

Guide pratique

Installation de dispositifs ralentisseurs surélevés en Région de Bruxelles-Capitale

Plateaux, ralentisseurs et coussins



Centre de recherches routières
Ensemble pour des routes durables



BRUXELLES MOBILITÉ
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des personnes ayant contribué à l'élaboration de ce guide, notamment (par ordre alphabétique) : Mohamed Aarab (Bruxelles Mobilité), Pierre-Jean Bertrand (Bruxelles Mobilité), Erik Caelen (Brulocalis), Didier Close (STIB), Julien Colard (Bruxelles Mobilité), Anne Collard (STIB), Vincent de Vadder (Commune d'Etterbeek), Carine Defosse (urban.brussels), Frederik Depoortere (Bruxelles Mobilité), Benoît Dupriez (Bruxelles Mobilité), Isabelle Garcia-Hidalgo (Bruxelles Mobilité), Françoise Godart (Bruxelles Mobilité), Amelie Gregoire (Commune de Schaerbeek), Isabelle Janssens (Bruxelles Mobilité), Claude Maertens (Commune d'Evere), Jean-Marie Ndambi Mulambula (Bruxelles Mobilité), Pierre Obsomer (Bruxelles Mobilité), Davide Pinto (Bruxelles Mobilité), Déborah Pletinckx (Bruxelles Mobilité), Maxence Pouillard (Commune de Schaerbeek), Martial Resibois (urban.brussels), Jean-Laurent Simons (Bruxelles Environnement) et Joëlle Vandevoorde (Bruxelles Mobilité).

Sommaire

1	Avant-propos.....	5
2	Introduction.....	6
3	Les différents types de dispositifs ralentisseurs surélevés	8
3.1	Généralités	8
3.2	Les plateaux.....	9
3.3	Les ralentisseurs	10
3.4	Les coussins berlinois	10
4	Le choix du dispositif	12
4.1	Éléments déterminant le choix du type de dispositif ralentisseur surélevé et ses caractéristiques géométriques.....	12
4.1.1	La fonction de la voirie, le volume et le type de trafic.....	12
4.1.2	Le réseau de transport en commun	15
4.1.3	Les services de secours.....	16
4.1.4	Le réseau cyclable.....	18
4.1.5	Le réseau piétons	20
4.1.6	La limite de vitesse et les vitesses pratiquées sur la section considérée.....	20
4.1.7	La largeur de la chaussée	22
4.1.8	Le stationnement	24
4.1.9	La présence d'un carrefour	29
4.1.10	La présence d'un passage pour piéton ou la volonté d'en implanter un.....	30
4.1.11	Pente de la route	30
4.1.12	Efficacité des dispositifs ralentisseurs surélevés.....	31
4.1.13	Coût et temps de mise en œuvre des dispositifs ralentisseurs surélevés	34
4.2	Choix du type de dispositif ralentisseur surélevé	35
4.2.1	Avant-propos.....	35
4.2.2	Choix du type de dispositif ralentisseur surélevé.....	35
5	Les plateaux.....	37
5.1	L'utilisation du dispositif	37
5.2	L'implantation du dispositif.....	37
5.2.1	Domaines d'application d'un plateau en section	38
5.2.2	Installation d'un plateau en intersection	38
5.2.3	Installation d'un aménagement surélevé au croisement avec une rue secondaire	40

5.3	Les caractéristiques géométriques des plateaux	44
5.4	La signalisation et le marquage	47
5.4.1	Signalisation des plateaux	47
5.4.2	Marquage des plateaux.....	48
5.5	Exemples d'aménagement.....	49
5.5.1	Aménagement d'un plateau à l'intersection des rues Stephenson et Joseph Jacquet à Schaerbeek	49
5.5.2	Réalisation d'un plateau dans un contexte patrimonial, à l'intersection des avenues des Glycines et Gustave Latinis à Schaerbeek.....	51
6	Les ralentisseurs	52
6.1	L'utilisation du dispositif	52
6.2	L'implantation du dispositif.....	52
6.3	Les caractéristiques géométriques.....	54
6.4	La signalisation et le marquage	55
6.4.1	Signalisation des ralentisseurs	55
6.4.2	Marquage des ralentisseurs	55
6.5	Exemple d'aménagement.....	56
6.5.1	Aménagement de ralentisseurs le long de la rue Stephenson.....	56
7	Les coussins	57
7.1	L'utilisation du dispositif	57
7.2	Les caractéristiques géométriques.....	58
7.3	L'implantation du dispositif.....	58
7.4	La signalisation et le marquage.....	64
7.5	Exemple d'aménagement – Cas fictif de la pose de coussins sur des voiries multi bandes	65
8	Eléments de conception et d'exécution pour l'aménagement de dispositifs ralentisseurs surélevés durables.....	67
8.1	Types de revêtements utilisés.....	67
8.1.1	Matériaux bitumineux.....	67
8.1.2	Pavages.....	68
8.1.3	Eléments en béton préfabriqué	68
8.1.4	Béton coulé en place	69
8.2	Principaux défis auxquels il faut faire face.....	69
8.2.1	Les sollicitations induites.....	69
8.2.2	La forme des dispositifs.....	70
8.2.3	Obstacle à l'écoulement des eaux.....	70

8.2.4	Discontinuités liées à la juxtaposition de matériaux différents	71
8.3	Recommandations pour la conception et la mise en œuvre de dispositifs ralentisseurs surélevés durables.....	75
8.3.1	Recommandations générales.....	75
8.3.2	Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en pavage.....	77
8.3.3	Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs utilisant des éléments préfabriqués	80
8.3.4	Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en enrobé bitumineux.....	83
8.3.5	Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en béton coulé en place	85
8.3.6	Recommandations principales relatives aux coussins	87
9	Les nuisances potentielles et l'entretien des dispositifs ralentisseurs surélevés	92
9.1	Impact acoustique d'un dispositif ralentisseur surélevé sur l'environnement proche.....	92
9.1.1	Impact global et local des différents types de dispositif ralentisseur surélevé	92
9.1.2	Influence du revêtement.....	94
9.1.3	Recommandations.....	94
9.2	Nuisances liées aux éventuelles vibrations	94
9.3	Recommandations générales	96
10	Bibliographie.....	97

1 Avant-propos

La vitesse – excessive ou inadaptée – est un facteur contributif de premier plan des accidents, ainsi qu'un facteur d'aggravation de leurs conséquences. Plusieurs études détaillées menées à l'étranger démontrent que la vitesse intervient de manière prépondérante dans 20 à 35% des accidents. Il est également avéré qu'une diminution des vitesses pratiquées se traduit toujours par une diminution du nombre de victimes et de la gravité de leurs lésions. Le milieu urbain est particulièrement sensible à cet égard, du fait de la complexité plus grande de la conduite et de la cohabitation permanente entre modes actifs et véhicules automobiles. Comme le rappelait le Plan d'actions Sécurité routière 2011-2020 de la Région de Bruxelles-Capitale, réduire les vitesses effectivement pratiquées en Région de Bruxelles-Capitale est donc un enjeu capital.

En outre, le 1^{er} janvier 2021, Bruxelles est devenue une agglomération où le 30 km/h est la règle. L'objectif premier de cette "Ville 30" est d'augmenter la sécurité de tous les usagers : celle des piétons et cyclistes, mais également celle du conducteur et passagers de la voiture. Cette mesure globale permet aussi d'apaiser la circulation, notamment dans les quartiers et d'offrir des conditions plus favorables au transfert modal, au développement du vélo et de la marche pour de courtes distances, sans oublier la réduction des nuisances environnementales, notamment le bruit du trafic et les émissions polluantes.

En application du Plan d'actions Sécurité routière 2011-2020 et, plus particulièrement, de l'objectif stratégique 1 "Réduire les vitesses de circulation", ainsi que pour veiller à la bonne mise en œuvre de la Ville 30, la Région, comme l'ensemble des gestionnaires communaux, doivent concevoir des aménagements neufs, durables, permettant de garantir un niveau de vitesses pratiquées conforme aux limites qu'ils se sont fixées. Si cette mesure est "globale", liée par essence au niveau hiérarchique de la voirie et à son profil, des mesures particulières de réduction de vitesse peuvent s'avérer souhaitables, voire indispensables, en lien avec un contexte particulier (voiries locales rectilignes, voiries à forte densité de trafic ou parcourues par des lignes régulières de transport en commun, proximité d'écoles, de commerces, de pôles multimodaux, etc.).

Dans ce contexte, il appartient au gestionnaire de vérifier la nécessité de prendre une (ou plusieurs) mesure(s) de réduction de vitesse, et d'examiner les mesures possibles à mettre en œuvre suivant le contexte particulier dans lequel elles s'inscrivent. Il importe également que toute mise en œuvre d'une mesure de réduction de vitesse ne nuise pas, par suite d'une mauvaise implantation du dispositif, à la sécurité routière des usagers, en particulier des usagers de deux-roues, motorisés ou non, ni ne provoque des effets secondaires non souhaités pour l'environnement de l'aménagement.

En matière de vitesse et des risques qui y sont liés, il est fréquemment demandé au gestionnaire d'intervenir sur des aménagements existants, par le biais de mesures de sécurisation d'urgence. Pour répondre à cette urgence, voire également, faute de moyens, pour mettre en œuvre des mesures davantage structurelles et durables, le gestionnaire a de plus en plus souvent recours aux dispositifs ralentisseurs dont les coussins berlinois.

L'implantation des dispositifs surélevés et des coussins est régie par divers Arrêtés Royaux et Circulaire ministérielle. Il s'agit de prescriptions "générales" contraignantes ; en Région de Bruxelles-Capitale, des questions spécifiques se posent régulièrement quant à ces dispositifs (contraintes propres à l'environnement urbain, présence très fréquente de lignes de bus régulières, plaintes de riverains, etc.).

Le présent guide est dédié aux ralentisseurs, plateaux et coussins (par la suite regroupés sous le vocable "dispositifs ralentisseurs surélevés"). Il présente pour principal objectif de fournir une aide à la décision quant au choix du dispositif à utiliser en fonction du contexte local, aux critères d'implantation, aux bonnes pratiques de mise en œuvre de chaque dispositif, et aux recommandations en lien avec la durabilité et l'entretien de ces dispositifs. A ce titre, il s'adresse principalement aux auteurs de projet, gestionnaires de voiries et entreprises de construction routière.

2 Introduction

Dans la situation idéale, la conception routière fait respecter la vitesse maximale souhaitée sur la route, grâce à l'aménagement (largeur, rayons de courbure, inclinaisons, distances de visibilité et autres) et à l'environnement. Dans un système routier durable et sûr, la route est claire, les situations de circulation sont reconnaissables et un comportement routier correct s'impose. Dans de nombreuses situations pourtant, cela ne semble pas tout à fait réalisable et des mesures complémentaires de ralentissement du trafic doivent localement être mises en place [CROW, 2014].

Diverses mesures peuvent être envisagées afin d'influencer le comportement et la vitesse des conducteurs des véhicules motorisés, tels que des déflexions de trajectoire (chicanes, stationnement en alternance), des réductions de la largeur de chaussée, des aménagements centraux (îlot central, bande centrale teintée, bordures ou pavés bombés), des écluses organisant une circulation alternée des véhicules, des aménagements de carrefours, en particulier giratoires ou mini-giratoires, des aménagements paysagers des abords, une onde verte¹, des mesures de police de circulation (utilisation judicieuse de sens interdits, avec de préférence des doubles sens cyclables) [CERTU, 2010].



Figure 1 : Exemple d'un aménagement ralentisseur ne présentant aucun décrochage vertical

Une surélévation peut être apportée dans le profil en long. L'effet réducteur de vitesse est alors engendré par l'inconfort que la surélévation exerce sur le conducteur et le véhicule sous la forme d'accélération verticales [CROW, 1988]. L'on parlera alors de **dispositif ralentisseur surélevé**.

Un mot sur l'effet ralentisseur d'un dispositif surélevé

Le Code de la route fixe la vitesse maximale autorisée au droit d'un ralentisseur ou d'un plateau à 30 km/h². Les coussins, quant à eux, ne peuvent être implantés que sur des voiries où la vitesse maximale autorisée est de 50 km/h. Il ne s'agit pas au sens strict d'un dispositif 30 km/h.

Toutefois, la vitesse pratiquée au droit d'un ralentisseur, d'un plateau ou d'un coussin est également la résultante de l'inconfort qu'il génère pour les conducteurs des véhicules motorisés. Cet inconfort peut être évalué par la mesure de l'accélération verticale ressentie par le conducteur. Diverses études, menées dès les années 70 en Angleterre [Watts, 1973] et aux Pays-Bas [CROW, 1988], ont analysé les relations entre la géométrie du profil longitudinal du dispositif, l'inconfort ressenti et la vitesse de franchissement. Les ralentisseurs, plateaux et coussins présentent des caractéristiques géométriques différentes, ils ne sont dès lors pas égaux du point de vue de leurs vitesses de franchissement.

¹ Passage synchronisé des feux au vert.

² Article 22ter.1. : "Sur les voies publiques munies de dispositifs surélevés (nb. c'est-à-dire plateau ou ralentisseur), qui sont annoncés par les signaux A14 et F87 ou qui, aux carrefours, sont seulement annoncés par un signal A14 ou qui sont situés dans une zone délimitée par les signaux F4a et F4b : 1° les conducteurs doivent approcher ces dispositifs en redoublant de prudence et à allure modérée, de manière à franchir ceux-ci à une vitesse n'excédant pas 30 km à l'heure..."

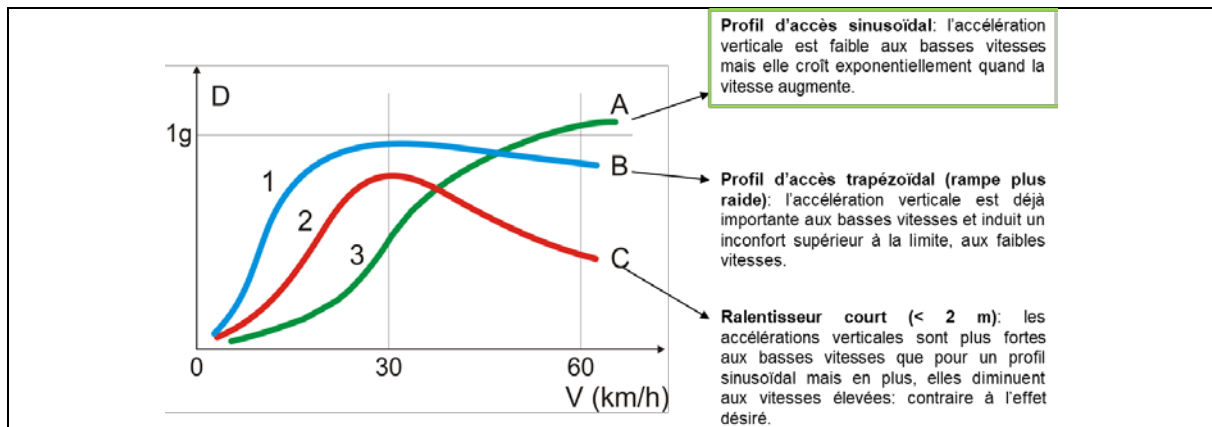


Figure 2 : Représentation schématique de la relation entre Forme, Vitesse et Accélération verticale (D) lors du franchissement d'un dispositif ralentisseur surélevé

En pratique, un dispositif ralentisseur surélevé devra provoquer peu d'inconfort pour la vitesse de projet, mais provoquer une accélération verticale suffisante à vitesse plus élevée pour réduire les vitesses pratiquées. Le ralentissement global sur la section où le dispositif est installé dépendra naturellement aussi de la distance entre dispositifs ou éléments ralentisseurs (par exemple, un carrefour à priorité de droite) successifs. On comprend dès lors qu'il s'agit de sélectionner attentivement le type de dispositif et sa géométrie en fonction des caractéristiques de la section, de l'effet recherché en termes de vitesse de franchissement et, comme il sera détaillé par la suite, des caractéristiques du trafic empruntant la section considérée.

Bien que les dispositifs ralentisseurs surélevés ne soient pas les seuls aménagements utilisables pour modérer la vitesse, ce guide leur est volontairement dédié. Il présente pour principal objectif de fournir une aide à la décision illustrée quant :

- au choix du dispositif (coussin, plateau, ralentisseur) à utiliser en fonction du contexte local (hiérarchie du réseau, présence de stationnement, type d'usager, charges de trafic, présence de lignes de transports en commun, largeur de voirie, ...);
- aux critères d'implantation, en tenant compte de l'ensemble des usagers impactés (cyclistes, motards) ou concernés (approche de traversées piétonnes, etc.);
- aux bonnes pratiques/règles de mise en œuvre de chaque dispositif, ceci pour minimiser les nuisances (bruit, vibrations, etc.);
- aux recommandations en lien avec la durabilité et l'entretien de ces dispositifs.

Ce document ne couvre donc pas les divers types d'aménagements surélevés en prolongation des trottoirs ou aménagements cyclables, dont les trottoirs traversants décrits au chapitre 5.2.3.1.

3 Les différents types de dispositifs ralentisseurs surélevés

3.1 Généralités

Les trois premiers chapitres ci-après définissent et illustrent les trois types de dispositifs ralentisseurs surélevés dont il est question dans ce guide, à savoir les plateaux, les ralentisseurs de trafic et les coussins, sur base des dispositions réglementaires actuellement en vigueur en Belgique.

L'article 7 du Règlement Régional d'Urbanisme de la Région de Bruxelles-Capitale³ précise que (§ 1.), les dispositifs ralentisseurs sont localisés en fonction du contexte architectural, urbanistique, et de la desserte des activités riveraines de même qu'en fonction de la sécurité de tous les usagers, et plus particulièrement des piétons et des cyclistes ; (§ 2.) ils sont réalisés de manière à ce que leur visibilité soit assurée de jour comme de nuit par l'éclairage et la signalisation et que l'évacuation des eaux soit assurée.

Ces dispositifs sont dispensés du permis d'urbanisme, pour autant qu'ils n'impliquent aucune dérogation à un plan d'affectation du sol, à un règlement d'urbanisme ou à un permis de lotir, qu'ils ne soient pas relatifs à un bien faisant l'objet d'une mesure de protection, qu'ils ne constituent pas le complément de travaux soumis à l'obtention d'un permis d'urbanisme ou qu'ils ne fassent pas l'objet d'une répétition sur la longueur de la voirie.

Toutefois, étant donné que l'arrêt et le stationnement ainsi que tout dépassement par la gauche sont interdits sur les dispositifs surélevés (ralentisseurs et plateaux) conformes aux Arrêtés Royaux de 1998 et 2002 (Tableau 1), il faut obligatoirement un règlement complémentaire. Ces interdictions ne s'appliquent pas aux coussins, ces derniers ne nécessitent pas de règlement complémentaire et ne sont donc pas soumis à la tutelle spécifique exercée par la Région, laquelle doit être sollicitée pour l'installation d'un ralentisseur ou d'un plateau.

Les textes législatifs mentionnés au Tableau 1 définissent les caractéristiques de ces dispositifs, ainsi que leurs conditions générales d'utilisation et de localisation, divers critères d'implantation et, dans une certaine mesure, la signalisation y associée.

Tableau 1 : Textes législatifs belges relatifs aux plateaux, ralentisseurs de trafic et coussins

Les prescriptions ou directives relatives aux dispositifs ralentisseurs surélevés de type plateau, ralentisseur et coussin sont stipulées au sein des textes législatifs suivants :

- 9 OCTOBRE 1998 - Arrêté royal fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire - *Moniteur belge du 28 octobre 1998.*
- 9 OCTOBRE 1998 - Arrêté royal fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et les prescriptions techniques auxquelles ceux-ci doivent satisfaire - *Errata. Moniteur belge du 06 novembre 1998.*
- 3 MAI 2002 - Arrêté royal 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 - *Moniteur belge du 31 mai 2002.*
- 3 MAI 2002 - Circulaire ministérielle relative aux dispositifs surélevés, destinés à limiter la vitesse à 30 km/h et aux coussins - *Moniteur belge du 31 mai 2002.*
- 3 MAI 2002 - Arrêté royal 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 - *Errata. Moniteur belge du 26 février 2003.*

On notera que les prescriptions des Arrêtés de 1998 et 2002 ne sont pas d'application pour les dispositifs surélevés établis dans les zones résidentielles [A.R. du 09 octobre 1998 – Article 6].

³ Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2006 – Titre 7, section 3.

Par ailleurs, l'article 22ter.1. du Code de la route prévoit que sur les voies publiques munies de dispositifs surélevés (ralentisseurs et plateaux), qui sont annoncés par les signaux A14 et F87, ou qui, aux carrefours, sont seulement annoncés par un signal A14 ou qui sont situés dans une zone délimitée par les signaux F4a et F4b :

1. les conducteurs doivent approcher ces dispositifs en redoublant de prudence et à allure modérée, de manière à franchir ceux-ci à une vitesse n'excédant pas 30 km à l'heure;
2. tout dépassement par la gauche est interdit sur ces dispositifs;
3. l'arrêt et le stationnement sont interdits sur ces dispositifs, sauf réglementation locale.

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux coussins.

Ces dispositifs ralentisseurs sont bien entendu monnaie courante à l'étranger, parfois avec quelques variations qui peuvent s'avérer instructives. Il y est fait référence en divers endroits dans ce document.

3.2 Les plateaux

Un plateau consiste en une **surélévation plane dont le profil en long est trapézoïdal, avec des rampes biseautées de forme sinusoïdale ou plane** [A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002].

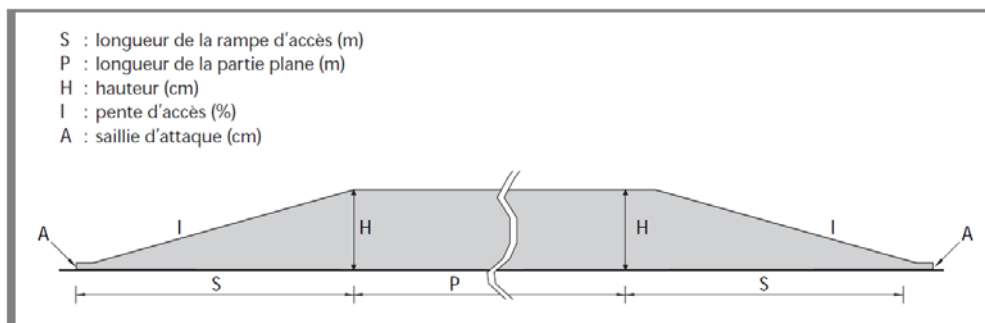


Figure 3 : Profil général (trapézoïdal) et éléments caractéristiques d'un plateau avec rampes biseautées planes



Figure 4 : Forme des rampes d'un plateau (sinusoïdale ou plane)

Les plateaux n'ont pas pour seul objectif la réduction des vitesses. Les multiples façons de l'aménager (en section ou en carrefour) offrent des opportunités intéressantes dans le cadre de la requalification d'un espace public ou pour faciliter la traversée des piétons, notamment des personnes à mobilité réduite.

Le choix parmi les divers profils longitudinaux prévus par les Arrêtés royaux (chapitre 5.3) s'opère selon la destination du plateau, le type de trafic l'empruntant et les circonstances locales. Bien que le Code de la route prévoit une limite de vitesse à 30 km/h au droit de ce dispositif, l'effet ralentisseur sera plus ou moins marqué selon "l'agressivité" du profil retenu.

3.3 Les ralentisseurs

Le **ralentisseur de trafic** consiste en une **surélévation de forme sinusoïdale** (sans partie plane), **établie au moins sur toute la largeur de la chaussée** et perpendiculairement à l'axe de celle-ci [A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002].

Toutefois, lorsque les sens de circulation sur une chaussée sont séparés autrement que par des marques routières, la largeur du ralentisseur peut être limitée à la partie de la chaussée destinée à un sens de circulation.

Le ralentisseur s'installe en section et a pour unique vocation de contraindre physiquement le conducteur à ralentir la vitesse de son véhicule. Un seul profil géométrique – profil d'allure sinusoïdale d'une longueur de 4,80 m et présentant une hauteur maximale en son centre de 12 cm – est prévu par la législation belge. Il est destiné à limiter la vitesse pratiquée à 30 km/h.



Figure 5 : Ralentisseur de trafic composé d'éléments préfabriqués (à gauche) et de pavés (à droite)

3.4 Les coussins berlinois

Employés pour la première fois à Berlin, les coussins consistent en des **surélévations implantées en section**, mais, à la différence des dispositifs surélevés (ralentisseurs et plateaux), ils **ne s'étendent pas sur toute la largeur de celle-ci**.



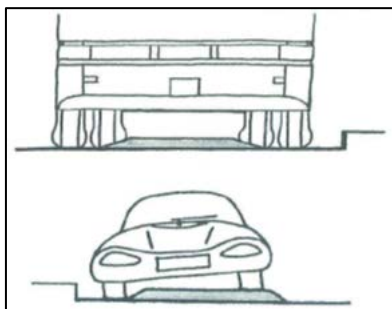
Figure 6 : Coussins placés côte à côte sur une chaussée de 6,90 m de largeur

Bien qu'ils puissent "entourer" une traversée piétonne, les coussins ont également pour unique vocation d'inciter le conducteur à ralentir la vitesse de son véhicule. Leurs caractéristiques géométriques ne permettent toutefois pas de les considérer comme des dispositifs 30 km/h⁴.

Le but des coussins est d'apporter moins de contraintes aux véhicules de transport en commun et aux véhicules lourds tout en imposant aux autres véhicules – sauf les deux roues – le passage sur ledit dispositif et créant de la sorte un effet de ralentissement [C.M. du 03 mai 2002].

⁴ Le Code de la route n'impose pas une vitesse spécifique pour le franchissement des coussins. Ils ne peuvent toutefois être installés que sur une voirie limitée à 50 km/h.

La Circulaire ministérielle prévoit la possibilité d'installer un coussin plus étroit (1,75 m) sur les itinéraires bus et poids lourds, et plus court (1,70 m) en zone 30 km/h.



On notera toutefois que les roues intérieures des essieux de roues jumelées des bus et poids-lourds ne présentent pas un écartement suffisant (l'entraxe est de +/- 1,50 m) pour passer de part et d'autre du coussin et chevauchent donc les chanfreins latéraux. Ces dispositifs ne sont dès lors pas sans inconfort pour les occupants de ces véhicules.

Figure 7 : Illustration de l'interaction entre coussin et roues des véhicules

En outre, divers modes d'implantation sont envisageables (un seul coussin, deux coussins côte à côte, avec ou sans dispositif séparateur), principalement en fonction de la largeur de la chaussée (chapitre 7).

Des coussins à fixer (provisoirement) sur la chaussée sont également disponibles sur le marché des équipements routiers (Figure 8).

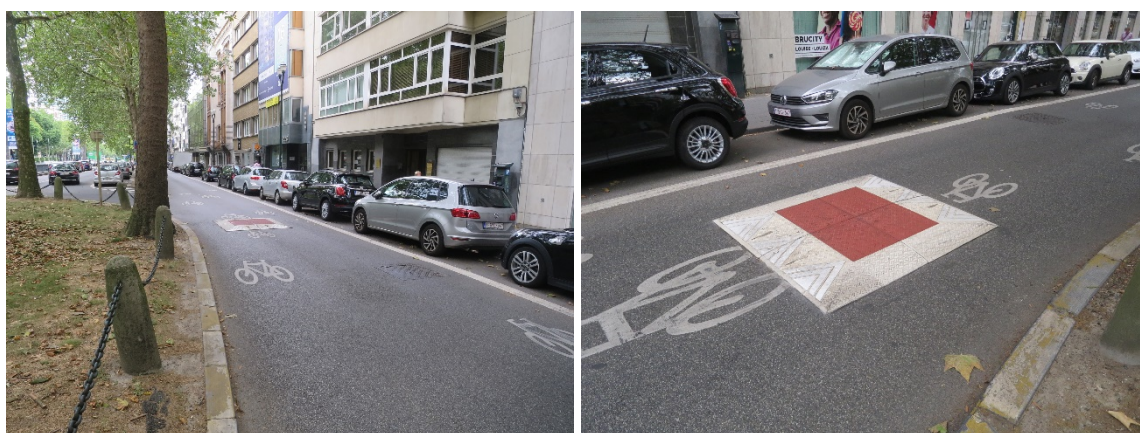


Figure 8 : Coussin unique fixé sur une chaussée d'une largeur de 3,70 m

4 Le choix du dispositif

Dès lors qu'un gestionnaire ou un auteur de projet envisage de modérer la vitesse des véhicules, ou de sécuriser une intersection ou une traversée, par l'aménagement d'une surélévation locale de la chaussée, il doit prendre en compte divers éléments au moment de déterminer le type et les caractéristiques du dispositif ralentisseur surélevé (ralentisseur, coussin ou plateau) ; lesquels sont expliqués dans le chapitre 4.1 et synthétisés au chapitre 4.2 (Tableau 9).

4.1 Eléments déterminant le choix du type de dispositif ralentisseur surélevé et ses caractéristiques géométriques

4.1.1 La fonction de la voirie, le volume et le type de trafic

Textes réglementaires et état de l'art

D'un point de vue réglementaire, l'A.R. du 09/10/1998 (modifié par l'A.R. du 03/05/2002) fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique indique que les ralentisseurs et plateaux ne peuvent être implantés sur les voies publiques que si celles-ci :

- Sont situées,
 - 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;
- Présentent des conditions de circulation telles qu'une réduction importante de la vitesse soit de nature à améliorer la sécurité, spécialement celle des piétons et des cyclistes.

*Tableau 2 : Considérations françaises et hollandaises
à propos du domaine d'utilisation des dispositifs ralentisseurs surélevés*

En France, l'utilisation des **ralentisseurs** est limitée aux agglomérations, aux voiries internes des aires de services ou de repos, ainsi qu'aux chemins forestiers. A l'intérieur de ces zones, ils ne doivent être implantés que, soit dans une zone 30, soit, sur une section de voirie à vitesse localement limitée à 30 km/h, faisant partie de l'ensemble urbain limité à 50 km/h. Les ralentisseurs sont interdits sur les voiries dont le trafic dépasse **3.000 véhicules par jour** pour l'ensemble des deux sens de circulation (Moyenne Journalière Annuelle attendue après aménagement). Ils sont proscrits sur les voiries supportant un trafic poids-lourds supérieur à **300 poids-lourds par jour**, et ne sont pas recommandés au-delà d'un trafic de 100 poids-lourds par jour.

Selon [CERTU 2010], les **coussins** peuvent à priori être utilisés sur des voiries urbaines quel que soit le volume de trafic supporté. Toutefois, au-delà de **10.000 véhicules par jour** pour les deux sens confondus, on évitera leur implantation s'il existe un trafic significatif de deux-roues motorisés. Ils sont généralement adaptés pour les voiries empruntées par une ligne régulière de transport en commun où l'implantation des ralentisseurs de type dos-d'âne et trapézoïdal est interdite, mais où la réduction de la vitesse est nécessaire, sur les chaussées à une ou deux bandes par sens de circulation, sur une rue à vitesse limitée à 50 km/h (avec limitation ponctuelle à 30 km/h à proximité de l'aménagement), dans une zone 30 ou en entrée de cette zone.

Un **plateau** n'a quant à lui pas pour seule vocation d'imposer le respect de la vitesse réglementaire ; s'intégrant bien dans le paysage urbain, il peut contribuer à une bonne lisibilité de l'espace public et offrir des opportunités intéressantes sur le plan de l'aménagement de celui-ci. Selon [CERTU 2010], l'implantation des plateaux est généralement adaptée :

- sur des voiries où la présence d'une ligne régulière de transport en commun ne permet pas l'implantation des ralentisseurs de type dos-d'âne et trapézoïdal (ces deux types sont autorisés en France) mais où la réduction de la vitesse est nécessaire;
- sur une section de chaussée à vitesse localement limitée à 30 km/h, faisant partie de l'ensemble urbain limité à 50 km/h;
- dans une zone 30 ou à la limite de cette zone;
- sur des voiries où l'on souhaite ralentir tous les usagers, y compris les conducteurs de deux-roues motorisés;
- sur des lieux de conflit de mouvements entre usagers (ex. : traversée piétonne en carrefour).

Pays-Bas

La détermination des "règles du jeu" pour l'application des dispositifs réducteurs de vitesse commence par la catégorisation des routes en fonction du concept *Duurzaam veilig*⁵. La mesure s'applique uniquement aux *erftoegangswegen* et aux *gebiedsontsluitingswegen*⁶ [CROW, 2014]. On rencontre aussi bien des ralentisseurs et plateaux en agglomération qu'en dehors de celles-ci, mais le modèle doit être adapté au domaine d'application (Figure 9).

Wegcategorie	ETW		GOW	
	Bibeko	Bubeko	Bibeko	Bubeko
Drempel 20	zelden	n.v.t	n.v.t	n.v.t.
Drempel 30	ja	ja	n.v.t.	n.v.t.
Drempel 50	n.v.t	n.v.t	ja	n.v.t.
Drempel 60	n.v.t.	ja	n.v.t.	ja
Plateau 30	ja	ja	n.v.t.	n.v.t.
Plateau 50	n.v.t	n.v.t.	ja	n.v.t.
Plateau 60	n.v.t	ja	n.v.t.	ja

Figure 9 : Mise en pratique des dispositifs ralentisseurs verticaux en fonction de la catégorie de trafic et en/hors agglomération [CROW, 2014]

(ETW : Rue de lotissement; GOW : Routes de desserte locale, Bibeko/Bubeko : En agglomération/Hors agglomération ; Drempel : Ralentisseur ; zelden : rarement ; nvt : pas d'application)

Sept types de profil ont ainsi été définis, à chacun correspond une vitesse de franchissement (20, 30, 50 ou 60 km/h). Le ralentisseur 30 est destiné aux zones 30 km/h et aux endroits où la situation l'exige, par exemple aux abords d'école. Le plateau avec une vitesse de franchissement de 30 km/h est principalement destiné aux rues de lotissement (zones 30 km/h), pour un carrefour type 30/30 km/h. Le plateau avec une vitesse de franchissement de 50 km/h est destiné aux situations dans les agglomérations où le 50 km/h est acceptable, mais ne peut pas être dépassé. On pense par exemple à la limite d'une commune ou d'un carrefour type 30/50 km/h.

Aux Pays-Bas, les coussins sont présentés comme des "busvriendelijke verkeersdrempels". L'ASVV [CROW, 2012] restreint leur utilisation aux routes à faible intensité de trafic (maximaal 4.000 motor voertuigen/etmaal). Par ailleurs, selon CROW 344 [2014], la proportion de véhicules lourds ne devrait pas excéder 5% (ce qui est normalement le cas le long d'une voirie où la fonction de séjour est prépondérante).

Tant la littérature (Tableau 2) que les dispositions réglementaires actuellement en vigueur en Belgique convergent vers le principe selon lequel les ralentisseurs, plateaux et coussins sont principalement destinés aux **voiries assurant la desserte locale** ; c'est-à-dire à priori là où la fonction de séjour est prépondérante. Ils ont en effet pour principaux objectifs de tranquilliser les déplacements et sécuriser les rues par la modération de la vitesse.

Toutefois, plateaux et coussins peuvent également trouver leur place le long des **voiries d'accès** où la modération du trafic peut être nécessaire localement par suite de la présence d'activités riveraines ou de traversées piétonnes ou cyclo-piétonnes. Le plateau, en particulier, contribue complémentarément à augmenter le niveau d'attention et le confort (accessibilité) des piétons au droit d'un carrefour ou d'une traversée, et ce même le long des grands axes.



Figure 10 : Aménagement d'un carrefour surélevé Quai Fernand Demets à Anderlecht (N215)

⁵ Initiative des autorités néerlandaises visant à améliorer la sécurité routière aux Pays-Bas.

⁶ *Erftoegangswegen en gebiedsontsluitingswegen* : routes de lotissement et routes de desserte locale.

