espace. Au niveau des dévoiements, les angles vifs marquent mieux la rupture que les courbes "routières". Les courbes doivent être bien adaptées à la vitesse sinon peuvent survenir des problèmes de sécurité.

Les voiries locales ayant un objectif de vitesse de 30 km/h, le décrochement seul ne suffit pas, car la contrainte est notamment toujours limitée par la nécessité de laisser passer les poids-lourds. Des mesures complémentaires sont nécessaires pour obtenir de bons résultats.

Les dévoiements peuvent toujours s'intégrer à une réflexion globale d'aménagement de la voirie et s'intégrer dans un ensemble de mesures.

L'espace récupéré peut être mis à profit de l'espace public et des autres usagers.

8.3.2.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

A. PIÉTONS

L'espace piéton étant séparé de la voirie, il faut éviter les décrochements sur les trajectoires piétonnes et favoriser des parcours rectilignes.

Les dévoiements peuvent profiter au piéton lorsqu'ils sont associés à une traversée : avancée du trottoir qui raccourcit leur passage, îlot central qui permet un refuge, ...



Dévoisement par un îlot central avec passage piéton à Forest

L'alternance du stationnement peut aérer l'espace piéton qui n'est plus confronté à une longue bande de stationnement longitudinal, sans fin.

B. DEUX-ROUES

Pour les cyclistes, il est également mieux de prévoir des trajectoires directes. Un passage sur le côté est toujours possible, en tenant compte de la réintégration des cyclistes dans la circulation. Le passage de minimum 1 m de large, évite aux deux-roues d'être trop ralentis par les voitures ou les poids-lourds qui doivent effectuer le zig-zag. Une telle disposition est moins nécessaire en zone de séjour, d'un point de vue sécurité du moins.



Passage prévu pour les cyclistes, la borne étant superflue - Etterbeek

Dans cet exemple, le dévoiement est réalisé par un îlot directionnel et accompagné d'un 'cédez-le-passage'. Sans trajectoire privilégiée, il faut prévoir une largeur suffisante pour que les cyclistes ne soient pas calés entre le véhicule et le dispositif.

C. TRANSPORT EN COMMUN

Les dévoiements ne sont pas très confortables pour les bus. Les dimensions doivent être bien adaptées pour une telle mesure. La contrainte pour les voitures risque d'en être diminuée. Une telle mesure est déconseillée sur des lignes de transport en commun fréquent.

Des dispositions peuvent cependant être prises pour les transports en commun, comme un by-pass qui leur évitent les décrochements et leur fait gagner en temps et en confort.

Le dévoiement peut se trouver avant et/ou après un arrêt de transport en commun. Il ne présente alors pas beaucoup d'inconvénients pour les bus.

Au niveau des arrêts de trams, le dévoiement permet d'améliorer le confort et la sécurité des usagers.



Arrêt de tram à Schaerbeek

D. POIDS-LOURDS

La contrainte du dévoiement est plus élevée pour les poids-lourds que pour les voitures. Ils sont ralentis de l'ordre de 20 km/h en moins que les véhicules légers.

La surlargeur praticable de revêtement différent laisse aux camions la possibilité de passer tout en gardant un dévoiement visuel du moins.

8.4. LES CARREFOURS

8.4.1. Introduction

Le terme "carrefour" désigne le lieu de rencontre de deux ou plusieurs voies publiques¹².

Mis à part le code de la route et le code du gestionnaire qui définissent la signalisation, le marquage et le comportement induit, il n'y a pas de législation spécifique propre aux carrefours. Contrairement aux dispositifs développés précédemment, la gestion des carrefours n'a pas comme volonté principale une diminution de la vitesse (sauf éventuellement les ronds-points).

Le type et la gestion des carrefours varient d'un croisement à l'autre, selon différentes caractéristiques telles que la hiérarchie et le type de voirie, la complexité du carrefour, les flux et mouvements des véhicules, la destination du croisement, etc.

La typologie d'un carrefour peut aller d'un simple croisement sans mode de gestion particulier à un rond-point complexe en passant par toutes formes de priorités et d'aménagement dont les feux de signalisation.

Les carrefours peuvent être répartis en trois classes distinctes, étudiées dans la suite :

- ◆ les carrefours 'simples';
- ◆ les carrefours à feux;
- ◆ les ronds-points.

La géométrie du carrefour et son mode de gestion ont une influence inévitable sur le bruit, de nature très différente de celle liée à des voiries en section courante. Avant d'aborder chacun des types de carrefour, il apparaît intéressant de noter les particularités générales du carrefour en termes d'influence sonore.

8.4.2. Influence sonore particulière des carrefours

L'émission du bruit aux abords des carrefours peut, selon le mode de gestion, selon le moment de la journée, et selon l'endroit, être le résultat d'un **écoulement des véhicules** de type :

- ◆ Fluide continu : il s'agit d'un écoulement où les véhicules ont une vitesse sensiblement constante sur la section de route étudiée. Comme on le verra dans la suite, ce type d'écoulement est par exemple caractéristique des "ondes vertes" créées par synchronisation des feux de signalisation aux carrefours.
- ◆ Pulsé non différencié : il s'agit de véhicules en allure transitoire (accélérée ou décélérée) sans qu'il soit possible de différencier des groupes de véhicules circulant à l'une ou l'autre de ces deux allures. Il s'agit par exemple de carrefours dont le trafic sur les artères est perturbé par un stationnement en double file.
- ◆ Pulsé accéléré ou décéléré : il s'agit d'un écoulement où les véhicules sont, de manière uniforme, soumis à des allures pulsées (décélérée en amont et accélérée en aval). C'est le cas par exemple des artères régies par un STOP.

Comme le montre l'abaque ci-dessous et comme abordé dans la fiche 4, le bruit émis est fort variable en fonction du type d'écoulement. Ainsi, à une vitesse de 50 km/h¹³, par exemple, un écoulement de type pulsé accéléré sera à l'origine d'un bruit (représenté par un niveau équivalent LAeq) supérieur d'environ 3 dB[A] par rapport à un écoulement de type fluide continu (pour une même composition de trafic).

On remarque d'ores et déjà qu'il semble préférable, d'un point de vue acoustique, de privilégier tout carrefour et mode de gestion impliquant le plus possible un trafic de type fluide continu, en évitant au maxi-

¹² Définition issue du Règlement général sur la police de la circulation routière, article 2.9.

¹³ Pour l'écoulement fluide continu, il s'agit de la vitesse moyenne du flot de véhicules/ Pour l'écoulement pulsé non différencié, il s'agit de la vitesse moyenne du flot de véhicules sur l'ensemble du segment source/ Pour l'écoulement de type pulsé accéléré ou décéléré, il s'agit respectivement de la vitesse maximale du flot et de la vitesse à partir de laquelle s'effectue la décélération).

mum tout régime pulsé accéléré ou non différencié. Il est évident qu'assurer un trafic à régime fluide à l'approche des carrefours est quasi impossible de manière régulière et continue vu les nombreux mouvements impliqués (tourne-à-droite, tourne-à-gauche, croisement des véhicules, passage des piétons, etc.). De plus, la gêne sonore face à un écoulement pulsé est, comme on l'a constaté dans le cas des autres types d'aménagements étudiés, plus manifeste que lorsqu'un bruit est de type fluide continu, même si ce dernier est d'amplitude plus élevée.

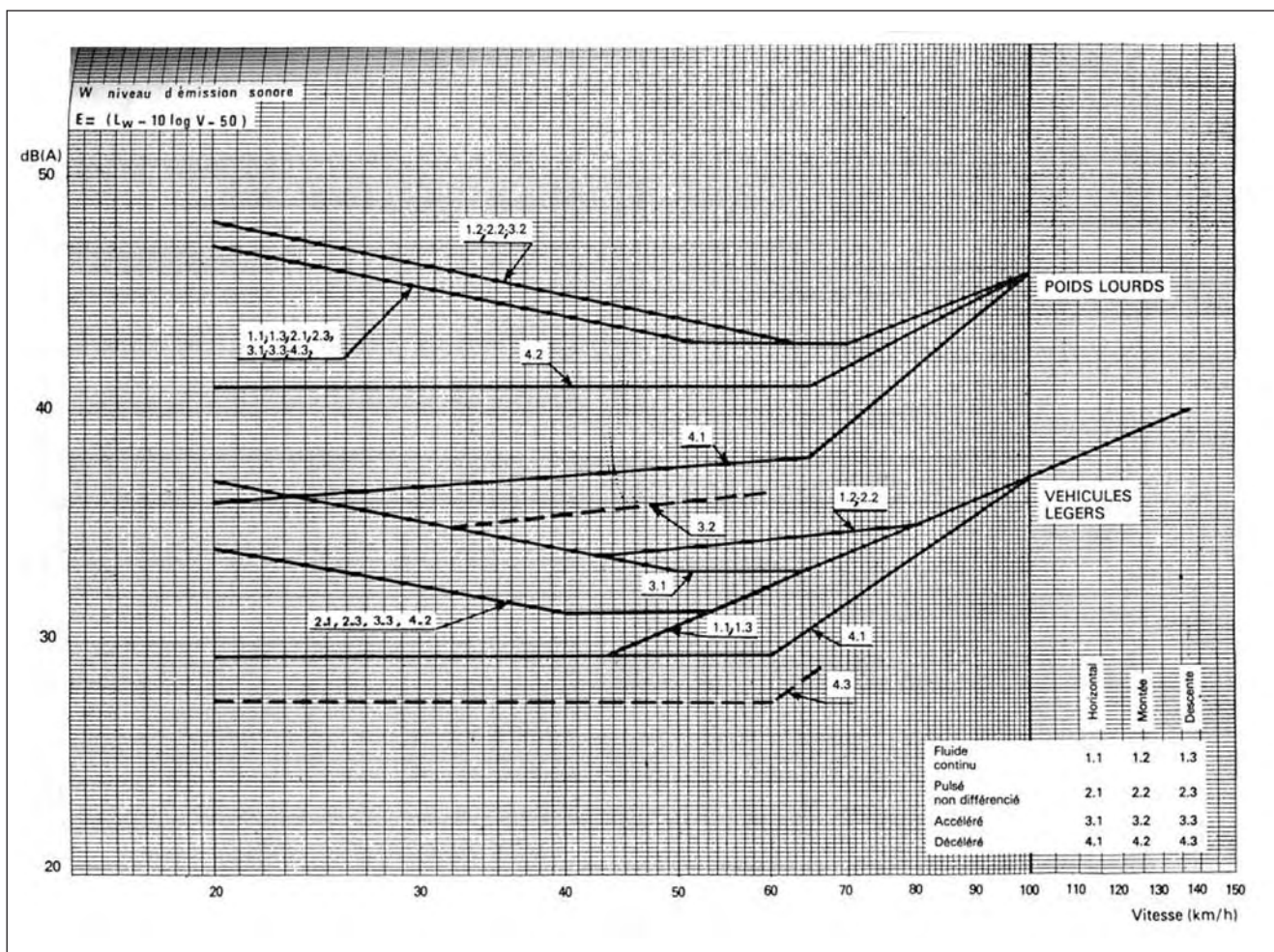
Par ailleurs, un carrefour, en créant une discontinuité dans la géométrie du tissu urbain (voir fiche 10), implique des **conditions de propagation particulières**, différentes de celles au sein d'une rue en " U " (voir fiche 4) par exemple.

Enfin, le bruit à l'immission dans une des artères du carrefour, à l'inverse d'une voirie en section courante, est le résultat du cumul de l'énergie sonore émise par les véhicules de passage dans cette rue mais également de celle émise dans les autres branches du carrefour.

Ces trois particularités (type d'écoulement, conditions de propagation, **cumul de l'énergie sonore**) font que le carrefour peut avoir une influence acoustique relativement étendue (jusqu'à 200 m environ du centre du carrefour).

L'objectif de cette fiche n'est pas de déterminer les niveaux sonores rencontrés aux abords des carrefours mais plutôt d'indiquer en quoi tel type de carrefour est préférable à tel endroit et de pointer les éléments sur lesquels porter une attention particulière afin de réduire ou éviter toute nuisance sonore.

Il est cependant possible de prédire, sur base des données de trafic (vitesse, type d'écoulement, intensité, etc.) et du type de forme urbaine, les niveaux sonores à l'immission, aux alentours des carrefours. Nous renvoyons dans ce cas le lecteur intéressé au Guide du Bruit des Transports Terrestres.



Abaque de l'émission sonore E, définie par le Guide du Bruit des Transports Terrestres, et représentant le niveau sonore L_{Aeq} à 30 m du bord de la plateforme (en tissu ouvert, à 10 m de haut et en absence d'obstacle, pour un sol réfléchissant), lors de la circulation d'un véhicule par heure¹⁴.

¹⁴ Pour obtenir le même niveau sonore E relatif au passage de Q véhicules/heures, il suffit d'ajouter le terme $(10 * \log Q)$ à l'émission sonore E d'un véhicule.

8.4.3. Les carrefours simples

Les carrefours 'simples' sont les carrefours :

- ◆ sans mode de gestion particulier, laissant la priorité de droite comme règle de priorité;
- ◆ avec un mode de gestion sommaire tel le 'céder-le-passage' ou le 'STOP', qui implique une voie prioritaire par rapport à l'autre.

8.4.3.1. But

Ces carrefours sont gérés le plus simplement possible, en fonction des lieux et des flux qui les traversent.

Le carrefour sans mode de gestion particulier laisse le croisement fonctionner en fonction de la demande, les différentes voiries étant sur le même pied d'égalité.

La mise en place d'une signalisation choisissant une voie prioritaire répond généralement à des critères de sécurité ou à un désir de hiérarchiser un minimum les voies entre elles.

Ces choix dépendent notamment de la configuration des lieux.

8.4.3.2. Principe

Ces carrefours ne nécessitent pas d'aménagement particulier, seul le type de priorité varie. Ils ont cependant un mode de gestion applicable à tout moment, non variable dans le temps et non adaptable instantanément. Ces carrefours fonctionnent au gré des flux se présentant à une des branches.

Différents régimes de priorité peuvent s'appliquer aux carrefours simples :

- ◆ la priorité de droite, s'appliquant de fait à tout carrefour n'affichant aucun type de priorité en particulier; elle a tendance à ralentir la circulation;



Berghem-Saint-Agathe

- ◆ le "céder-le-passage", laissant la priorité à la voirie, généralement la plus importante;
- ◆ le "STOP", imposant aux véhicules d'une voirie de s'arrêter pour laisser la priorité.

Le choix du type de priorité dépend de différents critères tels que la hiérarchie des voiries, la configuration des lieux, le degré de visibilité et la destination du carrefour.