On rappellera en outre que seuls les plateaux et les coussins peuvent être utilisés sur les voiries supportant le passage d'une ligne régulière de bus ou de nombreux poids-lourds (selon les termes des Arrêtés royaux). En présence de ce type de trafic, les caractéristiques géométriques des plateaux doivent être adaptées : rampes plus longues pour obtenir une pente de 4% maximum (voir chapitres 4.1.2 et 5.3).






L'expérience indique que cette géométrie, adaptée aux bus, car plus confortable, ne contribue que modérément à la réduction des vitesses des voitures et que des mesures d'accompagnement (ex. dévoiement, rétrécissement ...) peuvent dès lors s'avérer nécessaires, en particulier sur les rues de quartiers où la modération des vitesses est un élément important.

La spécialisation multimodale des voiries peut influencer le choix des dispositifs

En 2014-2015, Bruxelles Mobilité a élaboré un projet de "spécialisation multimodale des voiries" qui comprend, notamment, la définition et la cartographie de réseaux hiérarchisés par mode (au nombre de cinq ; Tableau 3).

A l'analyse des caractéristiques des réseaux Auto, Transport en Commun et Poids-Lourds, on peut recommander d'éviter l'installation de tout type de dispositif ralentisseur surélevé sur le niveau "+" puisqu'il est destiné à l'écoulement du trafic. Outre cela, les ralentisseurs et plateaux à pente de rampe $\geq 8-10\%$ ne sont pas autorisés sur les réseaux TC et PL (voir chapitre 4.1.2).

Tableau 3 : Niveaux de spécialisation multimodale tels que proposés en Région de Bruxelles-Capitale

	PLUS aires	COMFORT itinéraires	QUARTIER
	Rues et places à fortes concentrations de piétons, qui orienteront le partage de l'espace	Itinéraires de liaisons confortables vers et entre pôles piétons (donner accès et relier)	Sécurité et accessibilité universelle pour chaque rue et place
	PLUS réseau	COMFORT itinéraires	QUARTIER
	Itinéraires rapides, directs et confortables sur des grandes distances, essentiellement longeant axes routiers et lignes ferroviaires	Itinéraires apaisés et attrayant à travers les quartiers de vie	Toutes les rues cyclables, avec des itinéraires locaux complémentaires
	PLUS réseau	COMFORT itinéraires	QUARTIER réseau
	Axes TC en surface rapides sur des grandes distances (haut niveau de service) complémentaires au rail et métro	Axes tram et bus visant une bonne régularité sur des distances moyennes	Desserte TC de proximité , dans et entre les quartiers à trafic apaisé
	PLUS réseau	COMFORT itinéraires	QUARTIER
	Itinéraires forts sur des grandes distances entrant, sortant et traversant la ville (liaison)	Itinéraires de préférence lisibles, regroupant le trafic entrant, sortant et traversant les quartiers (accès)	Autres rues: quartiers de vie apaisés; trafic à destination locale uniquement, (desserte locale)
	PLUS réseau	COMFORT itinéraires	QUARTIER
	Itinéraires forts pour grands camions entre autoroutes et zones d' industrie et portuaire	Itinéraires de préférence lisibles, canalisant la distribution urbaine par véhicules de taille moyenne	Autres rues: desserte de destinations locales

Dans certains cas, la superposition de deux réseaux peut contraindre le choix du type de dispositif. Par exemple, s'il est décidé de travailler avec un dispositif surélevé, la combinaison des réseaux Auto Quartier et TC Quartier conduit à privilégier l'installation de coussins. En effet, dans les quartiers, la modération de la vitesse des véhicules motorisés est un élément essentiel, qui n'est pas garanti par l'utilisation de plateaux adaptés à la circulation des bus.

La circulation des piétons et cyclistes n'a, elle, pas besoin d'être ralentie par la présence de dispositifs surélevés, lesquels constituent même plutôt une source d'inconfort inutile pour les cyclistes (par exemple, on n'installera pas de coussins dans une rue cyclable). Cependant, piétons et cyclistes

bénéficient de l'apaisement du trafic motorisé, notamment par l'installation de plateaux aux carrefours et au droit des traversées, voire dans ce second cas, de coussins. Les plateaux (et par ailleurs également les trottoirs traversant) sont également très utiles pour assurer une accessibilité universelle pour les piétons et PMR.

4.1.2 Le réseau de transport en commun

Selon la législation (Arrêtés royaux du 09 octobre 1998 et du 03 mai 2002) actuellement en vigueur, les **ralentisseurs** ne peuvent pas être implantés sur les voiries empruntées par un service régulier de transport en commun⁷.

Cette restriction n'est pas d'application pour les **plateaux** si **une concertation a eu lieu préalablement avec les services concernés**. Si l'installation d'un plateau est confirmée, la concertation portera notamment sur le choix de ses caractéristiques géométriques : hauteur, longueur des rampes et de la partie plane (pour les détails, voir le chapitre 5.3).

Les **coussins** peuvent également être installés sur les voiries empruntées par un service régulier de transport en commun. La Circulaire ministérielle du 03 mai 2002 relative aux dispositifs surélevés, destinés à limiter la vitesse à 30 km/h et aux coussins ne mentionne pas une concertation préalable avec les services concernés. Toutefois, ces dispositifs devant répondre à la double exigence d'efficacité et d'acceptabilité, une telle concertation est fortement recommandée. Ici encore, le choix des dimensions et du mode d'implantation devra tenir compte de la présence de bus (pour les détails, voir le chapitre 7).

Dans la mesure où ils n'impactent à priori pas la régularité des bus et n'apportent qu'un inconfort réduit pour leurs usagers (à condition qu'ils ne soient pas trop nombreux), les coussins peuvent en théorie trouver leur place sur les tronçons TC-Confort et TC-Quartier. Dans ce dernier cas, il conviendra toutefois de tenir compte du fait qu'il ne s'agit pas au sens strict d'un dispositif 30 km/h (cf. chapitre 7) et qu'il convient, selon les circonstances, d'assurer la modération de vitesse dans le quartier par une combinaison avec d'autres mesures.

L'inter-distance entre dispositifs de minimum 75 m, telle que prévue par la législation, semble acceptable pour préserver le confort des usagers des transports en commun.

S'agissant du lien entre intensité du trafic de bus et choix du dispositif, on peut recommander de porter une attention particulière aux tronçons communs à plusieurs lignes régulières, sur lesquels l'installation de dispositifs surélevés pourrait localement accentuer le risque de nuisances sonores ou vibratoires pour les riverains, vu la plus grande fréquentation de véhicules lourds (voir chapitre 9).

Les chapitres 5.3 et 7 traitent respectivement de l'implantation des plateaux et coussins. Le lecteur est invité à s'y référer, l'encadré suivant liste quelques points d'attention importants dès lors qu'il s'agit d'installer ces dispositifs sur les voiries empruntées par les lignes de bus.

⁷ Itinéraire emprunté par les opérateurs de transport en commun.

Tableau 4 : Points d'attention relatifs aux plateaux et aux coussins installés sur des voiries empruntées par une ligne de bus

- Points d'attention relatifs aux plateaux :
 - o La pente des rampes doit être adaptée à la circulation des bus. Il n'y a que quatre géométries principales : plateau trapézoïdal d'une hauteur (Ht.) de 10 cm muni de rampes longues (L.) de 2,5 m, ou Ht. 12 cm / L. 3 m ou Ht. 15 cm/ (L. 5 m), ou encore rampe sinusoïdale L. 3,8 m pour H. 15 cm (Tableau 11 et Tableau 12);
 - o La longueur de la surface plane du plateau sera portée à au moins 8 mètres pour les voiries fréquentées par des autobus et à au moins 15 mètres s'il s'agit d'autobus articulés;
 - o Une attention particulière sera portée à l'uni du pied de la rampe (l'A.R. de mai 2002 limite la saillie d'attaque à ½ cm), afin de minimiser les nuisances pour les usagers et les riverains;
 - o Dans la même logique, on veillera à éviter à tout prix la création d'une contre-pente locale, au moment de l'installation du plateau, quitte à étendre le périmètre d'intervention des travaux de la voirie (l'A.R. du 09/10/1998 précise en outre que la pente cumulée route/rampe plateau ne peut jamais excéder 15%).

- Points d'attention relatifs aux coussins :
 - o Les caractéristiques géométriques des coussins sont présentées au chapitre 7.2. La largeur du coussin sera réduite à 1,75 m si la route est fréquentée régulièrement par des bus;
 - o Lorsqu'implantés côte-à-côte, les coussins seront distants de 1,2 m (tout en préservant un espace circulaire d'au-moins au minimum 0,70 m de part et d'autre des coussins ; Figure 66). Bien que ces distances ne permettent pas le croisement aisé de deux autobus ou poids-lourds, elles permettent à ceux-ci de s'aligner correctement sur l'axe des coussins (ce qui est souhaitable pour minimiser les nuisances sonores et l'inconfort des passagers);
 - o En outre, on veillera, là où passent des lignes régulières de bus, à localiser les coussins sur des tronçons rectilignes (Figure 62) et à supprimer le stationnement en amont et en aval sur une distance de minimum 5 m de part et d'autre du dispositif (Figure 25) lorsque l'espace réservé au stationnement présente une largeur d'au moins 2 m;
 - o Lorsque la largeur de stationnement disponible est inférieure à 2 m, et qu'un réaménagement local permettant de porter la largeur à 2 m n'est pas possible, il est recommandé d'étendre la suppression du stationnement, en amont et en aval, sur une distance de minimum 8 m de part et d'autre du coussin;
 - o Dans le même ordre d'idée, on évitera d'implanter des coussins à moins de 15 m à l'amont d'une zone d'arrêt de bus, pour permettre aux bus de se réaligner dans de bonnes conditions au niveau de l'arrêt après avoir franchi le coussin;
 - o Ce genre de dispositif ne sera en outre pas implanté à hauteur des arrêts de bus, car incompatibles avec la distance prévue entre la caisse du bus et la bordure de l'embarcadère;
 - o Une attention particulière sera portée à la saillie du coussin, au pied des chanfreins, pour limiter celle-ci au minimum sur tout le pourtour et minimiser les nuisances pour les usagers et les riverains. Si nécessaire, le périmètre d'intervention des travaux de la voirie sera étendu.

4.1.3 Les services de secours

Remarque préliminaire : nous recommandons au lecteur d'également consulter le Guide de bonnes pratiques en matière d'aménagement de voirie pour la circulation et l'accessibilité des véhicules de secours [Bruxelles Mobilité, 2020]

Pour se rendre sur les lieux d'un sinistre et en limiter les conséquences, les véhicules de secours utilisent le réseau routier. Les contraintes que ces véhicules rencontrent sont d'une part, liées à leurs caractéristiques propres (gabarit), et d'autre part, imposées par des facteurs externes – congestion, dispositifs de ralentissement, gabarit des voiries, aménagements des voiries... (SIAMU, 2017).

Les véhicules de secours sont appelés à intervenir sur l'ensemble du territoire de la Région de Bruxelles-Capitale. Ils sont implantés en divers endroits répartis géographiquement sur le territoire de la Région soit dans des casernes, soit dans des hôpitaux. Ces casernes/postes disposent chacun d'un "secteur" propre d'intervention. En termes de mobilité, cela implique que, pour partir en intervention, les véhicules de secours empruntent :

- des axes de pénétration pour chaque caserne/poste qui permettent de rejoindre les différents quartiers de leurs secteurs respectifs (ou l'ensemble du territoire régional pour le cas de la caserne Hélicoptère);
- l'ensemble des voiries de la Région de Bruxelles-Capitale.

La carte de la Figure 11 exprime les itinéraires empruntés par les véhicules d'urgence lors de l'année 2015. Elle illustre les grandes tendances de fréquentation et permet de mettre en évidence, d'une part, qu'une très grande partie du réseau de voiries bruxellois est empruntée par les services de secours (de ce fait, la totalité des voiries devrait répondre aux normes d'accessibilité de ces véhicules), et d'autre part, que certaines voiries sont plus empruntées et sont donc à considérer comme des axes de pénétration pour les véhicules de secours [SIAMU, 2017].

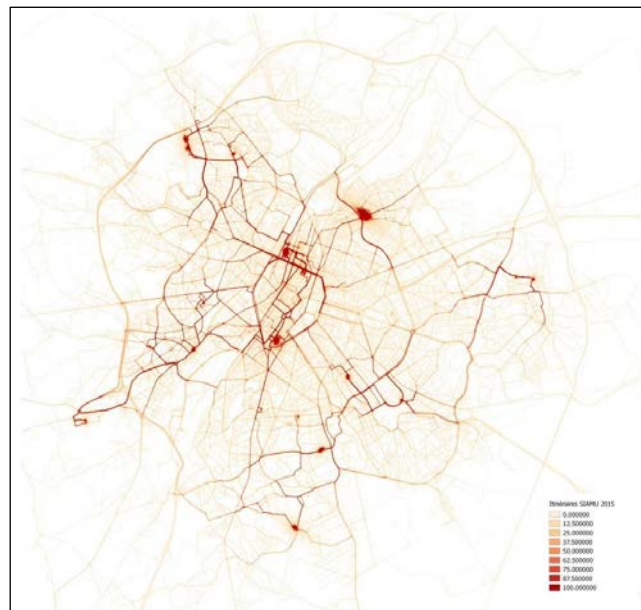


Figure 11 : *Grandes tendances de fréquentation* par les véhicules d'urgence (itinéraires empruntés lors de l'année 2015)

Sur cette base, le SIAMU a pu dresser une liste des axes de pénétration (Figure 12). Il s'agit des axes de la Région principalement utilisés par les services de secours pour se rendre sur les lieux d'intervention. Ce sont donc ceux qui ont le plus d'influence sur le temps d'intervention.



Figure 12 : Axes de pénétration (en rouge), considérés prioritaires pour le Service d'Incendie
(Source : Service Plan du SIAMU de la Région de Bruxelles-Capitale, 01/2019)

Par ailleurs, la taille des convois varie en fonction du type d'intervention ; le charroi comportant des autopompes, des échelles et élévateurs, des véhicules spéciaux, des voitures et des ambulances.

Les dispositifs ralentisseurs, tels que des dispositifs surélevés et coussins, des désaxements et rétrécissements de chaussées, etc. comptent parmi les contraintes rencontrées en voirie. Ils agissent entre autres sur la vitesse des véhicules de secours et donc sur leur temps d'intervention. Leur utilisation doit donc se faire de manière raisonnée.

Selon l'A.R. du 09/10/1998, les **ralentisseurs** de trafic ne peuvent être placés sur une voirie soumise au passage régulier de véhicules des services de secours (p. ex. à proximité d'un hôpital, d'une caserne). Ils ne sont donc pas souhaités sur un axe de pénétration SIAMU.

Quant aux **plateaux**, l'A.R. du 09/10/1998 prévoit qu'ils puissent être placés sur les voiries soumises au passage régulier de véhicules des services de secours, pour autant que soit organisée une **concertation préalable avec les services concernés**. Le SIAMU ayant défini des axes de pénétration, cette concertation ne doit avoir lieu que pour la mise en place de dispositifs surélevés le long de ceux-ci. Outre cette concertation, les plateaux prévus sur un axe de pénétration doivent être du "type poids lourds" avec une **pente maximale de 4%**.

S'agissant des **coussins**, l'**avis des services d'intervention d'urgence** est requis lorsqu'ils sont amenés à emprunter fréquemment la voirie où seront implantés ces dispositifs (C.M. du 31/05/2002). Ici encore, leur placement sur un axe de pénétration est conditionné par la consultation du SIAMU.

4.1.4 Le réseau cyclable

La réglementation belge ne comporte pas d'éléments traitant spécifiquement de l'impact, ou de la compatibilité des dispositifs ralentisseurs surélevés avec les aménagements cyclables. Chacun des trois dispositifs traités dans ce document peut en principe s'accommoder du passage des cyclistes, moyennant le respect des dispositions pratiques (caractéristiques géométriques, paramètres de confort) propres aux aménagements cyclables⁸.

Toutefois, une modification du profil en long de la voirie est une source d'inconfort pour les cyclistes. N'étant pas ciblés par la volonté de modération des vitesses pratiquées, la présence de dispositifs ralentisseurs surélevés sur leur cheminement n'est qu'inconvénients pour eux. Bien entendu, ils bénéficient de la réduction de trafic motorisé (transit en particulier) et de l'apaisement de celui-ci par la mise en place de mesures adéquates : mini giratoires, dévoiements, ... et dispositifs surélevés, lesquels, pour la raison évoquée ci-avant ne constituent pas un premier choix.

Sur les voiries Auto Confort, l'installation de plateaux aux carrefours et au droit des traversées améliorera la sécurité des cyclistes. En voiries Auto Quartier, l'insertion d'un ralentisseur en section produira le même effet par la modération de la vitesse des véhicules motorisés.

Bien que ces deux types de dispositifs ne soient pas trop inconfortables pour les cyclistes, certaines organisations, comme le CROW, 2012 ne recommandent pas leur usage sur les itinéraires cyclables sans la prise de mesures adéquates, comme la création d'un **bypass cyclable** (espace latéral à niveau) lorsque les conditions locales s'y prêtent (*Figure 15*). Cette mesure présente toutefois quelques inconvénients (déviation de la trajectoire des cyclistes, suppression de stationnement, entretien, visibilité du dispositif la nuit...) et, est dès lors peu très pratiquée en région bruxelloise.

⁸ *Vademecums relatifs aux infrastructures cyclables* - <https://mobilite-mobiliteit.brussels/fr/publications-techniques>



Si des bandes ou pistes cyclables en chaussée existent en amont d'un plateau ou d'un ralentisseur, elles pourront éventuellement se prolonger sur le dispositif sans grand risque, puisque ceux-ci s'étendent sur toute la largeur de la chaussée (hormis les cas où le profil transversal est volontairement abaissé pour rejoindre les filets d'eau latéraux, ou encore lorsque le stationnement est autorisé en accotement sans une distance de sécurité suffisante).

Figure 13 : Piste cyclable marquée interrompue à hauteur d'un ralentisseur

Remarque : sur la Figure 13, malgré l'interruption du marquage en peigne, le stationnement en accotement est de nature à dévaloriser la règle générale interdisant le stationnement sur les ralentisseurs et plateaux (voir aussi le chapitre 4.1.7).

Dans certaines circonstances, les dispositifs ralentisseurs surélevés peuvent devenir source d'insécurité. Il convient en particulier de prêter attention au risque de déstabilisation du cycliste⁹ associé aux caractéristiques géométriques du dispositif (saillie verticale, chanfreins, défauts ponctuels), aux éventuels obstacles associés à ces aménagements (bordures latérales, balises, coins saillants), à la présence de stationnement (risque lié à l'ouverture des portières), au manque d'entretien, ...

Tableau 5 : Recommandation anglaise à propos des chanfreins des coussins

Selon [Dft 2007], les pentes des chanfreins latéraux des coussins ne devraient pas être plus raides que 1:4 pour éviter les problèmes rencontrés par les cyclistes et les motocyclistes. Celles des chanfreins avant et arrière ne devraient pas dépasser 1:8.

Les coussins préfabriqués (en béton) commercialisés pour l'instant sur le marché belge présentent les pentes des chanfreins suivantes :

- Coussins type "zone 30" (longueur réduite à 1,70 m) : chanfreins latéraux, avants et arrières d'une pente de 1:5 (20%);
- Coussins standards (longueur de 3,00 m) : chanfreins latéraux d'une pente de 1:5 (20%), chanfreins avants et arrières d'une pente de 1:8 (12.5% ; avec une légère variation selon le fabricant).

Sans énoncer de règles précises, la pratique de terrain amène toutefois à recommander de prêter une attention particulière aux cas des coussins qui, n'étant pas installés sur toute la largeur de la chaussée, sont plus sujets aux risques énoncés ci-avant que les autres dispositifs (Figure 14).



Figure 14 : Illustration de quelques aménagements du type coussins susceptibles d'impacter négativement la sécurité des cyclistes

⁹ Cette considération est pertinente pour l'ensemble des deux-roues.

4.1.5 Le réseau piétons

Comme les autres modes, le réseau piéton a pour la première fois une existence dans Good Move. Ce réseau a été conçu avec les communes et les associations locales lors de l'état des lieux de l'accessibilité des aménagements piétons dans le cadre du Plan d'Accessibilité de la Voirie et de l'Espace public (PAVE). Il se décline en "Piéton Plus, Confort et Quartier", comme pour les autres modes.

Les voiries Piétons Plus correspondent aux aménagements piétons où actuellement il y a le plus de piétons et de fonctions attractives pour ceux-ci. Au sein de ce réseau, le plan Good Move prévoit d'ajouter des Magistrales piétonnes (classées dans la catégorie Piéton Plus) sur des liaisons piétonnes prometteuses (comme une liaison Tour et Taxis–Piétonnier du Centre-Ville, ou Place Royale–Rond-Point Schuman. Ces magistrales se trouvent sur des axes très attractifs pour les piétons et combinent les fonctions de mobilité et de séjour. Elles nécessitent donc des aménagements donnant la priorité de fait au piéton et un niveau de confort élevé, et ce même lors d'un croisement avec un axe routier.

Les dispositifs ralentisseurs surélevés peuvent offrir des avantages pour les piétons, en particulier au niveau des traversées des voiries, et ce, soit en modérant les vitesses pratiquées sur cette voirie, soit en permettant une traversée de plain-pied. Traverser de plain-pied est un avantage inestimable pour les piétons mais surtout pour les PMR, par suite de l'absence d'obstacle aux roues et à la marche. Par exemple, les personnes âgées voient le processus de traversée entravé par une bordure trop haute vis-à-vis de laquelle elles doivent être vigilantes, ce qui les distrait du trafic.

Les plateaux et les trottoirs traversants (voir le chapitre 5.2.3) concernent donc les piétons au premier plan et, sont recommandés sur un réseau Piéton Plus et lors du croisement avec une magistrale. Le plateau s'impose pour assurer la continuité du déplacement piéton, tel que souhaité dans Good Move.

S'agissant du positionnement de la traversée piétonne, il convient également de veiller à ce que le marquage en peigne des rampes d'accès n'interfère pas visuellement avec le marquage de la traversée piétonne ou toutes autres marques relatives à l'intersection (voir aussi le chapitre 5.2.3). Concrètement, une distance de minimum 3 m est recommandée entre le peigne et le passage piéton.

Pour que les personnes malvoyantes puissent bénéficier du confort d'une traversée de plain-pied, il s'agira de les avertir qu'elles traversent un axe circulé (en bordure des plateaux et sur les trottoirs traversants) par le placement des dispositifs podotactiles ad hoc.

En revanche, un passage pour piétons ne peut pas être marqué sur les ralentisseurs de trafic et sur les coussins. Les coussins peuvent toutefois l'encadrer et ainsi renforcer les obligations des conducteurs au droit du passage pour piétons (voir aussi le chapitre 4.1.10).

4.1.6 La limite de vitesse et les vitesses pratiquées sur la section considérée

Selon la législation actuellement en vigueur (A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002), les dispositifs surélevés (**ralentisseurs et plateaux**) ne peuvent être implantés que sur les voies publiques situées :

- 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 y existe une limitation de vitesse de 50 km/h imposée par un signal C43, 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.

En outre, ces voies publiques doivent présenter des conditions de circulation telles qu'une réduction importante de la vitesse des véhicules soit de nature à améliorer la sécurité, spécialement celle des piétons et des cyclistes.

Le titre de l'A.R. du 09 octobre 1998, tel que modifié par l'A.R. du 03 mai 2002, stipule clairement que les ralentisseurs et plateaux sont destinés à limiter la vitesse maximale à 30 km à l'heure.

S'agissant des **coussins**, la C.M. du 3 mai 2002 (préfigurant un futur cadre réglementaire) mentionne que ces dispositifs ne peuvent être implantés que sur des voies publiques où la vitesse maximale autorisée est de 50 km/h¹⁰ et, moyennant le contexte, non pas immédiatement mais à une distance d'au moins 100 m du début de la limitation. Cette même circulaire indique qu'il ne s'agit à priori pas d'un dispositif 30 km/h, bien qu'il puisse, compte tenu de certaines caractéristiques géométriques spécifiques, être utilisé complémentirement dans les zones 30.

Tableau 6 : Synthèse des recommandations françaises, hollandaises et anglaises à propos des vitesses limites et pratiquées sur les sections supportant un dispositif ralentisseur surélevé et distance entre dispositifs

En France, l'implantation des ralentisseurs, plateaux et coussins est réservée aux zones 30 km/h (ou à la limite de cette zone) et aux sections de chaussée à vitesse localement limitée à 30 km/h, faisant partie de l'ensemble urbain limité à 50 km/h. En outre, selon [CERTU, 1994], il importe de limiter l'emploi de ralentisseurs à des voies où le dépassement de la limite de vitesse n'est pas trop élevé. Ce guide indique que les vitesses pratiquées par au moins 85% des usagers (V85) ne devrait pas dépasser 60 km/h avant mise en place de la limite de vitesse à 30 km/h.

En général, il n'est pas recommandé d'installer un dispositif ralentisseur surélevé de manière isolée, mais plutôt de le combiner, soit, avec un autre dispositif du même type, soit avec un ou plusieurs aménagements concourant à la réduction de vitesse. Une entre-distance de moins de 150 m, mais de plus de 30 m est recommandée [CERTU 1994].

Aux Pays-Bas, le [CROW 2014] est un peu plus conservateur à propos des vitesses d'approche puisqu'il indique qu'en règle générale, lors du choix d'installer un ralentisseur ou un plateau, il faut éviter que les usagers empruntant la route ne l'approchent à une vitesse supérieure de plus de 20 à (maximum) 25 km/h à la vitesse de franchissement du dispositif. Par exemple, l'installation d'un ralentisseur 30 km/h sur une route où la vitesse V85 est de 50 km/h est en principe un choix correct. A défaut de pouvoir respecter cette consigne, il faut prévoir des mesures d'accompagnement pour réduire par étape la différence entre ces vitesses caractéristiques. De plus grands écarts de vitesse sont synonymes d'insécurité et conduisent en outre, bien souvent, à un risque de nuisance sonore (augmentation du niveau sonore local).

Sept types de profil ont été définis, à chacun correspond une vitesse de franchissement (20, 30, 50 ou 60 km/h). L'adéquation entre ces vitesses et les profils en long semble avoir été confirmée par la pratique et/ou des études. Le ralentisseur 30 km/h est identique au ralentisseur belge. Les plateaux 30 km/h et 50 km/h présentent des pentes de rampe similaires à celles prévues dans la législation belge (*Figure 31*).

Aux Pays-Bas, la distance entre dispositifs successifs est communément comprise entre 50 et 100 m. Une formule mettant en relation la vitesse de franchissement des ralentisseurs, la vitesse souhaitée sur la section et la distance entre dispositifs a été établie pour guider le concepteur [CROW, 1988].

En Angleterre, en vertu de la réglementation, les dispositifs ralentisseurs surélevés peuvent être installés, sans autorisation spéciale, sur les voiries ayant une limite de vitesse de 30 mph (+/- 50 km/h), ou moins. Cependant, il convient de tenir compte des vitesses d'approche probables et des préoccupations des services d'urgence.

La réglementation ne requiert pas la présence d'une mesure de réduction de la vitesse en amont des dispositifs ralentisseurs surélevés. Selon [Dft, 1996_2], cela est toutefois recommandé pour s'assurer que, dans la mesure du possible, la limite de vitesse n'est pas dépassée lorsque le véhicule rencontre le premier dispositif surélevé. Cette mesure préalable de modération de la vitesse peut être une intersection (à priorité de droite), une courbe ou encore un effet porte. Lorsqu'une telle démarche est adoptée, elle devrait être localisée à moins de 60 m du premier dispositif surélevé (voire 10 à 20 m dans le cas d'un effet-porte).

Sauf dans le cas des coussins (par exemple, utilisés pour protéger un passage pour piétons), il est recommandé que les dispositifs ralentisseurs ne soient pas distants de moins de 20 m. L'espacement maximal entre les dispositifs influera sur les vitesses moyennes entre eux-ci et un espacement supérieur à 100 m peut augmenter considérablement les vitesses. Un espacement de plus de 150 m pour tout type de dispositif n'est pas recommandé (70 m dans le cas des coussins). Pour les zones 20 mph (+/- 30 km/h), un espacement de 60 à 70 m est requis.

Des formules permettant de déterminer les vitesses pratiquées en section, à mi-distance entre dispositifs ont également été établies [TRL, 1993] et donnent des résultats similaires à ceux obtenus avec les formules hollandaises.

Ainsi, outre la limite de vitesse qui prévaut sur la voirie considérée, il apparaît clairement dans l'état de l'art (Tableau 6 ci-dessus) qu'il convient également de tenir compte des vitesses réellement

¹⁰ Réglementée par l'usage d'un signal F1 ou d'un signal type C43.

pratiquées sur la section avant l'installation d'un nouveau dispositif ralentisseur, et cela quel qu'en soit le type. Pratiquement, on évitera d'installer un dispositif ralentisseur surélevé sur une voirie où les vitesses pratiquées (V85) sont supérieures de plus de 25 km/h à la vitesse de franchissement (V85) du dispositif. A défaut de pouvoir respecter cette consigne, il faudra prévoir des mesures d'accompagnement pour réduire par étape la différence entre ces vitesses caractéristiques.

4.1.7 La largeur de la chaussée

Les ralentisseurs et plateaux s'étendant de bordure à bordure, la largeur de la chaussée n'est en tant que telle pas un facteur limitant, hormis s'il est décidé d'installer un aménagement spécifique, tel un by-pass vélo. Un tel dispositif nécessite en effet de disposer d'une largeur de chaussée suffisante pour pouvoir assurer le cheminement des différents types d'utilisateurs dans les meilleures conditions de sécurité.

A ce sujet, [CROW, 2012] recommande de disposer d'une largeur totale de chaussée d'au moins 7,80 m, dans le cas d'une route unidirectionnelle, et en présence d'une route bidirectionnelle, d'au moins 9,50 m (largeur minimale) à 10,50 m (largeur idéale) (Figure 15).

Ce type d'aménagement présente toutefois quelques inconvénients (déviation de la trajectoire des cyclistes, suppression de stationnement, entretien, ...) et, est dès lors très peu pratiquée en région bruxelloise. S'il est choisi d'en installer un, il convient de prêter une grande attention à la parfaite visibilité de chacun de ses éléments, en particulier la nuit et pour les usagers des deux-roues motorisés. Les bordures saillantes seront bien évidemment évitées.

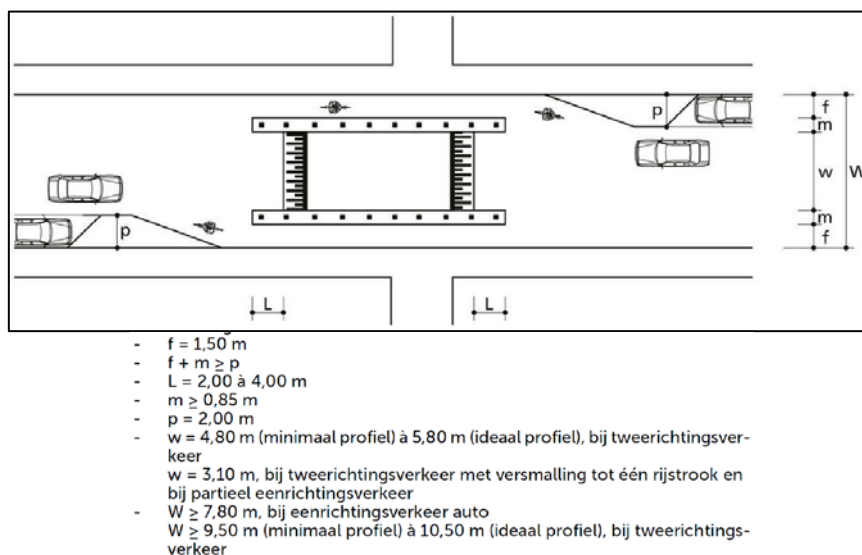


Figure 15 : Schéma de principe pour l'aménagement d'un plateau avec bypass cyclable [CROW, 2012]

Ainsi, la largeur totale disponible, mais aussi les circonstances locales (fonction, trafic, stationnement, accès, etc.) guideront le choix de l'aménagement. Dans le cas d'une traversée piétonne aménagée sur un plateau ou à proximité de coussins, on rappellera que si la traversée dépasse 7 m, un point de repos sécurisé (exemple : îlot central) doit être prévu au milieu [Bruxelles Mobilité, 2014].



Figure 16 : Bd du Triomphe (aménagement d'un îlot ; largeur chaussée 12 m)

L'aménagement d'un **ralentisseur en section** (voire d'un **plateau**) est parfois combiné avec un rétrécissement, en particulier pour réguler le stationnement et améliorer la lisibilité du ralentisseur en y ajoutant des éléments visuels verticaux (tels des arbres demi-tige ou des arbustes ; *Figure 17*). Dans ce type d'aménagement, il convient de rester attentif aux éléments suivants :

- Le dispositif ne devrait pas être aménagé de telle sorte qu'il donnerait erronément l'impression qu'il s'agit d'un lieu d'une traversée piétonne;
- Malgré l'interruption du marquage en peigne (*Figure 17*), le stationnement en accotement est de nature à dévaloriser la règle générale interdisant le stationnement sur les ralentisseurs et plateaux (voir aussi le chapitre 4.1.8);
- Le dispositif ne peut devenir un obstacle à l'écoulement des eaux de ruissellement;
- Lors de l'utilisation de bordures franches, on veillera à éviter les arêtes saillantes.



Figure 17 : Installation d'un ralentisseur sans ou avec aménagement complémentaire

Pour des chaussées très larges (> 7 m), on privilégiera plutôt l'installation de coussins, en respectant les modes d'implantation préconisés par la Circulaire ministérielle du 03 mai 2002.

S'agissant des **coussins**, différents modes d'implantation sont envisageables selon la largeur de chaussée disponible. Ainsi, la Circulaire ministérielle du 03 mai 2002 recommande d'associer un rétrécissement de la voirie pour les chaussées à sens unique d'une largeur inférieure à 5 m, et, pour les voiries à double sens d'une largeur inférieure à 6 m. Dans le cas de chaussées présentant une largeur supérieure à 6 m, l'implantation de **deux coussins côte à côte** s'impose. Dans cette situation, divers modes d'implantation sont prévus par la Circulaire ministérielle selon la largeur effectivement disponible (exemple en *Figure 18*). Ils seront détaillés au chapitre 7.



Figure 18 : Exemple d'implantation de deux coussins côte à côte ; illustration sur une chaussée dont la largeur est comprise entre 6 m et 7,2 m (coussins séparés par une ligne blanche continue ≥ 10 m)

A ce paramètre, s'ajoutent diverses contraintes relatives au type de mesure prévue pour les cyclistes, la présence éventuelle d'une ligne de transport en commun régulièrement fréquentée et la gestion du stationnement à proximité du dispositif.

L'installation d'un **plateau en carrefour** s'accompagne habituellement d'un réaménagement incluant des avancées ou des oreilles de trottoir pour réduire la longueur de la traversée, améliorer la visibilité réciproque, réduire le temps de traversée, garantir l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite et organiser le stationnement à proximité (Figure 19).



Figure 19 : Exemple d'aménagement d'un plateau en carrefour incluant des oreilles de trottoir

4.1.8 Le stationnement

L'article 22ter.1. du Code de la route prévoit que l'arrêt et le stationnement sont, sauf réglementation locale, interdits sur les dispositifs surélevés (**ralentisseurs et plateaux**) installés sur les voies publiques et annoncés par les signaux A14 et F87, ou, aux carrefours seulement annoncés par un signal A14 ou encore, situés dans une zone délimitée par les signaux F4a et F4b.

Toutefois, le Code du gestionnaire précise, en son article 11.6., que l'arrêt et le stationnement ne peuvent pas être autorisés sur les dispositifs surélevés sur la voie publique prévus à l'article 22ter.1, 3° de l'Arrêté royal du 1^{er} décembre 1975 portant règlement général sur la police de la circulation routière s'ils ont une longueur totale inférieure à 10 m. Pour autoriser le stationnement, il faut donc soit un signal du type E9, soit un marquage délimitant une case de stationnement.

Hormis la réduction automatique du nombre de places de stationnement, l'implantation **en section d'un ralentisseur ou d'un plateau ne donnant pas lieu à une traversée piétonne ou cycliste** ne pose en principe pas de problème spécifique. Le gestionnaire peut toutefois décider de prendre des dispositions locales particulières pour organiser le stationnement en accotement, ou encore renforcer la visibilité du dispositif par un aménagement complémentaire (exemple à la Figure 17-droite).

L'implantation d'un **plateau en section et organisant une traversée piétonne (marquée ou pas) ou cycliste** implique en revanche d'organiser le stationnement à proximité du dispositif en tenant compte du risque d'obstruction de la visibilité des piétons ou cyclistes désireux de traverser.

Comme l'indique [Bruxelles Mobilité, 2014], lorsque la chaussée comporte une zone permanente de stationnement adjacente au trottoir, celui-ci est élargi au droit des traversées piétonnes de manière à améliorer la sécurité des piétons. L'élargissement de la voie de circulation piétonne est prolongé de sorte que la zone de stationnement commence à minimum 5 m de la traversée piétonne dans le sens de la circulation. Même si le Code de la route interdit de stationner sur la chaussée à moins de 5 m en deçà des passages piétons, cette règle est rarement respectée dans le fait. Par conséquent et pour garantir systématiquement une visibilité minimale du piéton et du véhicule, les avancées de trottoir sont à généraliser en Région de Bruxelles-Capitale (Figure 20)¹¹.

¹¹ En outre, le Plan Régional de Politique du Stationnement (PRPS) précise que les gestionnaires de voirie ne peuvent pas prévoir des places ni les maintenir aux endroits où l'article 24 du Code de la route interdit l'arrêt ou le stationnement, par exemple, à moins de 5 mètres des carrefours ou à moins de 20 mètres des signaux lumineux des carrefours (https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/plan_stationnement.pdf).

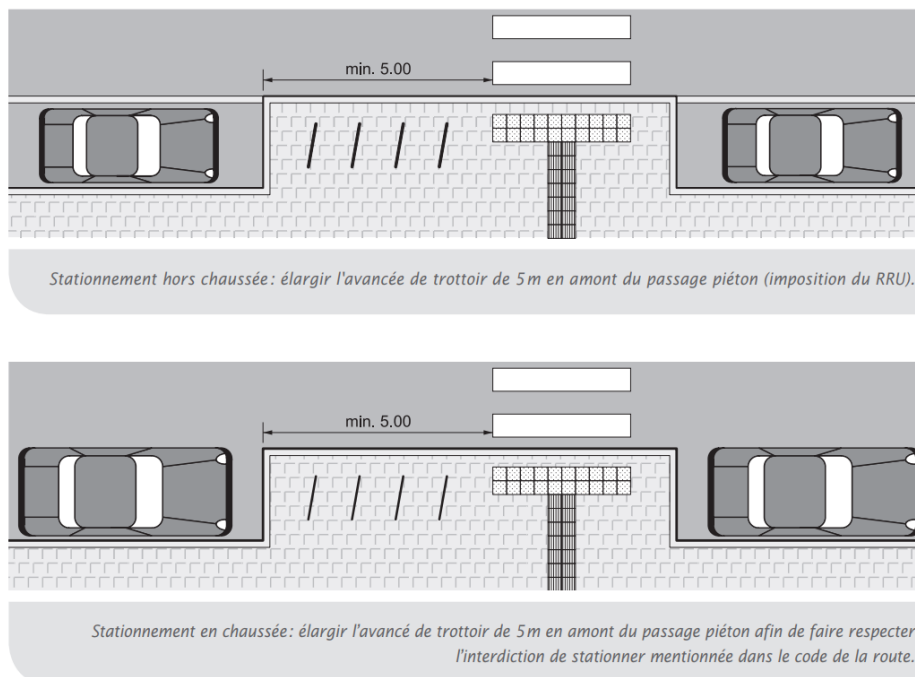


Figure 20 : Gestion du stationnement aux abords d'une traversée piétonne [Bruxelles Mobilité (2014). Cahier de l'accessibilité piétonne]

Sur le plan pratique, l'aménagement d'un plateau au niveau d'une telle traversée amène à prolonger l'avancée de trottoir en aval de la traversée piétonne (afin de garantir l'accessibilité du stationnement aval), comme proposé par la Figure 21. Ceci permet en outre d'assurer, dans les deux directions, une visibilité réciproque optimale entre piétons et usagers motorisés.

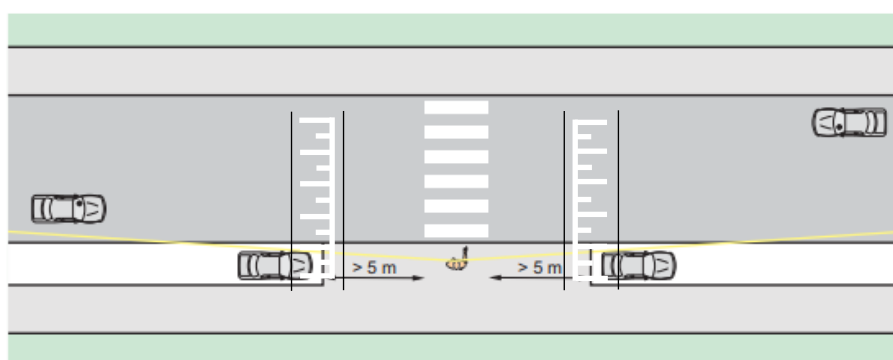


Figure 21 : Implantation d'un plateau en section avec une traversée piétonne, tenant compte de la visibilité réciproque entre piétons et usagers motorisés (solution optimale ; le Code de la route ne requérant pas l'interdiction du stationnement 5 m en aval du passage piéton)

Dans cet aménagement, il convient naturellement de tenir compte de la longueur des rampes du plateau, classiquement 1 m ou 1,2 m sur les voiries non fréquentées par des bus et/ou de nombreux poids-lourds, et 2,5 m ou 3 m dans le cas contraire¹². Pour les rampes les plus longues, ceci peut amener à allonger l'avancée de trottoir car **une distance de minimum 3 m est recommandée entre le peigne et le passage piéton**, afin d'éviter que ce dernier soit difficilement perceptible vu sa proximité avec les marquages de la rampe du plateau. Toutefois le contexte local peut conduire à déroger à cette règle (Figure 22).

¹² La longueur de la rampe pouvant varier de 0,70 m à 5 m selon le type de trafic et la hauteur du dispositif (A.R. du 03 mai 2002 et son errata ; voir aussi le chapitre 5.3).



Figure 22 : Distance réduite entre le peigne et le passage piéton à la suite du contexte local : positionnement des traversées selon le cheminement naturel des piétons et implantation des rampes tenant compte des entrées carrossables et du maintien du stationnement

Enfin, la construction d'un **plateau en carrefour** implique également d'organiser le stationnement à proximité du dispositif en tenant compte des conditions de traversée des modes actifs. Un stationnement à hauteur du plateau est envisageable, moyennant des mesures spécifiques (Figure 23).



Figure 23 : Implantation de plateaux en carrefour, tenant compte de la visibilité réciproque entre piétons et usagers motorisés (le stationnement n'est toléré que moyennant des mesures spécifiques)

Différemment des ralentisseurs et plateaux, aucune disposition réglementaire ne s'applique spécifiquement aux **coussins** en matière de stationnement. Les dispositions de l'article 24 "Interdiction de l'arrêt et du stationnement" du Code de la route s'appliquent comme à toute autre configuration de voirie.

En pratique, le concepteur et le gestionnaire devront prêter une attention particulière à la **problématique du stationnement en accotement à hauteur de deux coussins posés côte à côte et en présence d'une bande cyclable suggérée (BCS) ou d'une piste cyclable marquée (PCM)**. L'espace libre à droite du coussin est en effet limité à 1,2 m selon la Circulaire ministérielle. Un tel espace, s'il semble suffisant pour le passage du cycliste, peut s'avérer dangereux en cas d'ouverture intempestive d'une portière de voiture (*Figure 24*).

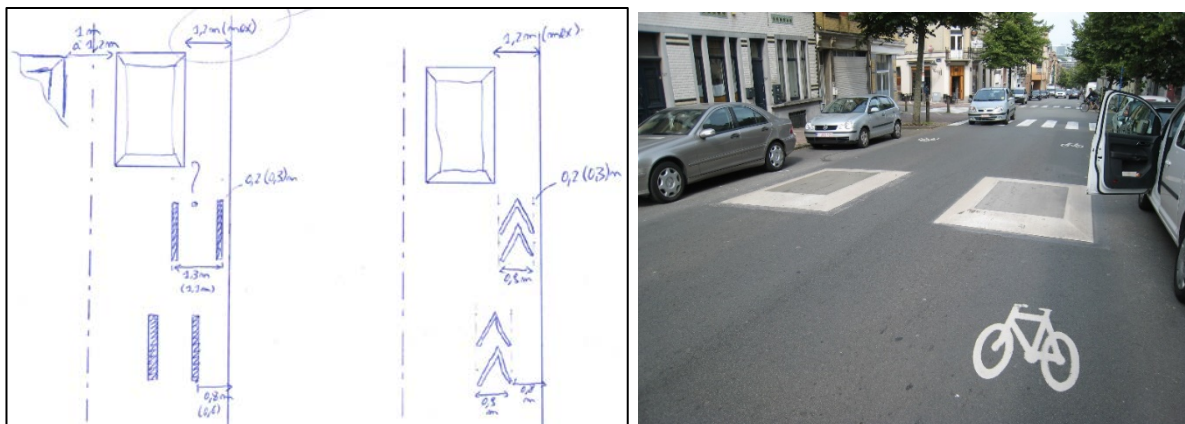


Figure 24 : Illustration de la problématique du stationnement (ouverture portière) à hauteur de deux coussins côte à côte et en présence d'une BCS

La largeur d'une PCM est de 1,3 m (marquages inclus). Une PCM s'avère donc logiquement incompatible avec l'utilisation de coussins (à moins d'un aménagement local permettant le dévoiement de la PCM, ou son interruption locale). Dans ce cas de figure, on privilégiera une BCS en veillant à empêcher le stationnement en accotement sur une longueur au moins équivalente à deux fois la longueur du coussin ou à deux emplacements pour voiture (*Figure 25*). **Une absence de stationnement sur une longueur d'au moins 6 mètres** devrait permettre aux cyclistes de garder une trajectoire fluide tout en évitant les éventuelles ouvertures de portière. Cela permet en outre **aux bus de mieux s'aligner sur l'axe des coussins, la STIB préconise à ce propos une absence de stationnement sur 5 m de part et d'autre du dispositif** lorsque l'espace réservé au stationnement présente une largeur d'au moins 2 m.



Figure 25 : Aménagement de l'accotement pour empêcher le stationnement à hauteur des coussins (exemple d'une chaussée d'une largeur de 6,20 m ; nb. une ligne blanche continue est manquante à mi distance entre les deux coussins)

Dans le cas présenté à la Figure 25, on recommande, lorsque la largeur de stationnement disponible est inférieure à 2 m, et qu'un réaménagement local permettant de porter la largeur à 2 m n'est pas possible, d'étendre la suppression du stationnement, en amont et en aval, sur une distance de minimum 8 m de part et d'autre du coussin.

En présence d'une PCM, et dès lors que la largeur de la chaussée le permet, une solution alternative consiste à aménager un îlot et une interdiction de stationnement à hauteur du coussin afin de sécuriser le cheminement des cyclistes (Figure 26). Dans ce cas, il s'agira de veiller à ne pas diminuer la largeur de la PCM, ni de créer un obstacle, au risque de dégrader les conditions de sécurité pour le cycliste. L'aménagement local empêchera le contournement du coussin.

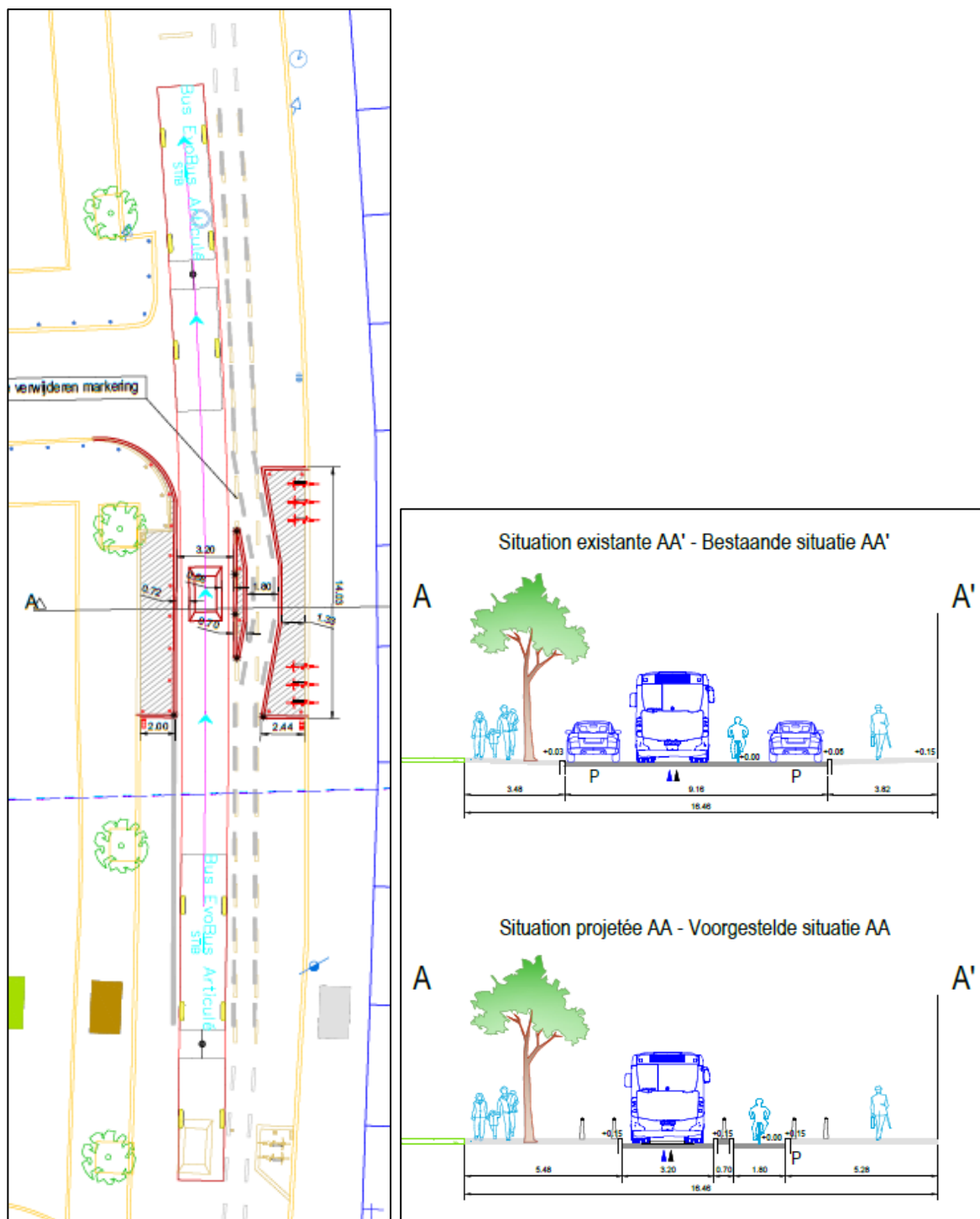


Figure 26 : Projet d'aménagement d'un îlot et de limitations de stationnement à hauteur du coussin (exemple d'une chaussée d'une largeur de minimum 9 m ; réseaux TC Confort et Vélo Confort)

Remarque : Lors d'un tel aménagement, le concepteur s'assurera de la parfaite visibilité de chacun des éléments, en particulier la nuit et pour les usagers des deux-roues motorisés. Les bordures saillantes et autres éléments agressifs seront évités, le dévoiement de la piste cyclable sera réduit au strict minimum

Lors d'un aménagement tel qu'illustré à la Figure 26, le concepteur s'assurera de la parfaite visibilité de chacun des éléments, en particulier la nuit et pour les usagers des deux-roues motorisés. Les bordures saillantes et autres éléments agressifs seront évités. S'agissant d'une section courante ne nécessitant à priori pas le ralentissement des cyclistes (comme cela pourrait être le cas à l'approche d'une traversée), le dévoiement de la piste cyclable sera réduit au strict minimum.

En sens unique, et sauf présence d'un SUL, la restriction du stationnement sur le côté gauche du coussin présente peu d'intérêt, hormis celui d'empêcher le contournement du dispositif en toute circonstance.

4.1.9 La présence d'un carrefour¹³

Selon l'A.R. du 09/10/1998, les **ralentisseurs** ne peuvent être établis qu'en dehors des carrefours et à une distance minimale de 15 m de ceux-ci. Il en est de même pour les **coussins** [C.M. du 31/05/2002].

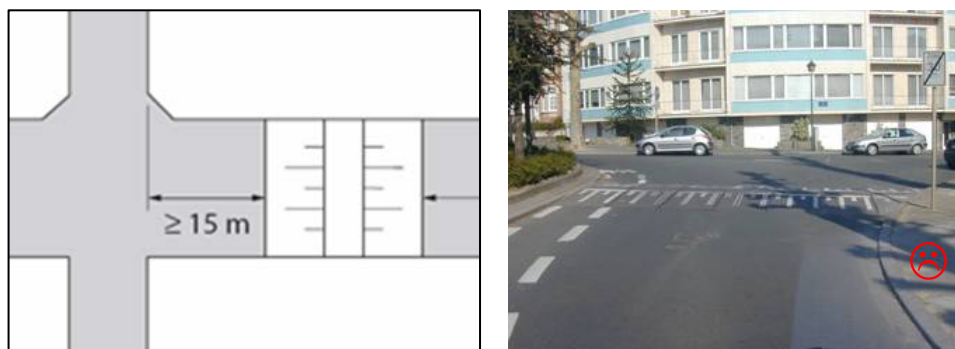


Figure 27 : Localisation des ralentisseurs et des coussins en présence d'un carrefour

Implanté en carrefour, le **plateau** assure quant à lui un ralentissement, rend plus visible l'intersection et améliore l'aisance de la circulation piétonne lors de la traversée. Bien qu'en principe, ce dispositif puisse être utilisé dans tous les types de carrefours [CERTU 2010], son usage est plus pertinent aux carrefours où la priorité de droite est d'application puisqu'il contribue à la reconnaissance des règles de priorité en application sur l'intersection (voir aussi 5.2.2).

Sur le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale, des plateaux sont fréquemment aménagés pour réaliser un passage piéton (ou une traversée cyclo-piétonne) surélevé au débouché de voiries transversales présentant un trafic modéré et/ou nécessitant une mesure de réduction des vitesses à 30 km/h (voir aussi 5.2.3).



Figure 28 : Illustration d'une traversée cyclo-piétonne sur plateau au débouché d'une voirie transversale

¹³ Pour rappel, le terme "carrefour" désigne le lieu de rencontre de deux ou plusieurs voies publiques.

4.1.10 La présence d'un passage pour piéton ou la volonté d'en implanter un

L'usage de coussins ralentisseurs ou d'un plateau peut se justifier par la volonté de modérer les vitesses des véhicules motorisés à l'approche d'un passage pour piéton, voire d'améliorer le confort de traversée.

Comme l'indique la C.M. du 31/05/2002, à l'instar de ce qui prévaut pour les ralentisseurs de trafic, des passages pour piétons ne peuvent être marqués sur les coussins. Ceux-ci peuvent cependant l'encadrer et ainsi renforcer les obligations des conducteurs au droit du passage pour piétons.

Autant que faire se peut, on veillera à concevoir un aménagement permettant d'éviter que les conducteurs puissent slalomer entre les dispositifs (Figure 29). Si un îlot ne peut être aménagé en milieu de voirie, il s'agira de privilégier l'implantation de coussins côte-à-côte (voir aussi 7.2).

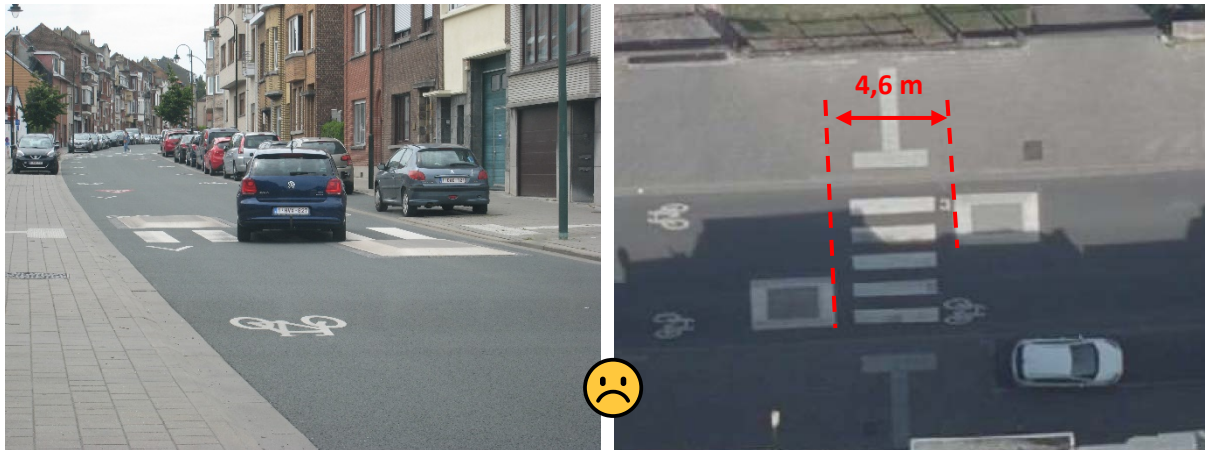


Figure 29 : Exemple malheureux d'une implantation de coussins permettant aux conducteurs de slalomer entre les dispositifs

Par ailleurs, et tel qu'il sera présenté au chapitre 5.2.1, la sécurisation d'une traversée piétonne en section peut s'accompagner d'une amélioration de son accessibilité par l'installation d'un **plateau** à niveau.

4.1.11 Pente de la route

Les ralentisseurs et plateaux sont notamment, et respectivement, caractérisés par la pente moyenne de leur profil et la pente de leurs rampes (cf. chapitres 5.3 et 6.3). Dès lors que la route considérée présente une pente non nulle, il convient de veiller lors du choix du dispositif à ce que la pente cumulée route/rampe ralentisseur ou rampe plateau n'excède jamais 15% (A.R. du 09/10/1998). L'inconfort généré par le dispositif dépend en effet de la combinaison de la pente du dispositif et de celle de la route.

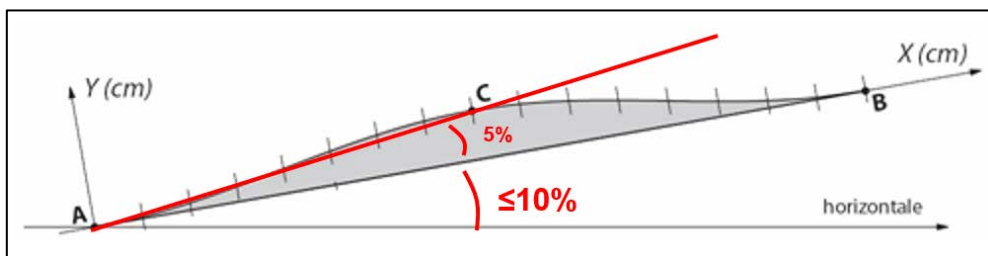


Figure 30 : La pente cumulée route/rampe ralentisseur ou rampe plateau doit être $\leq 15\%$

En pratique, cette prescription peut s'avérer relativement contraignante. A titre d'exemple, la pente moyenne d'un ralentisseur étant de 5%, il ne sera pas possible de l'installer sur les voiries dont la pente dépasse 10%.

Quant aux coussins, la C.M. du 31/05/2002 prévoit qu'ils ne seront pas implantés sur les voies publiques où la déclivité est $\geq 6\%$.

4.1.12 Efficacité des dispositifs ralentisseurs surélevés

L'efficacité des dispositifs ralentisseurs surélevés peut être déterminée par :

- l'impact sur les vitesses et les flux de trafic;
- l'impact sur la fréquence et la gravité des accidents;
- l'impact sur l'environnement local, comme le bruit, les vibrations, l'impact visuel, les émissions.

Les changements perçus dans ces paramètres affecteront l'attitude du public à l'égard du dispositif considéré.

4.1.12.1 Caractéristiques et vitesses de franchissement des dispositifs

Diverses études ont été menées pour établir des corrélations entre l'accélération et l'inconfort subi par le conducteur lors du franchissement d'un dispositif surélevé. Elles ont démontré qu'un ralentisseur sinusoïdal de 12 cm de hauteur et 4,8 m de long (tel que prescrit par l'A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002) induit une vitesse V85 = 30 km/h ; car cette vitesse provoque en moyenne (fonction véhicule) une accélération verticale proche de la limite de confort acceptée par les usagers, en situation de conduite.

S'agissant des plateaux, une comparaison entre les dispositions hollandaises (Figure 31) avec celles prévues par les textes législatifs belges (voir chapitre 5.3) indique que les plateaux belges réservés aux voiries sans bus et poids-lourds devraient conduire à une vitesse de franchissement (pour les voitures) de l'ordre de 30 km/h, et les plateaux destinés aux voiries supportant une ligne régulière de bus et/ou de nombreux poids-lourds, une vitesse de franchissement (pour les voitures) de l'ordre de 50 km/h.

L'expérience indique en effet que des rampes plus longues (pour obtenir une pente de 4%) adaptées aux bus, car plus confortables, ne contribuent que modérément à la réduction des vitesses des voitures.

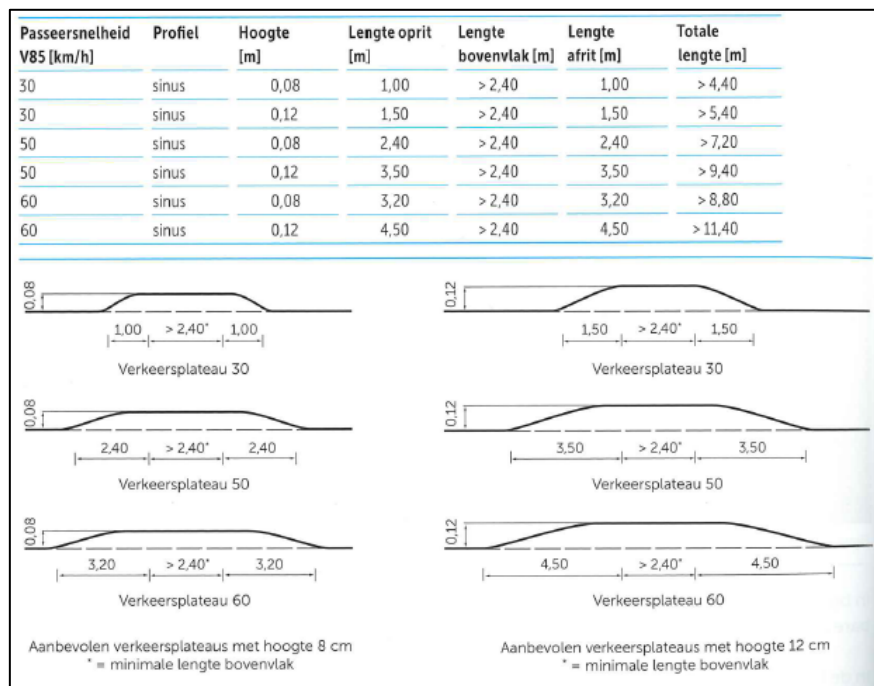


Figure 31 : Caractéristiques géométriques des profils des plateaux prévus aux Pays-Bas [CROW, 2014]

A titre d'illustration, la Figure 32 présente le résultat d'une double campagne de mesure des vitesses réalisée sur un plateau avant et après réaménagement des rampes (modification de la pente des rampes de 3% vers 5%). On notera qu'une rampe de 3% produit effectivement des vitesses (V85) de l'ordre de 50 km/h.

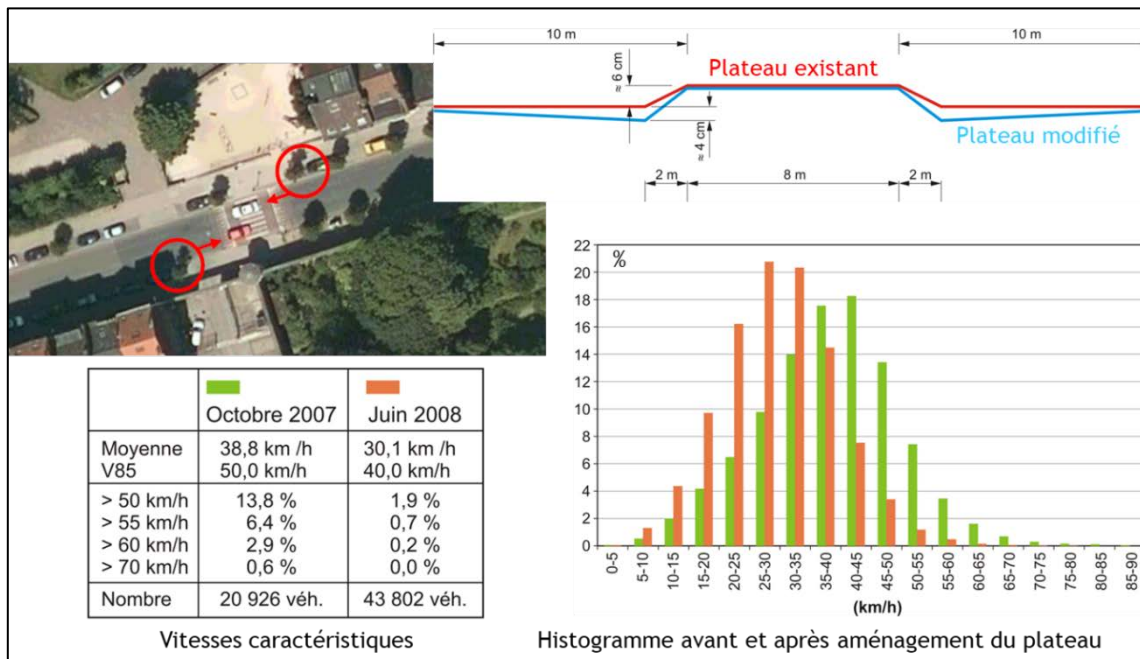


Figure 32 : Exemple de modification des vitesses pratiquées sur un plateau à la suite du reprofilage de ses rampes

Dans les années 90, une vaste campagne d'observation des vitesses pratiquées a été réalisée en Angleterre sur des voiries équipées de **coussins** aux dimensions géométriques variées (moyennes des dimensions : 1,77 m de largeur ; 2,54 m de longueur ; 7,6 cm de hauteur ; chanfreins avant/arrière : 12,5% ; chanfreins latéraux : 24%). Les vitesses pratiquées sur les sections après installation des coussins présentaient une moyenne générale des vitesses moyennes de 27 km/h et des vitesses V85 de 35,5 km/h [TRL, 1998].

Plus récemment, des mesures de vitesse ont été réalisées sur une contre-allée de l'avenue Louise, dans le cadre d'une étude de la durabilité de coussins fixés sur la chaussée. Le graphique de la Figure 33 illustre la réduction de vitesse qui a été observée à la suite du placement d'un coussin (dimensions : largeur : 1.8 m ; longueur : 2.0 m ; hauteur : 65 mm).

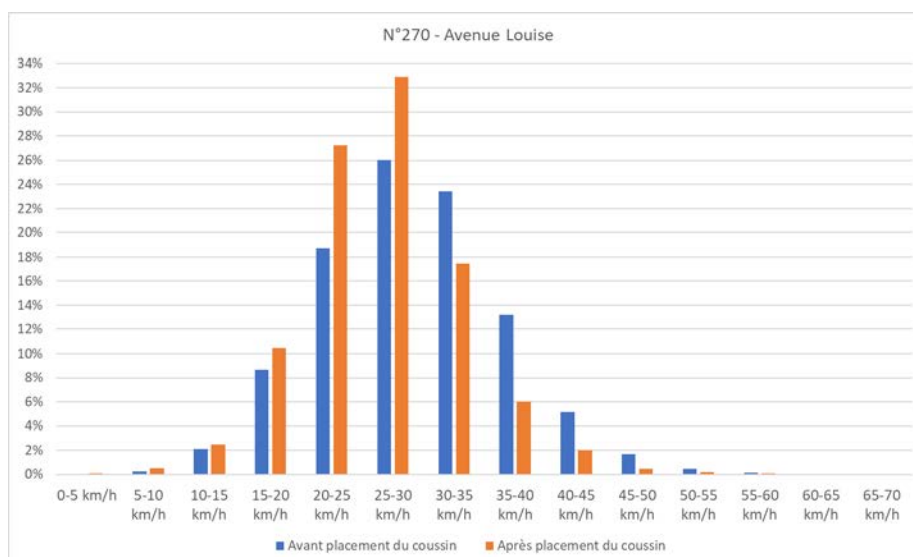


Figure 33 : Exemple de réduction de vitesse observée à la suite du placement d'un coussin (mesures réalisées environ 30 mètres en aval de celui-ci)

En particulier, sur ce site, la vitesse V85 est passée de 37 km/h à 33 km/h ; soit une réduction de 11%. Ce type de résultat peut bien entendu varier selon le contexte local, et n'est fourni qu'à titre d'exemple.

4.1.12.2 Distance recommandée entre dispositifs

Le fonctionnement d'un ralentisseur est lié à son emplacement. L'inconfort ne se produit qu'à l'emplacement même du ralentisseur. L'espacement des ralentisseurs est une conséquence logique de la vitesse de franchissement propre au modèle de ralentisseur ("vitesse ralentisseur") et de la vitesse maximale souhaitée sur le tronçon de route entre deux ralentisseurs.

Selon [CROW, 1988], à "vitesses ralentisseur" égales, la vitesse la plus élevée entre deux ralentisseurs se produit à une distance de 0,6 x l'espacement des ralentisseurs. Si la "vitesse ralentisseur" et la vitesse maximale souhaitée dans le tronçon sont connues, l'espacement entre les ralentisseurs découle de la formule suivante :

$$\text{Espacement entre les ralentisseurs} = V_{\text{Tronçon}} - V_{\text{Ralentisseur}} \times 150 / (45 - V_{\text{Ralentisseur}})$$

Selon [CROW, 1988]

Cette formule peut être inversée pour déterminer la vitesse qui sera pratiquée entre les dispositifs :

$$V_{\text{Tronçon}} = ((15 \times \text{Espacement entre les ralentisseurs} / 150) + 30$$

(exemple pour $V_{\text{Ralentisseur}} = 30 \text{ km/h}$)

A une distance de 75 m (tel que prévu dans l'Arrêté royal belge) correspond dès lors une V_{85} maximale en section de 37,5 km/h (Tableau 7).

Tableau 7 : Relation théorique entre Vitesse (V_{85}) maximale souhaitée sur la section et distance entre ralentisseurs, selon la formule de [CROW, 1988]

Vitesse (V_{85}) maximale souhaitée sur la section	Vitesse (V_{85}) de franchissement du ralentisseur	Distance entre dispositifs
35 km/h	30 km/h	50 m
37,5 km/h		75 m
40 km/h		100 m
45 km/h		150 m
50 km/h		200 m

[TRL, 1993] propose également des formules permettant de déterminer les vitesses pratiquées en section, à mi-distance entre ralentisseurs. Elles conduisent à des résultats similaires à ceux obtenus à l'aide de la formule de [CROW, 1988]. Toujours selon [TRL, 1993], les formules suivantes s'appliquent aux dispositifs anglais du type **plateau** avec une partie plane et des rampes en plans (hauteur 100 mm et L. 3,70 m) :

$$V_{\text{moy}} = 11,06 + (0,090 \times D) \quad V_{85} = 12,95 + (0,107 \times D) \quad V_{\text{moy}} \text{ et } V_{85} \text{ (mph); } D \text{ (m)}$$

Les nombreuses études menées en Angleterre sur les routes équipées de **coussins** ont permis d'établir des relations entre la largeur, la longueur, la hauteur et l'espacement entre dispositifs successifs. La Figure 34 proposée par [Dft, 2007] illustre l'influence de la largeur des coussins et de la distance entre ceux-ci, sur la vitesse pratiquée.