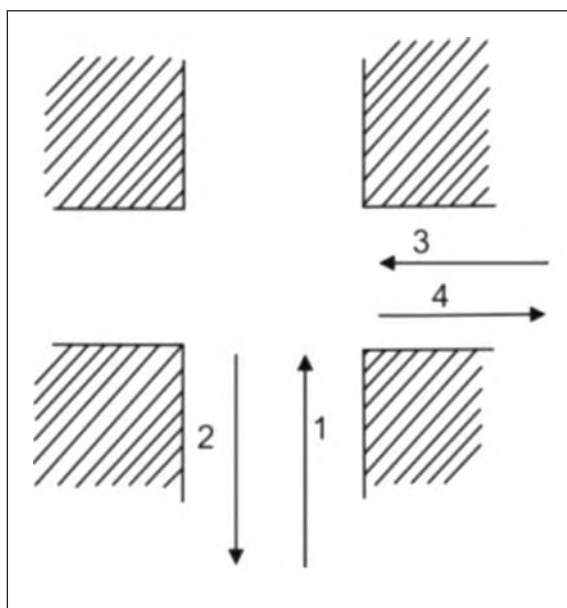
8.4.3.3. Impact sonore

Le carrefour simple, selon son mode de gestion, aura un impact différent sur l'environnement sonore. Cet impact est difficile à évaluer d'une manière générale puisque dépendant de nombreux facteurs (intensité de trafic sur chacune des artères, écoulement du trafic, vitesses, environnement bâti, etc.). Une analyse au cas par cas doit être effectuée.

Un carrefour à priorité de droite engendre le plus souvent des écoulements de type pulsé décéléré en amont et de type pulsé accéléré à proximité et en aval du carrefour. Comme vu plus haut, l'écoulement pulsé décéléré est à l'origine de bruit du même ordre de grandeur qu'un bruit de type continu (voire inférieure à vitesse supérieure à 45 km/h) et l'écoulement pulsé accéléré engendre quant à lui plus de bruit (3 dB[A] en plus par rapport à un écoulement fluide continu).

Un carrefour "céder-le-passage" ou "STOP" permet à une artère, en général l'artère principale, de conserver une allure de trafic fluide tandis que l'artère secondaire a une allure de type pulsée. Le céder-le-passage, n'imposant pas l'arrêt total des véhicules, permet un écoulement pulsé moins prononcé, et donc moins gênant dans l'artère concernée, qu'un "STOP".

Il est intéressant d'illustrer par un exemple chiffré l'influence sonore des carrefours simples. Considérons dès lors le comportement acoustique d'un carrefour "STOP" dans deux artères prioritaire et non prioritaire. Dans le premier cas, il s'agit d'un trafic fluide continu, dans le second d'un trafic pulsé.



Flux 1 : écoulement fluide continu
100 véhicules légers /h
vitesse : 50 km/h

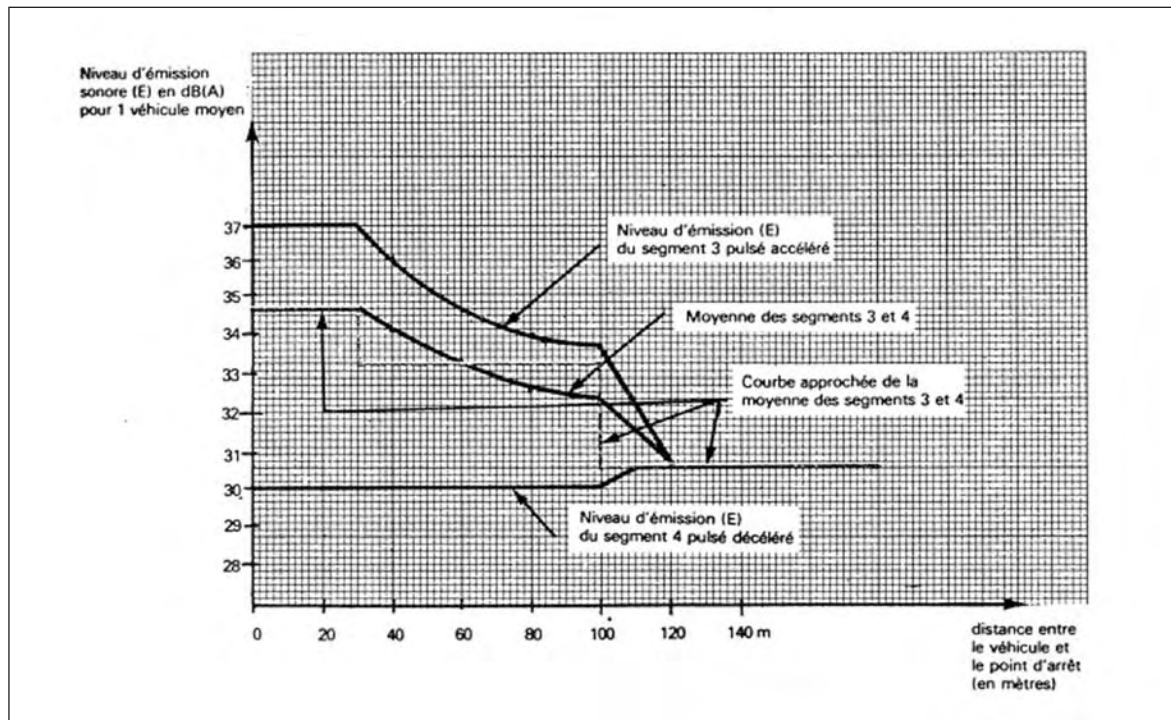
Flux 2 : écoulement fluide continu
100 véhicules légers /h
vitesse : 50 km/h

Flux 3 : écoulement pulsé décéléré
100 véhicules légers /h
vitesse : 50 km/h

Flux 4 : écoulement pulsé accéléré
100 véhicules légers /h
vitesse : 50 km/h

A la lecture de l'abaque ci-dessus et selon la formule : $L_{Aeq} (Q \text{ véhicules /h}) = L_{Aeq} (1 \text{ véhicule/h}) + 10 \log Q$, on obtient, que le bruit émis par l'artère prioritaire, quelle que soit la distance par rapport au carrefour, est de 53 dB[A].

Dans le cas de l'artère non prioritaire, caractérisée par un trafic pulsé, en appliquant l'abaque ci-dessus à chaque distance x du carrefour, on obtient le niveau émis par un trafic d'un véhicule/h dans cette même artère pour chacune des distances¹⁵ :



En appliquant la formule : $L_{Aeq} (Q \text{ véhicules /h}) = L_{Aeq} (1 \text{ véhicule/h}) + 10 \log Q$, on obtient 3 alors 3 zones différentes :

- ◆ de 0 à 30 m du carrefour : $L_{Aeq} = 57,5 \text{ dB[A]}$
- ◆ de 30 à 100 m du carrefour : $L_{Aeq} = 56 \text{ dB[A]}$
- ◆ au-delà de 100 m du carrefour : $L_{Aeq} = 53 \text{ dB[A]}$

On remarque, dans ce cas, une influence du carrefour allant jusqu'à 100 m dans la voirie non prioritaire.

On remarque que l'artère non prioritaire du carrefour, pour des mêmes conditions de trafic (intensité et vitesse), émet plus de bruit (+ 4,5 dB[A] jusqu'à 30 m du carrefour et + 3 dB[A] entre 30 et 100 m du carrefour) que l'artère prioritaire.

A partir de ces résultats, il est possible d'évaluer à un endroit précis le bruit total perçu par un riverain (en tenant compte du cumul des énergies sonores et du tissu urbain dont on a évoqué l'influence ci-dessus). Il est conseillé dans ce cas de se reporter au Guide du Bruit des Transports Terrestres.

¹⁵ Ceci est réalisé sur base de profils de vitesse caractéristiques des trafics pulsés accéléré et décéléré, déterminés à partir de nombreuses expériences (cfr. Guide du Bruit des Transports Terrestres, CERTU).

8.4.3.4. Caractéristiques techniques

Les carrefours simples ne demandent pas ou peu d'infrastructure.

8.4.3.4.1. Géométrie

Le carrefour est composé de bandes de circulation continues et éventuellement de bandes de présélection, augmentant la capacité du carrefour. Celles-ci sont des voies de stockage pour des mouvements tels les tourne-à-droite ou les tourne-à-gauche. Elles peuvent être aussi des voies réservées aux transports en commun par exemple.

En agglomération, la largeur d'une voie est de 3 m, la largeur libre étant de 4 m pour les véhicules de secours.

En zone de basse vitesse telle les zones 30, cette dimension peut être réduite à 2,50 m à l'approche d'un carrefour pour augmenter le nombre de bandes et pour pouvoir créer des bandes de présélection. La voirie ne peut alors être empruntée par des lignes régulières de transport en commun. Des largeurs de bandes réduites incitent également à une vitesse réduite, limitant dès lors le niveau acoustique. Par contre augmenter le nombre de bandes à l'approche du carrefour augmente sa capacité et donc les flux de circulation, ce qui engendre plus de bruit (voir fiche 4).

Le choix de la largeur des bandes dépend de plusieurs critères :

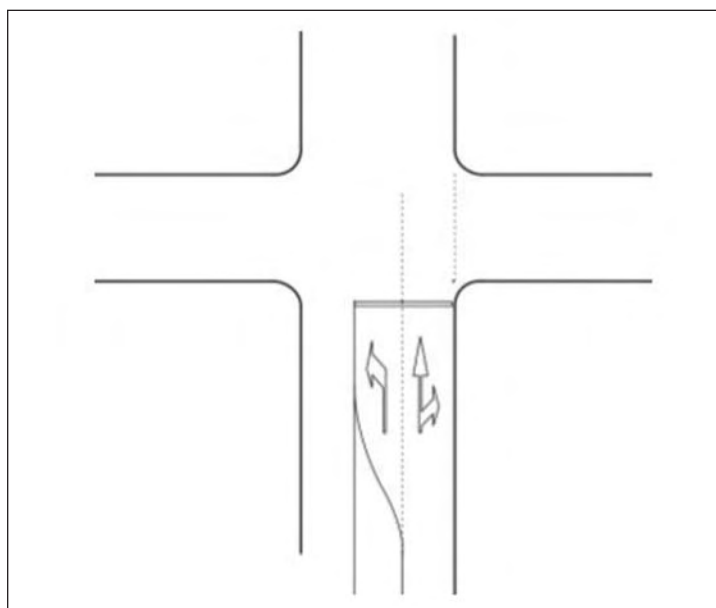
- ◆ la vitesse souhaitée;
- ◆ la présence de transport en commun, poids-lourds et véhicules de service;
- ◆ la présence de bandes suggérées ou de pistes cyclables;
- ◆ la hauteur des bordures du trottoir et des îlots directionnels;
- ◆ les rayons de courbures (rayon de raccordement entre deux voies).

Le nombre de bandes et leur spécificité dépendent :

- ◆ de la hiérarchie de la voirie;
- ◆ de l'importance des flux;
- ◆ des mouvements réalisés et à encourager.

Les bandes traversantes sont, si possible, alignées pendant la traversée du carrefour. Elles peuvent être empruntées par tous les flux, quel que soit le mouvement. Il peut également y avoir des bandes différentes selon la direction voulue, dites bandes de présélection.

Une bande de présélection réservée à une direction s'avère utile lorsque ces flux sont importants, par exemple sur des voiries structurantes.



Exemple de bande de présélection pour le tourne-à-gauche

Les tourne-à-droite sont des mouvements simples et ne présentent généralement pas de problèmes de conflit. Des situations conflictuelles peuvent cependant se présenter lorsque qu'il y a des flux piétons importants aux traversées.

Un rayon de courbure réduit permet de limiter la vitesse des véhicules, notamment au profit des piétons traversant sur le passage de la voie latérale et de l'impact sonore.

Le rayon de courbure de raccordement entre les deux voies est de :

- ◆ 4 m au minimum;
- ◆ 6 à 8 m en milieu urbain peu fréquenté par des poids-lourds;
- ◆ 8 à 12 m en milieu périurbain, fréquenté pas des poids-lourds.

Les tourne-à-gauche sont plus complexes. Une bande de présélection est réalisée lorsque les mouvements pour tourner à gauche sont importants et qu'ils sont trop gênés par d'autres flux. Les véhicules ayant des difficultés pour tourner à gauche peuvent devenir gênants pour les véhicules continuant tout droit ou tournant à droite. Une bande de présélection contribue à fluidifier le trafic, ce qui est également favorable d'un point de vue sonore. Par contre, elle peut induire une augmentation de la vitesse.



Exemple de tourne-à-gauche chaussée de Waterloo - Uccle

Selon le trafic analysé et ces dimensions du carrefour, la bande de tourne-à-gauche peut avoir une largeur de :

- ◆ 3 m si elle est fort empruntée par des bus et poids-lourds;
- ◆ 2,75 m si pas de bus et poids-lourds;
- ◆ 2,50 m dans des cas particuliers.

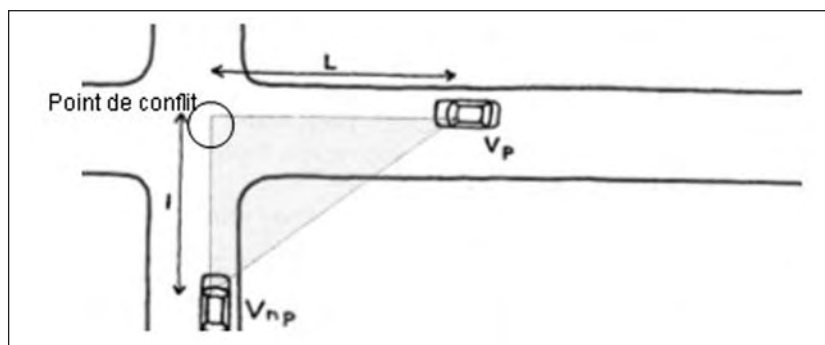
Les îlots directionnels participent à l'orientation des flux et à la lisibilité du carrefour.

La sécurité du carrefour commence par la visibilité qui existe entre automobilistes. Afin d'éviter tout problème, le 'triangle de visibilité' doit être respecté. Il dépend de la vitesse des véhicules et du type de priorité accordée au carrefour.

Le respect des dimensions du triangle de visibilité permet d'assurer la sécurité des usagers au carrefour et de limiter des manœuvres, accélération et freinage trop brusques, qui peuvent également avoir des incidences d'un point de vue acoustique.

Priorité de droite

Dans le cas de la priorité de droite, le triangle de visibilité est défini par :



Triangle de visibilité pour la priorité de droite
(Source : Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

Dans ce schéma,

- ◆ l = distance d'arrêt pour le véhicule non prioritaire V_{np}
- ◆ L = distance minimale de visibilité latérale nécessaire au véhicule non prioritaire V_{np} pour aborder le carrefour en toute sécurité.

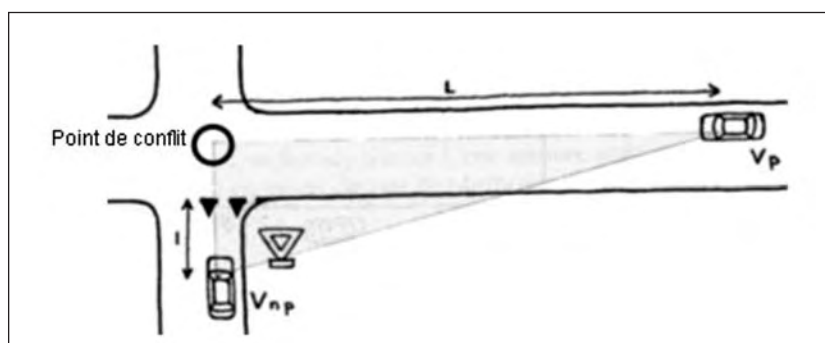
En tenant compte de la décélération du véhicule et en considérant l'automobiliste attentif, les dimensions du triangle de visibilité sont, selon les vitesses et le milieu :

Vitesse réglementaire	l – distance entre véhicule non prioritaire et le point de conflit	L – distance entre le point de conflit et le véhicule prioritaire
En milieu urbain		
30km/h	9 m	13 m
50 km/h autorisée avec une vitesse d'approche de 40 km/h	15 m	20 m
En milieu péri-urbain		
50 km/h	20 m	30 m

Dimensions du triangle de visibilité pour la priorité de droite (Source : Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

Céder-le-passage

Dans le cas d'un 'céder-le-passage', le triangle de visibilité est défini par rapport à la ligne d'arrêt.