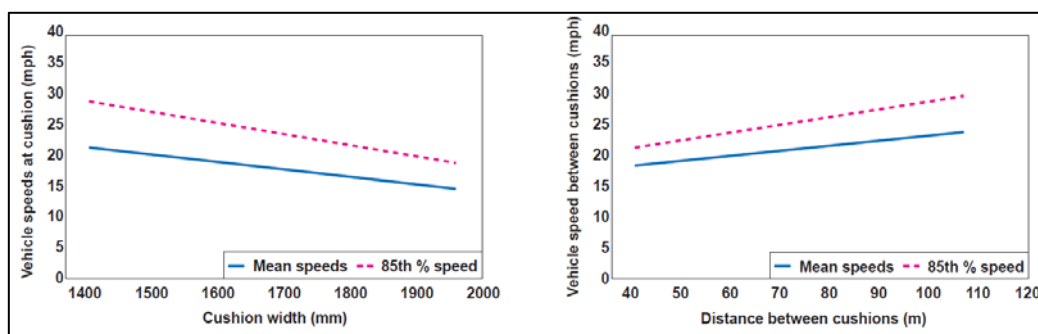


Figure 34 : Vitesse des véhicules au niveau des coussins (à gauche), et à mi-distance entre les coussins (à droite) - (1 mph = 1,60934 km/h) [Dft, 2007]

En conclusion, et sauf circonstances locales particulières, la distance entre dispositifs successifs sera communément comprise entre 75 et 100 m. Cet intervalle tient également compte d'une modération de l'inconfort pour les occupants des bus et services de secours. En outre, selon l'état de l'art, il est recommandé que les dispositifs ralentisseurs ne soient pas distants de moins de 20 m.

4.1.12.3 Effets de l'installation de dispositifs ralentisseurs surélevés sur la sécurité

Comme le signale Quigley, C. (2017), les études analysées dans le cadre du projet *SafetyCube*¹⁴ sur les effets de l'installation de dispositifs ralentisseurs surélevés sur la sécurité ont montré que les taux d'accidents et la vitesse des véhicules sont réduits à la suite de leur installation. Dans la moitié des études analysées, les résultats étaient significatifs. Dans l'autre moitié des études, aucune analyse statistique n'a été entreprise.

Les résultats significatifs ont été trouvés dans des études où les plateaux et les traversées surélevées étaient les dispositifs de modération de la vitesse étudiés. Bien que des réductions des taux d'accidents et de la vitesse des véhicules aient été constatées dans les études portant sur les ralentisseurs et les coussins, on ne sait pas si les résultats étaient significatifs car les études portant sur ces dispositifs ne comportaient pas d'analyse statistique des résultats.

Également dans le cadre du projet *SafetyCube*, Katrakazas, C. et Quigley, C. (2017) ont revisité une méta-analyse concernant les effets de l'installation de dispositifs ralentisseurs surélevés sur les accidents et déterminé que la meilleure estimation du ratio avantages-coûts (BCR) qui en résulte est de 18,2, ce qui signifie que les avantages ont tendance à dépasser considérablement les coûts.

4.1.13 Coût et temps de mise en œuvre des dispositifs ralentisseurs surélevés

Les coûts pour l'installation (matériaux et exécution compris) de dispositifs ralentisseurs surélevés sont naturellement variables selon le type de dispositif, les dimensions de l'aménagement et la technique utilisée. Selon l'information reçue de maîtres d'ouvrages, ils s'établissent habituellement dans les fourchettes mentionnées au Tableau 8. Il en est de même du temps de mise en œuvre qui variera, selon le dispositif et la méthode de construction retenus, d'une demi-journée à plusieurs jours.

Tableau 8 : Coût et temps de mise en œuvre approximatifs des dispositifs ralentisseurs surélevés (à consolider)

Type de dispositif	Coûts (*)	Temps de mise en œuvre (*)
Ralentisseur de trafic, éléments préfabriqués, goujonnés	10.000 – 15.000 €	3 à 5 jours **
Plateau en section		
En section (voirie double sens)	75.000 – 80.000 € ***	> 5 jours
En carrefour (4 branches)	85.000 – 150.000 € ****	> 15 jours
Coussin(s)		
Simple, élément(s) préfabriqué(s)	2.500 – 4.500 €	2 à 3 jours **
Côte-à-côte, élément(s) préfabriqué(s)	5.000 – 8.000 €	2 à 3 jours **
Simple, éléments fixés sur la chaussée	1.500 – 2.000 €	1 jour

* : variables selon les dimensions du dispositif/de l'aménagement, les techniques utilisées et les circonstances locales; ** : 10 jours en cas d'usage d'un béton autonivelant; *** : éléments préfabriqués + partie plane; **** : l'aménagement d'un carrefour en plateau nécessite une intervention sur les trottoirs (niveaux).

Dans sa réflexion en vue de choisir un dispositif, et selon les circonstances locales, le maître d'ouvrage prendra également en considération la compatibilité de la mise en œuvre du type de dispositif avec la gestion attendue de la mobilité. Il n'est effet pas raisonnable de dévier pour de longues périodes la circulation automobile (dont les services de secours, les transports en commun, etc.) pour attendre des prises de béton, par exemple.

¹⁴ *SafetyCube (Safety CaUsation, Benefits and Efficiency)* - <https://www.roadsafety-dss.eu>

A la lecture du Tableau 8, on comprend l'intérêt que représentent les coussins fixés sur la chaussée pour la résolution d'urgence de problématiques de sécurité associées à des vitesses excessives. Toutefois, ces dispositifs, lorsque fortement sollicités, ne constituent pas une solution durable sur le long terme (voir chapitre 8.3.6.2).

4.2 Choix du type de dispositif ralentisseur surélevé

4.2.1 Avant-propos

Dans la situation idéale, la conception routière fait respecter la vitesse maximale souhaitée sur la route, grâce à l'aménagement et à l'environnement. Dans un système routier durable et sûr, la route est claire, les situations de circulation sont reconnaissables et un comportement routier correct s'impose. Dans de nombreuses situations pourtant, cela ne semble pas tout à fait réalisable et des mesures complémentaires de ralentissement du trafic doivent localement être mises en place [CROW, 2014].

Diverses mesures peuvent être envisagées afin d'influencer le comportement et la vitesse des conducteurs des véhicules motorisés, tels que des déflexions de trajectoire, des réductions de la largeur de chaussée, des aménagements centraux, des écluses organisant une circulation alternée des véhicules, des giratoires ou mini-giratoires, des aménagements paysagers des abords, des mesures de police de circulation (utilisation judicieuse de sens interdits, avec de préférence des doubles sens cyclables). Une surélévation peut être apportée dans le profil en long. L'effet réducteur de vitesse est alors engendré par l'inconfort que la surélévation exerce sur le conducteur et le véhicule sous la forme d'accélération verticales [CROW, 1988]. On parlera alors de **dispositif ralentisseur surélevé**.

Chacun des trois dispositifs traités dans ce document peut en principe s'accommoder du passage des cyclistes, moyennant le respect des dispositions pratiques (caractéristiques géométriques, paramètres de confort) propres aux aménagements cyclables¹⁵.

Toutefois, une modification du profil en long de la voirie est une source d'inconfort pour les cyclistes. N'étant pas ciblés par la volonté de modération des vitesses pratiquées, la présence de dispositifs ralentisseurs surélevés sur leur cheminement n'est qu'inconvénients pour eux. Bien entendu, ils bénéficient de la réduction de trafic motorisé et de l'apaisement de celui-ci par la mise en place de mesures adéquates : mini giratoires, dévoiements, ... et dispositifs surélevés, lesquels, pour la raison évoquée ci-avant ne constituent pas un premier choix.

4.2.2 Choix du type de dispositif ralentisseur surélevé

Le Tableau 9 regroupe l'ensemble des éléments détaillés ci-avant et devant être pris en compte dans la réflexion à propos du choix du type de dispositif ralentisseur surélevé.

Remarque préalable :

Ce tableau ne dispense aucunement de la consultation de l'ensemble du document, en particulier du chapitre 4 qui explicite chacun des éléments de celui-ci ; les renvois vers les chapitres ad hoc sont fournis à cette fin.

¹⁵ Voir Vademecums relatifs aux infrastructures cyclables - <https://mobilite-mobiliteit.brussels/fr/publications-techniques>

Tableau 9 : Eléments devant être pris en compte dans la réflexion à propos du choix du type de dispositif ralentisseur surélevé

	Cf. Chapitre 6		Cf. Chapitre 5		Cf. Chapitre 7		
	Ralentisseur	Plateau type VL	Plateau type Bus/PL	Coussin simple	Coussins côté à côté		
Réseau Auto Quartier (en section)	Compatible	Compatible	Déconseillé	Compatible	Compatible	Compatible	Cf. §4.1.1
Réseau Auto Confort (en section)	Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	
Réseau Auto Plus (en section)	Incompatible	Incompatible	Déconseillé	Incompatible	Incompatible	Incompatible	
Réseau Piéton Quartier (en section) (5)	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Cf. §4.1.1
Réseau Piéton Confort (en section) (5)	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	
Réseau Piéton Plus (en section) (5)	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	
Réseau Vélo Quartier (en section) (5)	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible (15)	Compatible (15)	Compatible (15)	Cf. §4.1.1, §4.1.4
Réseau Vélo Confort (en section) (5)	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible (15)	Compatible (15)	Compatible (15)	
Réseau Vélo Plus (en section) (5)	Déconseillé	Déconseillé	Compatible	Déconseillé	Déconseillé	Déconseillé	
Réseau TC/PL Quartier (en section)	Incompatible	Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Cf. §4.1.1, §4.1.2
Réseau TC/PL Confort (en section)	Incompatible	Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	
Réseau TC/PL Plus (en section)	Incompatible	Incompatible	Déconseillé	Déconseillé	Déconseillé	Déconseillé	
Axe pénétration SIAMU (16)	Incompatible	Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Cf. §4.1.3
Volume de trafic automobile	< 3000 véh./j (1)	< 10000 véh./j (1')	< 10000 véh./j (1')	< 5000 véh./j (2)	< 5000 véh./j (2)	< 5000 véh./j (2)	Cf. §4.1.1
Limite de vitesse sur la section (F1 ou C43)	50 km/h (3)	50 km/h (3)	50 km/h (3)	50 km/h	50 km/h	50 km/h	Cf. §4.1.5
Vitesse de franchissement autorisée (selon la législation)	30 km/h	30 km/h	30 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h	
Vitesse effectivement pratiquée à l'approche du dispositif (V85)	≤ 55 km/h	≤ 55 km/h	≤ 55 km/h	≤ 55 km/h	≤ 55 km/h	≤ 55 km/h	
Largeur de la chaussée (hors stationnement, rétrécissement)	3,0 m ≤ l. ≤ 7 m (13)	3,0 m ≤ l. ≤ 7 m (13)	3,2 m ≤ l. ≤ 7 m (13)	3,15 m ≤ l. ≤ 4,15 m (14)	5,90 m ≤ l. ≤ 9,8 m (14)	5,90 m ≤ l. ≤ 9,8 m (14)	Cf. §4.1.7
Stationnement	Interdit sur le dispositif (sauf dispositions locales)			Eviter en accotement	Eviter en accotement	Eviter en accotement	Cf. §4.1.8
PCM/BCS	Aménagement compatible avec PCM et BCS (7)			Incompatible avec PCM ; pas de stationnement en accotement si BCS			Cf. §4.1.4
Intersection/Carrefour	Incompatible	Compatible	Compatible	Incompatible	Incompatible	Incompatible	Cf. §4.1.9
Courbe/Virage	Incompatible	Compatible (12)	Compatible (12)	Incompatible	Incompatible	Incompatible	
Passage piéton (y compris amélioration des conditions d'accessibilité)	Incompatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Cf. §4.1.10
Pente longitudinale de la route	p. ≤ 5%	p. ≤ 1% ou ≤ 7% (4)	p. ≤ 11% ou ≤ 12% (4)	p. ≤ 6%	p. ≤ 6%	p. ≤ 6%	Cf. §4.1.11
Longueur d'emprise minimale	4,8 m	6,4 m à 8,8 m (4)	13 m à 18 m / 20 m à 25 m (5')	3 à 4 m / 1,7 m (6)	3 à 4 m / 1,7 m (6)	3 à 4 m / 1,7 m (6)	
Efficacité en termes de réduction de la vitesse (9)	++	++	+	+	+	+	Cf. §4.1.12
Coût (pose comprise ; voir aussi Tableau 8)	10.000/15.000 €	75.000/150.000 € (11)		1.500/4.500 €	3.000/8.000 €	3.000/8.000 €	Cf. §4.1.13
Temps de mise en œuvre (10 ; voir aussi Tableau 8)	ttt	tttt	tttt	t	tt	tt	
Impact sur le drainage des eaux de surface	Obstacle potentiel à l'écoulement			Sans impact	Sans impact	Sans impact	

(1) : Réf. F ; (1') : 2 sens de circulation confondus

(2) : Réf. NI.

(3) : dispositif 30 km/h

(4) : selon le profil retenu

(5) : pas d'exclusion d'office, mais pas nécessaire du point de vue du cheminement de ces usagers, sauf plateaux aux intersections.

(5') : en présence de bus articulés

(6) : réduit en zone 30 km/h

(7) : Interrompre marquage PCM sur le dispositif

(8) : Intersection à plus de 15 m

(9) : par rapport à la vitesse légale sur le dispositif

(10) : dépend aussi du mode de construction

(11) : dépend aussi de la longueur totale du plateau

(12) : si rampes en dehors des virages et visibles à une distance suffisante

(13) : considérant les largeurs de bandes habituelles

(14) : considérant une largeur de coussin de 1,75 m et les dispositions de la C.M. de mai 2002

(15) : Les coussins berlinois sont à éviter dans les rues cyclables car ils incitent le cycliste à se déporter sur le côté du dispositif, or sa position centrale est à encourager sur l'ensemble de la rue. Il convient également d'éviter de les généraliser dans les rues locales.

(16) : Une concertation avec le SIAMU reste toutefois nécessaire.

5 Les plateaux

Un plateau consiste en une **surélévation plane dont le profil en long est trapézoïdal, avec des rampes biseautées de forme sinusoïdale ou plane**. Les conditions d'implantation et les caractéristiques géométriques des plateaux, prescrites par l'A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002 (*Tableau 1*), sont précisées dans les sections suivantes.

Dans des circonstances particulières, le plateau peut ne comporter qu'une seule rampe. En effet, compte-tenu de la configuration des lieux (pentes notamment), il peut s'avérer impossible de mettre en œuvre des plateaux classiques avec une rampe d'accès de part et d'autre ou à toutes leurs entrées. Les règles en matière de signalisation verticale et de marquage du peigne doivent toutefois être respectées (chapitre 5.3).

5.1 L'utilisation du dispositif

Les plateaux peuvent être implantés sur les voiries publiques situées, 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**¹⁶.

Ces voiries doivent en outre présenter des conditions de circulation telles qu'une réduction importante de la vitesse soit de nature à améliorer la sécurité. En matière de volume de trafic, CERTU (2010) recommande de ne pas les utiliser sur des voiries sur lesquelles circulent plus de 10.000 véhicules par jour pour les deux sens confondus.

Leur utilisation est **autorisée sur les voiries empruntées par un service régulier de transport en commun, ou des véhicules de services de secours**, à la condition qu'une concertation ait eu lieu avec les services concernés et que la géométrie (longueur et pente des rampes, longueur de la partie plane) du plateau soit adaptée en conséquence (chapitre 5.3). Des profils "plus confortables" sont prévus pour ces situations. Toutefois, malgré cela, le plateau peut être source d'inconfort pour les passagers des transports en commun (dont une partie circule en position debout), en particulier lorsque l'itinéraire croise de nombreux dispositifs. L'allongement des rampes d'accès est en outre de nature à permettre des vitesses de franchissement plus élevées pour les véhicules légers, remettant en cause l'effet ralentisseur souhaité.

5.2 L'implantation du dispositif

Les plateaux doivent être établis :

- Perpendiculairement à l'axe de la chaussée et au moins sur toute sa largeur¹⁷;
- De telle sorte que les rampes d'accès et de sortie soient situées en dehors des virages et soient visibles à une distance suffisante;
- A une distance minimale d'environ 75 m de tout autre dispositif surélevé (voir aussi le chapitre 4.1.12), sauf s'ils sont placés à des carrefours et sauf circonstances locales particulières ([sécurisation d'abords d'écoles ou de lieux de cultes](#)).

En outre, le pourcentage de la pente de la route additionné à celui de la rampe du dispositif ne peut être supérieur à 15%. Dans la pratique, sur une route en pente, cette condition peut être relativement restrictive puisque certains plateaux prévus pour les voiries non fréquentées par des autobus présentent déjà des rampes avec une pente de 12 ou 14% (voir *Tableau 11* et *Tableau 12*).

¹⁶ Réglementée par l'usage d'un signal F1 ou d'un signal type C43.

¹⁷ Toutefois, lorsque les sens de circulation sur une chaussée sont séparés autrement que par des marques routières, la largeur du plateau peut être limitée à la partie de la chaussée destinée à un sens de circulation.

5.2.1 Domaines d'application d'un plateau en section

En section courante, l'installation d'un plateau est principalement pertinente dès lors qu'il s'agit d'attirer l'attention des usagers motorisés sur une situation particulière pouvant entraîner des traversées de la chaussée par d'autres usagers (abords d'école, passage piéton, traversée cyclable, débouché d'une voie verte, etc.). Par cet effet, et la réduction des vitesses pratiquées qu'il induit, l'aménagement d'un plateau permet souvent d'améliorer les conditions de sécurité et d'accessibilité d'une traversée piétonne et/ou cycliste (voir aussi le [Cahier de l'accessibilité piétonne](#)).



Figure 35 : Plateau en section supportant des passages piétons à l'abord d'une école et au débouché d'une voie verte (Avenue Chapelle-aux-Champs - Woluwe-Saint-Lambert – Réseau Auto plus)

5.2.2 Installation d'un plateau en intersection

5.2.2.1 Confort et sécurité de la traversée pour les piétons et cyclistes

Implanté en carrefour, le plateau provoque un ralentissement, contribue à la visibilité de l'intersection et améliore le confort des piétons (voire également des cyclistes) lors de leur traversée en assurant une continuité avec le niveau du trottoir (voir aussi le [Cahier de l'accessibilité piétonne](#)). Pour ce faire, il convient d'adapter la géométrie selon les circonstances locales du trottoir (hauteur du dispositif), tenant également compte du type de trafic (longueur rampe et longueur partie plane).



Figure 36 : Implantation d'un plateau en carrefour, permettant d'une part, de raccourcir les traversées piétonnes et de les repositionner selon les lignes de cheminement naturel, et d'autre part, d'améliorer l'accessibilité et de modérer les vitesses (carrefour rue Gerlache et rue de Haerne à Etterbeek)

Idéalement, le réseau Piétons+ nécessiterait l'installation de plateaux aux carrefours pour le confort du piéton. Ce réseau rencontre toutefois souvent les réseaux Auto+ ou TC+ où on favorisera plutôt les traversées piétonnes en carrefours à feux.

Les magistrales qui sont dans la catégorie supérieure du réseau Piétons+ nécessitent, elles, des traversées en plateau aux carrefours. Ceci pour des raisons de confort, de fluidité et de visibilité, mais aussi pour bien confirmer le statut de priorité du piéton et une qualité d'usage exceptionnelle. Ces magistrales, au nombre de neuf dans Good Move, partent du centre et doivent rejoindre les grandes gares ou les lieux emblématiques comme le quartier européen.

5.2.2.2 Type de carrefour (gestion de priorité)

On n'installe normalement pas de plateau sur un carrefour dont la priorité est réglée par des feux tricolores ou la signalisation verticale. Bien que ce dispositif puisse (techniquement) être utilisé dans tous les types de carrefour, son usage est, selon [CROW, 2014], réservé aux carrefours où la priorité de droite est d'application, où il contribue alors à la reconnaissance des règles de priorité en application sur l'intersection.

La surélévation de l'entièreté du carrefour en plateau est en effet particulièrement pertinente dans le cas d'une intersection à plusieurs branches de même catégorie, où la règle de la priorité de droite s'applique.

Nb. La surélévation de l'entièreté du carrefour en plateau est également pertinente dans le cas d'un axe prioritaire où la modération de la vitesse est nécessaire par suite de la présence de modes actifs (croisement avec les réseaux Piéton ou Vélo confort/plus).

Dans ce type d'implantation, on veillera en particulier à suffisamment **faire déborder le plateau et ses rampes dans les rues qui composent l'intersection**, notamment pour procurer le meilleur confort aux piétons, mais également afin d'éviter les freinages tardifs à proximité des traversées piétonnes et de ne pas risquer de déstabiliser les véhicules en attente ou en amorce de virage. A titre d'exemple, [TRL, 1993] suggère que la surface surélevée s'étende sur au moins 6 mètres dans les rues latérales afin que la voiture de tête puisse être à niveau sur l'approche immédiate de la jonction. [CROW, 2012] préconise lui une distance d'environ 10 mètres¹⁸.

Considérant d'une part, que les marques des passages pour piétons doivent présenter une longueur d'au moins 3 mètres¹⁹, et d'autre part, que l'empattement et la longueur des voitures particulières actuelles varient respectivement de 2,4 à 3,1 mètres et de 3,5 à 5,1 mètres, une longueur de surface plane de **7 à 8 mètres** (marquage piéton inclus) permettra, en règle générale, que la voiture soit à niveau sur l'approche immédiate de la jonction.

En cas de stationnement à l'approche du carrefour, on veillera à ce que l'élargissement du trottoir soit prolongé de sorte que la zone de stationnement commence à minimum 5 m (rampe et peigne inclus) de la traversée piétonne dans le sens de circulation (*Figure 20* et *Figure 37*).

¹⁸ ASVV 2012 Chapitre 11.3.2 – Erftoegangswegen.

¹⁹ Sur les routes où la vitesse maximale autorisée est inférieure ou égale à 70 km/h (article 18.3 du Code du gestionnaire).

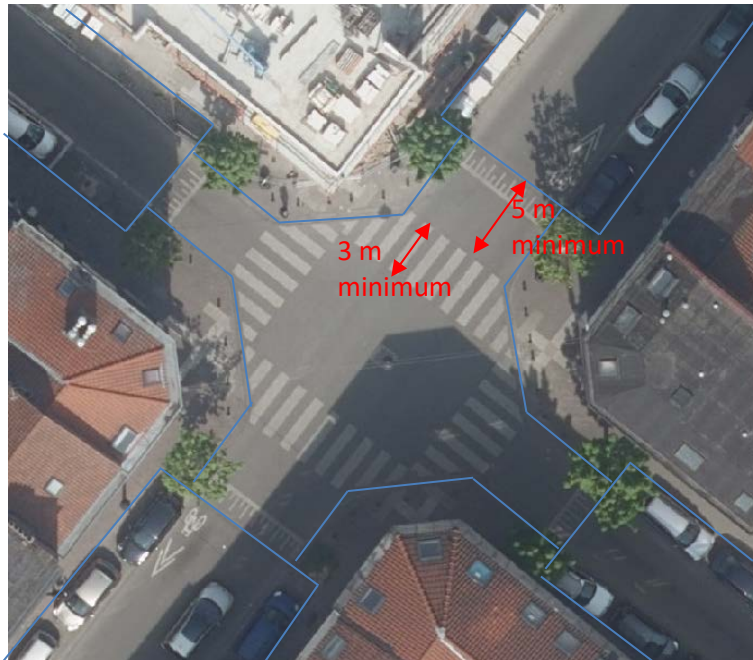


Figure 37 : Prolongation du plateau dans les branches composant le carrefour en présence de stationnement (croisement des rues Joseph Claes et de Mérode à Saint-Gilles) - Nb. La rue de Mérode supporte deux ICR et les deux rues sont des voiries Piétons confort.

En l'absence de stationnement, une distance de 3 m sera habituellement suffisante. Toutefois, il convient également de veiller à ce que le marquage en peigne des rampes d'accès n'interfère pas visuellement avec le marquage de la traversée piétonne ou toutes autres marques relatives à l'intersection (Figure 38). Concrètement, **une distance de minimum 3 m est recommandée entre le peigne et le passage piéton.**



Figure 38 : Distance insuffisante entre le marquage en peigne des rampes d'accès et le marquage de la traversée piétonne - Croisements entre l'av. Grandchamps et l'av. Montgolfier à Woluwe-Saint-Pierre (photo de gauche) ; entre la rue des Coteaux et la rue de la Consolation à Schaerbeek (photo de droite)

5.2.3 Installation d'un aménagement surélevé au croisement avec une rue secondaire

Dans un environnement urbain, le cheminement des piétons et cyclistes fait l'objet d'une attention particulière, tant pour des questions d'accessibilité que de sécurité. Des dispositions sont notamment prises pour assurer leur continuité au débouché des voiries transversales. Ainsi, sur le terrain, on constate l'existence de divers types d'aménagements surélevés en prolongation des trottoirs ou aménagements cyclables (Figure 39).



Figure 39 : Illustration de divers types d'aménagements surélevés installés en prolongation des trottoirs ou aménagements cyclables

Considérant leur destination, ces aménagements spécifiques sortent en principe du cadre de ce guide dédié aux dispositifs ralentisseurs surélevés, tels que définis par l'A.R. du 03/05/2018 modifiant l'A.R. du 09/10/1998 fixant les conditions d'implantation des dispositifs surélevés sur la voie publique et par la C.M. du 31/05/2002 relative aux dispositifs surélevés et aux coussins.

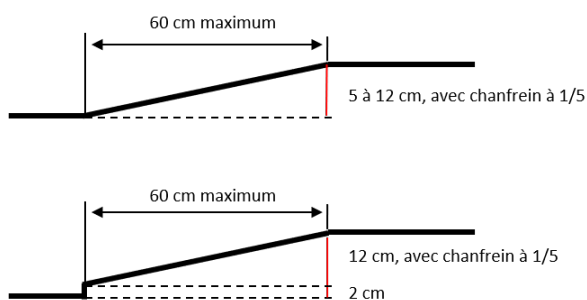
Toutefois, une confusion subsiste quant aux règles et bonnes pratiques s'appliquant à ces aménagements surélevés implantés en prolongation d'un trottoir et autres trottoirs traversants.

5.2.3.1 Le trottoir traversant

Remarque préliminaire : nous recommandons au lecteur d'également consulter la fiche technique dédiée aux trottoirs traversants [Bruxelles Mobilité, 2020_2].

Le "trottoir traversant", aménagement réglementé par les articles 2.40 et 12.4bis du Code de la route, a pour objectif d'assurer la continuité du cheminement des piétons au débouché des voiries transversales. Il s'agit d'un passage de plain-pied muni de bordures et situé dans la continuité du trottoir. Le cheminement du piéton n'est dès lors pas interrompu, et ce dernier a la priorité.

S'agissant d'une prolongation du trottoir, aucun passage piéton ne peut y être marqué. Le caractère prioritaire du piéton est renforcé par une continuité du revêtement du trottoir au niveau de la traversée (par rapport aux sections adjacentes). De ce fait, mais également par la présence d'une bordure, l'aménagement induit un ralentissement des véhicules. Toutefois, pour des questions de limitation des nuisances sonores et de l'inconfort pour les véhicules, voire même de sécurité pour les deux-roues, il convient de porter une attention particulière aux caractéristiques des bordures pour assurer leur franchissement.



Ainsi, en dessous d'une hauteur de 14 cm, il est possible de permettre l'accès aux véhicules à l'aide d'une rampe d'accès assez courte de chanfrein 1/5 (pente de 20%) qui n'excède pas 60 cm de longueur de base.

Pour en garantir la durabilité, ces éléments doivent être placés sur une fondation en béton maigre de 20 cm d'épaisseur, et être

parfaitement contrebutés par le trottoir dont la fondation est également en béton maigre. La pose de ces éléments de trottoir sur la fondation en béton maigre peut être réalisée dans un bain de mortier.

S'agissant de la stabilité des deux-roues, on veillera à ce que la bordure choisie ne présente pas une saillie verticale de plus de 2 cm. On pourra également envisager d'installer une bordure adoucie à l'endroit du passage des deux-roues.

Pour faciliter le repérage de la traversée par les personnes déficientes visuelles, il est nécessaire d'utiliser des revêtements podotactiles (striés et à protubérances) selon les mêmes règles de placement que pour les traversées piétonnes²⁰.

Le trottoir traversant convient naturellement aux zones urbaines où les rues sont pourvues de trottoirs. Il n'en est fait usage que dans la zone bâtie, au débouché d'une petite rue à faible intensité de trafic sur une voirie de catégorie supérieure. Concrètement, de telles constructions sont, par exemple, utilisées pour la démarcation des zones résidentielles, l'entrée d'une zone 30, le débouché d'une petite rue commerçante, ...). Au vu de son champ d'application et de l'inconfort qu'il génère pour les véhicules, une ligne régulière de bus ne devrait pas avoir à franchir un trottoir traversant.

5.2.3.2 Passage piéton (ou piste cyclable) surélevé(e)

Sur le terrain, au croisement d'une rue secondaire avec un axe principal, on constate l'usage d'un autre type d'aménagement surélevé en prolongation des trottoirs ou aménagements cyclables. Un tel aménagement surélevé disposé en prolongement du trottoir pourra donner lieu au marquage d'une traversée piétonne. Toutefois, il ne s'agit en aucun cas d'un trottoir traversant (ce dernier présente en effet d'autres caractéristiques).

Ce dispositif est une solution adaptée pour le débouché de voiries transversales présentant un volume de trafic plus élevé (en comparaison de celles où un trottoir traversant serait installé).

Un tel aménagement présentant les caractéristiques géométriques d'un plateau (il est en particulier fréquemment fait usage d'éléments préfabriqués destinés aux rampes des plateaux) est installé dans l'objectif de faire ralentir les véhicules circulant dans la rue secondaire ou s'engageant dans celle-ci. Ce type d'aménagement est fréquent pour marquer l'entrée d'une zone 30 km/h, ou un autre type de zone locale, là où la fonction de séjour prédomine.



Figure 40 : Passage piéton surélevé au débouché d'une rue secondaire - Carrefour entre l'av. Dailly et la rue François Bossaerts à Schaerbeek

Toutefois, à la lecture des textes législatifs (Tableau 10) traitant des plateaux, il n'est pas clair si le législateur a souhaité prévoir l'installation de plateaux en prolongement des trottoirs. Une mise au point et quelques précisions s'imposent donc.

²⁰ Cahier de l'accessibilité piétonne – Bruxelles Mobilité – 2014.

Tableau 10 : Extrait du cadre réglementaire s'appliquant aux plateaux

L'A.R. du 03/05/2018 modifiant l'A.R. du 09/10/1998 fixe les conditions d'implantation des dispositifs surélevés (dont les plateaux) sur la voie publique. Selon ces textes, "Les plateaux ne peuvent être implantés que ... de telle sorte que les rampes d'accès et de sorties du plateau soient situées en dehors des virages et qu'elles soient visibles à une distance suffisante".

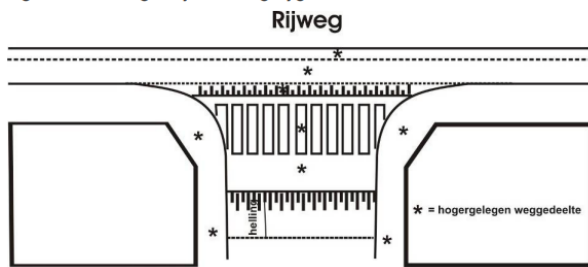
En outre, selon les articles 7.4.bis et 12.18 du Code du gestionnaire, la signalisation des plateaux doit être assurée par le placement d'un signal A14 à distance, et d'un F87 à hauteur (ce dernier non nécessaire si le plateau est au carrefour). Ces signaux ne sont pas nécessaires en zone 30.

Considérant la condition de visibilité des rampes et les besoins en matière de signalisation, on est en droit de se demander si les aménagements surélevés installés au débouché d'une voirie transversale (tels que ceux illustrés par la Figure ci-avant) peuvent être, au sens strict, considérés comme des plateaux (au sens des A.R. susmentionnés).

Pour les raisons évoquées au Tableau 10, **il est, à ce stade, plus pertinent de parler de "passage piéton (ou piste cyclable) surélevé(e)". Dans la mesure où leur champ d'application complète celui des trottoirs traversants, il conviendrait de leur ménager une place dans l'arsenal législatif.**

Pour ces aménagements également, il convient de veiller à ce que le marquage en peigne des rampes d'accès n'interfère visuellement pas avec le marquage de la traversée piétonne ou toutes autres marques relatives à l'intersection. Quittant la voirie secondaire, une distance de minimum 3 m est recommandée entre le peigne et le passage piéton. Selon [AWV, 2009], deux modes d'installation peuvent être envisagés selon la position du passage piéton et les conditions de visibilité (Figure 41).

Figuur 42: Verhoogde zijaansluiting bij goede zichtbaarheid.



Figuur 43: Verhoogde zijaansluiting bij slechte zichtbaarheid.

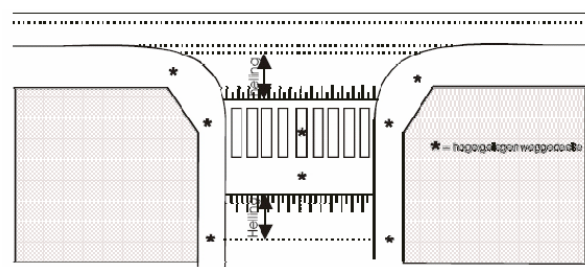


Figure 41 : La position de la traversée piétonne est notamment déterminée par les conditions de visibilité (et dès lors la position du véhicule) au débouché de la voirie secondaire [AWV, 2009]

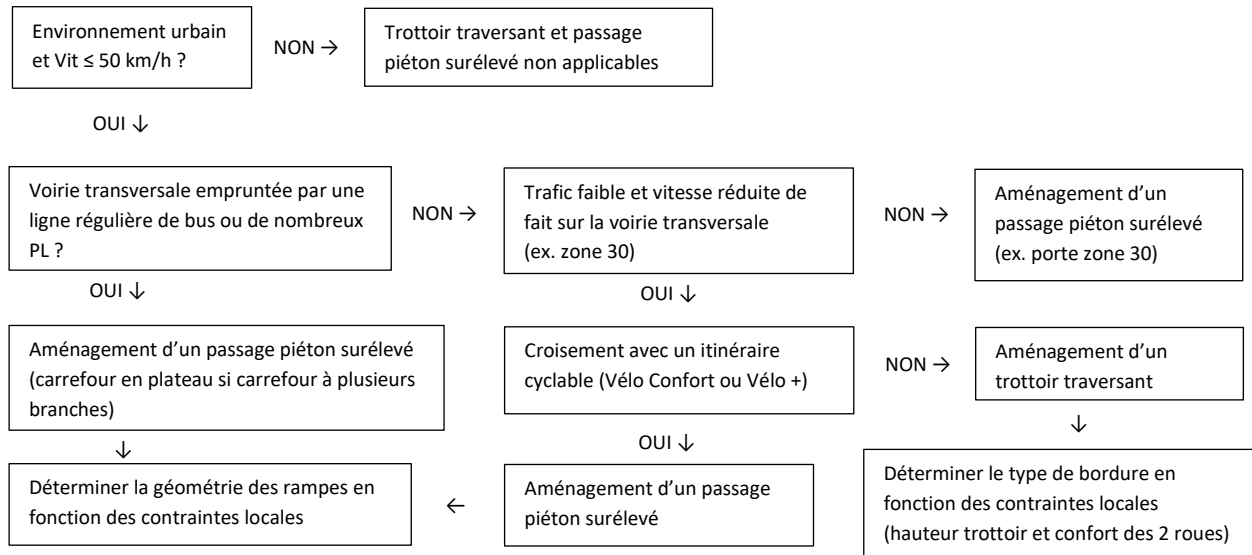
Un tel aménagement surélevé peut également permettre de garantir un haut niveau de confort dans le cas d'une traversée cyclable (Figure 42).