Triangle de visibilité pour le 'céder-le-passage'
(Source : d'après le Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

Dans ce cas :

- ◆ l = distance entre l'automobiliste du véhicule non prioritaire V_{np} et la ligne de 'céder-le-passage' ;
- ◆ L = distance de visibilité latérale pour le véhicule non prioritaire V_{np} sur le véhicule prioritaire V_p , soit la distance nécessaire pour laisser au véhicule non prioritaire V_{np} le temps de passer le carrefour.

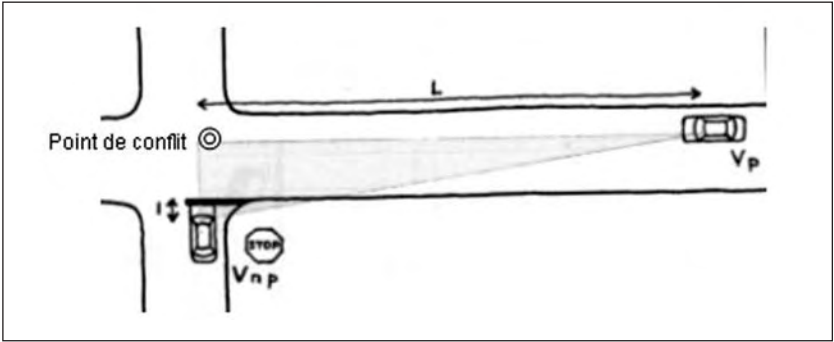
En tenant compte de la décélération du véhicule et en considérant l'automobiliste attentif, les dimensions du triangle de visibilité sont, selon les vitesses et le milieu :

Vitesse réglementaire	l – distance entre automobiliste du véhicule non prioritaire et la ligne de céder-le-passage	L – distance entre le point de conflit et l'automobiliste du véhicule prioritaire
30km/h	7 m	20 m
50 km/h	7 ou 10 m selon le milieu	45 m
50 km/h	10 m	70 m

Dimensions du triangle de visibilité pour le céder-le-passage (Source : Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

STOP

Dans le cas du STOP, le triangle de visibilité est légèrement différent.



Triangle de visibilité pour le Stop (Source : Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

Dans ce cas :

- ◆ l = distance entre l'automobiliste du véhicule non prioritaire V_{np} et la ligne d'arrêt, qui est généralement de 3 m ;
- ◆ L = distance de visibilité latérale pour le véhicule non prioritaire V_{np} sur le véhicule prioritaire V_p , soit la distance nécessaire pour laisser au véhicule non prioritaire V_{np} le temps de passer le carrefour. Elle est semblable à la distance L du 'céder-le-passage'.

Vitesse réglementaire	l – distance entre automobiliste du véhicule non prioritaire et la ligne de céder-le-passage	L – distance entre le point de conflit et l'automobiliste du véhicule prioritaire
30km/h	3 m	20 m
50 km/h	3 m	45 m
50 km/h	3 m	70 m

Dimensions du triangle de visibilité pour le Stop (Source : Certu, Guide des carrefours urbains, 1999)

8.4.3.4.2. Matériaux

A. CONCEPTION

Une telle gestion ne demande que de la peinture et des panneaux de signalisation.

Il peut également y avoir des îlots directionnels pour canaliser les mouvements.

Le tourne-à-gauche peut être une bande peinte au sol, dirigée par un îlot directionnel.

B. ENTRETIEN, RÉNOVATION

L'entretien et la rénovation de ces carrefours dépendent de l'aménagement du lieu.

Ils peuvent être inexistantes dans le cadre d'un croisement à priorité de droite sans mesures complémentaires. Ils peuvent se limiter à de la peinture et au remplacement des panneaux lorsque qu'il y a une signalisation verticale et au sol.

Ils peuvent être plus importants lorsque la gestion du carrefour est combinée à des avancées de trottoir, des îlots directionnels ou autres mesures améliorant la perception du carrefour et la sécurité de ses usagers.

Dans tous les cas, il est important d'assurer un entretien régulier et une rénovation du revêtement dès que des imperfections majeures sont constatées. Cela va dans le sens d'une meilleure qualité de l'environnement sonore.

8.4.3.5. Implantation et signalisation

8.4.3.5.1. Conditions d'implantation

La gestion des carrefours simples concerne essentiellement les croisements :

- ◆ dans le réseau interquartier;
- ◆ d'une voirie de quartier avec une voie interquartier;
- ◆ de voies interquartier;
- ◆ d'une voie interquartier avec une voirie plus importante.

Le croisement ne doit pas être trop proche d'une courbe, pour éviter des problèmes de visibilité.

Le choix de l'implantation de l'un ou l'autre type de carrefour simple (priorité de droite, céder-le-passage et STOP) doit se faire notamment en analysant correctement les flux de trafic, afin d'aller dans le sens d'une fluidité maximale et donc, d'un impact sonore minimum.

Priorité de droite

Ce régime de priorité est adapté aux voiries essentiellement locales. Les rues formant le croisement sont généralement d'importance égale, de dimensions modestes et exemptées de trafic de transit.

Pour ce type de gestion, le trafic total du carrefour est limité à 900 evp/h^{16xxiv}.

Céder-le-passage

Le 'céder-le-passage' s'applique généralement au croisement où une rue est plus importante, et dans certains cas, où les rues sont de même importance. Ce mode de gestion implique une hiérarchie entre les voiries.

Ce type de priorité, n'imposant pas l'arrêt complet du véhicule non prioritaire, est implanté sur des carrefours où la visibilité est suffisamment bonne.

Pour des croisements à angle droit, le trafic total du carrefour ne dépasse généralement pas les 1.200 evp/h.

¹⁶ Evp/h= équivalent véhicule par heure. C'est une unité convertissant tous les véhicules en voiture standard. 1 camion= 2 evp, 1 moto= 1/2 evp.

STOP

Le 'stop' se place aux croisements où des défauts de visibilité imposent l'arrêt total d'un véhicule pour des raisons de sécurité. Il s'applique donc aux carrefours 'sensibles'. En cas de réel manque de visibilité, il est accompagné de miroirs, permettant de voir le trafic arriver.

Ce type de gestion implique également une hiérarchisation des voiries.

8.4.3.5.2. Signalisations – Marquage

La signalisation et le marquage au sol varient en fonction du type de priorité. Lorsqu'un carrefour est dépourvu de signalisation, c'est la priorité de droite qui est applicable.

Conformément au code de la route^{xxv} et au code du gestionnaire, les signaux de priorité sont placés à droite de la chaussée. Ils peuvent également être répétés au-dessus ou à gauche de la chaussée.

Les dimensions des panneaux et les caractéristiques du marquage au sol sont définies dans le code du gestionnaire.

Comme pour tout aménagement de voirie, une bonne signalisation contribue à assurer une visibilité correcte du carrefour et d'éviter ainsi des comportements des conducteurs brusques et bruyants.

Priorité de droite

La priorité de droite est applicable lorsque aucune signalisation ne précise le mode de gestion du carrefour.

Cependant, une signalisation spécifique peut rappeler ce type de priorité, si nécessaire.

En effet, le panneau B17,



est placé à proximité du carrefour où la priorité de droite est applicable.

Communément appelé la croix de Saint-André, ce signal doit être placé dans certaines situations définies dans le code de la route.

Aucun marquage au sol ne complète la signalisation de la priorité de droite.

Céder-le-passage et STOP

Le signal B1



, céder-le-passage, est placé à l'endroit où les automobilistes doivent appliquer cette règle.

Le signal B5



impose de marquer l'arrêt et de céder le passage. Installé à proximité immédiate de l'endroit où les conducteurs doivent s'arrêter ou céder le passage, il n'est placé que si :

- ◆ le manque de visibilité des lieux nécessite l'arrêt des véhicules;
- ◆ Il remplace exceptionnellement des signaux lumineux sur les voies transversales lorsque ceux-ci :
 - sont placés pour protéger un passage pour piétons situé à l'approche d'un carrefour,
 - sont placés à hauteur d'un carrefour à proximité immédiate d'un autre carrefour qui est équipé de signaux lumineux du système tricolore.



En même temps, le signal B9

, voie prioritaire, ou le signal B15,



priorité de passage, doit être placé sur la voirie prioritaire, sauf si :

- ◆ la voie non prioritaire est un chemin ou un sentier;
- ◆ Il peut induire l'automobiliste prioritaire en erreur par rapport au régime de priorité du carrefour suivant;
- ◆ le 'céder-le-passage' ou le STOP ne concerne que les deux-roues;
- ◆ le 'céder-le-passage' ou le STOP se trouve à la sortie d'une zone résidentielle délimitée



Le signal B9, voie prioritaire et le signal B15, priorité de passage ne peuvent être placés simultanément. De plus, le B9 ne peut être placé que sur de longs itinéraires prioritaires. S'il commence immédiatement après un carrefour à priorité de droite, le signal B17, la croix de Saint-André, doit toujours être placé avant ce carrefour.

Le signal B1 ou le signal B5 doit être répété à gauche des voies à sens unique, s'il y a plusieurs files possibles. Le nombre de panneaux sera limité à deux pour le même débouché. Le rappel à gauche ne peut avoir lieu s'il y a une confusion possible avec une autre voirie, comme dans le cas de voies formant un angle trop aigu.

Pour le céder-le-passage, le marquage au sol est représenté par des petits triangles alignés marquant la fin de la voie non prioritaire et dont les dimensions sont précisées dans le code du gestionnaire.

Pour le STOP, La signalisation verticale est complétée par la ligne d'arrêt sur la voie non prioritaire repérant l'endroit où l'automobiliste doit marquer son arrêt et céder le passage. Définie dans le code du gestionnaire, cette ligne doit couvrir la largeur de toutes les bandes concernées par le 'STOP'.

8.4.3.6. Avantages et inconvénients

8.4.3.6.1. Avantages

Ce type de carrefours a l'avantage :

- ◆ d'éviter ou de limiter les frais de mise en place et de gestion;
- ◆ d'éviter ou de limiter l'entretien et la rénovation du carrefour;
- ◆ de réduire la vitesse pour les flux non prioritaires.

8.4.3.6.2. Inconvénients

Ce type de carrefours a les inconvénients de :

- ◆ favoriser la vitesse pour les flux prioritaires;
- ◆ ne pas impliquer de mesures prioritaires pour d'autres usagers.

8.4.3.7. Recommandations

8.4.3.7.1. Recommandations en matière de bruit

Il est évident que le critère bruit n'est pas le premier critère qui va orienter le gestionnaire de voirie pour faire le choix de tel ou tel type de gestion du carrefour. Les critères tels que la visibilité, la sécurité du trafic seront prépondérants. Une bonne visibilité permet au conducteur d'anticiper le carrefour et de ne pas modifier son comportement au dernier moment, ce qui peut être source de nuisance sonore.

La fluidification du trafic, comme on l'a vu plus haut, est également à favoriser d'un point de vue acoustique.

Les actions suivantes vont également dans le sens d'un environnement sonore plus sain :

- ◆ largeur des bandes réduite;
- ◆ rayon de courbure minimum;
- ◆ bande de présélection pour les tourne-à-gauche lorsque trafic important;
- ◆ entretien et rénovation du revêtement.

8.4.3.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

De manière générale, les carrefours simples doivent assurer visibilité et perception de jour comme de nuit.

En effet, tout élément perturbant le triangle de visibilité doit être évité : voitures en stationnement, mobilier urbain gênant, plantation mal implantée,...

D'autre part, le mode de gestion doit être bien perçu et le carrefour lisible dans son mode de fonctionnement. Les îlots directionnels peuvent orienter les flux et améliorer la lisibilité du carrefour. Ils ne doivent cependant pas être utilisés en surnombre, afin d'éviter toute complexité du carrefour qui nécessite alors une signalisation importante pour être éventuellement compris.

Pour des raisons de sécurité, les priorités de droite sont à appliquer essentiellement à des croisements entre voiries locales.

Lorsque la signalisation implique une hiérarchie des voiries, il est souhaitable que l'aménagement reflète également cette distinction.

Pour des raisons de respect des priorités, les trajectoires trop directes sont à éviter pour les flux non prioritaires. C'est le cas des carrefours Y, par exemple.

8.4.3.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

A. PIÉTONS

Les priorités de droite étant généralement réservées aux voiries locales, la fonction de séjour est prédominante. L'absence de traversée, dans ce cas, permet aux piétons de traverser au meilleur endroit sans effectuer de détour. La mise en évidence du carrefour et de la traversée piétonne peut être matérialisée par d'autres mesures.

Au carrefour géré par un 'céder-le-passage' ou un 'STOP', il n'est pas nécessaire de marquer la traversée piétonne si le trafic est limité. En effet, cela permet aux piétons de traverser :

- ◆ en ligne droite lorsqu'il n'y a pas de voiture;
- ◆ derrière le véhicule arrêté à la ligne d'arrêt.

Dans le cas où un passage marqué pour les piétons s'avère nécessaire, il est recommandé de le décaler d'environ 1,50 à 2 m de la ligne de céder-le-passage ou du 'STOP'. Cette distance dépend notamment de la largeur des trottoirs. La présence de stationnement longitudinal sur la voirie principale et l'élargissement du trottoir permettent d'offrir aux piétons une traversée dans leur axe tout en étant décalée par rapport aux flux dominants.

Dans le cas de longues traversées, les avancées de trottoir et les refuges améliorent la sécurité des piétons.

Le RRU préconise toutes les traversées piétonnes dans le prolongement du cheminement libre des voies de circulation piétonne, de manière à leur éviter l'imposition d'un détour.

B. DEUX-ROUES

Les pistes cyclables n'étant généralement pas nécessaires sur des voiries locales, les dispositions à prendre pour les deux-roues concernent essentiellement les voiries principales.

Assurer la visibilité des deux-roues est primordial. La fin du stationnement suffisamment en amont (10 mètres) est une première mesure. Marquer la présence du cycliste dans le carrefour en est une autre. En effet, :

- ◆ la bande suggérée peut être marquée au niveau du croisement;



Bande suggérée au niveau d'un céder-le-passage

- ◆ la piste cyclable peut rester surélevée au niveau de la traversée de la voie secondaire. Bien adaptée aux voiries de faible trafic, cette solution agit également sur les vitesses des véhicules effectuant une manœuvre.

C. TRANSPORT EN COMMUN

Toute mesure impliquant une réduction de vitesse ampute inévitablement la vitesse commerciale du transport en commun, si importante à son bon développement.

Dans la mesure du possible, il est à éviter de choisir des modes de gestion des carrefours engendrant des pertes de priorités pour les véhicules de transport en commun.

D. POIDS-LOURDS

Il faut tenir compte du temps nécessaire au lancement d'un camion dans le carrefour. Sa lenteur ne doit pas créer de surprise trop tardive.

E. VÉHICULES D'URGENCE

Le rayon de braquage des véhicules d'urgence est de :

- ◆ 11 m pour l'intérieur;
- ◆ 15 m pour l'extérieur.

8.4.4. Les carrefours à feux

Les carrefours peuvent être complétés de feux de signalisation, qui précisent le moment et le temps pendant lesquels les voitures peuvent pénétrer dans le carrefour.

8.4.4.1. But

Les principaux objectifs d'un carrefour réglé par des feux de signalisation sont de :

- ◆ gérer et réguler les flux;
- ◆ contrôler la circulation et réduire le nombre de points de conflit;
- ◆ résoudre les problèmes de visibilité;
- ◆ influencer les vitesses;
- ◆ sécuriser les traversées piétonnes.

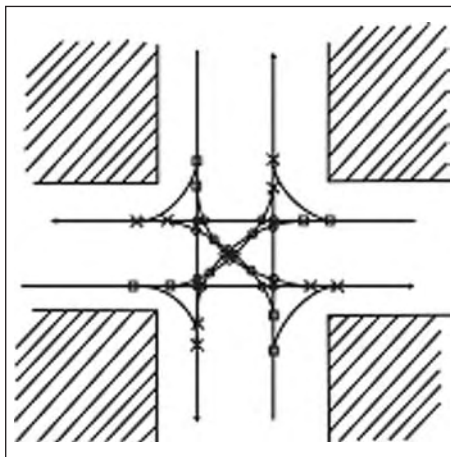
La mise en place de feux de signalisation permet de résoudre les conflits entre les différents usagers, notamment quand la circulation est dense et le nombre de mouvements important.

8.4.4.2. Principe

Les feux de signalisation sont généralement placés à un carrefour lorsqu'une gestion sans feux ne permet pas l'écoulement régulier de tous les flux et en toute sécurité.

En effet, les feux séparent dans le temps la majorité des mouvements conflictuels, les flux étant canalisés et ne pouvant pénétrer qu'un temps limité dans le carrefour. Le nombre de points de conflit est dès lors fortement réduit.

Sans gestion particulière, le nombre de points de conflit est effectivement élevé et de 3 types différents.

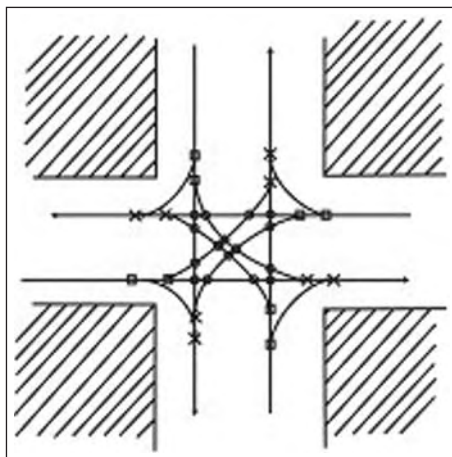


Points de conflit dans le cadre d'un carrefour à 4 branches sans feux et avec priorité de droite

Au total de 36 points, les conflits sont de différents types :

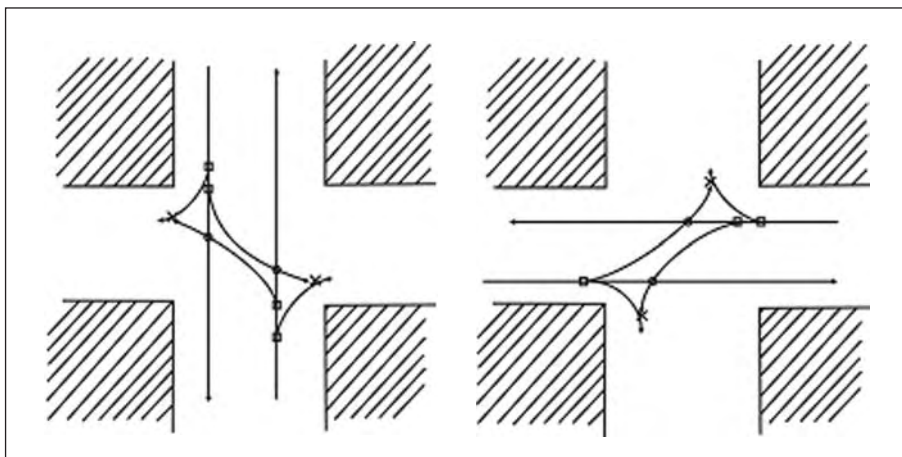
- ◆ 0 : 20 points de conflit de croisement, les plus problématiques et les plus dangereux,
- ◆ □ : 8 points de conflit de divergence, peu problématiques,
- ◆ × : 8 points de conflit de convergence.

La géométrie du carrefour avec tournants "à l'indonésienne" (les tourne-à-gauche s'effectuent sans se croiser) permet de diminuer le nombre de points de conflit, les conflits de croisement étant réduits à 16. Cependant, un manque de visibilité des véhicules en attente pour tourner à gauche peut entraîner des problèmes de sécurité.



Points de conflit dans un carrefour
'à l'indonésienne' sans feux

La mise en place d'une signalisation lumineuse permet de scinder l'ensemble de ces mouvements en deux phases. Chaque phase permettant le passage de certains mouvements.



Gestion du carrefour à feux en deux phases

Le nombre de points de conflit est alors réduit à :

- ◆ 2 pour les conflits de croisement;
- ◆ 4 pour les conflits de divergence;
- ◆ 2 pour les conflits de convergence.

A ceux-là, il faut, bien entendu, ajouter les flux piétons.

Le nombre de branches et la quantité de mouvements possibles influencent directement le nombre et le type de conflits d'un carrefour, déterminant alors sa complexité.

La géométrie du carrefour et les phasages des feux sont adaptés en fonction du type et du nombre de mouvements. Le phasage des feux est également fonction de la géométrie du carrefour.

La capacité d'un carrefour peut aller jusqu'à 1.000 evp/heure par bande sur une voie prioritaire¹⁷.

¹⁷ Source : Certu, guide des carrefours urbains

8.4.4.3. Impact sonore

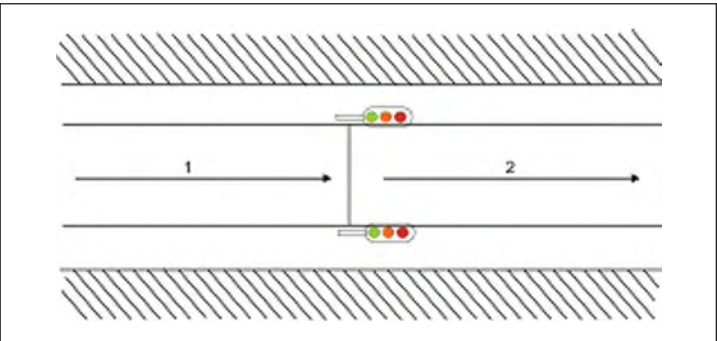
Un carrefour à feux engendre le plus souvent des écoulements de type pulsé décéléré et accéléré. Comme vu plus haut, l'écoulement pulsé décéléré est à l'origine de bruit du même ordre de grandeur qu'un bruit de type continu (voire inférieure à vitesse supérieure à 45 km/h) et l'écoulement pulsé accéléré engendre quant à lui plus de bruit (3 dB[A] en plus par rapport à un écoulement fluide continu).

L'impact sonore du carrefour aux alentours de ce dernier est fonction des conditions de trafic (intensité, vitesse, etc.) mais également des phases de feu. L'exemple simple ci-dessous, issu du Guide du Bruit des Transports Terrestres, illustre l'importance des phases de feu.

Soit le cas simple suivant :

une voie de circulation à sens unique munie d'un feu rouge, écoulant un débit de 200 véhicules légers/h, à une vitesse de 50 km/h (vitesse avant décélération en amont du feu et vitesse après accélération en aval du feu).

Considérons les deux cas de figure suivants :



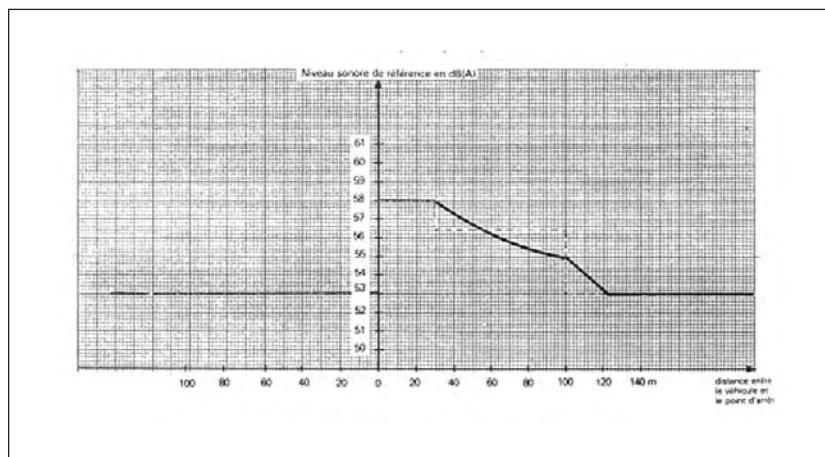
Cas n°1 : "sur une période donnée, le feu rouge provoque l'arrêt de la moitié des véhicules et l'autre moitié des véhicules passe le feu sans arrêt, à la phase verte"

Cas n°2 : "pour la même période que le cas n°1, tous les véhicules sont arrêtés ou ralentis par la phase rouge ou bien par la file d'attente consécutive"

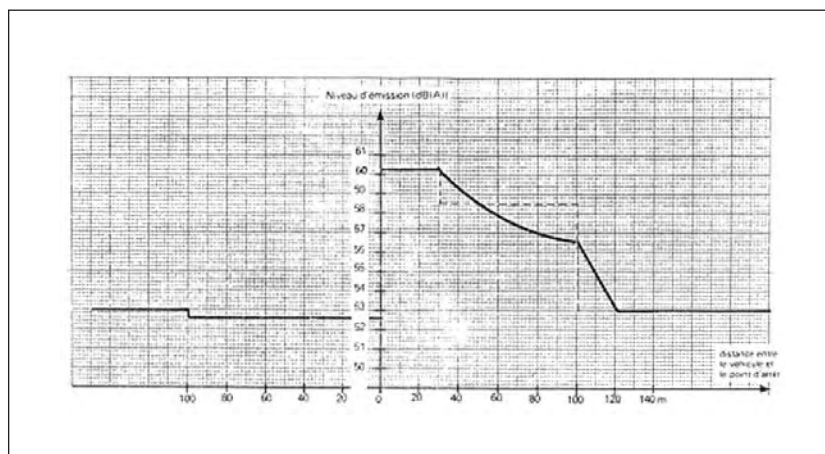
Cycle du feu	cas n°1	cas n°2
Phase verte	40 sec	20 sec
Phase orange	5 sec	5 sec
Phase rouge	20 sec	40 sec

Dans le premier cas, la moitié des véhicules sont soumis au régime pulsé (pulsé décéléré sur le tronçon a et pulsé accéléré sur le tronçon b tandis que l'autre moitié suit un régime fluide continu (sur les deux tronçons). Dans le cas N°2, tous les véhicules sont soumis au régime pulsé.

Dans ces conditions, les résultats exprimés en fonction de la distance au feu, sont les suivants :



1^{er} cas - niveau d'émission sonore du trafic de 100 véhicules légers /h, vitesse de 50 km/h, phase de feu : 40 sec vert, 5 sec orange, 20 sec rouge (source : CERTU)



1^{er} cas - niveau d'émission sonore du trafic de 100 véhicules légers /h, vitesse de 50 km/h, phase de feu : 40 sec vert, 5 sec orange, 20 sec rouge (source : CERTU)

Selon les calculs, les émissions sonores sont quasi similaires dans les deux cas en amont du feu. Par contre, en aval, les émissions relatives à la phase de feu avec plus longue durée accordée au vert sont inférieures de l'ordre de 2 dB[A]. Ceci s'explique par le trafic fluide continu s'exerçant en partie dans la voirie.

La littérature est peu étoffée en matière d'influence sonore des carrefours à feu. Signalons à titre d'exemple, une étude américaine qui, en effectuant notamment des mesures sur site avant et après installation de feux de signalisation à un carrefour, a tenté d'évaluer l'influence acoustique de tels aménagements. Les résultats (voir figure ci-dessous) montrent une légère augmentation, non significative, des niveaux sonores suite à l'aménagement. Il ne faut cependant pas conclure trop vite que l'installation de feux de signalisation n'est pas gênante. En effet, rappelons qu'en engendrant une circulation pulsée accélérée/décélérée, et donc un bruit à forte variabilité, les feux de signalisation peuvent constituer une gêne significative.

TABLE 5
CHANGE IN NOISE LEVEL AFTER INSTALLATION OF A TRAFFIC SIGNAL

INTERSECTION NUMBER	AVERAGE L_{10} NOISE LEVEL		AVERAGE L_{eq} NOISE LEVEL	
	BEFORE	AFTER	BEFORE	AFTER
14 ^a	81.5	80.9	76.5	77.8
15 ^b	76.5	77.3	72.8	73.1

^aData were taken from 100 feet (30.5 m)
to 2,500 feet (762 m) from the signal.

^bData were taken from 50 feet (15.2 m)
to 2,000 feet (610 m) from the signal.

Changement des niveaux sonores après installation de feux de signalisation

L'onde verte (synchronisation des feux de manière à ce que le flux de véhicules se déplace à une vitesse uniforme), évoquée dans la suite, va généralement dans le sens d'une meilleure qualité sonore de l'environnement. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que l'onde verte permet le passage de plus de voitures sur une période donnée et peut de ce fait, être la cause d'une légère augmentation des niveaux sonores pendant cette période.

8.4.4.4. Caractéristiques techniques

Le carrefour à feux est caractérisé par sa géométrie et son phasage. Ils sont définis suite à une analyse des flux et des mouvements, dont les mouvements de tourne-à-gauche (mouvements non prioritaires).



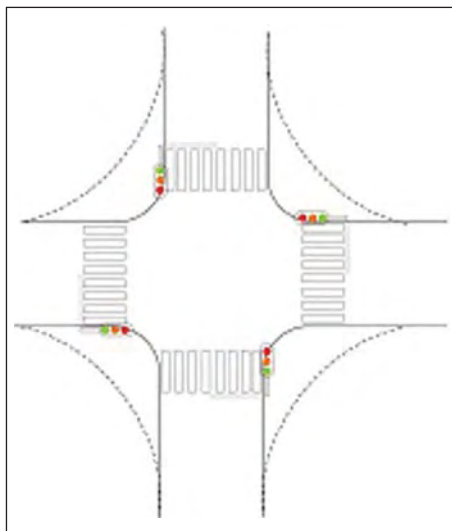
Carrefour à feux à Woluwé-Saint-Lambert

Des conditions de réalisation des carrefours à feux sont décrites dans le code de la route et le code du gestionnaire.

8.4.4.4.1. Géométrie

Le carrefour doit être géométriquement adapté pour être géré par une signalisation lumineuse. En effet, la géométrie du carrefour a toute son importance dans le bon fonctionnement du carrefour, la zone des conflits devant être la plus réduite possible.

Il est évident qu'une géométrie allant dans le sens d'une minimisation de la largeur des bandes de circulation et du rayon de giration aura un impact bénéfique en terme de bruit. Elle doit cependant tenir compte des contraintes liées aux mouvements.