Figure 42 : Passage piéton et traversée cyclable surélevés au débouché de l'av. de la Chevalerie à Etterbeek

5.2.3.3 Schéma d'aide à la décision simplifié pour le choix du type d'aménagement surélevé au croisement avec une rue secondaire

Objet : aménagement d'une traversée piétonne au droit d'une intersection en présence de trottoir, et avec pour objectifs d'assurer la continuité du cheminement du piéton (priorité et accessibilité) tout en forçant les véhicules à ralentir.



5.3 Les caractéristiques géométriques des plateaux

Le profil en long de ce dispositif peut être modifié en faisant varier sa hauteur (H), sa pente (I) et la forme des rampes d'accès et sa longueur (P). Ces éléments géométriques doivent toutefois répondre aux prescriptions du Tableau 11 et du Tableau 12 présentés ci-après.

Ainsi, les **rampes d'accès** d'un plateau peuvent être de **forme sinusoïdale ou plane** (respectivement "plateau à rampes d'accès sinusoïdales" et "plateau trapézoïdal" dans les tableaux suivants).

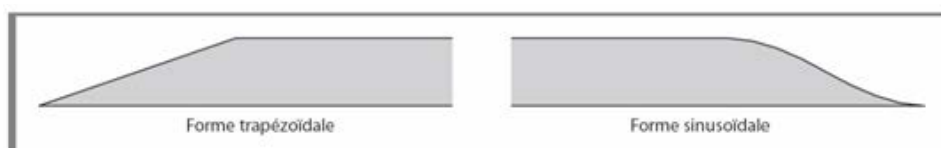


Figure 43 : Forme des rampes d'accès d'un plateau

La **hauteur du plateau (H)** est variable en fonction de sa destination (choix de l'auteur de projet) : les hauteurs recommandées sont 10,0 ou 12,0 cm. La hauteur peut toutefois être égale à celle de la bordure du trottoir avec un maximum de 15,0 cm et un minimum de 8,0 cm lorsque les circonstances locales l'exigent.

Les "circonstances locales" ne sont pas définies dans les textes législatifs. La notion de mise à niveau par rapport aux bordures laisse toutefois supposer que ces circonstances correspondent aux situations où la continuité et l'accessibilité des cheminements piétons doit être assurée, en particulier pour les personnes à mobilité réduite²¹.

²¹ L'A.R. du 09 octobre 1998 (modifié par celui du 03 mai 2002) reprenait d'ailleurs les termes "... lorsqu'un passage pour piétons y est implanté".

Tableau 11 : Caractéristiques géométriques d'un plateau trapézoïdal [A.R. du 03 mai 2002]

Plateau trapézoïdal				
Hauteur (H) du plateau (cm)		10,0	12,0	15,0
Sur des voiries non fréquentées par des autobus et/ou de nombreux véhicules lourds	Longueur (P) de la partie plane (m)	> 5	> 5	> 5
	Pente d'accès (I) (%)	14	12	10
	Longueur (S) de la rampe d'accès (m)	0,70	1,00	1,50
Sur des voiries fréquentées par des autobus et/ou de nombreux véhicules lourds	Longueur (P) de la partie plane (m)	> 8	> 8	> 8
	Pente d'accès (I) (%)	4	4	3
	Longueur (S) de la rampe d'accès (m)	2,50	3,00	5,00

Tableau 12 : Caractéristiques géométriques d'un plateau à rampes d'accès sinusoïdales [A.R. du 03 mai 2002]

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

La **longueur de la ou des rampes d'accès (S)** est déterminée sur base du type de trafic et de la hauteur du plateau (conformément aux tableaux précédents). La hauteur du plateau et la longueur de la rampe d'accès déterminent la **pente (I) d'accès** (elle-même reprise dans les deux tableaux précédents).

Quant à la **longueur de la partie plane du plateau (P)**, elle dépend des circonstances locales (caractéristiques de l'aménagement) et du type de trafic fréquentant le plateau. Dans tous les cas, elle sera au moins égale à 5,00 m, elle sera portée à au moins 8,00 m pour les voiries fréquentées par des autobus (ou de nombreux poids-lourds) et à au moins 15,00 m s'il s'agit d'autobus articulés.

Bien que la STIB ne semble pas envisager à court et moyen terme l'acquisition de bus biarticulés, l'utilisation de ce type de véhicule d'une longueur de l'ordre de 24 m, notamment par De Lijn (à court terme sur la ligne 820 – plateau du Heysel – UZ Brussel) nécessiterait une vérification du confort de circulation en présence de ces bus. [CROW, 2014] suggère, par exemple, que la longueur de la partie plane d'un plateau soit au moins égale à l'empattement du véhicule type qui l'emprunte.

Dans le cas d'un plateau à **rampes d'accès sinusoïdales**, le profil en long de la ou des rampes est calculé selon la formule :

$$Y = H/2 * (1 - \cos(\pi X/S)) ;$$

où X et Y sont les coordonnées orthogonales, H la hauteur du plateau et S la longueur de la rampe d'accès (X et S en mètres, H et Y en centimètres).

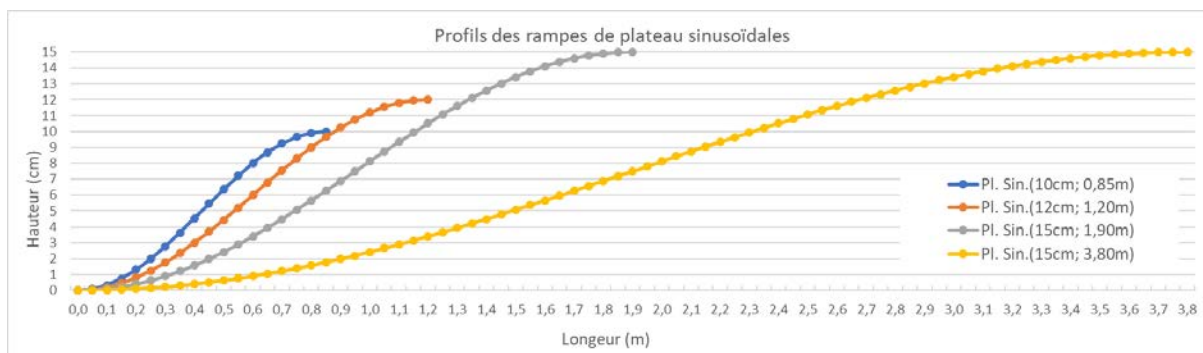


Figure 44 : Profils types des rampes de plateau sinusoïdales selon l'A.R. du 03 mai 2002

Lors de la publication de l'A.R. du 22 mai 2002, les plateaux présentant une pente de rampe de plus de 4% ont été supprimés, les bus à plancher bas ou les bus équipés d'installations qui facilitent l'accès aux personnes handicapées ayant connu des difficultés sur ces plateaux.

Selon De Lijn, en présence de pentes de rampe plus de 3%, le bus à plancher abaissé touche la surface de la rue. Cela provoque de graves dégâts sur le dessous, non seulement des bus standard ordinaires, mais aussi sur les soufflets et les structures avant et arrière des bus articulés. En outre, en raison de l'utilisation de certains matériaux pour le revêtement routier, un dispositif conforme à l'origine, peut se dégrader et ne plus l'être ensuite. En raison de l'affaissement de la partie plane du plateau elle-même ou du raccord avec la rampe, la pente peut augmenter. Il est donc recommandé que la pente ne dépasse pas 3%.

Dans tous les cas, si l'installation d'un plateau est confirmée sur une voirie supportant une ligne régulière de bus, une concertation avec les services concernés aura lieu. Elle portera notamment sur le choix des caractéristiques géométriques, en n'omettant pas de tenir compte de la pente longitudinale de la chaussée (cf. § 4.1.11). Dans sa réflexion, l'auteur de projet se rappellera que l'expérience indique que cette géométrie, adaptée aux bus, car plus confortable, ne contribue que modérément à la réduction des vitesses et que des mesures d'accompagnement (ex. dévoiement, rétrécissement ...) peuvent dès lors s'avérer nécessaires, en particulier sur les rues de quartiers où la modération des vitesses est un élément important.

Remarque :

Les textes législatifs actuels ne précisent pas comment la géométrie des rampes d'accès (longueur et pente) doit être adaptée lorsque le plateau présente (lorsque les circonstances locales l'exigent) une hauteur différente des trois hauteurs caractéristiques mentionnées dans les tableaux précédents.

Le mode opératoire MF77/06 proposé en 2006 par le CRR propose d'adopter les règles suivantes afin de ne pas rendre le dispositif plus inconfortable que nécessaire :

- *la longueur S de la rampe d'accès d'un plateau de 8,0 cm de hauteur est fixée de telle sorte que la pente d'accès soit similaire à celle du plateau de hauteur 10,0 cm;*
- *pour les hauteurs comprises entre 8,0 et 15,0 cm et autres que 10,0 et 12,0 cm, la longueur de la rampe peut être déterminée sur base d'une interpolation linéaire entre les longueurs de référence correspondant aux plateaux de hauteur 8,0; 10,0; 12,0 et 15,0 cm.*

Précision importante à propos des pentes "absolue" et "relative" des rampes d'un plateau :

La pente des rampes est bien entendu déterminante sur l'amplitude de l'accélération verticale ressentie par l'utilisateur (et donc l'inconfort, qui est la source de la modération de la vitesse) lors du franchissement du plateau. Dès l'instant où la voirie sur laquelle le plateau est installé présente une pente longitudinale, la pente dont il convient de tenir compte lors de l'installation du dispositif n'est plus une pente absolue (établie dans un repère orthonormé dont l'axe des abscisses est horizontal), mais bien une pente relative (l'axe des abscisses est l'axe de la voirie).

Dès lors, si lors du repérage des niveaux, le profil en long de la voirie présente une pente p , la pente absolue de la rampe d'accès est égale à la pente relative $\pm p$, selon le sens de la pente p ; tel qu'illustré sur la Figure 45.

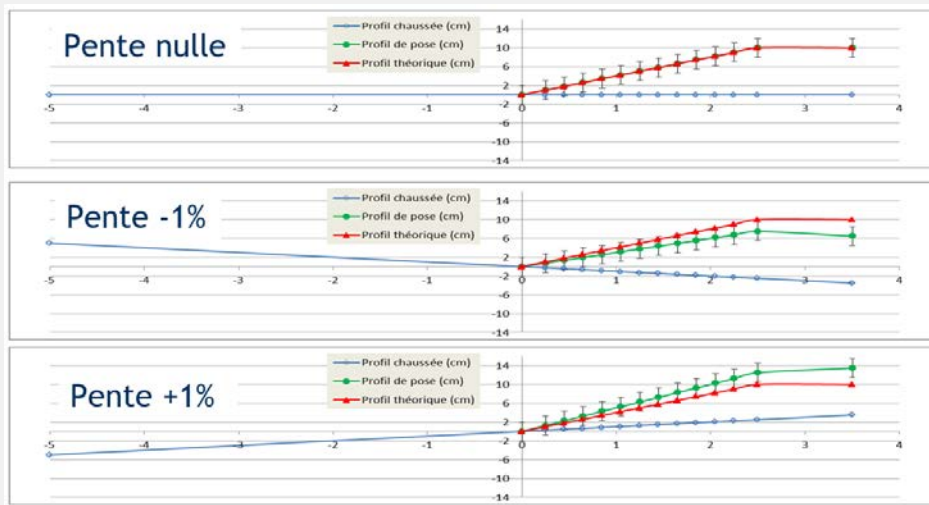


Figure 45 : Pentés "absolue" et "relative" des rampes d'un plateau

5.4 La signalisation et le marquage

Selon la législation, les surélévations doivent être implantées de manière telle qu'elles se distinguent nettement du revêtement de la chaussée. Le plateau doit bien entendu être visible de jour comme de nuit, la signalisation et le marquage ayant leur rôle à jouer dans la visibilité et la lisibilité du dispositif.

5.4.1 Signalisation des plateaux

En matière de signalisation verticale, les plateaux sur les voies publiques sont annoncés (Figure 46) :

- soit par les signaux routiers A14, situé en amont (à 150 m minimum, avec ajout d'un additionnel lorsque cette distance ne peut être respectée) pour signaler le dispositif, et F87 placé à hauteur du dispositif;
- 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 dispositifs surélevés qui se suivent, le signal A14 n'est implanté qu'avant le premier de ceux-ci avec un panneau additionnel de type II indiquant sur quelle distance porte ce signal.

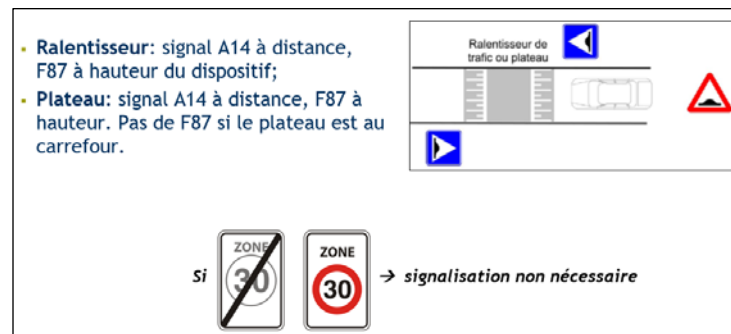


Figure 46 : Résumé de la signalisation verticale prévue lors de l'installation de plateaux ou ralentisseurs sur une voie publique

Remarque : une adaptation de la législation, à propos de la signalisation verticale des plateaux, pourrait être nécessaire en lien avec la mise en œuvre de la Ville 30.

5.4.2 Marquage des plateaux

Le marquage en peigne prévu joue un rôle informatif, permettant de mettre en évidence la discontinuité de la route, d'augmenter la visibilité du dispositif et d'induire, tant que faire se peut, le comportement de conduite souhaité. Le peigne est essentiel, puisqu'il délimite l'endroit où l'arrêt et le stationnement sont interdits, de même que le début et la fin de tout dépassement par la gauche.

Ce marquage doit impérativement se distinguer du revêtement et se trouver sur les rampes (partie inclinée) du plateau. Le motif et les dimensions des différents éléments qui le composent sont précisées par l'A.R. d'octobre 1998 (modifié par l'A.R. de mai 2002 ; Figure 47) :

- 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.

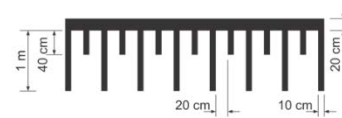


Figure 47 : Motif et dimensions du marquage en peigne

Le Cahier des Charges Type (CCT 2015) reprend, en son chapitre J.2 "Signalisation horizontale – marquages", les caractéristiques de ces marquages.

5.5 Exemples d'aménagement

5.5.1 Aménagement d'un plateau à l'intersection des rues Stephenson et Joseph Jacquet à Schaerbeek

5.5.1.1 Contexte des voiries

La chaussée de ces voiries communales (en zone 30) présente une largeur de 9,2 m et 8,2 m, pour les rues Stephenson et J. Jacquet, respectivement. La rue Stephenson supporte le passage de l'ICR 44 ; des bandes cyclables suggérées y sont aménagées (Figure 48).



Figure 48 : Rue Stephenson, à hauteur du plateau situé place Stephenson

En mai 2019, le CRR a réalisé une campagne d'analyse du trafic (à l'aide d'un compteur à tubes pneumatiques) à hauteur du n°98 de la rue Stephenson. Les volumes et types de trafic mesurés durant 1 semaine (du 15 mai au 22 mai 2019) sont présentés ci-après. Il n'y a pas de ligne régulière de bus.

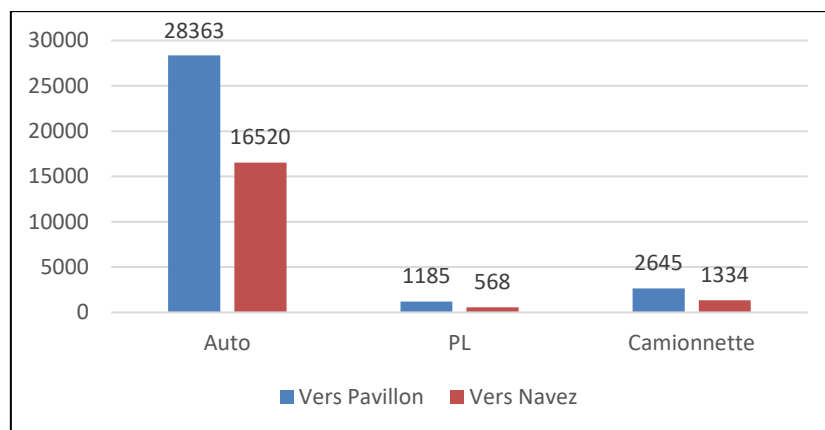


Figure 49 : Volume et types de trafic sur la rue Stephenson (période du 15 mai au 22 mai 2019)

Le trafic journalier varie entre 5.600 et 7.900 véhicules. La répartition modale sur une semaine complète, toutes directions confondues, est la suivante : 89% de véhicules légers, 8% de camionnettes et 3% de poids-lourds.

5.5.1.2 Choix du type d'aménagement, plan et contraintes locales

Le projet consiste en l'aménagement d'un plateau et d'oreilles de trottoir (rayon de courbure d'au moins 6 m) afin de réduire la longueur des traversées piétonnes et placer des dalles podotactiles. Le choix d'un plateau permet d'améliorer les conditions d'accessibilité.

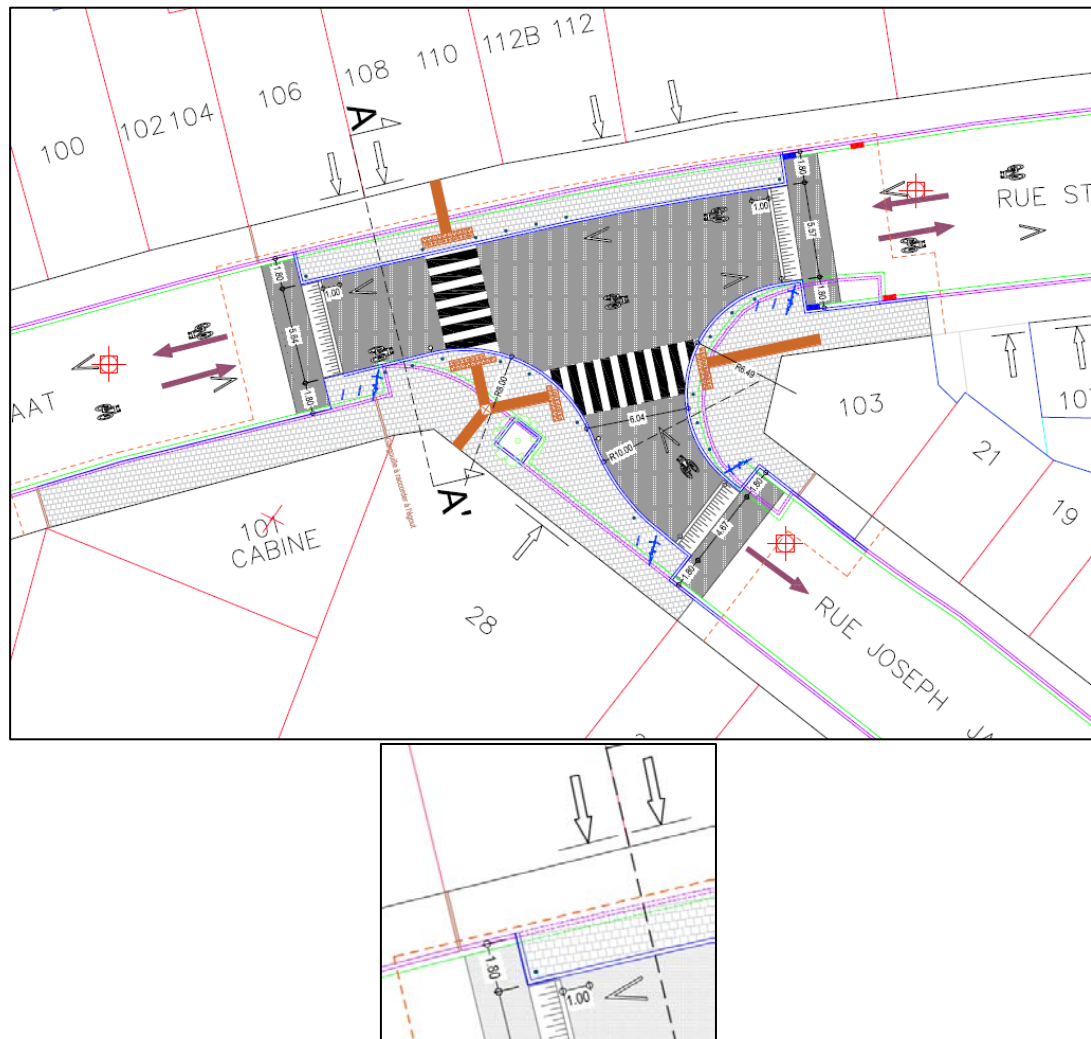


Figure 50 : Projet d'aménagement d'un plateau à l'intersection des rues Stephenson et Joseph Jacquet à Schaerbeek

Au niveau du plateau, la largeur de la chaussée circulée a été réduite à 5,6 m et 4,7 m pour les rues Stephenson et J. Jacquet, respectivement. Les positions des rampes tiennent compte du contexte local : à distance suffisante des passages piétons, à 1 m du bord de l'entrée de garage du n°106 pour permettre une accessibilité de cette entrée carrossable. Elles sont en outre placées en dehors de zone des bordures courbes.

Le plateau, d'une hauteur de 12 cm, présente des rampes sinusoidales de 1,20 m.

5.5.2 Réalisation d'un plateau dans un contexte patrimonial, à l'intersection des avenues des Glycines et Gustave Latinis à Schaerbeek

5.5.2.1 Contexte des voiries

La chaussée de ces voiries communales (en agglomération) présente une largeur de 9,0 m et 9,7 m, pour les avenues des Glycines et Gustave Latinis, respectivement. Le bus 66 circule de l'avenue Gustave Latinis (branche nord) vers l'avenue des Glycines (branche ouest).

L'arrêt Louis Bertrand se trouve sur cette dernière. Un flux piéton relativement important emprunte cette intersection, en direction de l'Institut Saint-Dominique et du parc Albert (branche est de l'avenue des Glycines).

5.5.2.2 Choix du type d'aménagement, plan et contraintes locales

Ce projet consiste en la mise en plateau du carrefour sur toute la longueur du parvis de l'Eglise Sainte Suzanne (Figure 51). Ce type d'aménagement nécessite le maintien des places de stationnement sur le plateau. Ces places sont signalées comme en zone 20 à l'aide d'une dalle P en début et en fin de stationnement.

Selon l'information disponible, le trafic journalier sur ces axes est inférieur à 3.000 véhicules.

L'avenue des Glycines étant en légère montée en direction de l'intersection, une piste cyclable y serait marquée, et une bande cyclable suggérée aménagée dans l'autre sens.

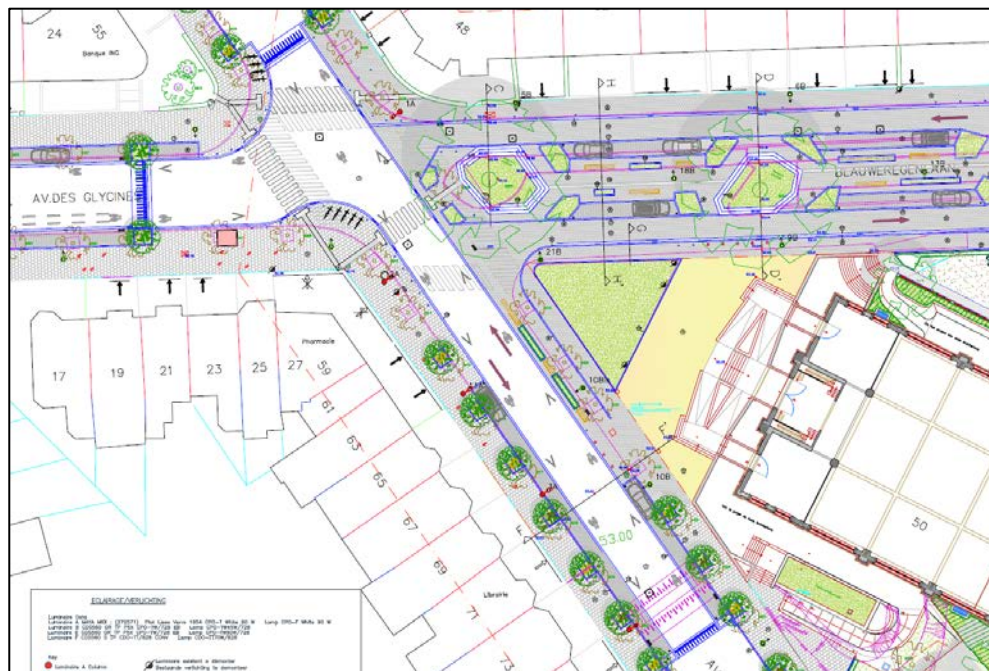


Figure 51 : Plan du projet d'aménagement d'un plateau à l'intersection des avenues des Glycines et Gustave Latinis

Le choix d'un plateau est dicté par la volonté de reconsidérer l'aménagement du quartier dans son ensemble, afin d'améliorer tant les conditions de sécurité que d'accessibilité. Le choix de la géométrie des rampes est influencé par la présence d'une ligne régulière de bus sur certaines branches. Le projet prévoit deux types de rampe : rampes sinusoïdales de 1,20 m de long (avec une hauteur de plateau de 12 cm), et rampes trapézoïdales de 2,50 m de long (avec une hauteur de plateau de 10 cm) sur le trajet du bus 66. Des rampes trapézoïdales de 3,00 m pourraient également être utilisées pour obtenir une hauteur uniforme de 12cm. Leur positionnement est une nouvelle fois influencé par la position des entrées carrossables (indiquées par les flèches noires).

6 Les ralentisseurs

Le **ralentisseur de trafic** consiste en une **surélévation de forme sinusoïdale** (sans partie plane), **établie au moins sur toute la largeur de la chaussée** et perpendiculairement à l'axe de celle-ci [A.R. du 09 octobre 1998 modifié par l'A.R. du 03 mai 2002]. Un seul profil en long est prévu par la législation belge (chapitre 6.3).

Le ralentisseur s'installe en section et a pour unique vocation de contraindre physiquement le conducteur à ralentir la vitesse de son véhicule. Toutefois, il ne peut être envisagé comme l'élément unique destiné à réduire la vitesse à 30 km/h. Une telle approche d'aménagement ponctuel peut en effet ne s'avérer efficace que très localement (cf. chapitre 4.1.12), voire même devenir la source d'un accroissement des nuisances sonores locales à la suite des freinages et ré-accélérations intempestifs de part et d'autre du dispositif [Bruxelles Environnement, 2003].

Il est dès lors nécessaire de réfléchir l'aménagement de la zone dans son ensemble, une zone où la vitesse est limitée à 30 km/h par l'intermédiaire d'un ensemble de mesures cohérentes (une largeur de chaussée réduite, l'utilisation de dévoiement ou d'aménagements centraux, l'aménagement paysager des abords, par exemple) et dans laquelle le ralentisseur vient renforcer le respect de la limitation de vitesse. Une telle approche est même indispensable dès lors que la différence entre la vitesse (V85) d'approche et la vitesse de franchissement est supérieure à 25 km/h.

6.1 L'utilisation du dispositif

Les ralentisseurs peuvent être implantés sur les voiries publiques situées, 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**.

Ces voiries doivent en outre présenter des conditions de circulation telles qu'une réduction importante de la vitesse soit de nature à améliorer la sécurité. En France, [CERTU, 1994] indique que les ralentisseurs sont interdits sur les voies dont le trafic dépasse 3.000 véhicules par jour pour l'ensemble des deux sens de circulation, sont proscrits sur les voies supportant un trafic poids-lourds supérieur à 300 poids-lourds par jour, et ne sont pas recommandés au-delà d'un trafic de 100 poids-lourds par jour.

Selon la législation belge, leur utilisation est **interdite sur les voiries empruntées par un service régulier de transport en commun ou des véhicules de services de secours**.

Les ralentisseurs sont dès lors clairement destinés aux voiries assurant la desserte locale ; c'est-à-dire à priori là où la fonction de séjour est prépondérante.

6.2 L'implantation du dispositif

Les ralentisseurs doivent être établis :

- Perpendiculairement à l'axe de la chaussée et au moins sur toute sa largeur²²;
- En dehors des virages;
- En dehors des carrefours et à une distance minimale de 15 m de ceux-ci (*Figure 52*);
- A une distance minimale d'environ 75 m de tout autre dispositif surélevé (voir aussi le chapitre 4.1.12).

²² Toutefois, lorsque les sens de circulation sur une chaussée sont séparés autrement que par des marques routières, la largeur du ralentisseur peut être limitée à la partie de la chaussée destinée à un sens de circulation.

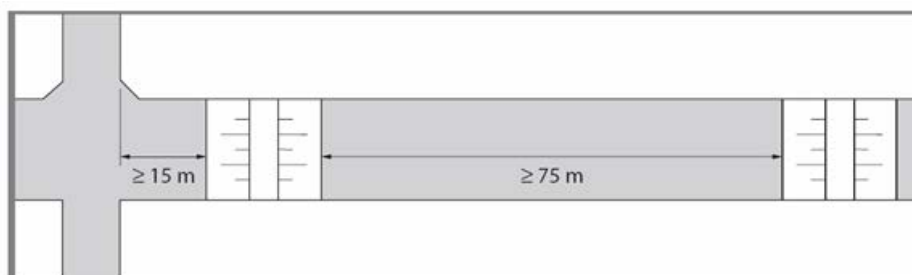


Figure 52 : Ralentisseur : distance au carrefour et entre dispositifs consécutifs

En outre, le pourcentage de la pente de la route additionné à celui de la rampe du dispositif ne peut être supérieur à 15% (cf. chapitre 4.1.11). Dans la pratique, cela signifie qu'il **n'est pas autorisé d'installer ce type de dispositif sur des sections de voirie dont la pente dépasse 10%** (la pente moyenne d'un ralentisseur étant de 5%).

Dans le cas d'une chaussée de grande largeur, un rétrécissement local peut-être envisagé à hauteur du ralentisseur pour assurer une meilleure lisibilité de l'aménagement (Figure 17).

Le Code de la route interdit le stationnement sur le ralentisseur, sauf réglementation locale, telle que l'absence de peigne et l'aménagement du revêtement de l'accotement ou le marquage de cases de stationnement (Figure 53).



Figure 53 : Gestion du stationnement à hauteur d'un ralentisseur (toléré moyennant des dispositions locales)

Comme le rappelle le RRU, **l'évacuation des eaux de ruissellement doit être assurée** en toute circonstance. Le ralentisseur ne peut donc constituer un obstacle à leur écoulement. Pratiquement, diverses mesures peuvent être envisagées, comme l'installation de nouveaux avaloirs au pied des pentes, l'aménagement d'îlots latéraux préservant les filets d'eau (exemple à la Figure 54) ou encore l'abaissement progressif du profil pour rejoindre le niveau du filet d'eau. Ce dernier cas suppose une brusque rupture de pente dans le profil transversal du ralentisseur, géométrie qu'il peut s'avérer difficile de réaliser, et qui est en outre impossible en cas de ralentisseur avec des éléments préfabriqués.



Figure 54 : Aménagement d'îlots latéraux préservant les filets d'eaux à hauteur d'un ralentisseur

6.3 Les caractéristiques géométriques

La géométrie du profil en long d'un ralentisseur est destinée à provoquer un inconfort croissant avec la vitesse de franchissement. L'accroissement de l'accélération verticale doit être maximal pour une vitesse voisine de 30 km/h (Figure 2).

Le ralentisseur doit répondre à diverses prescriptions techniques : **une longueur L = 4,80 m, une hauteur maximale T = 12,0 cm et une variation du profil en long sinusoïdal** conforme à la Figure 55.

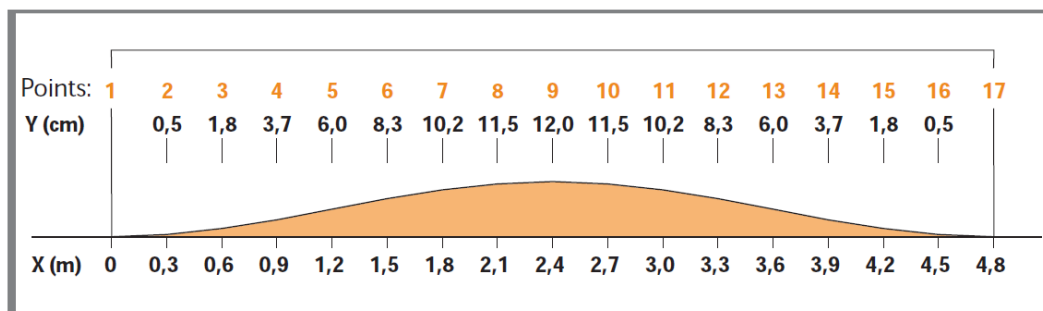


Figure 55 : Profil en long d'un ralentisseur de trafic

L'efficacité de ce profil a été abondamment étudiée. La littérature indique qu'il induit une vitesse de franchissement de 30 km/h (V85). Son profil doit donc être strictement respecté. La distance entre dispositifs ralentisseurs successifs s'avère déterminante pour la vitesse pratiquée sur la section considérée (voir le chapitre 4.1.12).

Les tolérances suivantes sont autorisées dans la réalisation des ralentisseurs de trafic : en longueur (L) : $\pm 5\%$; en hauteur (Y) : $\pm 2,0$ cm en un point particulier ; $\pm 1,0$ cm sur la moyenne du profil en long ; la saillie d'attaque (A) : $\pm 0,5$ cm. Le profil en long est alors adapté en fonction de la longueur réelle du ralentisseur, selon la formule $Y=T/2*(1-\cos(2\pi X)/L)$.

On notera que divers profils d'éléments préfabriqués sont disponibles sur le marché. Il n'existe toutefois qu'un seul profil destiné aux ralentisseurs (longueur : 2,40 m ; profil sinusoïdal). L'auteur de

projet veillera à ne pas prescrire d'éléments préfabriqués dont les profils seraient conçus pour les rampes des plateaux (cette situation ayant déjà été observée sur le terrain).

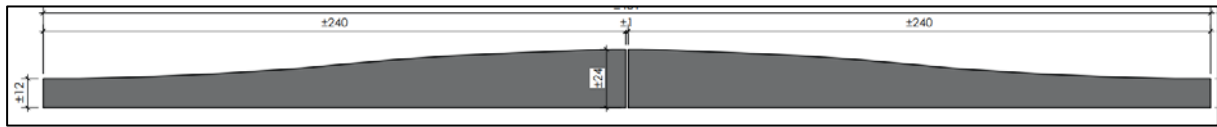


Figure 56 : Eléments préfabriqués dédiés à la construction de ralentisseurs (longueur individuelle : 2,40 m ; profil sinusoïdal)

6.4 La signalisation et le marquage

Selon la législation, les surélévations doivent être implantées de manière telle qu'elles se distinguent nettement du revêtement de la chaussée. Le ralentisseur doit bien entendu être visible de jour comme de nuit, la signalisation et le marquage ayant leur rôle à jouer dans la visibilité et la lisibilité du dispositif.

6.4.1 Signalisation des ralentisseurs

En matière de signalisation verticale, les ralentisseurs sur les voies publiques sont annoncés par les signaux routiers A14, situé en amont (à 150 m minimum, avec ajout d'un additionnel lorsque cette distance ne peut être respectée) pour signaler le dispositif, et F87 placé à hauteur du dispositif (Figure 46).

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 dispositifs surélevés qui se suivent, le signal A14 n'est implanté qu'avant le premier de ceux-ci avec un panneau additionnel de type II indiquant sur quelle distance porte ce signal.

Remarque : une adaptation de la législation, à propos de la signalisation verticale des ralentisseurs, pourrait être nécessaire en lien avec la mise en œuvre de la Ville 30.

6.4.2 Marquage des ralentisseurs

Le marquage des ralentisseurs est établi selon les mêmes prescriptions que celles s'appliquant aux plateaux. Il doit également impérativement se distinguer du revêtement et se trouver sur les parties inclinées du ralentisseur (Figure 47, Figure 57).



Figure 57 : Marquage en peigne sur les rampes
(les traits 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).

Remarque : sur la Figure 57, malgré l'interruption du marquage en peigne, le stationnement en accotement est de nature à dévaloriser la règle générale interdisant le stationnement sur les ralentisseurs et plateaux (voir aussi le chapitre 4.1.7).

6.5 Exemple d'aménagement

6.5.1 Aménagement de ralentisseurs le long de la rue Stephenson

6.5.1.1 Contexte des voiries

Dans son tronçon situé entre la place Stephenson et la rue du Pavillon, la rue Stephenson est longue d'environ 230 m. La chaussée présente une largeur de 9,0 m, le stationnement est autorisé de part et d'autre, et des bandes cyclables suggérées y sont marquées (*Figure 48*).

Selon des comptages effectués de l'autre côté de la place, en mai 2019, le trafic journalier varie entre 5.600 et 7.900 véhicules. La répartition modale sur une semaine complète, toute direction confondue, est la suivante : 89% de véhicules légers, 8% de camionnettes et 3% de poids-lourds.

6.5.1.2 Choix du type d'aménagement, plan et contraintes locales

L'objectif de cet aménagement est de modérer les vitesses pratiquées par les véhicules motorisés. La voirie n'est empruntée ni par un service régulier de transport en commun, ni par des véhicules de services de secours. L'installation de deux dispositifs permet de respecter la distance minimum standard entre dispositifs (75 m). La distance par rapport aux intersections proches est également de 75 m. Le tout devrait permettre de modérer la reprise de vitesse le long du tronçon (*Figure 58*).



Figure 58 : Aménagement de deux ralentisseurs (L. 4,8 m, ht. 12 cm) à l'aide de rampes préfabriquées à la rue Stephenson

7 Les coussins

Les coussins consistent en des **surélévations implantées en section**, mais, à la différence des dispositifs surélevés (ralentisseurs et plateaux), ils **ne s'étendent pas sur toute la largeur de celle-ci**. Divers modes d'implantation sont envisageables selon la largeur de la chaussée : un coussin unique, avec ou sans rétrécissement, deux coussins côte à côte, avec ou sans dispositif séparateur (chapitre 7.3).

7.1 L'utilisation du dispositif

Les coussins ne s'installent qu'en section et ont pour vocation de créer un effet de porte ou de constituer un élément de ralentissement de la circulation. Ils sont généralement adaptés pour les voies empruntées par une ligne régulière de transport en commun où l'implantation des ralentisseurs est interdite, et où la pose d'un plateau est une alternative trop coûteuse ou difficile à mettre en place, mais où la réduction de la vitesse est nécessaire, sur les chaussées à une ou deux voies, sur une rue à vitesse limitée à 50 km/h, dans une zone 30 km/h ou en entrée de cette zone, à l'approche d'une traversée piétonne ou tout autre section de voirie nécessitant une adaptation du comportement de conduite du fait d'une mixité des modes de déplacement.



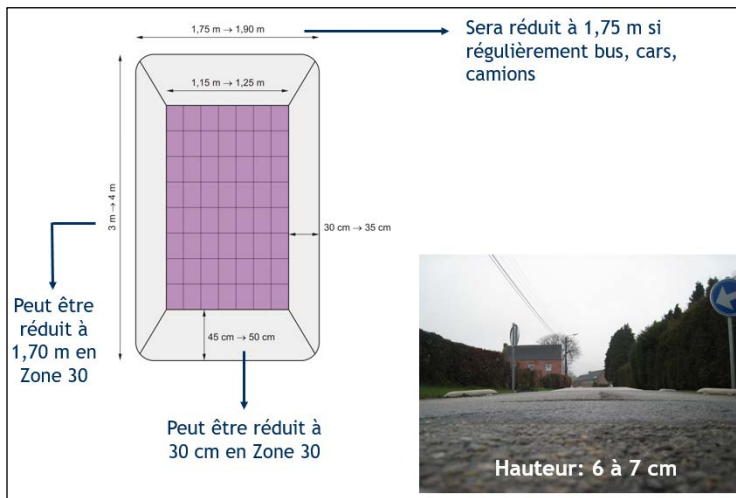
Figure 59 : Illustration de l'utilisation de coussins

Idéalement, il en est fait usage en complément d'un réaménagement de la voirie ou simplement en soutien à la signalisation verticale (Figure 59).

Bien qu'ils ne puissent être installés que sur une voirie limitée à 50 km/h (et à distance d'au moins 100 m du début de la limitation), le Code de la route n'impose pas une vitesse spécifique pour leur franchissement. Leurs caractéristiques géométriques ne permettent d'ailleurs pas de les considérer comme des dispositifs 30 km/h.

Selon CERTU (2010), les coussins peuvent à priori être utilisés sur des voiries urbaines quel que soit le volume de trafic supporté. Toutefois, au-delà de 10.000 véhicules par jour pour les deux sens confondus, on évitera leur implantation s'il existe un trafic significatif de deux-roues motorisés. Aux Pays-Bas, les coussins sont présentés comme des "busvriendelijke verkeersdrempels". CROW (2012) restreint leur utilisation aux routes à faible intensité de trafic (*maximaal 4.000 motor voertuigen/etmaal*). Si l'on se rapporte à la littérature, il conviendrait donc **de limiter l'usage de ce dispositif aux voiries dont le trafic empruntant le coussin ne dépasse pas 5.000 véhicules par jour**.

7.2 Les caractéristiques géométriques



La C.M. du 03 mai 2002 vise à informer les gestionnaires de voirie des caractéristiques géométriques et des exigences liées à l'aménagement et à la signalisation des coussins. Ce type de dispositif doit amener à un inconfort lors de son franchissement, mais il convient de tenir compte de la garde au sol des véhicules.

Figure 60 : Caractéristiques géométriques des coussins selon la C.M. du 03 mai 2002

Ainsi, la Circulaire ministérielle du 3 mai 2002 (voir *Tableau 1*) stipule qu'il est essentiel de respecter les caractéristiques géométriques suivantes :

- Largeur entre 1,75 m et 1,90 m (réduite à 1,75 m si la route est fréquentée régulièrement par des bus, cars et camions);
- Largeur de la partie plane : entre 1,15 et 1,25 m;
- Largeur des pentes latérales : (chanfreins) de 30 à 35 cm;
- Largeur des pentes avant et arrière (chanfreins) entre 45 et 50 cm (cette largeur peut être réduite à 30 cm en zone 30). Dans les caractéristiques techniques, c'est l'aspect qui doit retenir la plus grande attention. Des chanfreins mal réalisés peuvent s'avérer particulièrement dangereux en particulier pour les deux roues;
- Longueur : entre 3 et 4 m ; elle peut être réduite à 1,70 m en zone 30;
- Hauteur : de 6 à 7 cm ; 7 cm étant une hauteur maximale. Il convient d'éviter des dispositifs d'une hauteur inférieure à 6 cm car le dispositif perd toute efficacité et est alors franchi à grande vitesse, créant en outre des nuisances sonores.

Remarque : une adaptation de la législation, à propos des dimensions des coussins, pourrait être nécessaire en lien avec la mise en œuvre de la Ville 30.

7.3 L'implantation du dispositif

La C.M. du 03 mai 2002 précise que les coussins ne peuvent être implantés qu'**en dehors des virages, des ouvrages d'art et voies publiques où la déclivité est $\geq 6\%$** . Les dispositifs peuvent être répétés, et dans ce cas, il y a lieu de se référer aux mêmes critères que pour les ralentisseurs et plateaux, soit +/- 75 m.

Les coussins seront installés à **au moins 15 m de tout carrefour**. Ils ne peuvent être traversés par un passage pour piétons, mais bien l'encadrer. L'**axe longitudinal** du coussin doit naturellement être **parallèle à celui de la chaussée**.

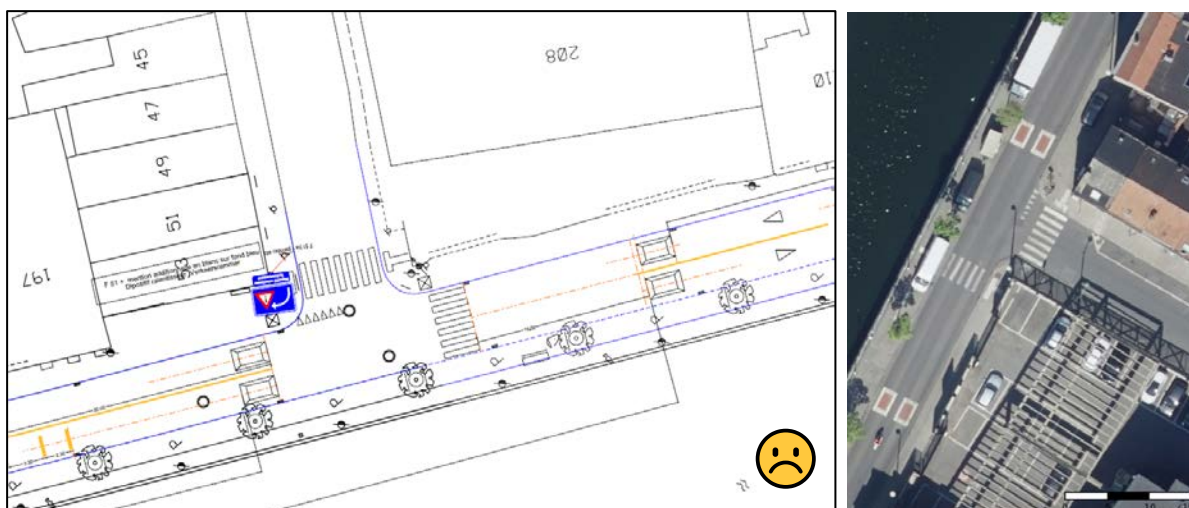


Figure 61 : Exemple d'une intersection où la distance minimale nécessaire entre les cousins et le carrefour n'a pas pu être respectée. Dans ce genre de situation, on pourrait envisager l'installation d'un plateau couvrant l'entièreté de l'intersection où, à défaut, n'installer qu'une seule paire de cousins, plus proche de la traversée piétonne, mais à minimum 15 m du carrefour

Il conviendra également de veiller à adopter une géométrie permettant aux véhicules de correctement s'aligner sur l'axe du coussin (Figure 62), ou encore d'éviter que le conducteur ne se positionne au centre de la chaussée (en cas de cousins côte à côte) pour contrer l'effet de ralentissement des dispositifs et dès que possible privilégier une bonne séparation des sens de circulation. Ceci notamment afin de modérer les nuisances sonores pour l'environnement immédiat.

Afin de permettre l'alignement correct des bus sur l'axe des cousins, ceux-ci seront, en présence d'une ligne régulière de bus, implantés préférentiellement sur des tronçons rectilignes. En cas de doute, une simulation sera utilement réalisée avec un logiciel de giration, en utilisant le véhicule ad hoc. Dans un cas tel que celui présenté à la Figure 62, la distance entre le dévoiement et le coussin, mais aussi l'amplitude du dévoiement sont déterminants.

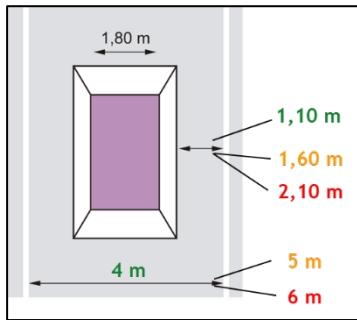


Figure 62 : **Distance trop courte** entre les cousins et la chicane, ne permettant pas un bon alignement des bus par rapport à l'axe longitudinal des cousins (rue Joseph Wauters à Schaerbeek) ; ces derniers ont été enlevés par la suite

Par ailleurs, selon CERTU (2010), il convient **d'éviter d'implanter des cousins à moins de 15 m à l'amont d'une zone d'arrêt de bus**, pour permettre aux bus de se réaligner dans de bonnes conditions au niveau de l'arrêt après avoir franchi le coussin.

Ce genre de dispositif ne sera en outre **pas implanté à hauteur des arrêts de bus**, car incompatibles avec la distance prévue entre la caisse du bus et la bordure de l'embarcadère.

Lorsque la chaussée comportera deux bandes de circulation, deux dispositifs devront être installés, en adaptant l'aménagement selon la largeur de la chaussée pour éviter le contournement des coussins. En effet, selon la Circulaire, la largeur d'un coussin doit être comprise entre 1,75 m et 1,90 m. Dans la pratique, elle dépasse rarement 1,80 m.



La voie²³ d'une voiture est quant à elle comprise entre 1,40 m et 1,60 m. Une simple analyse de la *Figure 63* indique que dès l'instant où la largeur de la chaussée (marquage inclus) atteint 4,50 m, le coussin devient contournable par les voitures les plus étroites. En pratique, il est donc recommandé de considérer que l'installation d'un **coussin unique** (sans aménagement complémentaire) ne suffit pas pour une chaussée dont la largeur dépasse 4 m.

Figure 63 : Réflexion sur la largeur de la chaussée, la largeur d'un coussin et la voie d'un véhicule

Dès lors, il est nécessaire d'**associer un rétrécissement** de la voirie pour les chaussées à sens unique d'une largeur inférieure à 5 m, et, pour les voiries à double sens d'une largeur inférieure à 6 m (*Figure 64*). Dans ce second cas, c'est logiquement le sens entrant dans la zone agglomérée que l'on veillera à le plus ralentir, avec placement éventuel des **signaux B19 et B21** pour régler la priorité de passage. L'alternance des priorités d'un dispositif au suivant peut s'avérer une alternative intéressante si l'on souhaite modérer le trafic dans les deux sens de circulation.

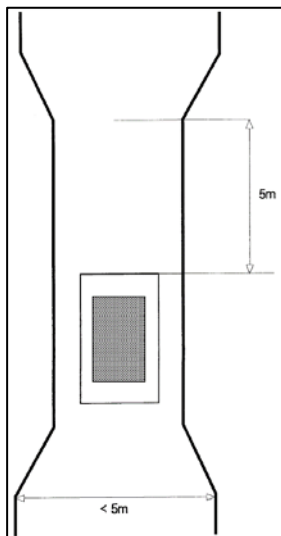


Figure 64 : Coussin associé à un rétrécissement de la voirie : chaussée < 5 m à sens unique (à gauche), chaussée < 6 m à double sens (à droite)

Pour les raisons évoquées au chapitre 4.1.8, le concepteur et le gestionnaire devront prêter une attention particulière à la **problématique du stationnement en accotement à hauteur des coussins, ainsi qu'en présence d'une bande cyclable suggérée (BCS) ou d'une piste cyclable marquée (PCM)** (*Figure 24 et 25*).

²³ Voie d'un véhicule = distance entre les centres des zones de contact des roues d'un même essieu.

Dans le cas de chaussées présentant une largeur supérieure à 6 m, l'implantation de **deux coussins côte à côte** s'impose. Dans cette situation, divers modes d'implantation sont prévus par la Circulaire ministérielle selon la largeur effectivement disponible :

- Chaussée dont la largeur est comprise entre 6 m et 7,2 m : installation de deux coussins côte à côte séparés par une ligne blanche continue d'au moins 10 m (Figure 65)

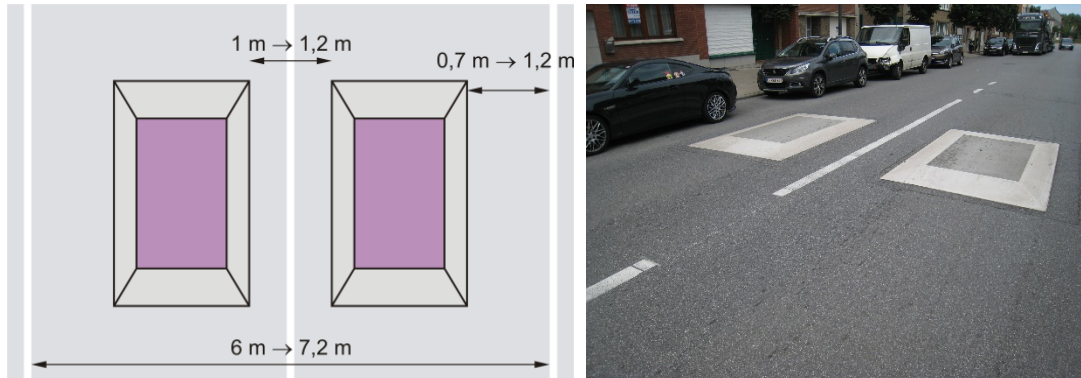


Figure 65 : Implantation de deux coussins côte à côte sur une chaussée dont la largeur est comprise entre 6 m et 7,2 m (coussins séparés par une ligne blanche continue ≥ 10 m)

En outre, selon la C.M. de mai 2002, l'espace entre deux coussins doit être compris entre 1 m et 1,2 m. Il convient de noter que ces distances ne permettent pas le **croisement de deux autobus** ou poids-lourds dès lors qu'ils s'alignent parfaitement sur l'axe des coussins (ce qui est souhaitable pour minimiser les nuisances sonores et l'inconfort des passagers ; Figure 66). L'implantation de coussins berlinois côte à côte avec séparation par une simple ligne blanche n'est donc pas une solution idéale pour le croisement des bus.

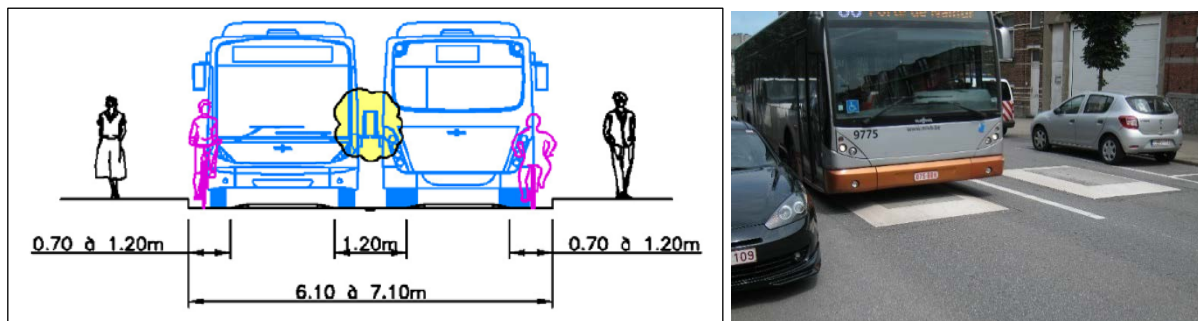


Figure 66 : Problématique du croisement des autobus lors du franchissement de coussins berlinois côte-à-côte [communication STIB]

CERTU (2010) recommande même d'éviter l'installation de coussins côte-à-côte sur les chaussées bidirectionnelles de moins de 6,2 m de largeur, supportant des lignes régulières de transport en commun.

Malgré cela, **l'espace entre les coussins ne sera en aucun cas supérieur à 1,2 m** (même dans le cas d'une installation sur deux voies dans une même direction - Figure 67) ; sous peine de perdre toute efficacité, voire même de conduire à des manœuvres dangereuses (évitement par le milieu).



Figure 67 : Installation de deux coussins côte à côté sur une chaussée à deux voies dans la même direction (avenue de la Liberté – Koekelberg)

Tel qu'exposé à la Figure 25, le stationnement de véhicules automobiles sera empêché sur une distance de 5 m de part et d'autre du dispositif, lorsque la largeur du stationnement disponible sera d'au moins 2 m ; cela afin de permettre aux bus de s'aligner sur l'axe des coussins, et aux cyclistes de garder une trajectoire fluide tout en évitant les éventuelles ouvertures de portière.

Lorsque la largeur de stationnement disponible sera inférieure à 2 m, et qu'un réaménagement local permettant de porter la largeur à 2 m ne sera pas possible, on veillera à étendre la suppression du stationnement, en amont et en aval, sur une distance de minimum 8 m de part et d'autre du coussin.

Pour des chaussées plus larges, l'installation d'un îlot s'avère nécessaire.

- Chaussée dont la largeur est supérieure ou égale à 7,2 m : deux coussins séparés par un îlot central. Cet îlot sera bombé, infranchissable et rendu visible (balises), pour éviter des comportements tels que celui présenté en Figure 68 (droite).

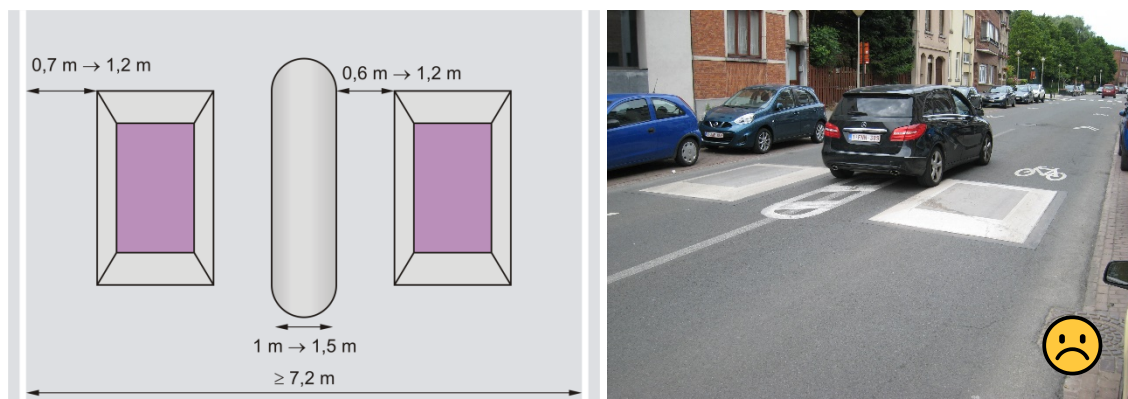


Figure 68 : Implantation de deux coussins côte à côté sur une chaussée dont la largeur est supérieure ou égale à 7,2 m : coussins séparés par un îlot bombé (à gauche) pour éviter leur contournement (à droite)

Des passages piétons ne peuvent être marqués sur des coussins. Ces derniers peuvent toutefois encadrer la traversée et impliquer un ralentissement des véhicules. Si la C.M. du 03 mai 2002 propose dans ce cas, l'installation de **coussins en chicane**, avec marquage d'une ligne blanche continue sur au moins 10 m ou avec l'installation d'un îlot bombé, selon les mêmes règles de largeur que ci-avant, certaines réalisations démontrent le risque de comportements inappropriés de la part de certains conducteurs (Figure 69).



Figure 69 : Risque de comportement inapproprié en présence de coussins en chicane sans séparation physique

A cette configuration, on préférera donc le placement de deux coussins côte à côte des deux côtés de la traversée piétonne (Figure 70).

Dans le cas de l'implantation de deux coussins côte à côte à proximité d'un passage piéton (Figure 70), une distance d'environ 3 m est recommandée entre la fin du coussin et le passage piéton afin que celui-ci soit visible.



Figure 70 : Installation de coussins côte-à-côte à proximité d'un passage piéton sur une chaussée dont la largeur est comprise entre 6 m et 7,2 m

Dans ce genre de situation, et en fonction des circonstances locales, l'installation d'un plateau peut s'avérer être une alternative intéressante.

Pour les chaussées d'une largeur supérieure ou égale à 7,2 m, l'installation d'une séparation physique peut être une option dès lors que l'on s'assure que les voitures ne peuvent se faufiler entre l'îlot et le coussin (Figure 71).

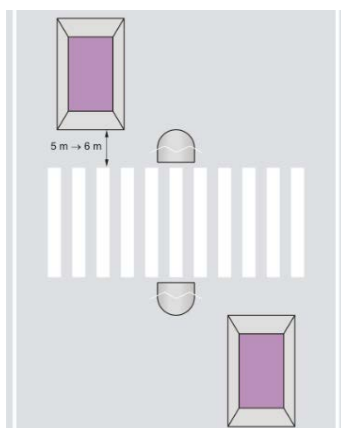


Figure 71 : Implantation de deux coussins en chicane séparés par un îlot bombé, sur une chaussée dont la largeur est supérieure ou égale à 7,2 m

7.4 La signalisation et le marquage

En principe, une signalisation verticale ne devrait pas être placée, mais elle peut toutefois s'avérer très utile pour attirer l'attention des usagers sur la présence du coussin, et ainsi contribuer à modérer les vitesses dans une zone la plus étendue possible.

Dans ce cas, il sera fait usage du signal A51 avec la mention additionnelle en blanc sur fond bleu "dispositif ralentisseur". Le signal A51 ne sera en aucun cas utilisé en zone 30 km/h [C.M. du 3 mai 2002].

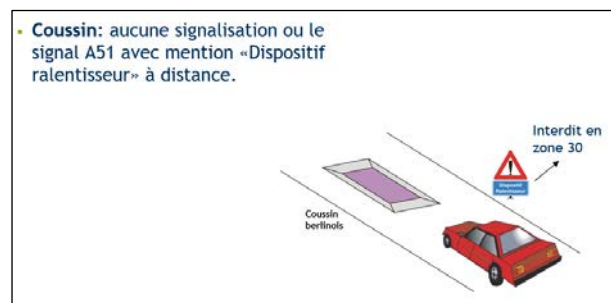


Figure 72 : Résumé de la signalisation verticale prévue lors de l'installation d'un coussin

Remarque : une adaptation de la législation, à propos de la signalisation verticale des coussins, pourrait être nécessaire en lien avec la mise en œuvre de la Ville 30.

Conformément à la C.M. du 3 mai 2002, la partie chanfreinée du coussin doit être de couleur blanche. Par ailleurs, afin de renforcer la perception du coussin par les usagers, et ainsi tenter de modérer la vitesse de franchissement, le dispositif peut être précédé de trois bandes blanches, disposées selon le schéma et les distances reprise à la Figure 73.

Le placement de ces bandes transversales est recommandé par la Commission "Modes actifs"²⁴, afin d'avertir les cyclistes de la présence du coussin.

Toutefois, dans la réflexion à propos de la pertinence de ces bandes, l'auteur de projet ou gestionnaire tiendra compte de l'éventuelle présence d'autres types de marquages. Il n'est en effet pas souhaitable de surcharger la zone en amont du coussin. Dans un souci de lisibilité, le nombre de trois bandes sera strictement respecté.

Si les distances recommandées par la C.M. du 3 mai 2002 ne peuvent pas être respectées pour des raisons pratiques (intersection ou changement de voie proche), l'auteur de projet ou gestionnaire veillera à ne pas trop réduire la distance entre le coussin et la première bande. L'objectif étant que les usagers puissent anticiper la présence du coussin et adapter leur comportement en conséquence (trajectoire et vitesse). La distance minimale actuellement utilisée sur le terrain est de 7,5 m.

²⁴ PV de la réunion du le 23 avril 2019.



Figure 73 : Bandes transversales facultatives en amont des coussins, selon la C.M. du 3 mai 2002

Ces bandes seront réalisées à l'aide de produits de marquage routier, tels que prescrits par le chapitre J. 2 du CCT 2015, lequel précise, entre autres, au chapitre J.2.3.1.8 "épaisseur des marquages" qu'ils doivent être de maximum 3 mm avec une tolérance de 1 mm pour le marquage manuel. Il faut être attentif à ne pas dépasser ces valeurs pour ne pas gêner inutilement les cyclistes et les inciter à modifier leur trajectoire pour éviter les bandes transversales.

7.5 Exemple d'aménagement – Cas fictif de la pose de coussins sur des voiries multi bandes

Certaines voiries multi bandes (2+2, 2+1) font l'objet de réflexions dans le cadre de la mise en œuvre de la Ville 30. La question de l'installation de coussins sur de telles voiries pourrait donc se présenter. L'ensemble des éléments permettant de traiter ce cas ont déjà été énoncés dans ce guide. Il semble toutefois utile de rappeler les contraintes géométriques dont il y a lieu de tenir compte.

Si l'on respecte l'ensemble des règles (Figure 65), on constate que les bandes uniques devraient présenter une largeur d'au-moins 3,15 m (coussin d'une largeur de 1,75 m minimum + au moins 0,70 m d'espace à droite et à gauche), les deux bandes d'une direction une largeur de minimum 5,9 m (Figure 65 ; 2 coussins de 1,75 m minimum + 0,70 m à droite et à gauche minimum + un espace d'au-moins 1 m entre les deux coussins).

En outre, pour une implantation sur une voiries multi bandes (2+2, 2+1), une séparation physique est nécessaire entre les deux sens de circulation, ceci afin d'éviter des comportements inadaptés de franchissement de la ligne blanche ligne continue.

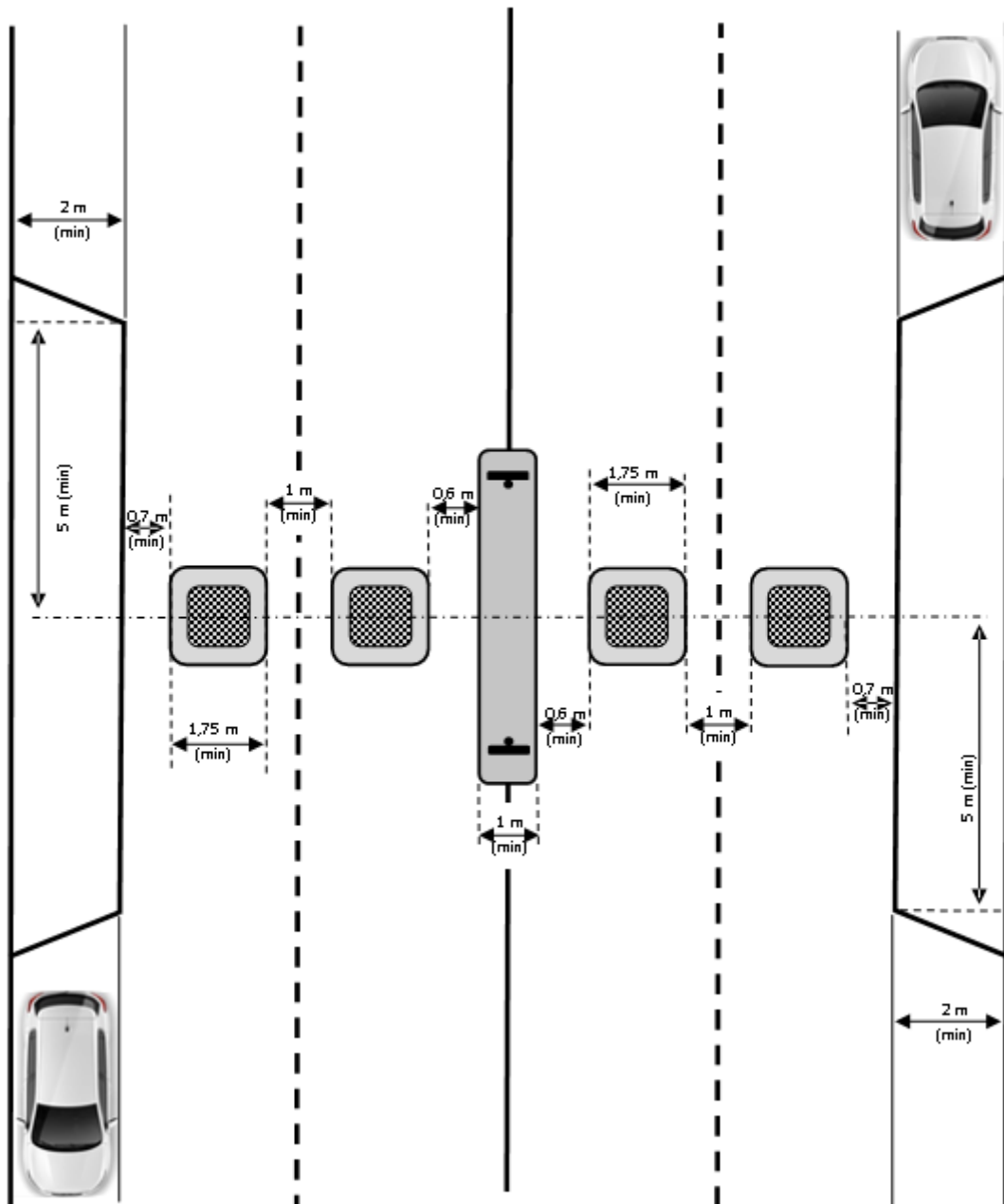


Figure 74 : Mode d'implantation de coussins sur une voirie multi bandes

Le stationnement sera également empêché en amont et en aval des coussins, sur une longueur de 5 m de part et d'autre du dispositif, lorsque l'espace réservé au stationnement présentera une largeur d'au moins 2 m. Lorsque la largeur de stationnement disponible est inférieure à 2 m, et qu'un réaménagement local permettant de porter la largeur à 2 m n'est pas possible, il est recommandé d'étendre la suppression du stationnement, en amont et en aval, sur une distance de minimum 8 m de part et d'autre du coussin (Figure 74).

8 Eléments de conception et d'exécution pour l'aménagement de dispositifs ralentisseurs surélevés durables

L'exigence constructive la plus importante pour les dispositifs ralentisseurs surélevés est qu'ils conservent en permanence leur forme. C'est effectivement le profil longitudinal qui détermine l'effet modérateur de vitesse. L'absence d'affaissement, fissures, défauts d'uni, etc. sont des éléments également déterminants pour la limitation des nuisances dans l'environnement immédiat du dispositif.

Toutefois, les entrepreneurs, les maîtres d'ouvrage et les auteurs de projet rencontrent régulièrement des problèmes de durabilité avec les dispositifs ralentisseurs surélevés. Le chapitre 8.2 est dès lors consacré à l'étude générale de la problématique et à divers exemples qui sont autant de points auxquels il faut prêter attention. Il permet de décrire l'origine des difficultés rencontrées et d'orienter les recommandations développées dans le chapitre 8.3 pour la construction de ralentisseurs, plateaux et coussins réalisés avec les différents types de revêtements.

8.1 Types de revêtements utilisés

Les différents types de matériaux mentionnés ci-après sont utilisés pour la construction des ralentisseurs, plateaux ou coussins. Ils présentent chacun divers points forts et points faibles, dont il sera question dans la suite.



Figure 75 : Différents types de matériaux (pavages, éléments préfabriqués en béton, béton coulé en place, revêtement bitumineux) utilisés pour la construction des ralentisseurs, plateaux ou coussins

Ces dispositifs doivent venir s'insérer dans une chaussée composée des couches de roulement et de liaison, d'une fondation, en empierrement (lié ou pas) ou en béton maigre, et d'une sous-fondation. La juxtaposition de matériaux différents introduit la notion de raccords et la nécessité de penser en trois dimensions.

Pour les plateaux servant de traversée pour les piétons ou de prolongement d'un parcours piéton, le choix des matériaux sera utilement opéré en consultant la [Charte sur les revêtements piétons en Région de Bruxelles-Capitale](#) approuvée par le Gouvernement du 28 novembre 2019, pour respecter pour les piétons le principe de design universel et des prescriptions règlementaires de Good Move. Les considérations techniques reprises dans les chapitres suivants seront bien évidemment prises en compte.

8.1.1 Matériaux bitumineux

Les revêtements bitumineux constituent, à priori, une solution techniquement intéressante dans le cas de voiries revêtues d'enrobés bitumineux compactés. L'ensemble pourrait en effet former un tout homogène sans discontinuités et sans raccords. Ils offrent en outre l'avantage de pouvoir être rapidement mis en service, ainsi que de ne pas être "identifiables" en termes de tonalité sonore lorsqu'un véhicule franchit le dispositif.