Géométrie d'un carrefour à feux

La géométrie du carrefour doit tenir compte :

- ◆ du rayon de giration des véhicules les plus contraignants. Il s'agit de choisir le rayon de giration le plus faible pour :
 - réduire la zone de conflit,
 - influencer les vitesses des véhicules tournant et améliorer la sécurité des piétons,
 - diminuer les longueurs des traversées piétonnes
- ◆ de la largeur des voies. En milieu urbain, la largeur habituelle est de 3 m pour la zone carrossable d'une voirie locale. Elle peut varier selon les types de flux.
 - jusqu'à 3,50 m, en cas de trafic important de transport en commun et poids-lourds,
 - de 2,50 à 3 m, en fonction des conditions locales, s'il y a plusieurs voies et pour les bandes de tourne-à-gauche,
 - inférieure à 2,50m dans des cas tout à fait exceptionnel,
 - la largeur libre (au dessus de la bordure de trottoir) doit être de 4 m pour les véhicules d'urgence.
- ◆ de l'affectation des voies, si nécessaire. L'affectation des voies est essentielle si des directions font l'objet de phasage spécifique. Elle est influencée par les flux et les mouvements, à toute heure de la journée. L'affectation des voies doit être logique et lisible.
- ◆ de la possibilité de rabattement en sortie de carrefour, quand le nombre de bandes est diminué après le carrefour. En milieu urbain, le rabattement s'effectue sur une distance de 25 mètres, zone de conflit comprise.
- ◆ de la longueur des voies de présélection (va-tout-droit, tourne-à-droite, tourne-à-gauche), variant en fonction du nombre de véhicules se présentant à chaque cycle, comprenant toutes les phases de feux. Pour une voie, ce nombre (g) est égal au débit en evp/h de l'heure la plus chargée pour le mouvement concerné divisé par le nombre de cycles par heure. La longueur moyenne d'un véhicule étant de 5 m, la longueur de la voie de présélection répond à la formule :

$$\text{Longueur de la bande présélection en m} \geq 5 (g + 1,7 \sqrt{g})$$

Le nombre de bandes et le type de bandes de présélection peuvent être déterminés selon l'écoulement souhaité et les mouvements privilégiés. L'intégration d'une bande de tourne-à-gauche peut s'avérer nécessaire, sa gestion pouvant être liée au phasage.

4.4.4.2. Phasage des feux

On a vu plus haut combien le phasage des feux pouvait influencer le bruit dans les artères à proximité des carrefours. Il est donc intéressant de développer ce concept.

Le phasage des feux détermine l'ordre et les temps d'ouverture de chaque voie. Deux phases représentent le schéma le plus simple, une phase étant le temps accordé à certains flux. Le phasage se complexi-

fié avec le nombre de branches et la quantité de mouvements à dissocier, intégrant par exemple la problématique des tourne-à-gauche. Le fonctionnement le plus simple possible avec un nombre minimum de phases permet d'assurer une compréhension aisée de la part des automobilistes.

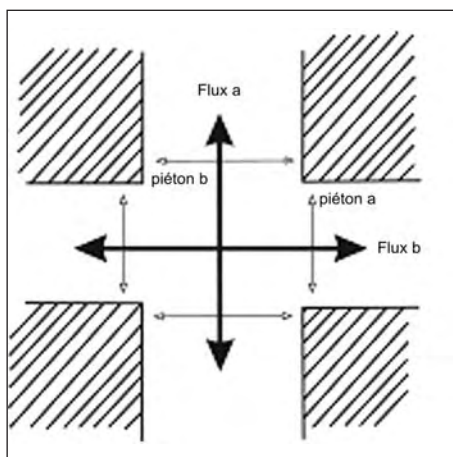
De plus, le nombre réduit de phases évite des pertes de temps liées :

- ◆ au démarrage, variant selon le temps de réaction des automobilistes et la longueur de la file (influence des temps d'accélération des véhicules de la file). Il est compté 2 secondes en moyenne par véhicule.
- ◆ à l'orange. La durée d'orange est fixée à 3 secondes si elle est consécutive à un feu vert. Elle est augmentée à 5 secondes si elle suit un feu orange clignotant.
- ◆ à la longueur du rouge intégrale nécessaire pour l'évacuation du carrefour de tous les véhicules. Le rouge intégral se calcule au cas par cas en temps compte des vitesses adoptées par chaque mode de transport (piéton, cycliste, tram ou véhicule) et des distances relatives aux points de conflits.

Pendant ces temps, le débit du carrefour est nul. Le carrefour à deux phases est donc le plus optimal. Dès 3 phases, les temps perdus augmentent.

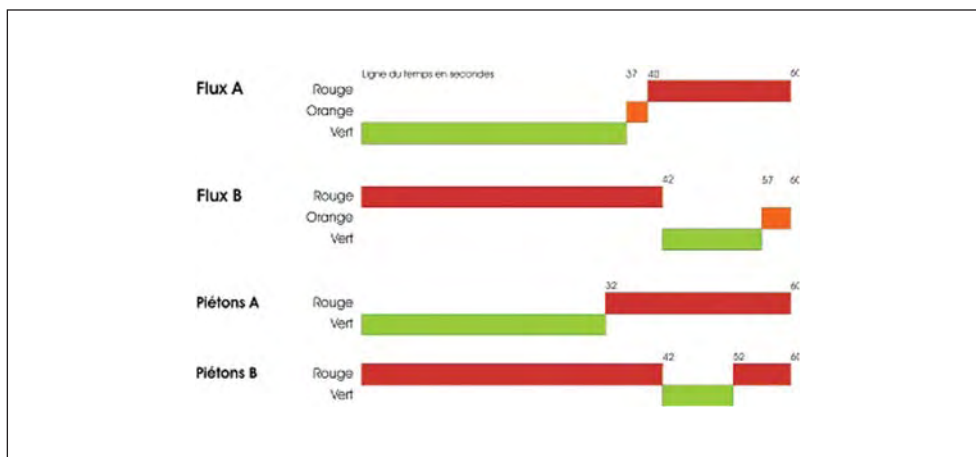
Un cycle classique varie entre 60 et 120 secondes. La longueur du cycle augmente la capacité du carrefour.

A titre d'exemple, le phasage d'un carrefour dont les flux 'A' sont plus importants que les flux 'B' propose 2 phases.



Phasage d'un carrefour type

La phase A laisse passer le flux A de voitures et les piétons a. Puis la phase B fait circuler les flux B et les piétons b.



Exemple de phasage pour un cycle de 60 secondes

Le flux 'A' a donc un vert de 37 secondes, suivi d'un orange de 3 secondes, pendant que les piétons 'a' ont 32 secondes pour traverser avec une sécurité de 10 secondes pour évacuer le passage.

Ensuite, un rouge intégral de 2 secondes est observé pour permettre l'évacuation complète du carrefour. Le flux 'B' peut alors passer pendant 15 secondes, suivies de 3 secondes d'orange. Les piétons 'b' peuvent aussi traverser pendant 10 secondes, avec un temps de 8 secondes supplémentaires pour quitter la voirie¹⁸. Les cyclistes peuvent également être intégrés dans le phasage.

Une phase spéciale pour les tourne-à-gauche peut être intégrée, si la géométrie du carrefour prévoit une bande de présélection pour ces mouvements. Elle est à choisir en fonction des possibilités de tourner à gauche :

- ◆ passage des voitures selon les opportunités laissées à travers les flux prioritaires (dans l'autre sens);
- ◆ passage pendant le rouge intégral;
- ◆ phase spécifique pour le tourne-à-gauche qui influence alors la gestion du carrefour.

La gestion des tourne-à-gauche dépend également des flux¹⁹ :

- ◆ < 150 evp²⁰/h – le tourne-à-gauche ne devrait pas poser de problème;
- ◆ > 150 evp/h et $\leq$ 250 evp/h – analyse approfondie de la situation, un léger décalage du rouge peut s'avérer suffisant;
- ◆ > 250 evp/h – un traitement spécifique des tourne-à-gauche doit être envisagé pour éviter des congestions.

Le phasage peut être variable dans le temps. En effet, des phases différentes sont possibles en fonction des tranches horaires.

D'autre part, les phases peuvent varier en fonction des débits du moment. Il est, en effet, possible de placer des détecteurs, à proximité des feux, qui influencent le cycle des feux en fonction des flux constatés sur le terrain. Une telle mesure permet une certaine souplesse.

De même, dans le cas d'un carrefour où un flux est particulièrement faible, la présence de détecteurs permettent de déclencher la phase pour les flux plus rares lorsqu'un véhicule se présente aux feux.

De manière générale, le phasage doit prendre en compte tous les usagers de la voirie. Il peut également y avoir des phases spécifiques pour les véhicules prioritaires, les transports en commun, ... Des détecteurs déclenchent alors ces phases particulières.

Si plusieurs carrefours à feux se succèdent, ils peuvent être gérés les uns par rapport aux autres. En effet, le temps de vert peut, par exemple, être réglé à chaque carrefour de manière à permettre le passage des véhicules sans arrêt et à une vitesse donnée. C'est ce qui s'appelle alors l'onde verte. Elle met en évidence un flux principal sur une longue distance, en améliorant sa fluidité et son débit.

8.4.4.4.3. Matériaux

A. CONCEPTION

La géométrie du carrefour doit être adaptée, si nécessaire, à son mode de gestion. La superficie laissée aux véhicules et les rayons de courbure sont généralement délimités par les trottoirs. Le phasage est matérialisé par des feux lumineux.

B. ENTRETIEN, RÉNOVATION

Au niveau de l'entretien, ce type de carrefour implique le changement des ampoules et l'entretien de la peinture du marquage au sol. Il est important également que le revêtement de chaussée soit en bon état.

¹⁸ Voir la publication de L'Institut Belge pour la Sécurité Routière, traversées piétonnes, recommandations pour une infrastructure favorable aux piétons, mars 1999.

¹⁹ Source : Certu : guide des carrefours urbains, France, 1999

²⁰ Evp/h= équivalent véhicule particulier par heure, correspondant à un nombre de voiture "classique"

Lorsqu'un feu est défectueux, tous les feux s'éteignent ou deviennent 'orange clignotant'. Dans ce cas, si aucune signalisation ne spécifie le mode de gestion à adopter, c'est la priorité de droite qui devient de rigueur. En cas de panne de feux, une personne spécialisée doit venir rétablir la signalisation lumineuse.

8.4.4.5. Implantation et signalisation

8.4.4.5.1. Conditions d'implantation

Selon le code du gestionnaire^{xxvii}, les signaux lumineux de circulation ne peuvent être placés que si le volume de la circulation des véhicules et (ou) des piétons, le genre et le nombre d'accidents survenus, la visibilité, la vitesse des véhicules, la difficulté de la traversée de la chaussée en raison de la circulation, la disposition des lieux ou les conditions de trafic le justifient.

Si le volume de trafic est le critère d'implantation, la densité de circulation doit être suffisamment élevée (10.000 véhicules/jour).

Au niveau des accidents, rentrent en ligne de compte les conflits entre :

- ◆ véhicules venant de directions qui se coupent;
- ◆ véhicules et piétons venant de directions qui se coupent;
- ◆ véhicules poursuivant leur direction et les tourne-à-gauche.

La gestion d'un carrefour par feux de signalisation, impliquant peu d'emprise, s'adapte aisément à tout un carrefour orthogonal classique, notamment rencontré en milieu urbain.

Le nombre de voies, par sens, permet d'augmenter la capacité du carrefour, variante cependant limitée par l'emprise possible, souvent étroite en milieu urbain. En effet, un ordre de grandeur de la capacité d'une bande est de 1.800 evp²¹/ heure de vert/voie, ce qui donne environ 1.000 evp/heure/voie prioritaire.

Il faut idéalement la limiter gestion par feux de signalisation aux carrefours à 4 branches.

8.4.4.5.2. Signalisation – Marquage

Selon les impositions du code de la route, les feux de signalisation sont placés à droite de la chaussée, ils peuvent être répétés à gauche ou au dessus si la situation le justifie. Cependant, le 'manuel des espaces publics en Région bruxelloise' préconise un nombre limité au minimum de poteaux de signalisation.

Les signaux lumineux sont légiférés par le règlement général sur la police de la circulation routière et par le code du gestionnaire. Les codes et les dimensions sont spécifiques pour piétons, cyclistes,...

Au niveau du marquage au sol, une ligne d'arrêt détermine l'endroit où le véhicule doit être stoppé en cas de feu rouge. A défaut de marquage au sol, les véhicules doivent prendre en compte le signal.

Les dimensions de la ligne d'arrêt et des flèches de sélection sont définies, selon la vitesse autorisée, dans le "code du gestionnaire".

Comme pour tout aménagement de voirie, une bonne signalisation contribue à assurer une visibilité correcte du carrefour et d'éviter ainsi des comportements des conducteurs brusques et bruyants.

8.4.4.6. Avantages et inconvénients

8.4.4.6.1. Avantages

En matière d'avantages, le carrefour à feux :

- ◆ gère les flux, avec des possibilités de varier dans le temps;
- ◆ réduit le nombre de points de conflit et donc les accidents et leur gravité;
- ◆ ne nécessite pas beaucoup d'espace;

²¹ Evp= équivalent véhicule particulier

- ◆ permet les traversées piétonnes et peut favoriser les piétons;
- ◆ peut favoriser les autres usagers, tels le transport en commun;
- ◆ peut influencer les mouvements si volonté de dissuader une direction;
- ◆ peut contrôler des remontées de files, si des détecteurs sont installés;
- ◆ permet d'instaurer une onde verte, influençant la vitesse des véhicules entre plusieurs carrefours.

8.4.4.6.2. Inconvénients

Au niveau de ses inconvénients, le carrefour à feux :

- ◆ ne diminue pas la vitesse dans le sens vert, car il n'a pas de maîtrise sur la vitesse d'approche qui dépend de la phase;
- ◆ n'est pas adapté à toute situation et peut ne pas correspondre à la réalité des flux, conséquences limitées sauf dans le cas détecteur de flux;
- ◆ ne limite pas les collisions par l'arrière toujours possibles et pouvant être plus conséquentes;
- ◆ augmente la gravité des accidents quand les feux ne sont pas respectés.

8.4.4.7. Recommandations de bon usage et pour tous les usagers de la voirie

8.4.4.7.1. Recommandations en matière de bruit

Les recommandations émises dans le cas des carrefours simples sont toujours de mise dans le cas des carrefours à feux, à savoir :

- ◆ au maximum et dans la mesure du possible, régime fluide (création d'ondes vertes);
- ◆ bonne visibilité;
- ◆ largeur des bandes réduite;
- ◆ rayon de courbure minimum;
- ◆ bande de présélection pour les tourne-à-gauche lorsque trafic important;
- ◆ entretien et rénovation du revêtement.

8.4.4.7.2. Recommandations de bon usage

La géométrie du carrefour et le phasage des feux de signalisation doivent être simples et lisibles, afin d'assurer une bonne compréhension de l'automobiliste. Les tournants à 'l'indonésienne' diminuant le nombre de points de conflit, doivent être également bien compris de l'automobiliste. Le carrefour à 4 branches et deux phases est le plus simple.

Malgré les caractéristiques routières influençant la géométrie du carrefour (nombre de bandes, bande de présélection imposant une surlargeur de la chaussée à l'approche du croisement,...), l'aménagement du croisement ne doit pas dénaturer l'espace et rester adapté au cadre bâti environnant.