Sauf en cas d'utilisation d'un équipement spécifique adapté aux brusques ruptures de pente (finisseur avec cylindres de nivellement rallongés ou paire de cylindres supplémentaires sur la poutre de finition, sensibilité du système hydraulique), il reste cependant difficile, dans le cas de revêtements bitumineux, de respecter le profil en long prescrit pour les ralentisseurs ou rampes du plateau (Figure 76).

Et malheureusement, les corrections manuelles effectuées pour se conformer aux géométries imposées ne permettent en outre pas d'atteindre une durabilité optimale.

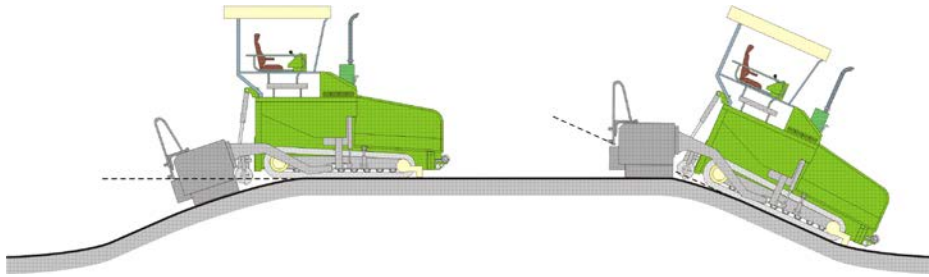


Figure 76 : La mise en œuvre de ralentisseurs ou rampes du plateau nécessite l'utilisation d'un finisseur adapté (cylindres de nivellement rallongés ou paire de cylindres supplémentaires sur la poutre de finition, et automatisme de nivellement adapté)

Les dispositifs en revêtements bitumineux présentent également l'inconvénient d'être peu visibles par suite du manque de contraste de couleur. L'apposition correcte du marquage en peigne est dès lors un élément crucial.

8.1.2 Pavages

Les pavages présentent des avantages non négligeables comme revêtement de plateaux. Les différentes teintes disponibles permettent de réaliser un marquage permanent et de mettre la présence du plateau en évidence. Grâce aux différentes finitions disponibles, une intégration esthétique est possible dans de nombreux contextes.

Leur caractère modulaire et la simplicité du matériel nécessaire pour leur mise en œuvre les rendent bien adaptés pour la réalisation de chantiers de petite taille tels que le sont, souvent, les travaux visant à insérer des dispositifs ralentisseurs surélevés dans des voiries existantes.

En revanche, ils présentent des inconvénients importants :

- Une difficulté pour respecter les géométries prescrites;
- Parfois, d'importants problèmes de comportement mécanique ; soit dans le pavage lui-même, soit au raccordement avec d'autres matériaux juxtaposés;
- Un impact acoustique négatif pour les riverains à proximité directe, dans la mesure où ils sont fortement indentifiables en termes de tonalité sonore lorsqu'un véhicule les parcourt.

8.1.3 Éléments en béton préfabriqué

Les éléments en béton préfabriqué ont été mis sur le marché avec l'idée qu'ils régleraient ces problèmes de géométrie et de comportement, tout en gardant certains avantages des pavages (lisibilité, adéquation à des chantiers de petite taille ...). Ils présentent en outre l'avantage de pouvoir être mis en œuvre et en service rapidement.

Certains fabricants fournissent de tels éléments préfabriqués avec un parement en pavés. Ces éléments procurent alors l'ensemble des avantages, déjà développés ci-avant, des plateaux revêtus de pavés.

Cependant, les problèmes de comportement mécanique que l'on croyait résolus ne le sont pas nécessairement. En témoignent des déchaussements d'éléments, et autres problèmes parfois constatés sur le terrain et traités au chapitre 8.2. L'impact acoustique est, en outre, de même nature que pour les pavages.



Figure 77 : Éléments préfabriqués avec parement en pavés

8.1.4 Béton coulé en place

Les dispositifs en béton coulé en place sont particulièrement utilisés dans le cadre de voiries réalisées entièrement en béton monolithique. L'homogénéité et l'absence de discontinuités sont en effet, ici encore, des avantages primordiaux. Ils peuvent être rendus plus visibles grâce à une coloration du béton. Il s'agira alors de béton dénudé ou de béton imprimé.

En revanche, la transition entre deux types de revêtement contigus est parfois problématique, le raccord avec les autres matériaux peut souffrir de la différence de comportement des revêtements. Un raccord qui ne serait pas parfaitement plan sera également une source potentielle de nuisances sonores. Par ailleurs, le délai nécessaire avant mise en service est, en général, plus long que pour les autres solutions.

8.2 Principaux défis auxquels il faut faire face

Ce chapitre présente quelques-unes des causes générales des problèmes de comportement mécanique rencontrés lors de la conception et de la construction des ralentisseurs, plateaux ou coussins.

A la suite, le chapitre 8.3 énonce des recommandations permettant de contrecarrer la plupart des difficultés rencontrées sur le terrain.

Les principales causes des problèmes rencontrés peuvent être classées selon le schéma de la Figure 78. La suite de ce chapitre traite principalement des sollicitations induites, des difficultés liées à la forme des dispositifs, de l'écoulement des eaux et des discontinuités créées à la suite de la construction des ralentisseurs, plateaux et coussins.

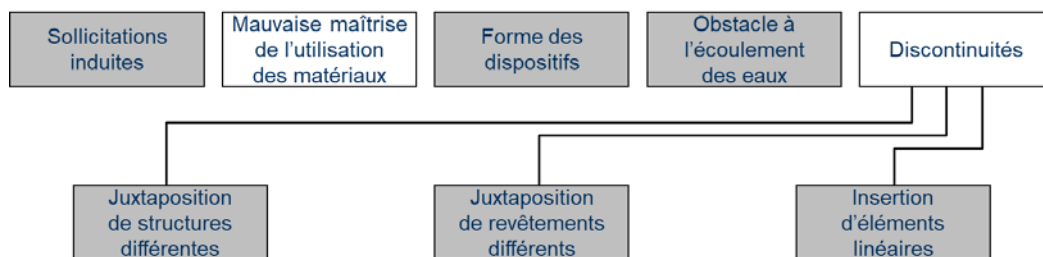


Figure 78 : Classement des causes des problèmes de durabilité

8.2.1 Les sollicitations induites

La charge dynamique sur un dispositif ralentisseur surélevé, générée par le passage d'un véhicule est supérieure au propre poids du véhicule et, par conséquent, la structure sera plus sollicitée qu'une construction sans différence de niveau.

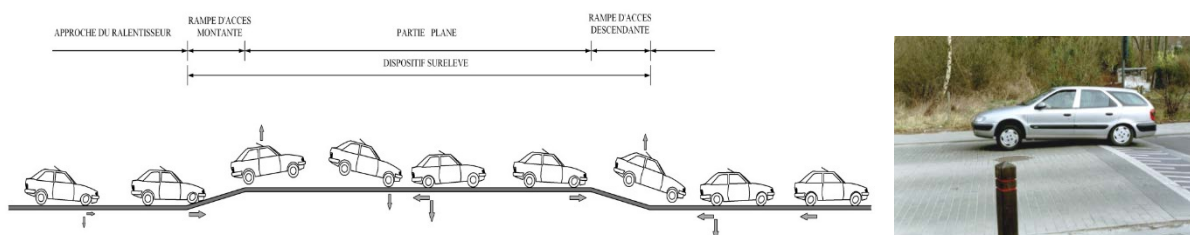


Figure 79 : Représentation schématique et illustration des sollicitations induites sur et autour d'un dispositif ralentisseur surélevé

En effet, la présence et la forme du dispositif ralentisseur induisent des sollicitations exceptionnelles et de différents types, composées d'efforts verticaux (perpendiculaires au revêtement), d'efforts horizontaux (tangentiels au revêtement) et de vibrations. Comme l'illustre schématiquement la Figure 79, elles s'exercent non seulement sur le dispositif lui-même mais également en aval et en amont de celui-ci.

La réalité et l'importance de ces efforts sont particulièrement visibles sur certains dispositifs dégradés. Les dégradations illustrées à la Figure 80 sont ainsi les conséquences directes des efforts induits par les roues des véhicules.



Figure 80 : Illustration de dégradations induites par des efforts dynamiques

8.2.2 La forme des dispositifs

Il n'est pas évident de réaliser une fondation dont la surface supérieure soit parallèle à la surface finie du revêtement. Dans le cas des pavages, ceci a pour conséquence des variations dans l'épaisseur de la couche de pose. Les inévitables tassements de celle-ci ont dès lors des ampleurs différentes. De même, des couches d'enrobés bitumineux d'épaisseur variable ne seront pas uniformément compactées et résisteront de façon hétérogène aux déformations.

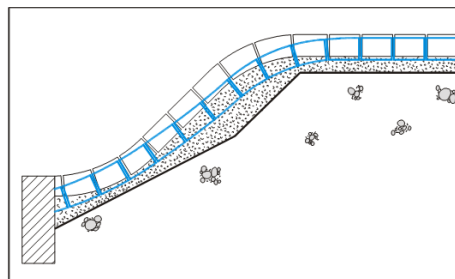


Figure 81 : Risque de tassements différentiels en conséquence de variations dans l'épaisseur de la couche de pose

Par ailleurs, la mise en œuvre des enrobés bitumineux pose des problèmes lors de variations brutales de la pente longitudinale (Figure 76). Les finisseurs classiques n'y sont pas adaptés (amplitude des mouvements de la table de la finisseuse et sensibilité du système hydraulique insuffisantes). Des corrections manuelles doivent dès lors être effectuées en cours d'exécution pour se rapprocher du profil prescrit, entraînant des variations d'épaisseur et nécessitant un compactage complémentaire. La qualité de ce compactage est en général insuffisante et la durabilité du revêtement en pâtit (voir aussi le chapitre 8.3.4).

8.2.3 Obstacle à l'écoulement des eaux

Les plateaux et ralentisseurs constituent souvent des obstacles au bon écoulement des eaux de ruissellement. Si aucune disposition n'est prévue, celles-ci s'accumuleront et pénétreront petit à petit dans la structure de la chaussée et du dispositif, puis dans le sol de fondation. Outre une réduction du confort et de la sécurité des usagers, ces eaux, une fois infiltrées, entraîneront une réduction de la durabilité des ouvrages.



Figure 82 : Des dispositions sont nécessaires pour s'affranchir de soucis liés à l'infiltration des eaux de ruissellement

Cette problématique est abordée au chapitre 8.3.1.3.

8.2.4 Discontinuités liées à la juxtaposition de matériaux différents

Les plateaux sont souvent réalisés dans des matériaux distincts de ceux utilisés dans les tronçons adjacents de la chaussée. Cette juxtaposition de matériaux différents entraîne de nombreux problèmes (cf. exemples en 8.2.4.1). Le raccord entre revêtements différents (éventuellement entre structures différentes) est en effet le lieu :

- de changement de comportement mécanique;
- de difficultés de conception et de mise en œuvre;
- d'induction d'efforts dynamiques;
- d'infiltration d'eau.

De plus, le comportement d'un matériau peut avoir un effet négatif sur le comportement du revêtement contigu et sur sa durabilité (cf. exemples en 8.2.4.2). Les deux sections suivantes présentent quelques types de problèmes rencontrés sur le terrain. Le chapitre 8.2 expose diverses recommandations pour s'en affranchir.

8.2.4.1 Exemples de désordres associés à des difficultés d'exécution ou détails mal maîtrisés

- Démarrage et arrêt des finisseuses : les premiers et les derniers mètres d'enrobés bitumineux posés à la finisseuse sont parfois moins bien compactés. L'aspect de cet enrobé est dès lors en général plus ouvert et la durabilité du revêtement moindre (Figure 83 gauche).
- Ragréages manuels : à fortiori, les ragréages manuels, souvent réalisés lorsqu'un plateau est inséré dans un revêtement existant, sont insuffisamment compactés et peu durables (Figure 83 droite).

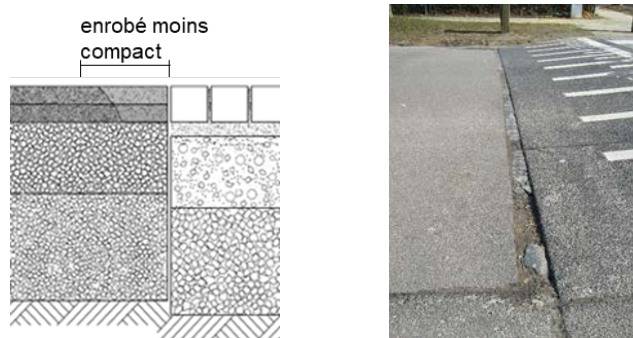


Figure 83 : Enrobé moins bien compacté au démarrage et à l'arrêt du finisseur (gauche) - Ragréages manuels, de petites dimensions (droite)

- Décompactage de fondation au raccord : insérer un dispositif surélevé dans une chaussée existante nécessite de découper revêtement et fondation. Si cette dernière est réalisée en un matériau insuffisamment ou non lié, elle se décompactera, avec pour conséquence une réduction de la durabilité du revêtement (Figure 84).

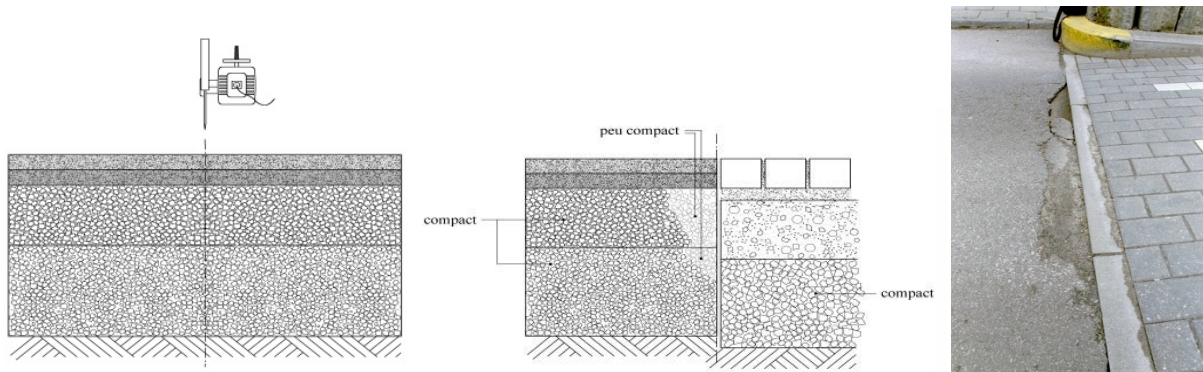


Figure 84 : Risque de décompactage de la fondation au raccord lors de l'insertion d'un dispositif surélevé dans une chaussée existante

- Les joints entre fondations différentes ou changements brusques de rigidité de la structure entraînent le risque de remontées de fissures.

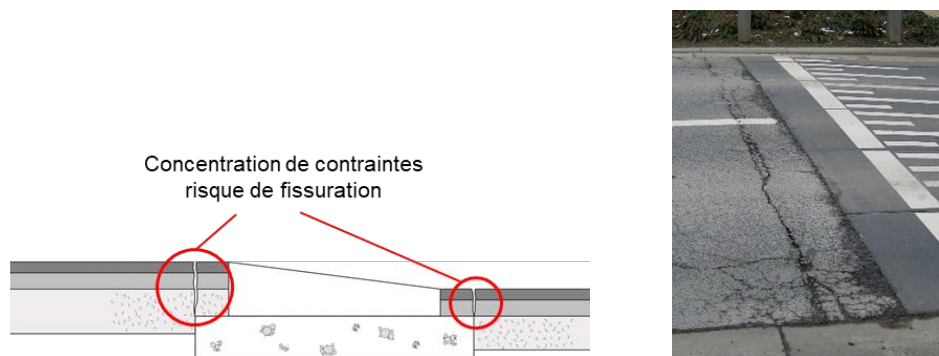


Figure 85 : Remontées de fissures au joint entre fondations différentes

- Pose de bordures dans un revêtement existant : une bordure qui est posée contre un revêtement bitumineux en voulant éviter la réfection de celui-ci ne peut être contrebutée convenablement. Il s'agira donc de retravailler sur le revêtement adjacent pour installer un contre-butage adéquat.

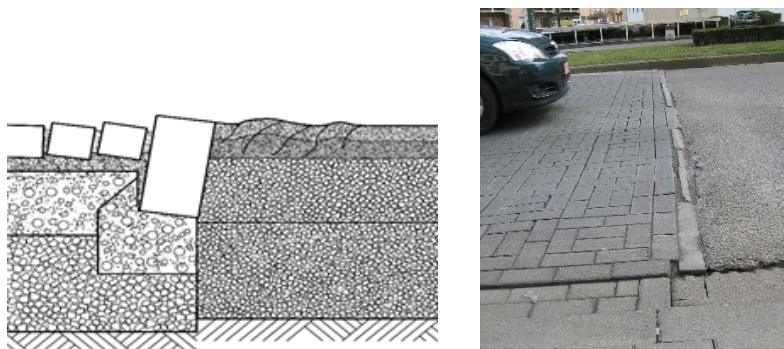


Figure 86 : Défaut de contre-butage d'une bordure entre deux revêtements

- Un déchaussement des éléments préfabriqués est parfois observé et peut avoir deux causes : soit une fondation insuffisamment résistante ou n'assurant pas une répartition suffisante des charges, soit un phénomène de pompage (*Figure 87*) trouvant sa cause dans l'infiltration d'eau au travers des joints, progressivement associée à un mouvement de bascule de l'élément et conduisant à l'expulsion des fines et l'érosion de la fondation.

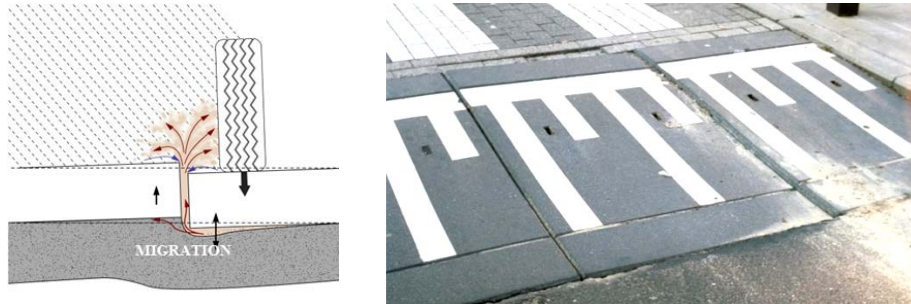


Figure 87 : Une étanchéification adéquate des joints et l'utilisation d'une couche de pose non érodable devraient permettre de prévenir le risque de déchaussement des éléments préfabriqués par effet de pompage

Selon l'expérience du terrain, ce problème se présente souvent, et ce parfois même en présence d'une fondation réalisée avec un béton autonivelant. Dans ce second cas, il convient de prévoir un temps suffisant avant ouverture au trafic, d'être attentif aux éventuelles vibrations à proximité et de correctement mettre en œuvre le béton (détails au chapitre 8.3.3.3).

Les mouvements des éléments préfabriqués peuvent conduire à des épaufrures²⁵ aux bords des éléments ou, le cas échéant, le descellement des pavés serties.

De manière générale, la juxtaposition de matériaux différents entraîne inmanquablement la création d'un joint. Le remplissage de celui-ci sera, s'il est mal exécuté ou mal entretenu, une cause de pénétration d'eau dans la structure de la voirie.

8.2.4.2 Exemples d'influence négative du comportement d'un revêtement sur le revêtement adjacent

- La dilatation des revêtements en béton monolithique entraîne des poussées horizontales, qu'un revêtement en pavés, par exemple, ne peut contrebalancer. En l'absence de joints de dilatation ou de culées d'ancrage dans le revêtement en béton, il en résultera des dégradations importantes au revêtement (*Figure 88*).

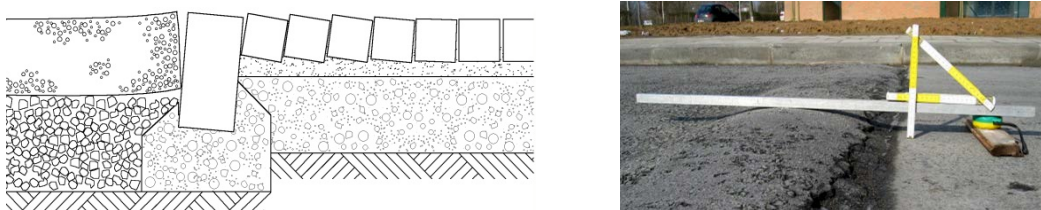


Figure 88 : Illustration du possible effet de la dilatation thermique d'un revêtement en béton sur un revêtement bitumineux, ou en pavés

²⁵ Epaufrure : défaut de surface dû à un choc ou à l'effet des intempéries sur le parement ou l'arête d'un élément en béton durci ou d'une pierre.

- Perméabilité des pavages : l'infiltration d'eau à travers un pavage risque de causer des dégradations à un revêtement bitumineux juxtaposé (Figure 89), à la suite de la diminution de la résistance à la déformation du sol et de la structure ; à un revêtement en béton monolithique juxtaposé, suite, notamment, aux phénomènes de pompage.

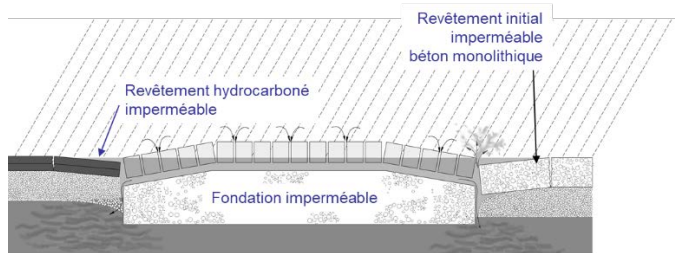


Figure 89 : Nécessité de prendre des dispositions pour gérer l'infiltration des eaux de ruissellement dans un pavage

- Mauvais ancrage des éléments préfabriqués en béton : en l'absence d'ancrage, les éléments en béton préfabriqué ont tendance à glisser sous l'impact des roues des véhicules. Un pavage juxtaposé risque dès lors de se déformer sous l'effet de ces efforts horizontaux.

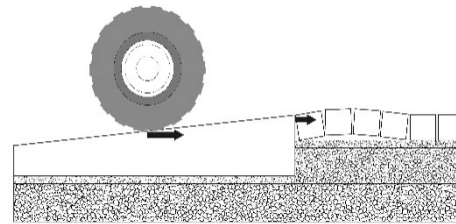


Figure 90 : Illustration du risque de mouvement tangentiel d'un élément préfabriqué sous l'effet du trafic

- Incapacité des pavages à reprendre par eux-mêmes des efforts horizontaux : en l'absence de contre-butage, l'application d'efforts horizontaux sur un pavage aura pour effet d'écarter les pavés l'un de l'autre et de les faire basculer (Figure 91). Un contre-butage doit impérativement être placé avant la pose de la fondation et des pavés.

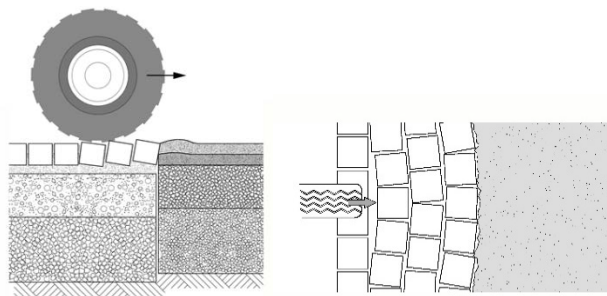


Figure 91 : Les pavages ne peuvent reprendre par eux-mêmes des efforts horizontaux

Ces listes d'exemples ne sont bien entendu pas exhaustives. L'application des recommandations énoncées ci-après devrait permettre de contrecarrer la plupart des difficultés rencontrées sur le terrain.

8.3 Recommandations pour la conception et la mise en œuvre de dispositifs ralentisseurs surélevés durables

Les recommandations énoncées ci-après n'ont pas la prétention d'être exhaustives²⁶, mais plutôt d'attirer l'attention sur divers principes généraux de conception et d'exécution qui peuvent s'appliquer tant aux plateaux (qui font l'objet de la plupart des illustrations) qu'aux ralentisseurs et coussins.

8.3.1 Recommandations générales

En dehors des recommandations liées aux différents types de matériaux, certaines recommandations communes peuvent être proposées.

8.3.1.1 Porter une attention particulière à la conception et à l'exécution

Quels que soient le ou les types de matériaux choisis, la conception et la mise en œuvre d'un dispositif ralentisseur surélevé ne pourront pas être considérées comme un travail de routine. Ces tâches nécessiteront une réflexion approfondie lors des différents choix. Plus encore que pour un tronçon linéaire de voirie, une parfaite maîtrise des matériaux et de leurs raccords est nécessaire. Une attention toute particulière doit être apportée à l'étude des détails.

La supervision et le contrôle de la qualité de la conception et de l'exécution sont également, plus encore que pour des tronçons communs de voirie, d'une importance primordiale.

8.3.1.2 Respecter les profils prescrits

Le respect des profils prescrits pour le revêtement du dispositif n'est pas seulement indispensable pour que celui-ci soit réglementaire. Le parallélisme de la fondation ou de la sous-couche par rapport à la surface supérieure du revêtement est primordial pour des revêtements tels que les pavages et les enrobés bitumineux.

Des plans précis, basés sur un relevé détaillé de la situation existante et tenant compte de l'ensemble des contraintes auxquelles doivent répondre les profils de la voirie et du plateau, devront dès lors être établis. Ces plans reprennent le niveau supérieur de la fondation et celui du revêtement. La mise en œuvre conforme de ces plans devra être scrupuleusement contrôlée.

Il conviendra, en particulier, de tenir compte de la pente générale de la route pour établir le profil du niveau supérieur du revêtement (voir *Figure 45*).

8.3.1.3 Assurer l'évacuation des eaux

Le projet devra prévoir le rétablissement du bon écoulement des eaux, perturbé par l'insertion d'un dispositif surélevé dans une voirie existante. Le RRU stipule d'ailleurs que **l'évacuation des eaux de ruissellement doit être assurée** en toutes circonstances.

Il sera donc parfois nécessaire d'adapter les profils en amont et/ou en aval du dispositif pour éviter des stagnations d'eau. Des avaloirs et filets d'eau supplémentaires devront, le cas échéant, compléter le dispositif d'évacuation. L'aménagement d'îlots latéraux préservant les filets d'eaux (*Figure 54*) peut également être une piste à considérer.

²⁶ Des conseils techniques plus détaillés peuvent être délivrés, au cas par cas, par le Centre de recherches routières – assistance@brrc.be

8.3.1.4 Limiter les efforts induits et en tenir compte lors du dimensionnement

Les efforts induits par la présence et la forme du dispositif (voir chapitre 8.2.1) augmentent si la vitesse des véhicules augmente (bien que celle-ci soit réglementairement limitée à 30 km/h sur les ralentisseurs et plateaux). La durabilité des dispositifs surélevés est dès lors un motif complémentaire aux exigences de sécurité des usagers et des riverains pour marquer leur présence et veiller au respect des vitesses maximales autorisées.

L'attention pourra être attirée sur la présence des dispositifs surélevés en les différenciant des tronçons communs de voirie par l'utilisation d'une teinte différente. Une réalisation soignée du marquage en peigne (voir Figure 57) et la signalisation verticale rencontrent également cet objectif.

Les vitesses maximales autorisées seront par ailleurs mieux respectées si d'autres dispositions visant à limiter la vitesse des véhicules sont combinées avec l'interposition du dispositif surélevé. Les plateaux et ralentisseurs seront alors avantageusement combinés avec des chicanes, des réductions de gabarit, l'insertion d'îlots...

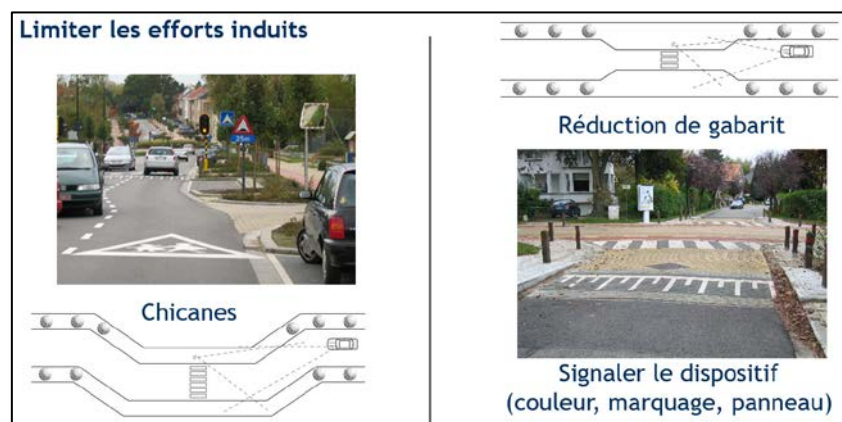


Figure 92 : Illustration de mesures contribuant à limiter les sollicitations induites sur un dispositif surélevé

Quelles que soient les mesures complémentaires prises pour assurer le respect des vitesses autorisées, les efforts appliqués sur le dispositif surélevé seront supérieurs à ceux exercés sur un tronçon commun de la voirie. Il conviendra d'en tenir compte dans le choix des matériaux et le dimensionnement du revêtement et de la fondation.

Si l'on considère que les efforts exercés sur le revêtement d'un plateau sont doublés en certains endroits, il y a lieu de considérer que **le nombre d'essieux standard de 100 kN appliqués sur le revêtement est multiplié par 16**. Dans le cas des ralentisseurs, suivant leur forme, les efforts dynamiques exercés directement après l'ouvrage sont 3 à 4 fois supérieurs aux efforts statiques. Le nombre d'essieux standard de 100 kN pris en compte doit, dès lors, suivant le cas, être multiplié par 81 ou par 256.

8.3.1.5 Eviter les discontinuités de structure et de revêtement et prévoir des zones de transition

Pour éviter les problèmes liés à la juxtaposition de matériaux différents, il y a lieu de privilégier une conception utilisant les mêmes matériaux pour les plateaux que pour les tronçons contigus de la voirie. Si cela s'avère impossible, il faut soigner particulièrement la **conception et la réalisation des raccords**, et prévoir des **zones de transition**.

Pour ce faire, il s'agit d'écarter l'un de l'autre :

- les raccords entre matériaux différents (difficultés d'une mise en œuvre correcte, lieu d'induction d'efforts dynamiques, lieu de pénétration d'eau - Figure 93);

- les points de cassure géométrique (difficultés de mise en œuvre correcte);
- les points d'application d'efforts maximum (forte sollicitation du revêtement et de la structure).

Les zones de transitions permettront de passer progressivement de la structure prescrite pour la section courante à celle retenue pour le dispositif surélevé (Figure 93).

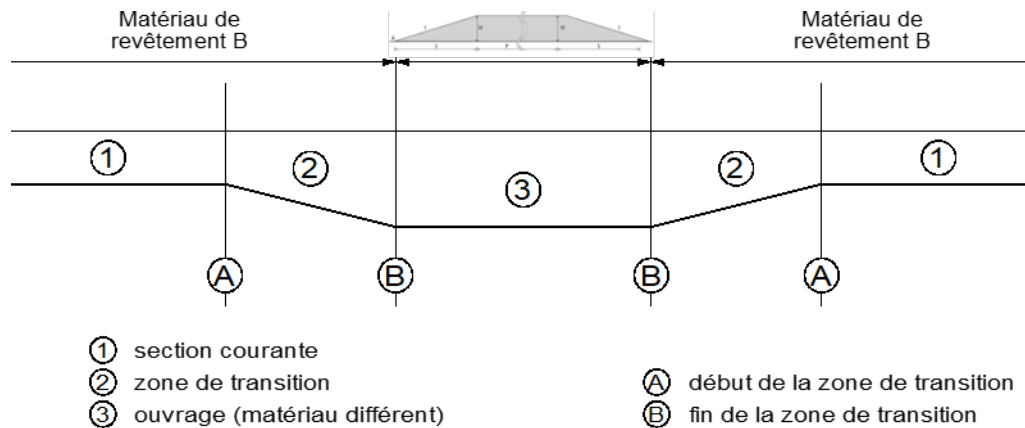


Figure 93 : Aménagement de zones de transition pour permettre de passer progressivement de la structure prescrite pour la section courante à celle retenue pour le dispositif surélevé

Il convient par ailleurs de soigner les raccordements, tant en ce qui concerne leur conception que leur mise en œuvre :

- les raccordements doivent notamment faire l'objet de plans de détail;
- hormis pour le cas des pavages, l'interposition d'une bordure sera évitée;
- l'ordre dans lequel les différentes opérations de la construction sont exécutées doit être étudié et optimisé pour permettre d'atteindre une bonne qualité de mise en œuvre aux abords des raccords entre matériaux différents;
- leur exécution doit être particulièrement soignée pour éviter la création de dénivellations locales et l'induction d'efforts dynamiques;
- ces joints doivent également faire l'objet d'un contrôle et d'un entretien réguliers pour éviter leur détérioration et la pénétration d'eau dans la structure.

Une attention particulière sera portée à l'uni du pied de la rampe ou du ralentisseur (l'A.R. de mai 2002 limite la saillie d'attaque à ½ cm), ceci afin de minimiser les nuisances pour les usagers des transports en commun et pour les riverains.

8.3.2 Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en pavage

Ce chapitre présente les éléments principaux dont il faut tenir compte afin d'aménager un dispositif en pavage le plus durable possible. Des compléments d'information importants en matière de conception et de dimensionnement, d'exécution et d'entretien des revêtements en pavage et leur structure sont disponibles dans les guides de bonnes pratiques du CRR "Conception et exécution de revêtements en pavés de béton" (n° R80) et "Revêtements modulaires en pierre naturelle" (n° R95).

8.3.2.1 Domaine d'utilisation

À la suite des sollicitations induites par la présence et la forme des dispositifs (chapitre 8.2.1) et compte-tenu des propriétés mécaniques de ce type de revêtement et des structures y associées, le domaine d'utilisation des pavages (en pavés de béton) pour ce type de dispositif est restreint aux

voiries supportant le passage de **maximum 25 poids-lourds par jour pour les plateaux** et **5 poids-lourds par jour pour les ralentisseurs**²⁷.

En outre, vu les sollicitations importantes, le dimensionnement des couches devrait se faire en se référant à la catégorie de trafic la plus élevée (I) proposée par le code de bonne pratique du CRR pour les revêtements en pavés de béton [CRR, 2009]. Ceci revient à proposer une structure composée d'une fondation en béton maigre de 25 cm (ou 20 cm de béton sec compacté) et de pavés d'une épaisseur de 12 cm.

8.3.2.2 Structure

La structure d'un dispositif surélevé revêtu de pavés doit permettre l'évacuation des eaux pénétrant à travers les joints. Elle doit donc être perméable et drainée. Des fondations en béton maigre drainant ou en empierrement perméable pourraient dès lors sembler adéquates.

Cependant, cette fondation doit rester stable et ne peut pas se déformer sous l'effet des efforts importants induits par les véhicules à la suite du profil du dispositif, et par ailleurs, un géotextile doit être interposé entre la couche de pose et la fondation afin d'éviter le colmatage du matériau drainant par le sable de pose. Ce géotextile risque de faciliter un glissement de la couche de pose sur la fondation sous l'effet des efforts tangentiels.