Influenciant les mouvements, le phasage peut être utilisé pour encourager ou dissuader certains trajets. D'autre part, pour plusieurs carrefours à feux successifs, la création d'une onde verte peut influencer la vitesse et encourager le 50 km/h, par exemple. La mise en œuvre d'une onde verte n'est pas possible dans les deux sens de circulation, il faut donc choisir le sens dans lequel le plus grand nombre de véhicule doit être écoulé. Par ses avantages, l'onde verte constitue un "aspirateur à voitures", augmentant l'intensité de trafic et influençant également l'environnement sonore.

L'analyse d'un carrefour ne se limitera pas aux heures de pointes, notamment pour le choix du phasage qui peut cependant être variable et pour l'affectation des voies.

8.4.4.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

A. PIÉTONS

La vitesse moyenne théorique d'un piéton étant de 1,5 m/sec, le temps de traversée accordé aux piétons doit être suffisant pour leur permettre de franchir à l'aise la voirie en un temps, dans la mesure du possible. Dans la pratique, il faut compter 1,2 m/sec pour l'allure du piéton.

Le temps d'engagement, soit le vert piéton est de minimum 6 secondes. Le temps de dégagement (entre le passage au rouge et le moment où le feu pour autos devient vert) se calcule sur base de 1 m /seconde. Près des lieux où les personnes sont susceptibles d'être plus lentes, comme aux abords d'écoles, des hôpitaux, le temps de dégagement se calcule sur base de 0,80 m/seconde en théorie et 1 m/seconde en pratique.

Le temps d'attente pour le feu vert est de maximum 60 secondes sur voies de desserte, et jusqu'à 90 secondes sur une voirie fort importante. Il ne faut, en effet, pas que le piéton s'impatiente et prenne des risques pour traverser au rouge.

Si la traversée ne peut se faire en un seul temps, il faut prévoir un îlot pour le refuge du piéton. Il doit être large de minimum 1,50 m. Sa dimension doit être adaptée en fonction de l'importance des flux piétons. Une telle mesure est rassurante pour les voiries où le nombre de voies est important (4 voies).

La localisation du passage piéton n'est, si possible, pas :

- ◆ trop proche du carrefour, car les voitures ne peuvent dégager le carrefour et ont tendance à passer sans laisser la priorité aux piétons,
- ◆ trop éloigné, car il impose alors un détour au piéton.

Le RRU de la Région bruxelloise impose, au travers de l'article 6 du titre 7 que *toute traversée piétonne est établie dans le prolongement du cheminement libre des voies de circulation piétonne. De plus, lorsque la chaussée comporte une zone permanente de stationnement adjacente au trottoir, celui-ci est élargi au droit des traversées piétonnes.*

Le manuel des espaces publics bruxellois préconise également les traversées piétonnes dans le prolongement des cheminements. Les trottoirs larges répondent à ces différentes contraintes.

B. DEUX-ROUES

Il faut que le cycliste soit vu et pris en compte dans la gestion du carrefour par :

- ◆ bande colorée;



Bande colorée pour cycliste - Auderghem

- ◆ bande réservée au changement de direction des cyclistes;
- ◆ disposition pour les tourne-à-gauche pour les deux roues : bande cyclable, sas, traversée indirecte en passant par l'autre voie, ...;
- ◆ avancées pour cyclistes pour qu'ils démarrent les premiers.



Bande colorée pour cycliste - Auderghem

Le Règlement Régional d'Urbanisme de la Région de Bruxelles-Capitale spécifie, via son article 10, que des zones avancées pour les cyclistes sont à généraliser pour les carrefours à feux du réseau régional et du réseau interquartier dont les voiries sont divisées en plusieurs bandes de circulation.

Les cyclistes peuvent aussi être intégrés dans le phasage et avoir un temps de traversée spécifique.

C. TRANSPORT EN COMMUN

La géométrie du carrefour et une phase spécifique peuvent intégrer les véhicules des transports en commun de manière prioritaire.

Différents types de priorité peuvent, en effet, être accordés aux transports en commun :

- ◆ Vert en avance sur bande spéciale;
- ◆ Détection aux feux de la présence de transport en commun;
- ◆ Détection en amont du transport en commun pour qu'il ait priorité absolue au moment de son passage.

Au niveau des arrêts, le choix de leur localisation, avant ou après le carrefour, est à définir selon la typologie des lieux. Si l'arrêt est situé avant le carrefour, le transport en commun peut difficilement être pris en compte dans la régulation des feux. S'il se trouve après le passage du carrefour, il faut s'assurer de la lisibilité des lieux, cette situation étant généralement préférable.

Dissociée de la signalisation du code de la route, la signalisation lumineuse pour les 'services réguliers de transport en commun' est différente, soit pour les bus et trams en site propre.

D. POIDS-LOURDS

Les poids-lourds sont à prendre en compte dans la géométrie du carrefour. En effet, leurs rayons de courbures sont contraignants. Ils dépendent du type de poids-lourds qui est attendu. Par exemple pour les transports exceptionnels, le rayon de braquage extérieur commence à 22,5 mètres²².

E. VÉHICULES D'URGENCE

Les véhicules d'urgence influencent également la géométrie du carrefour, essentiellement au niveau des rayons de courbures. Le rayon de braquage des véhicules de pompiers est de 11 m à l'intérieur de la giration et de 15 m à l'extérieur du mouvement.

²² Voir la brochure 'les aménagements de voiries et le transport exceptionnel' du Ministère des Communications et de l'Infrastructure de de l'Institut Belge pour la Sécurité Routière, 2000

8.4.5. Les ronds-points

Un carrefour peut également être géré par un rond-point, autour duquel les automobilistes tournent pour atteindre la voirie qui les intéresse. Il est également appelé carrefour giratoire.

Le code de la route définit, depuis peu, le terme rond-point comme une voirie où la circulation s'effectue en un seul sens autour d'un dispositif central matérialisé, signalé par des signaux



D5

et dont les voies d'accès sont pourvues des signaux B1



ou B5



8.4.5.1. But

Les objectifs principaux du rond-point sont de gérer un carrefour de manière à fluidifier les flux de circulation tout en améliorant la sécurité du croisement, par une diminution des vitesses de circulation et une réduction du nombre de points de conflits.

Il peut avoir d'autres objectifs comme :

- ◆ accroître la capacité du carrefour et réduire les temps d'attente;
- ◆ simplifier le croisement;
- ◆ faciliter certains mouvements tels le demi-tour et les tourne-à-gauche;
- ◆ marquer un lieu, une transition;
- ◆ créer un effet de porte, ...

En réduisant les vitesses, fluidifiant les flux et influençant les comportements, le rond-point peut contribuer à réduire le niveau acoustique.

8.4.5.2. Principe

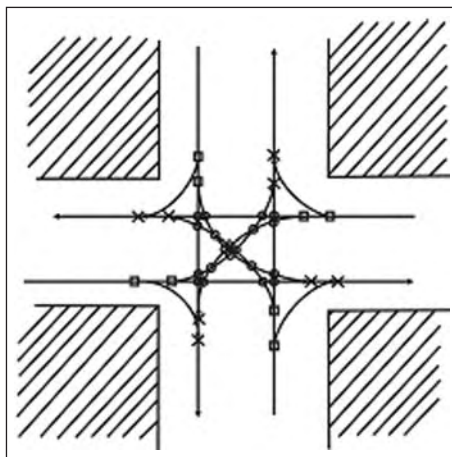
Pour un carrefour de plusieurs rues, le rond-point canalise les flux de circulation pour les mener à circuler tous dans le même sens, sur l'anneau autour d'un îlot central. Il impose une modification de la trajectoire des véhicules, en créant une rupture visuelle et physique de la voirie et de la perspective.

Simplifiant le carrefour, le choix d'un rond-point s'établit sur base de critères :

- ◆ de sécurité;
- ◆ du fonctionnement;
- ◆ de flux;
- ◆ de l'emprise et la typologie des lieux.

Les flux entrants s'intègrent dans le carrefour giratoire et les flux sortant le quittent sans poser de problème. En effet, le rond-point modifie le nombre et le type de conflits.

Pour rappel, un carrefour à 4 branches sans mode de gestion particulier implique un nombre élevé de points de conflit.



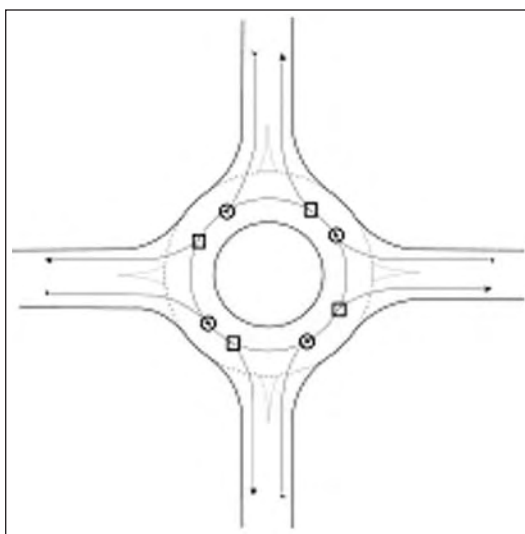
Carrefour à 4 branches

Au total de 36 points, les conflits sont de différents types :

- ◆ O : 20 points de conflit de croisement, les plus problématiques et les plus dangereux,
- ◆ □ : 8 points de conflit de divergence, peu problématiques,
- ◆ X : 8 points de conflit de convergence.

La mise en place d'un rond-point permet d'annuler les conflits de croisement et de réduire les deux autres types à :

- ◆ 4 pour les conflits de convergence;
- ◆ 4 pour les conflits de divergence.



Carrefour géré par un rond-point

Suivant le code de la route, les ronds-points, signalisés comme tels, impliquent une priorité aux véhicules circulant à l'anneau. Les véhicules ont donc la priorité pour le quitter sur ceux qui désirent y entrer. Cette règle permet, d'une part, de réduire les risques d'accidents, car elle accentue le ralentissement de la vitesse et réduit les conflits et, d'autre part, d'engorger le rond-point s'il est déjà fort occupé, ce qui évite le blocage du trafic à l'anneau.

L'îlot, au centre du carrefour, peut être, selon les contraintes :

- ◆ franchissable;
- ◆ semi-franchissable;
- ◆ infranchissable.

8.4.5.3. Impact sonore

L'impact sonore d'un rond-point est difficile à évaluer d'une manière générale puisque dépendant de nombreux facteurs (nombre de voies d'accès, largeur des bandes et rayon giratoire, intensité de trafic, écoulement du trafic, vitesses, etc.). Une analyse au cas par cas doit être effectuée.

D'une manière générale, le rond-point, de par sa conception, a une bonne efficacité en terme de réduction de vitesse à son approche et surtout cette réduction de vitesse s'applique à toutes les branches, contrairement par exemple à un carrefour à feu. L'efficacité en terme de réduction du bruit global est donc meilleure.

Le rond-point, tout comme une priorité de droite, impose des comportements de type pulsé décéléré à son approche et de type pulsé accéléré à sa sortie. Ces écoulements sont moins marqués, et donc moins gênant acoustiquement (pas d'obligation d'arrêt et de redémarrage) que ceux observés au droit d'un STOP ou d'un carrefour à feu.

Une étude nantaise a constaté que la transformation d'un carrefour à feu en giratoire avait permis d'obtenir des gains de 3 dB[A]. Cette constatation a été rendue possible suite à des mesures sonores avant et après la mise en œuvre du rond-point^{xxviii}.

Par ailleurs, des mesures dans la ville de Nantes^{xxix}, effectuées selon le schéma ci-dessous a permis de mettre en évidence les observations principales suivantes :

- ◆ Diminutions des niveaux sonores globaux (dB[A]) à l'approche du rond-point et augmentation forte à la sortie de ce dernier (voir graphique ci-dessous);
- ◆ écart entre modes de conduite extrêmes (régimes de vitesse) modérés : de 2,5 dB[A] au niveau du rond-point.

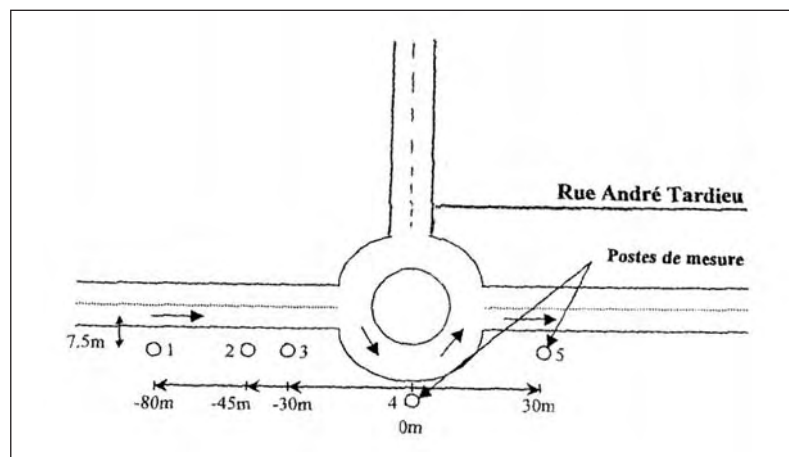
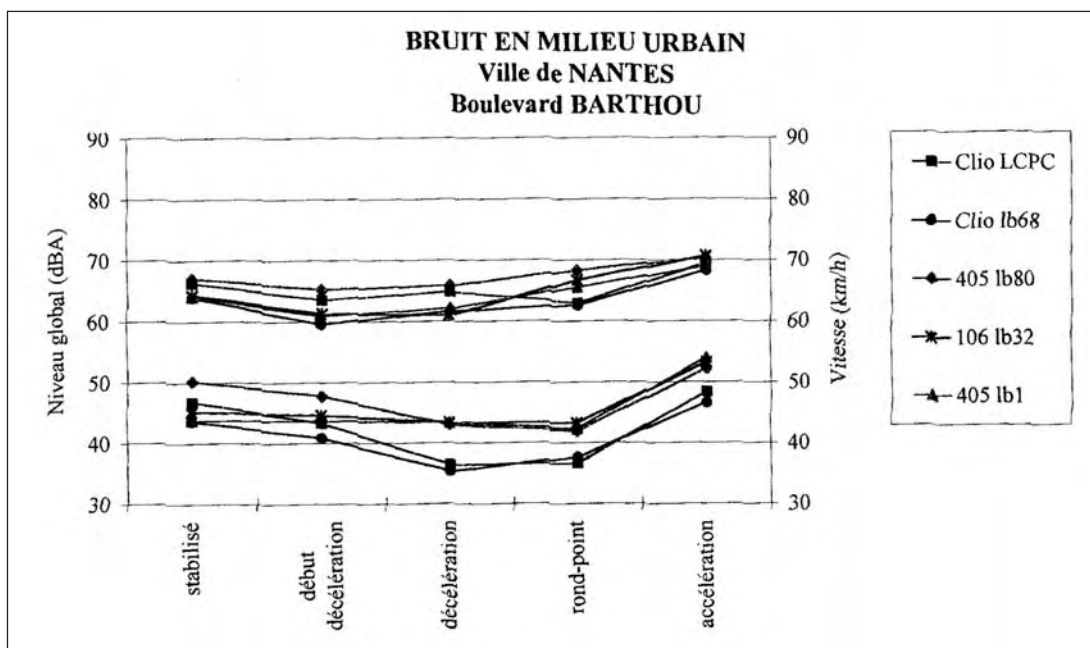


schéma du positionnement des postes de mesure et du trajet emprunté par les véhicules
(source : Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Normandie Centre)



Moyenne des vitesses en km/h et des niveaux en dB[A] associés pour des passages en troisième.

8.4.5.4. Caractéristiques techniques

8.4.5.4.1. Géométrie

Les dimensions d'un rond-point varient en fonction de différents paramètres tels que :

- ◆ l'intensité des flux;
- ◆ le type de trafic, et notamment de la présence de convoi exceptionnel,
- ◆ la configuration des lieux;
- ◆ la dimension des voiries;
- ◆ la signification du rond-point, ...

Tous ces éléments ont bien entendu des impacts en matière de bruit.

Quelques principes sont à respecter pour que le rond-point réponde favorablement à ses objectifs :

- ◆ le centre de l'îlot central correspond idéalement à l'intersection des axes de toutes les branches;
- ◆ les voiries doivent le rejoindre le plus radialement possible. Les entrées trop tangentielles génèrent des vitesses trop importantes et l'irrespect des priorités;
- ◆ la distance entre points de conflit, soit entre une sortie et une entrée d'une même branche, est dimensionnée par rapport à l'importance des flux, les vitesses pratiquées, les dimensions de l'anneau et la place disponible;
- ◆ l'îlot central doit avoir une superficie suffisante pour éviter des trajectoires trop rectilignes;
- ◆ les entrées et sorties doivent être réparties régulièrement de manière à équilibrer les accès autour de l'anneau;
- ◆ les entrées, principalement, et les sorties sont préférables à une seule bande, de manière à ne pas augmenter le nombre de points de conflit. Le nombre de bandes à l'entrée et à la sortie varient généralement en fonction du débit souhaité.

La forme ronde, très utilisée pour l'îlot central du rond-point n'est pas indispensable, elle peut varier tout en respectant les rayons de courbure nécessaires pour les véhicules. La forme ovale peut, en fonction de sa longueur, générer des vitesses plus importantes.

Des zones franchissables peuvent être prévues pour les véhicules de gabarits importants.

Les dimensions d'un rond-point varient en fonction du type de giratoire déterminé :

Type	Caractéristiques	Diamètre extérieur en m
Mini-giratoire	Ilôt central franchissable	$14 < D < 20$ m
	Ilôt central semi-franchissable	$18 < D < 24$ m
Giratoire compact	A une ou deux voies	$22 < D < 35$ m
Grand giratoire		$D > 32/40$ m

[Source : Guide suisse des giratoires]

Les dimensions nécessaires sont à calculer notamment en fonction des flux de circulation et de la capacité nécessaire, du type de véhicules, de l'environnement urbain, de la place disponible.

Quatre ouvrages servent de références dans la conception et le dimensionnement d'un rond-point :

- ◆ le guide suisse des giratoires, édité par le département de Génie Civil de l'école polytechnique fédérale de Lausanne (réédition 1997);
- ◆ le vade-mecum pour la conception des carrefours giratoires, édité par le Ministère Wallon de l'équipement et des transports (1999);
- ◆ le guide des carrefours urbains (1999) édité par le Certu, qui a sorti le guide des mini-giratoires (1998);
- ◆ l'ASVV 1996, édité par le CROW.

De manière générale, les dimensions du rond-point doivent être adaptées à la configuration des lieux en respectant les contraintes de trafic, de lisibilité, de perception, de sécurité et de structuration de l'espace, essentielles au bon fonctionnement de ce type de carrefour.

Le giratoire augmentant ses dimensions, la capacité du rond-point est agrandie et les vitesses des véhicules sont accentuées, ce qui peut avoir une influence sur l'environnement sonore.

8.4.5.4.2. Matériaux

A. CONCEPTION

Les matériaux nécessaires pour la mise en place d'un rond-point peuvent aller du simple marquage au sol à l'îlot central en dur, en passant par toutes les formes franchissables.

Les zones franchissables, destinées aux véhicules de grands gabarits doivent être de préférence réalisées en revêtement désagréable au franchissement pour les voitures de dimension 'classique'. Le pavé ou la brique étant des matériaux de prédilection pour ces zones, ces revêtements ont, généralement, des incidences sur le bruit au moment de leur franchissement.

Le centre de l'anneau pouvant accueillir tous types d'aménagements, les matériaux utilisés sont fort variables et répondent plutôt à des critères de durabilité, d'esthétisme, ...

B. ENTRETIEN, RÉNOVATION

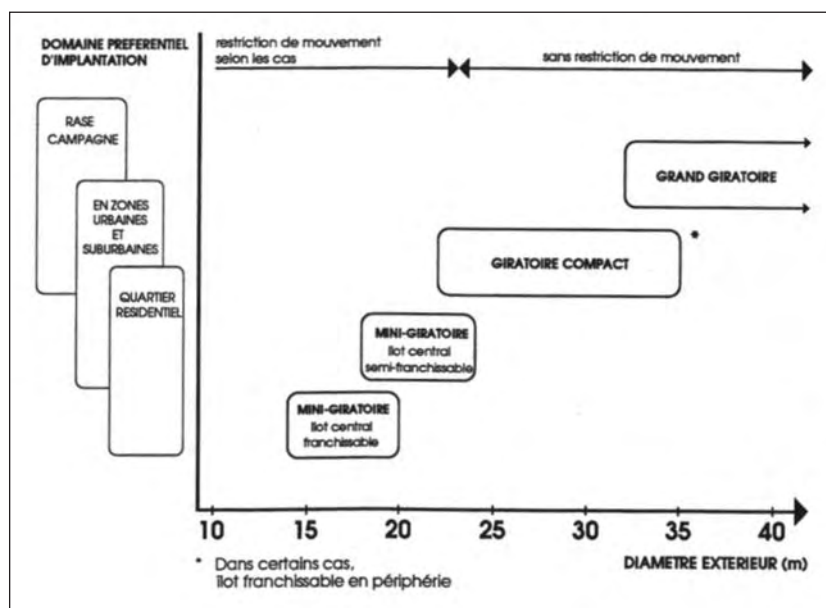
L'entretien d'un rond-point dépend essentiellement de son type de mise en œuvre. Il peut être réduit à l'entretien des peintures dans le cas de marquage au sol.

Dans le cas de zones franchissables, l'entretien des revêtements est nécessaire pour assurer sa qualité. Des rénovations peuvent également s'avérer utiles pour remédier aux pathologies de la mise en œuvre du dispositif, et réduire les nuisances, notamment sonores, dues à un aménagement défectueux.

L'aménagement du centre de l'îlot influence également l'entretien qui s'y rapporte. L'îlot central peut également être victime d'accidents, nécessitant alors sa rénovation.

8.4.5.5. Implantation et signalisation

Le type de giratoire dépend notamment de son lieu d'implantation, des mouvements et du type de trafic qu'il accueille et ses dimensions.



Domaines d'application des giratoires (Source : Guide suisse des giratoires)

8.4.4.5.1. Conditions d'implantation

Vu la variété de ronds-points possible, ils peuvent s'implanter en bon nombre de croisements. Mais, excepté les petits ronds-points franchissables locaux, le rond-point nécessite plus de place qu'un carrefour traditionnel.

En effet, les petits ronds-points trouvent leur place dans des carrefours de quartier, peu fréquentés notamment par des véhicules de gros gabarits. Les giratoires de grande dimension sont plus adaptés aux grands axes structurants.

Certains cas sont cependant à éviter :

- ◆ si les flux sont trop différents entre les voiries, car le rond-point perdrait de son intérêt et les flux mineurs auraient des difficultés d'intégration dans le rond-point (déséquilibre entre les trafics entrants);
- ◆ si une voirie doit être prioritaire par rapport à une autre, car le rond-point n'accorde pas de priorité à un flux spécifique;
- ◆ si la typologie des lieux ne permet pas une bonne conception, un rond-point mal implanté créant des effets pervers;
- ◆ lorsque les pentes sont trop importantes.

8.4.4.5.2. Signalisation – Marquage



Le rond-point est signalisé par le signal D5, 'sens giratoire obligatoire'. Selon le code de la route et le code du gestionnaire, ce signal ne peut être placé que si tous les conducteurs qui s'engagent dans le carrefour, doivent laisser à leur gauche le dispositif de canalisation (et pour autant que les conducteurs de tous les véhicules puissent le contourner). Ce signal peut être implanté à l'entrée du rond-point ou sur le dispositif central.



Signalisation à l'entrée du rond-point - Boistfort

Le signal B1 , ou au besoin le signal B5  doit être placé à toutes les voies d'accès du carrefour giratoire, pour marquer l'obligation de céder le passage (voir de marquer un arrêt) aux véhicules qui sont déjà engagés dans le rond-point. Ces signaux ne doivent pas être précédés des signaux de

type B3  **200m** ou B7  **STOP 150m**, annonçant la distance du céder-le-passage ou du stop.

Le rond-point implique une signalisation verticale limitée.

D5  Il est présenté comme une îlot directionnel.

Au niveau du marquage au sol, le signal de céder-le-passage B1  est accompagné, aux voies d'accès du giratoire, de triangles peints tels que définis par le code du gestionnaire.

Comme pour tout aménagement de voirie, une bonne signalisation contribue à assurer une visibilité correcte du rond-point et d'éviter ainsi des comportements de conducteurs brusques et bruyants.

8.4.5.6. Avantages et inconvénients

8.4.5.6.1. Avantages

En matière d'avantages, le rond-point :

- ◆ fluidifie les flux de circulation;
- ◆ réduit et homogénéise la vitesse;

- ◆ améliore la sécurité des automobilistes, par une réduction du nombre de points de conflits et une diminution de la vitesse;
- ◆ réduit les temps d'attente au niveau des accès et évite les temps d'attente parfois inutile des feux de signalisation;
- ◆ offre une grande capacité et permet de gérer le trafic entre un nombre important de 'branches';
- ◆ facilite différents mouvements : les tourne-à-gauche, les demi-tours liés à un terminus par exemple, les déviations de trafic, ...;
- ◆ marque l'espace et peut être un repère ou un signal;
- ◆ permet de réduire la perspective s'il est accompagné d'éléments verticaux;
- ◆ peut être placé de manière provisoire permettant de tester la mesure.

8.4.5.6.2. Inconvénients

Au niveau de ses inconvénients, le rond-point :

- ◆ ne privilégie aucun mouvement;
- ◆ engendre des files à certaines branches si les flux sont trop disproportionnés;
- ◆ impose des trajectoires plus longues aux piétons dans le cas de ronds-points de grande dimension et réduit leur sécurité, du moins subjective;
- ◆ peut être contraignant pour les poids-lourds s'il est de petite dimension;
- ◆ peut s'avérer être un obstacle la nuit;
- ◆ peut inciter, si le trafic est très intense, à prendre des risques pour s'y intégrer;
- ◆ crée, s'il est trop petit ou mal adapté, des problèmes de lecture;
- ◆ consomme de l'espace et crée un espace généralement perdu au centre;
- ◆ ne convient pas à une topographie accidentée ou en pente;
- ◆ peut être dangereux pour les cyclistes, dans le cas de vitesses excessives.

8.4.5.7. Recommandations

Le rond-point peut être simple et totalement adapté à l'espace dans lequel il s'implante. Il est conçu en fonction de toutes les exigences du lieu et des usagers, tant des automobilistes que des transports en commun, des poids-lourds, des véhicules d'urgence ou des modes doux.

8.4.5.7.1. Recommandations en matière de bruit

Les recommandations émises dans le cas des carrefours simples sont toujours de mise dans le cas des carrefours à feux, à savoir principalement :

- ◆ au maximum et dans la mesure du possible, régime fluide;
- ◆ bonne visibilité;
- ◆ largeur des bandes réduite;
- ◆ rayon de courbure minimum;
- ◆ entretien et rénovation du revêtement.

8.4.5.7.2. Recommandations de bon usage (sécurité, etc.)

Comme toute mesure d'aménagement, le rond-point doit être une mesure perceptible comme telle, lisible et visible de jour comme de nuit. Un éclairage peut s'avérer nécessaire pour mettre le dispositif en évidence et éviter qu'il ne devienne un obstacle dans le noir.

Différentes approches sont possibles :

- ◆ éclairage au centre, qui contribue également au repérage;
- ◆ éclairage autour de l'anneau, de manière à accentuer le contraste et favoriser la lisibilité du lieu;
- ◆ éclairage indirect du front bâti, dans le cas où celui-ci structure l'espace.

Un vade-mecum sur le Programme Lumière de la Région wallonne propose des recommandations sur l'éclairage des giratoires²³.

Le rond-point peut également être marqué ou souligné par un aménagement particulier qui mettra en valeur le lieu et sa signification : verdure, plantation, œuvre d'art, éclairage,... sans toutefois mettre en péril la sécurité des piétons.



rond-point avec fontaine – Woluwé-Saint-Lambert

Si le rond-point permet une transition, donne un effet de porte ou marque le site, il ne faut pas l'utiliser à ces fins de manière excessive au risque de le discréditer.

L'intégration et le dimensionnement sont des étapes critères déterminant la qualité d'un rond-point.

8.4.5.7.3. Recommandations pour tous les usagers de la voirie

A. PIÉTONS

Le rond-point n'est pas conçu pour les piétons. Ceux-ci profitent cependant de la réduction de vitesse. Excepté les petits ronds-points de quartier qui ne modifient pas fondamentalement la configuration du carrefour, les giratoires imposent aux piétons un contournement et donc un trajet plus long et moins direct. De plus, l'automobiliste prend souvent de la vitesse à la sortie d'un rond-point et n'est pas toujours attentif à une traversée piétonne après sa giration. La gêne ressentie par les piétons est plus importante pour les giratoires de grande dimension.

Le rond-point peut être pourvu d'îlots directionnels séparant les entrées et sorties d'une branche et permettant un refuge aux piétons. Dans ce cas, il doit avoir une largeur de minimum 1,50 m, pour assurer la sécurité des piétons. D'autre part, dans le cadre de rond-point important, la distance conseillée avant le passage pour piéton et la ligne de perte de priorité à l'entrée du rond-point est de 4 m, afin de permettre aux piétons de passer derrière le véhicule en attente de son entrée dans le giratoire.

²³ Site internet : <http://www.lema.ulg.ac.be/tools/eclairage/SomVademecum.asp>

Il faut cependant noter que le RRU²⁴ est contradictoire de telles dispositions car il préconise les traversées dans le prolongement libre des voies de circulation piétonne.

Les règles de visibilité du piéton, influençant notamment le stationnement, sont d'application au niveau du rond-point.

Par l'aménagement de l'îlot central, il faut éviter que le piéton ne traverse tout l'anneau pour passer d'un côté à l'autre, sauf si des dispositions sont prises pour.



Rond-point avec traversée piétonne par le centre – Jette

B. DEUX-ROUES

Les avis sont partagés sur la manière d'intégrer les cyclistes dans un rond-point.

Il est généralement déconseillé de marquer la piste cyclable dans les ronds-points, sauf si celle-ci s'intègre dans un réseau cyclable général. En effet, une circulation mixte est plus sûre.

Dans le cas de grands giratoires, différentes mesures peuvent être envisagées à l'intention des deux-roues telles que :

- ◆ une piste cyclable dissociée du giratoire;
- ◆ une piste cyclable en bord d'anneau. Les cyclistes ont alors priorité et les conflits entre deux-roues et véhicules sont importants. Sans prendre des mesures complémentaires visant à limiter les conflits, cette disposition est généralement déconseillée.



Rond-point avec piste cyclable – Nerder-over-Heembeek

²⁴ RRU : Titre 7, section 2, article 6

- ◆ une piste cyclable proche de l'anneau, des dispositions devant être prises pour leur insertion;
- ◆ une piste cyclable extérieure à l'anneau. Le cycliste n'a pas priorité, la fluidité de sa trajectoire est compromise mais la sécurité des cyclistes améliorée. Les cyclistes n'aiment pas cette solution car ils sont coupés dans leur élan. Ce type de disposition nécessite de l'espace et n'est pas fort adapté en agglomération.

Si les détours sont trop longs et fastidieux, les cyclistes auront tendance à emprunter le giratoire au même titre que les autres véhicules.

C. TRANSPORT EN COMMUN

Les dispositions pour favoriser les transports en commun sont difficilement intégrables dans un rond-point.

Il est cependant possible de faire passer les trams à travers le giratoire.



Tram passant au centre- Etterbeek

La lisibilité d'une telle disposition est importante dans la gestion des conflits, pouvant être inattendus. En effet, une mauvaise lecture du rond-point peut entraîner des mauvaises manœuvres. Par exemple, dans ce rond-point, l'automobiliste peut être tenté de continuer tout droit, vu qu'il arrive dans l'axe de la percée.



Rond-point avec tram au centre – Bergheim-Saint-Agathe

Pour les bus, cette mesure implique une perte de la définition de rond-point au sens du code de la route ("...tous les conducteurs qui s'engagent dans le carrefour, doivent laisser à leur gauche le dispositif de canalisation...", les trams n'étant pas intégrés dans le code la route).

Pour des raisons de confort et de limitations des nuisances, il est déconseillé de placer des îlots centraux nécessitant un franchissement pour les bus.

En cas de place suffisante, un by-pass peut être créé en dehors du rond-point.

D. POIDS-LOURDS

Dans le cas de trafic important de poids-lourds, le rond-point sera dimensionné en conséquence.

Sur les voiries à faible trafic de poids-lourds, les îlots peuvent être franchissables de manière à réduire les dimensions du giratoire tout en permettant l'accès aux poids-lourds en cas de besoin.



Rond-point semi franchissable - Auderghem

Les zones franchissables peuvent également se situer dans le rayon extérieur du rond-point.

Pour les giratoires implantés sur un itinéraire de convoi exceptionnel, les dimensions sont définies dans :

- ◆ la brochure d'information technique les aménagements de voiries et le transport exceptionnel édité à l'intention des gestionnaires de voiries, par le Ministère fédéral des Communications et de l'Infrastructure et l'Institut Belge pour la Sécurité Routière;
- ◆ le vade-mecum pour la conception des carrefours giratoires, édité par la Région wallonne.

E. VÉHICULES D'URGENCE

Pour les véhicules d'urgence, les rayons de braquage nécessaire sont de :

- ◆ 11 mètres pour le rayon intérieur, soit l'intérieur du mouvement;
- ◆ 15 mètres pour le rayon extérieur, soit à l'extérieur du mouvement.

En cas de peu de place, le rond-point franchissable peut garantir le respect de ces dimensions.

Il est cependant déconseillé de placer des ronds-points franchissables sur les voies d'accès principales des centres hospitaliers.

8.5. TOUS LES USAGERS

La réduction du bruit par des aménagements spécifiques peut s'aborder différemment, soit en installant des mesures destinées aux usagers de la voirie, autres que les automobilistes. En effet, des dispositions pour les piétons, cyclistes et les transports en commun peuvent avoir des effets sur la circulation automobile : réduction des vitesses, limitation des flux, influence du comportement des automobilistes, etc.. Ces aménagements se retrouvent également mentionnés dans les dispositifs abordés pour les véhicules. Nous les développons dans la suite de manière succincte.

8.5.1. Les piétons

Par piétons, le code de la route désigne une personne qui se déplace à pied. Sont assimilées aux piétons les personnes handicapées se déplaçant en voitures manuelles ou électriques ne dépassant pas l'allure du pas, les personnes qui conduisent à la main une brouette, une voiture d'enfant, de malade ou tout autre véhicule sans moteur n'exigeant pas un espace plus large que celui nécessaire aux piétons et les personnes qui conduisent à la main une bicyclette ou un cyclomoteur à deux roues.

Les aménagements propices aux piétons sont :

- ◆ En section courante :
 - des trottoirs larges, qui diminuent la largeur de la voirie et influencent donc la vitesse,
 - les trottoirs traversants, qui leur donnent la priorité, évitent les détours, réduisent les vitesses des véhicules et diminuent donc le bruit globalement.
- ◆ Au niveau des traversées
 - les plateaux aux carrefours qui leur offrent confort et sécurité accrue, en diminuant la vitesse des véhicules,
 - les avancées de trottoirs (limités à 1,70 m par le RRU), formant un rétrécissement au niveau de la voirie engendrant une diminution de la vitesse,
 - les îlots directionnels qui servent de refuges aux piétons, tout en influençant la vitesse et canalisant le trafic, ...
 - les boutons poussoirs aux niveaux des traversées piétonnes avec feux de signalisation permettent aux piétons de déclencher le feu rouge aux voitures,
 - ...



Traversée avec îlot central – Watermael-Boitsfort

De manière générale, les piétons évitent les détours et peuvent prendre des risques pour aller au plus direct possible. Les aménagements doivent donc être pensés de manière à assurer leur sécurité.

Il faut aussi éviter qu'une mesure ne soit contraignante pour les piétons et ne coupe sa trajectoire naturelle : mobilier urbain mal placé, arbres mal implantés, ...

8.5.2. Les deux-roues

Pour les cyclistes, les aménagements ayant une influence sur la circulation automobile sont :

- ◆ Bandes et pistes cyclables, qui réduisent la largeur de la voirie et diminuent la vitesse;



Bande cyclable - Anderlecht

- ◆ les Sens Uniques Limités²⁵ qui demandent l'attention de l'automobiliste;



Fin d'un Sens Unique Limité - Woluwe-Saint-Lambert

- ◆ les zones avancées pour cyclistes (sas) au niveau des carrefours à feux, qui permettent aux cyclistes de démarrer en premier et impose un démarrage en douceur des véhicules qui suivent.

D'une manière générale, il est conseillé d'éviter tout détour aux cyclistes et de favoriser des passages privilégiés et de développer les raccourcis. Il faut également écarter tout objet gênant la circulation des cyclistes : mobilier urbain, potelet, plantation, etc.

Les matériaux préconisés par les cyclistes sont le plus lisses possibles et n'ont donc pas d'incidence sur les niveaux sonores, lorsqu'ils sont franchis par les voitures.

²⁵ le Sens Unique Limité est une signalisation du code de la route qui permet aux cyclistes d'emprunter les sens unique à contre sens.

8.5.3. Les transports en commun

Au niveau des transports en commun, différentes mesures peuvent réduire l'impact de la voiture au profit des bus et trams :

- ◆ site propre en voirie, franchissable ou non;



Site propre franchissable - Etterbeek

- ◆ bandes réservées, dans le même sens pour éviter les encombrements ou en sens contraire. Des mesures existent pour éviter que ces bandes ne soient squattées par les véhicules classiques.



Sens unique, sauf bus avec dispositif anti-véhicules classiques

Ces dispositions peuvent avoir des influences sur le niveau sonore, car elles favorisent une réduction des vitesses et réduisent les capacités et donc les flux des voitures au profit des transports en commun. D'autre part, les sites propres franchissables peuvent être sources de nuisances sonores lorsqu'ils sont franchis. En effet, les matériaux sont généralement choisis de manière à être inconfortables pour limiter les franchissements et réduire les vitesses ; en contre-partie ils sont bruyants.

8.6. RÉFÉRENCES

8.6.1. Références générales

- ◆ Région de Bruxelles-Capitale, Manuel des espaces publics bruxellois, Bruxelles, 1995.
- ◆ RRU, <http://www.rru.irisnet.be>.
- ◆ Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, administration de l'équipement et des déplacements, Formation des conseillers en mobilité par Transitec, 2002.
- ◆ Institut Belge pour la Sécurité Routière, Dispositifs destinés à modérer la circulation en agglomération, projet de publication, 2ème version provisoire, août 2002.
- ◆ Institut Belge pour la Sécurité Routière, Evaluation d'aménagements réalisés sur voiries communales en Région wallonne, A la demande du Ministre des Affaires Intérieures et de la Fonction Publique de la Région wallonne et de la direction générale des pouvoirs locaux, Avril 1997.
- ◆ Institut Belge pour la Sécurité Routière et Fondation Rurale de Wallonie, De la route à la rue en milieu rural, Mobilité et sécurité routière, avril 1998.
- ◆ Institut Belge pour la Sécurité Routière, Coup d'œil sur les voiries wallonnes, aperçu d'aménagements, 2000.
- ◆ Institut de Recherche sur l'Environnement Construit, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Groupe-Conseil Romand pour la modération de la circulation, Le temps des rues, vers un nouvel aménagement de l'espace rue, Lausanne, 1990.
- ◆ Société Régionale Wallonne du Transport, Direction technique, Ir. J.P. Etienne, Les ralentisseurs : essais de franchissement, Namur, 1996.
- ◆ Ir. M. Thijs, Centre de Recherches Routières, Contrôle de la géométrie des dispositifs surélevés sur la voie publique, ralentisseurs et plateaux, Bruxelles, janvier 1999.
- ◆ Arrêté Royal du 9 octobre 1998 modifiant l'arrêté ministériel du 11 octobre 1976 fixant les conditions minimales et les conditions particulières de placement de la signalisation routière et modifiant l'arrêté ministériel du 1er décembre 1975 déterminant les caractéristiques de certains disques, signalisations, plaques et indications.
- ◆ Service Public Fédéral Mobilité et Transports, Arrêté royal du 4 avril 2003 modifiant l'arrêté royal du 1er décembre 1975 portant sur le règlement général sur la police de la circulation routière.
- ◆ CETUR, Guide du Bruit des Transports Terrestres, Prévision des niveaux sonores, novembre 1980.
- ◆ CERTU, Carrefour urbain, guide, France, janvier 1999.
- ◆ Guide suisse des giratoires, Département du Génie Civil, Février 1991, réédition Lausanne 1997.
- ◆ Ministère de l'équipement et des transports, Vademecum pour la conception des carrefours giratoires, Namur, 1999.
- ◆ Règlement général sur la police de la circulation routière, Arrêté royal du 1er décembre 1975
- ◆ CERTU, Guide des coussins et plateaux, Lyon, 2000.
- ◆ CERTU, Ville plus sûre, quartiers sans accidents, réalisations, évaluations, France, juillet 1994
- ◆ Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond, Water- en Wegenbouw en de Verkeertechniek (CROW), ASV 1996, Pays-Bas, octobre 1996.
- ◆ Institut Belge pour la Sécurité Routière, Recommandations pour une infrastructure à la mesure des cyclistes, Bruxelles, juin 1996.

8.6.2. Références citées dans le texte

- i Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Arrêté royal de 1er décembre 1975 pourtant sur le Règlement général sur la police de la circulation routière, modifié par des arrêtés royaux jusqu'au 18 décembre 2002.
- ii Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Arrêté royal du 9 octobre 1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire.
- iii Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Arrêté royal du 3 mai 2002 modifiant l'arrêté royal du 9 octobre 1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire.
- iv P G Abbott & R E Layfield, The change in traffic noise levels following the installation of speed control cushions and road humps, Transport Research Laboratory (TRL), Crowthorne, UK, 1996.
- v <http://www.roads.dft.gov.uk/roadnetwork/ditm/tal/traffic>
- vi CEDIA, IBGE, Les aménagements locaux de voirie, rapport 97/3189 du 22 octobre 1997.
- vii T. Berge, Experience with noise and traffic calming in Norway, SINTEF Telecom and Informatics, année?
- viii Inter-Environnement Bruxelles, Bruit du trafic routier : Evaluation de la perception par les riverains de l'impact d'aménagements locaux de voirie, janvier 1997.
- ix Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Arrêté royal du 3 mai 2002 modifiant l'arrêté royal du 9 octobre 1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire. Erratum.
- x Société Régionale Wallonne du Transport, Direction technique, Ir. J.P. Etienne, Les ralentisseurs : essais de franchissement, Namur, 1996.
- xi Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Arrêté ministériel modifiant l'arrêté ministériel du 11 octobre 1976 fixant les dimensions minimales et les conditions particulières de placement de la signalisation routière et modifiant l'arrêté ministériel du 1er décembre 1975 déterminant les caractéristiques de certains disques, signalisations , plaques et indications
- xii Règlement Régional d'Urbanisme, Région de Bruxelles-Capitale,
- xiii Ministère des Communications et de l'Infrastructure, Circulaire ministérielle du 3 mai 2002 relative aux dispositifs surélevés, destinés à limiter la vitesse à 30 km/h et aux coussins.
- xiv Ministère des Communications et de l'Infrastructures, Arrêté royal du 3 mai 2002 modifiant l'arrêté royal du 9 octobre 1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire.
- xv STIB, avril 2003
- xvi Source : Entreprise PREFER, projet de prescription pour cahier des charges en Région wallonne
- xvii Société Régionale Wallonne du Transport, Ir. J-P. Etienne, les ralentisseurs de vitesse, complément de l'étude d'avril 1996, Jambes, novembre 1996.
- xviii Région de Bruxelles-Capitale, Manuel des espaces publics bruxellois, page 39, Bruxelles, 1995
- xix Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond, Water- et Wegenbouw en de Verkeerdtechniek, ASVV 1996, Pays-Bas, octobre 1996
- xx Institut Belge pour la Sécurité Routière, Dispositifs destinés à modérer la circulation en agglomération, projet de publication, 2ème version provisoire, août 2002.
- xxi A voir : Vade-mecum sur l'éclairage, dans les outils de spécification et de suivi du Programme Lumière de la Région wallonne (www.lema.ulg.ac.be/tools/eclairage/SomVademecum.asp)
- xxii Transitec, MET, formation de conseiller en mobilité
- xxiii Institut Belge pour la Sécurité Routière, Recommandations pour une infrastructure à la mesure des cyclistes, Bruxelles, juin 1996
- xxiv Source : Certu, Carrefours urbains, guide, Lyon, janvier 1999.
- xxv Arrêté royal du 1er décembre 1975 portant sur le règlement général sur la police de la circulation routière, modifié par différents arrêtés royaux.
- xxvi Source : Certu, Carrefours urbains, guide, Lyon, janvier 1999.
- xxvii Arrêté ministériel du 11 octobre 1976 fixant les dimensions minimales et les conditions particulières de placement de la signalisation routière, modifié par différents arrêtés.
- xxviii L'impact sonore de divers aménagements à Nantes, R. Bélouard & al, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n°739, avril 1996.
- xxix Bruit en milieu urbain, modélisation des sources et influence de la morphologie urbaine, fiche n°2.71.41.0, B., Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Normandie Centre, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois, Meriel, JC Gendre, février 2001.