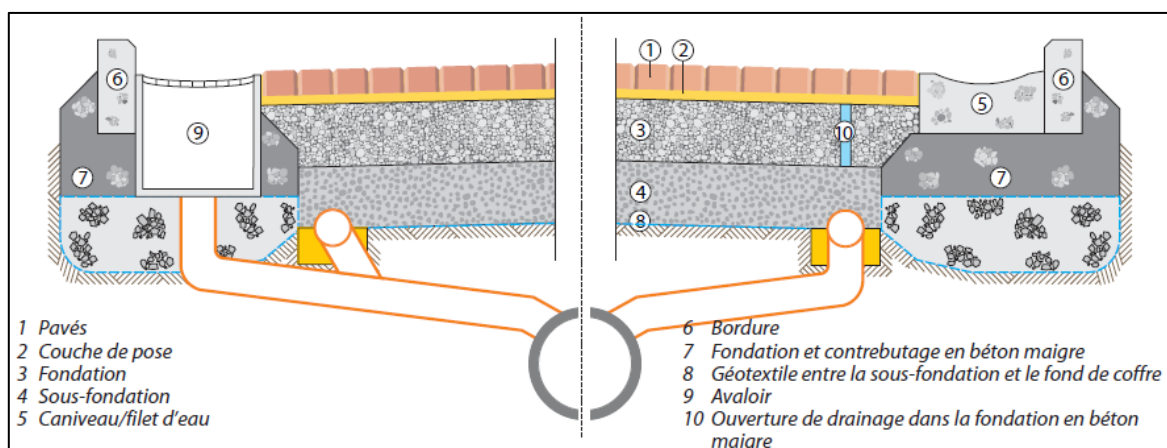


Figure 94 : Evacuation de l'eau qui a pénétré dans la fondation via un tuyau de drainage (10) [CRR, 2009]

La **fondation du dispositif surélevé** sera dès lors **préférentiellement réalisée en béton maigre**. Un **dispositif de drainage complémentaire** doit alors être mis en œuvre, par exemple en forant aux points bas des ouvertures de drainage à travers la fondation et en les remplissant d'un fin gravillon (Figure 94). Ces ouvertures de drainage sont nécessaires sur toute la longueur du plateau, y compris sous les rampes.

Un empierrement pourrait être envisagé avec un trafic léger limité aux voitures.

La face supérieure de la fondation devra être parfaitement parallèle au revêtement de façon à assurer la constance de l'épaisseur de la couche de pose, et si possible, l'écoulement dans la couche de pose des eaux infiltrées jusqu'au dispositif de drainage.

²⁷ Ces limites peuvent même être réduites dans le cas de pavages en pierre naturelle.

8.3.2.3 Couche de pose

La couche de pose doit permettre à l'eau infiltrée à travers les joints de s'écouler latéralement vers le dispositif de drainage. Elle doit, en outre, **rester stable et indéformable**, et ce malgré la présence d'eau et les efforts importants qui la sollicitent.

Dans ce but, on évitera d'utiliser un sable stabilisé au ciment, pour préférer un **matériau anguleux stable et résistant à la fragmentation** (voir le §1.2.6.2 du code de bonne pratique du CRR pour les revêtements en pavés de béton [CRR, 2009]). Par exemple, un porphyre de granulométrie 0/6,3 (catégorie Ab ou 3 suivant PTV411), comportant moins de 3% de fines particules d'un diamètre inférieur à 63 µm combinera durablement stabilité et perméabilité.

Pour réaliser un pavage durable, l'**épaisseur de la couche de pose** doit être **faible et constante**. Une épaisseur de 3±0,5 cm après compactage peut être considérée comme optimale.

La géométrie particulière des dispositifs surélevés entraîne des changements brusques de pente du profil en long qui sont parfois mal tracés ou difficiles à mettre en œuvre suivant le profil prescrit (p. ex. béton maigre mis en œuvre au finisseur). Obtenir une épaisseur constante de la couche de pose n'est donc pas nécessairement chose évidente. Un plan précis et détaillé reprenant les niveaux à atteindre par la face supérieure de la fondation devra être établi en fonction du niveau à obtenir pour le revêtement (parfait parallélisme entre revêtement et surface supérieure de la fondation).

8.3.2.4 Pavés, joints et appareillage

Le **pavage** doit être le plus **stable et imperméable** possible. Les éléments suivants y contribueront :

- La hauteur des pavés doit être d'au moins 12 cm;
- La présence de chanfreins sur les bords des pavés permet d'éviter les dégradations dues à la vibration lors de la pose et aux efforts du trafic;
- Les joints devraient être étroits tout en permettant un jointoiment efficace, en cohérence avec la granulométrie du matériau de jointoiment. L'utilisation de pavés munis d'écarteurs contribuera à un scellement efficace des joints;
- Le matériau de jointoiment doit, lui aussi, contribuer à la stabilité du pavage (voir le §1.2.9 du code de bonne pratique du CRR pour les revêtements en pavés de béton [CRR, 2009]);
- Les appareillages en épi, en arrêtes de poisson et à bâtons rompus répartissent également au mieux les efforts horizontaux, limitant ainsi les risques de dégradation (*Figure 95*).

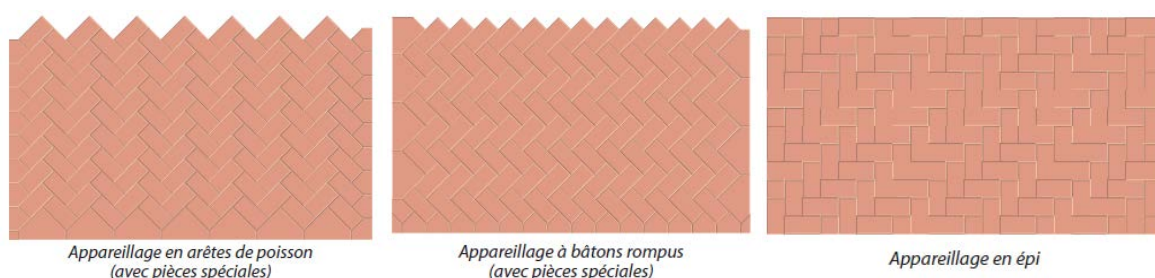


Figure 95 : Un appareillage enchevêtré répartit mieux les efforts horizontaux [CRR, 2009]

Le remplissage complet et compact des joints est également nécessaire pour limiter la quantité d'eau infiltrée à travers le pavage. Dans ce but, il conviendra de veiller à aménager une pente latérale du pavage d'au moins 2,5% et implanter judicieusement et en nombre suffisant les filets d'eau et avaloirs.

8.3.2.5 Juxtaposition d'autres matériaux

L'intégration d'un plateau revêtu de pavés dans une voirie pavée (sans interposition de bordure) est certainement une solution logique car homogène. Si ce principe d'homogénéité ne peut être respecté, il convient de prêter attention notamment aux points suivants :

- Drainer au droit des raccords situés dans un point bas du pavage;
- En cas d'insertion dans une voirie revêtue d'enrobé bitumineux compacté, mettre d'abord en œuvre l'enrobé en dépassant largement sur la surface dévolue au plateau ; ensuite recouper précisément l'enrobé (de moindre qualité en début et en fin de pose) au droit du futur joint entre enrobé et pavage ; aucun point dur n'est par ailleurs interposé;
- En cas d'insertion dans une voirie en béton monolithique veiller à reprendre les dilatations dans un joint de dilatation (voir chapitre F.1.2.9.1.3 dans CCT 2015), rempli sur toute la hauteur d'un matériau compressible, et fermer ce joint par une masse de scellement élastique mais dure;
- En cas de juxtaposition avec une rampe en éléments préfabriqués de béton, veiller à remplir les joints entre éléments préfabriqués préalablement à la pose du pavage pour éviter la fuite du matériau de couche de pose dans ces joints.

8.3.3 Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs utilisant des éléments préfabriqués

Quatre solutions ont été identifiées et/ou développées pour limiter, voire éliminer, les risques de désordre. Elles sont présentées ci-après dans un ordre croissant d'aptitude à supporter durablement des trafics lourds.

8.3.3.1 Sceller les joints avec une masse élastique dure

Le scellement des joints par une masse coulée dure permet de les rendre étanches. Les phénomènes de pompage (*Figure 87*) ne peuvent en effet apparaître qu'en présence d'eau (ils peuvent être aggravés par l'effet du gel et des sels de déverglaçage).

La masse de scellement (bitumineuse coulée à chaud) liaisonne également les éléments aux revêtements adjacents et entre eux (*Figure 96*).

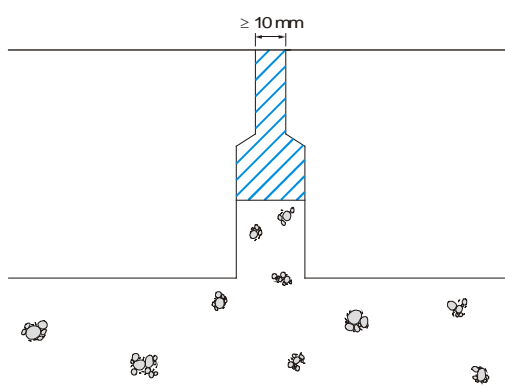


Figure 96 : Scellement des joints entre éléments préfabriqués avec une masse élastique dure

Ce mode de pose constitue une amélioration du système classique mais n'est pas idéal et certainement pas recommandé pour des trafics lourds.

8.3.3.2 Nicher les éléments dans un "cousin" souple

Les éléments préfabriqués peuvent être nichés dans une couche de pose en porphyre reconcassé lavé de granularité 2/6,3 injecté par la suite de résine de polyuréthane.

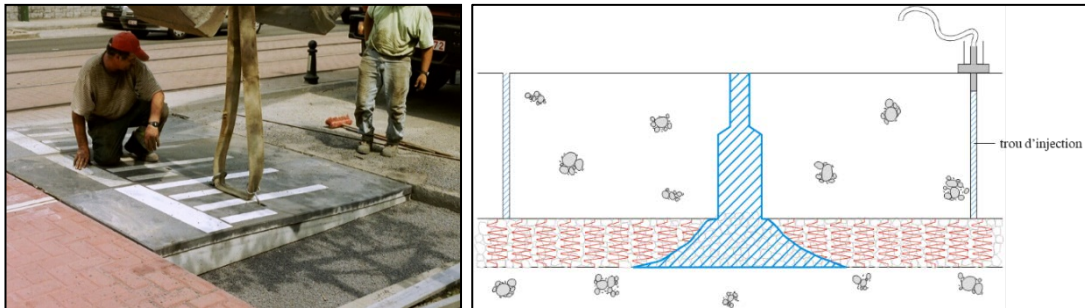


Figure 97 : Couche de pose en porphyre reconcassé lavé, remplissage des joints et injection d'une résine polyuréthane

Les joints doivent être scellés (avant injection) afin de les rendre étanches et de limiter les risques de déplacements horizontal et vertical des dalles, soit par une masse de scellement bitumineuse "dure" à chaud, soit par un mortier (coulé ou injecté) de polyuréthane à 2 composants.

Les éléments doivent être bien "nichés" dans la couche de pose. Celle-ci doit, dès lors, parfaitement épouser la forme de la face inférieure de l'élément. Dans ce but, de légères irrégularités doivent être ménagées à la surface de la couche de pose et un mouvement avant-arrière doit être imprimé à l'élément préfabriqué.

Cette méthode de pose donne actuellement de très bons résultats pour des trafics légers même intenses. En revanche, elle semble montrer ses limites en cas de sollicitations lourdes telles que celles provoquées par les bus et notamment leurs girations.

8.3.3.3 Sceller et ancrer les éléments par un béton autonivelant

Cette méthode a été expérimentée il y a quelques années sur des chantiers pilotes de la Région de Bruxelles-Capitale et a été introduite dans le cahier des charges type²⁸.

Elle permettrait d'obtenir des constructions durables, même en cas de trafic lourd. Elle consiste à ancrer les éléments par leurs armatures dépassantes dans un béton de consistance fluide²⁹. Ce béton joue à la fois le rôle de fondation et de couche de pose.

Les éléments sont posés à sec sur des dispositifs de calage et de réglage.

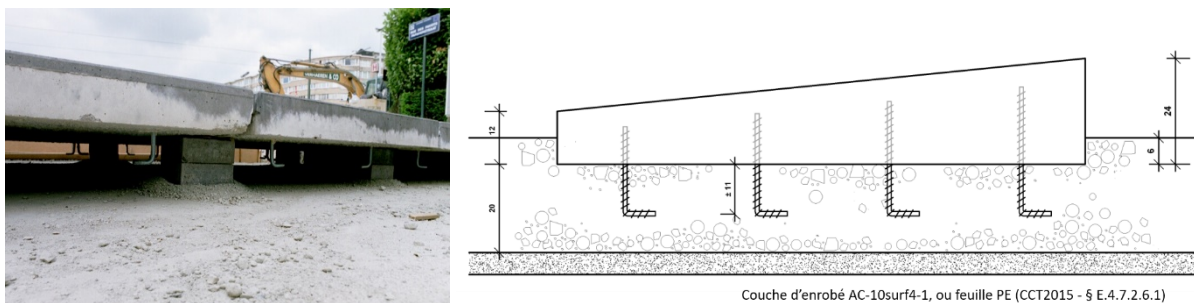


Figure 98 : Ancrage d'éléments préfabriqués par un béton autonivelant jouant à la fois le rôle de fondation et de couche de pose

²⁸ CCT 2015 – Chapitre C.49 – Eléments préfabriqués en béton pour la réalisation de rampes de plateaux et ralentisseurs de trafic et Chapitre F.7.1 – Réalisation de rampes de plateaux et de ralentisseurs de vitesse en éléments préfabriqués en béton.

²⁹ CCT 2015 – Chapitre E.4.7 – Fondation en béton autonivelant pour éléments préfabriqués.

Le béton autonivelant, coulé d'un côté, s'étale sous les éléments préfabriqués, et remonte, de lui-même jusqu'au même niveau de l'autre côté. Il remonte dans les joints grâce à sa fluidité élevée et à la dimension réduite des granulats. Après durcissement du béton, les joints sont étanchés par une masse de scellement coulée à chaud ou par un polyuréthane coulé.

La fondation peut épouser la forme de la face inférieure des éléments. Les armatures ancrées empêchent toute mise en mouvement des éléments tant horizontalement que verticalement. Tout risque de glissement, de déchaussement, de fissuration, d'épaufrure, de déstructuration des joints... est donc exclu.

La mise en œuvre de ce type de béton appelle quelques précautions :

- Si l'accélérateur de prise utilisé est chloré, les barres d'armatures peuvent subir de la corrosion et risquent, à long terme, de ne plus assurer leur fonction d'ancrage;
- Délai d'ouverture au trafic : 10 jours semblent être un minimum. Il convient d'être également attentif aux vibrations non souhaitées générées après la mise en œuvre (tram, trafic lourd à proximité...);
- Qualité du béton : le béton autonivelant est plus sensible à la ségrégation qu'un béton classique³⁰.

8.3.3.4 Ancrer les éléments dans les revêtements contigus en béton

Cette méthode n'est évidemment applicable que si les revêtements contigus sont réalisés en béton coulé en place.

Les éléments préfabriqués peuvent être posés sur une couche de pose en enrobés bitumineux de type AC-6,3Surf4 non compactée au préalable. Des barres d'armatures étant prévues en attente en pied de rampe et en tête de rampe (Figure 99).

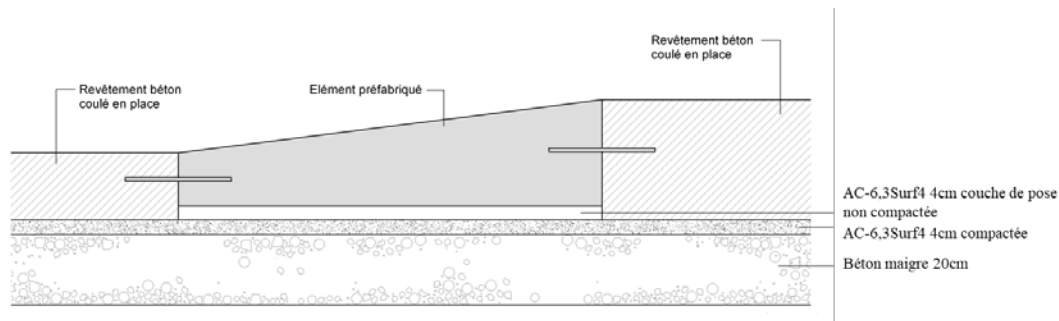


Figure 99 : Ancre d'un élément préfabriqué (posé sur une couche de pose en enrobés bitumineux non compactée) dans le revêtement contigu en béton coulé en place

Utilisé en combinaison avec le scellement par un béton autonivelant, l'ancrage des éléments dans les revêtements contigus en béton coulé en place est le mode de mise en œuvre le plus approprié pour les trafics lourds.

³⁰ Le CSTC a diffusé des recommandations au sujet de la mise en œuvre du béton autonivelant (https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&dtype=publ&doc=cstc_artonline_2012_3_no4.pdf)

8.3.4 Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en enrobé bitumineux

Outre des critères d'ordre esthétique, de confort et de sécurité, les caractéristiques suivantes seront déterminantes pour le choix du type de matériau bitumineux à utiliser :

- Intensité du trafic;
- Complexité de la forme du plateau et présence de raccords avec d'autres revêtements;
- Pente des rampes et progressivité de modification de la pente du profil en long.

8.3.4.1 Enrobés bitumineux compactés à chaud

Les enrobés bitumineux compactés à chaud sont posés à l'aide d'un finisseur qui les précompacte. Ils subissent ensuite un deuxième compactage par cylindrage lorsqu'ils sont encore chauds. Au moins 80% du compactage est réalisé par le finisseur.

Bien composés, les **enrobés à squelette sableux** résistent d'autant mieux à l'orniérage que les **granulats** sont **gros** (AC-20Base3 en couche de profilage par exemple). Dans ce cas, les épaisseurs des couches sont plus grandes. Cependant, ce type d'enrobé exige une énergie de compactage plus importante pour obtenir un résultat durable. Leur usage sera donc **restreint aux dispositifs surélevés de forme simple ou ne présentant pas de raccords avec d'autres revêtements** (Figure 100).

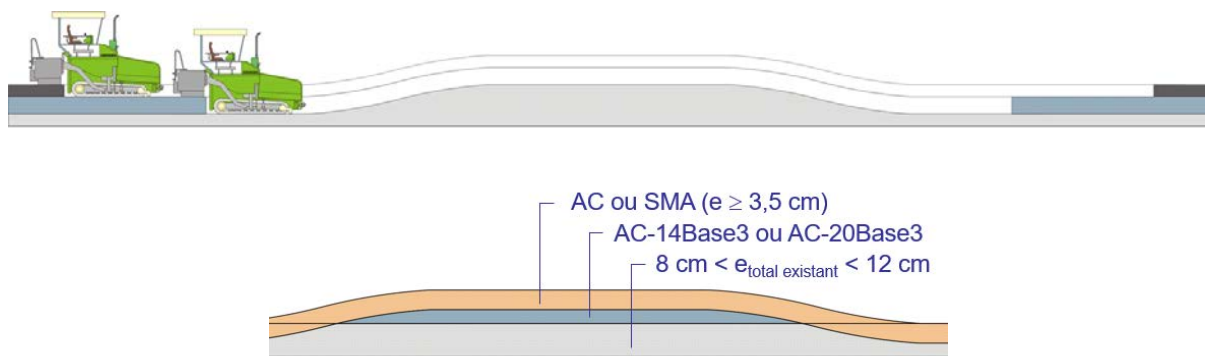


Figure 100 : Illustration sommaire d'une méthode de pose en enrobés bitumineux compactés à chaud (squelette sableux à gros granulats et squelette pierreux type SMA)

Les difficultés de mise en œuvre et de compactage conduisent à rejeter les enrobés à squelette sableux comportant des granulats gros ainsi que les enrobés à squelette pierreux pour des **plateaux de forme complexe et/ou présentant de nombreux raccords avec d'autres types de revêtements**. Des **enrobés AC-10Surf4 et AC-10Base3** sont donc plus adéquats pour de tels plateaux. Ils sont cependant, en général, plus orniérables. Certains **enrobés AC-14Base3** constitueront, parfois, en couche de reprofilage, des compromis adéquats entre les deux exigences (voir aussi Figure 101).

8.3.4.2 Réalisation des rampes d'un plateau

Dans le cas d'un revêtement mis en œuvre au finisseur (Figure 100), des variations brusques de pente dans le profil en long posent divers problèmes (chapitre 8.1.1). Ceci est vrai tant pour la couche de roulement que pour la couche de profilage.

La réalisation des **rampes avec des enrobés bitumineux compactés** sera donc **réservée à des plateaux soumis à des trafics peu agressifs et comportant des rampes de pente faible**. Dans les autres cas, un autre type de matériau devrait être utilisé. Les éléments préfabriqués paraissent adéquats dans ce cas, moyennant une attention particulière à la juxtaposition de matériaux différents et aux discontinuités dans la structure.

8.3.4.3 Réalisation des parties horizontales du plateau

Le choix de la méthodologie de mise en œuvre est primordial (Figure 101). Il importe notamment de toujours poser l'enrobé bitumineux avant de mettre les éléments préfabriqués en œuvre. L'enrobé sera posé sur une longueur plus grande que strictement nécessaire et sera recoupé par la suite.

Ceci permet de découper et d'éliminer les premiers et derniers mètres posés d'enrobés. D'autre part, les raccords entre enrobés et éléments préfabriqués sont réalisés à l'aide d'asphalte coulé (voir chapitre 8.3.4.4) suivant le principe utilisé pour les joints de dilatation (voir code de bonne pratique CRR R60/87, p. 170).

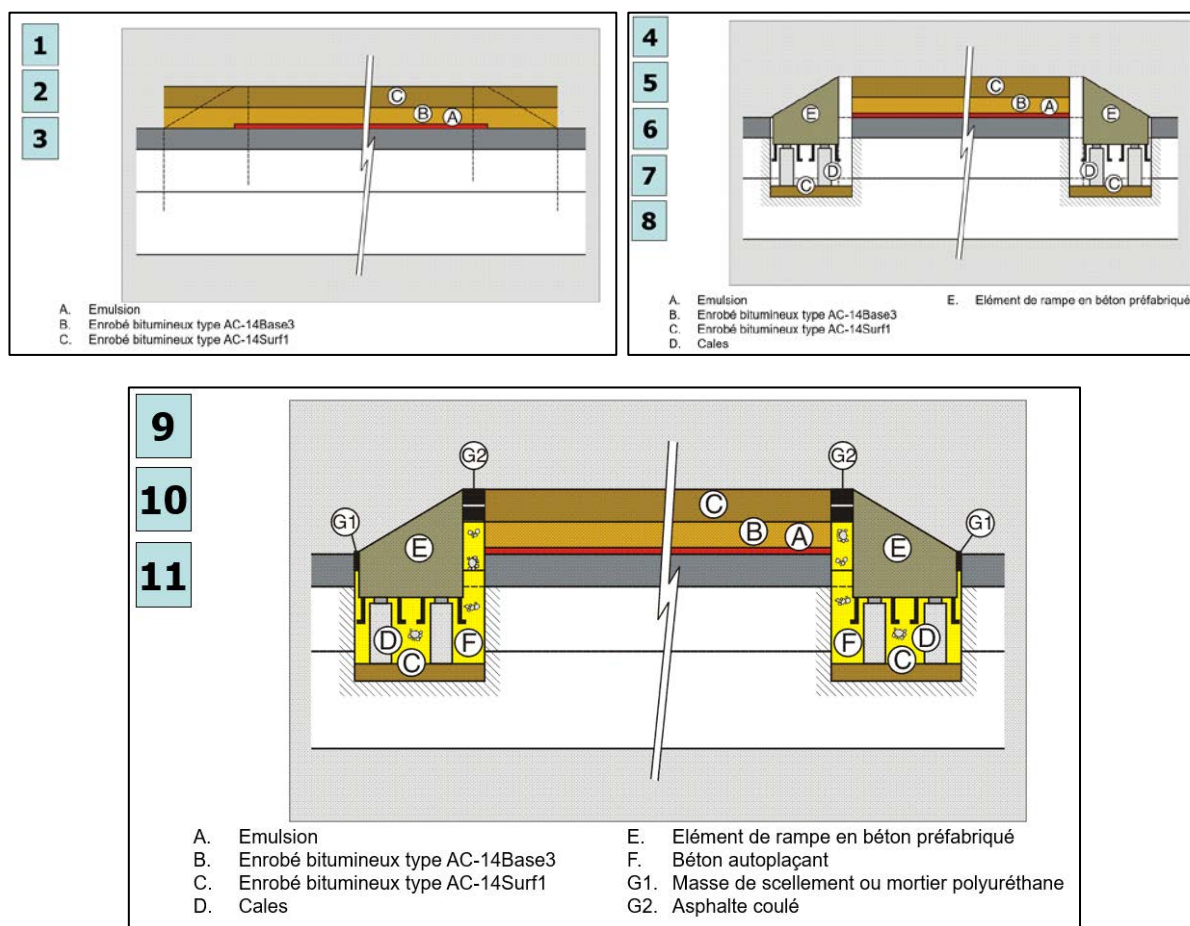


Figure 101 : Méthodologie de construction d'un plateau circulé par un trafic lourd et intense

8.3.4.4 Asphaltes coulés

Pour un **plateau de forme complexe**, circulé par un **trafic lourd et/ou intense**, les asphaltes coulés pourront apporter des solutions durables. Les **asphaltes coulés** sont des enrobés à chaud, à squelette de filler, fabriqués et mis en œuvre à très haute température. La teneur en liant est choisie en fonction des vides du granulat de façon à les remplir complètement et à occasionner un faible excès en liant. La mise en œuvre peut se faire manuellement et aucun compactage ne doit être réalisé.

L'asphalte coulé convient dès lors pour réaliser le revêtement de surfaces complexes où il est impossible de poser l'enrobé entièrement au finisseur et où il est impossible de cylindrer. Vu l'excès en liant présent dans le mélange et la proportion importante de filler, ce matériau est, pour certaines formulations, sensible à l'orniérage. Dans le cas d'un plateau devant supporter un trafic lourd et/ou léger intense, des **compositions appropriées** (notamment forte teneur en gravillons, utilisation de bitumes modifiés, recours à des additifs...) devront être utilisées.

Les difficultés d'exécution en pente tant de la couche de profilage (enrobé bitumineux compacté) que de la couche de roulement (asphalte coulé) conduisent par ailleurs, dans la plupart des cas, à **réserver l'asphalte coulé pour la réalisation de la partie haute du plateau**. Les rampes peuvent, par exemple, être réalisées en éléments de béton préfabriqué (Figure 101).

8.3.5 Recommandations principales relatives aux plateaux et ralentisseurs en béton coulé en place

8.3.5.1 Construction

Dans le cas d'une voirie revêtue de béton coulé en place, la logique suggère l'utilisation du même matériau pour le revêtement d'un plateau qui y serait inséré. Les discontinuités dans la structure et les raccords entre revêtements de types différents sont en effet souvent des causes de dégradations.

Pour des raisons similaires à celles rencontrées pour la mise en œuvre au finisseur des enrobés bitumineux, la mise en œuvre correcte du revêtement en béton coulé en place d'un plateau avec une machine à coffrage glissant (*slipform*) s'avère difficile. Le revêtement de la voirie pourra donc, le cas échéant, être mis en œuvre avec une telle machine tandis que le plateau lui-même devra éventuellement être réalisé manuellement entre coffrages fixes.

Dans ce cas, il conviendra dès lors de poursuivre la mise en œuvre du béton à la machine sans modification de pente et d'arrêter le *slipform* quelques mètres après le point fixé pour le début de l'ouvrage. Cette distance doit cependant être suffisante pour permettre la vibration et le lissage par le *slipform* du béton situé juste avant l'ouvrage. La surface de béton réalisée en excès devra être démontée par la suite. Idéalement, le joint créé ne sera pas implanté en pied de rampe.

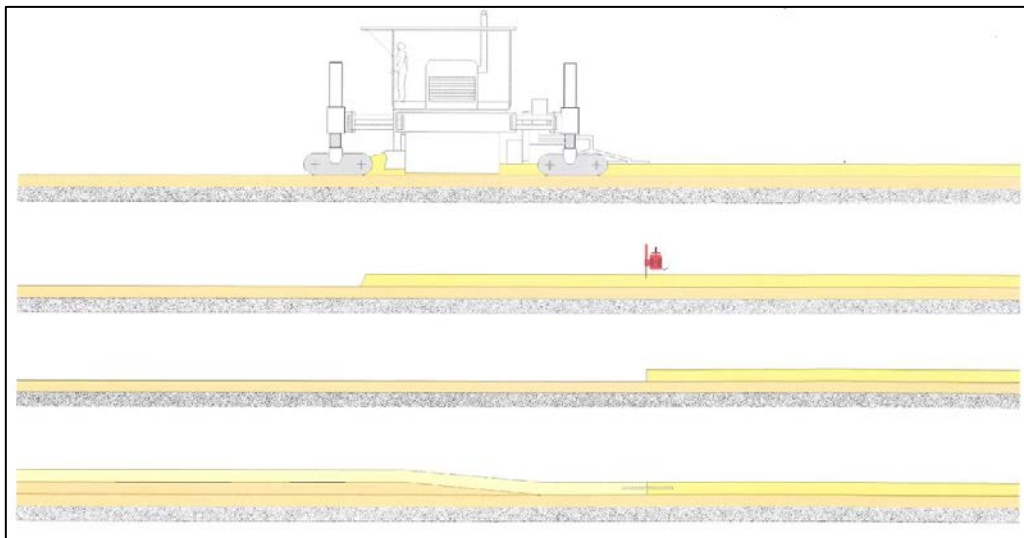


Figure 102 : Construction homogène d'un plateau en béton coulé en place

8.3.5.2 Profil

La face supérieure de la fondation suivra préférentiellement le profil du revêtement de façon à offrir un revêtement d'épaisseur constante. Elle sera constituée d'un matériau non érodable. En cas de trafic lourd, une couche sandwich en enrobé bitumineux sera de préférence posée en dessous du revêtement en béton.

L'épaisseur des dalles doit tenir compte des efforts supplémentaires exercés par les véhicules par suite de la présence et à la forme du plateau. L'épaisseur des dalles de béton armé sera de 25 cm.

8.3.5.3 Armature et joints

Le béton sera, de préférence, armé d'un treillis. Les treillis ne devraient pas être interrompus ni sciés au droit des joints de retrait et de fin de journée. Ils permettront notamment d'assurer le transfert des charges d'une dalle à l'autre.

Les treillis devraient donc être posés en dessous du tiers supérieur de l'épaisseur de façon à ne pas être coupés lors du sciage des joints (réalisation et remplissage des joints suivant les prescriptions des cahiers généraux des charges) tout en restant au-dessus de la moitié de la hauteur. L'appareillage des treillis doit dès lors permettre d'éviter que plus de deux treillis ne se superposent en un seul point.

Une attention particulière doit être accordée au renforcement par des armatures autour des points fixes tels que couvercles, avaloirs...

Le tracé en plan des joints est essentiel pour la qualité du comportement ultérieur du revêtement (voir aussi ³¹). Il faudra veiller à :

- Eviter la création de dalles présentant des angles aigus;
- Former des dalles dont les dimensions sont telles que leur forme se rapproche du carré. Le rapport longueur sur largeur des dalles devra rester inférieur ou égal à 1,5;
- Limiter la longueur des dalles à 5 m maximum;
- Prévoir aux endroits judicieux (extrémités du plateau) des joints de dilatation goujonnés;
- Permettre le libre mouvement du béton en sciant des joints au droit des points fixes;
- Adapter le plan de sciage des joints aux alentours des points singuliers (Figure 103).

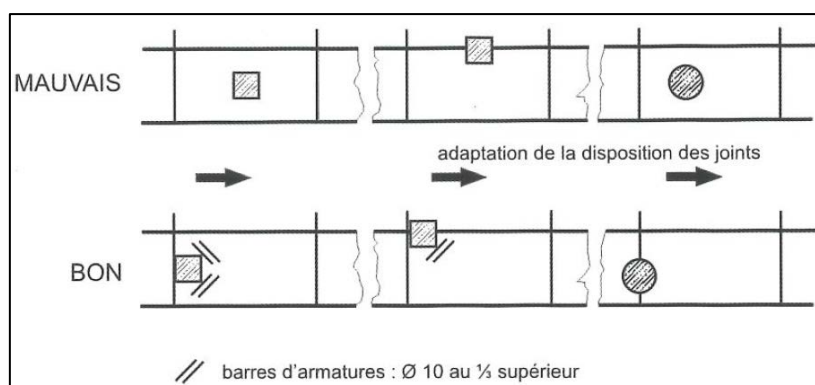


Figure 103 : Revêtement en béton : disposition des joints autour d'un élément ponctuel du type taque (FEBELCEM, 2007)

8.3.5.4 Discontinuités

Si l'on souhaite absolument mettre en œuvre un revêtement en béton coulé en place sur un plateau inséré dans un autre revêtement, certaines dispositions doivent être prises pour éviter l'apparition de phénomènes néfastes au bon comportement dans le temps des matériaux de revêtement et des raccords.

L'apparition d'un phénomène de pompage doit dès lors être empêchée par divers moyens :

- La pénétration d'eau à travers le joint devra être empêchée ; le joint et son remplissage devront dès lors être correctement conçus, mis en œuvre et entretenus³²;
- La fondation ne pourra pas être érodable ; dans un tel cas, la mise en œuvre d'un enrobé bitumineux en couche sandwich sous le revêtement en béton coulé en place semble s'imposer.

³¹ Chapitre 4.8 du code de bonne pratique du CRR pour l'exécution des revêtements en béton (R75/05).

³² Chapitre 5 du code de bonne pratique du CRR pour l'exécution des revêtements en béton (R75/05).

8.3.6 Recommandations principales relatives aux coussins

Deux types de modes de pose sont utilisés pour le placement de coussins ralentisseurs (*Figure 104*) :

- L'insertion dans la chaussée d'un ou deux éléments préfabriqués en béton et éventuellement assorti de pavés sertis. Dans le cas fréquent d'une chaussée existante, cette technique nécessite une découpe du revêtement existant, un décoffrage d'au moins une partie de la fondation et ensuite, après le placement des éléments, la reconstruction de la structure autour du coussin;
- La pose et la fixation sur la chaussée d'éléments en caoutchouc (vulcanisé ou non) qui, solidarisés entre eux, forment le coussin.

Ces deux techniques présentent divers avantages et inconvénients dont il est question dans les paragraphes suivants.

Une attention particulière sera portée à la saillie du coussin, au pied des chanfreins, pour limiter celle-ci au minimum sur tout le pourtour et minimiser les nuisances pour les usagers et les riverains. Si nécessaire, le périmètre d'intervention des travaux de la voirie sera étendu.



Figure 104 : Illustration des deux types de modes de pose de coussins ralentisseurs

8.3.6.1 Coussins réalisés à l'aide d'éléments préfabriqués insérés dans la structure de la chaussée

Par ses caractéristiques, ce mode de réalisation apparaît comme étant le plus durable. Il est toutefois sujet à diverses sources de problème de même nature que pour les dispositifs surélevés, à savoir :

- Sollicitations induites, sur le coussin par les voitures, et sur les chanfreins latéraux et la chaussée de part et d'autre du coussin par les poids-lourds;
- Discontinuités :
 - Au niveau des structures (ex. décompactage de la fondation ; correspondance face inférieure coussin avec fondation !);
 - Au niveau des revêtements
 - Joints : infiltration d'eau, effets de bord;
 - Difficultés pour le compactage et le resserrage;
 - Blocage du coussin préfabriqué;
 - Effets de bord.

Par ailleurs, pour rappel, toute discontinuité est source potentielle de bruit et de vibrations.

Les recommandations principales que l'on peut formuler pour éviter que des désordres apparaissent sont donc globalement similaires.

8.3.6.1.1 Recommandations principales relatives aux coussins préfabriqués insérés dans une route en dalles de béton

Les retours d'expérience nous enseignent qu'il faut éviter de laisser des dalles de formes³³ ou dimensions hors norme, au risque de les voir se dégrader très rapidement. A l'inverse, il est recommandé de travailler sur toute la largeur de la chaussée. Par ailleurs, lorsque les dalles existantes sont en mauvais état, il est préférable de profiter de l'aménagement pour travailler sur une surface plus importante et réaliser ainsi un ensemble plus durable car "purgé" des désordres existants.

S'agissant de la disposition des joints, il est utile de rappeler quelques règles de base lorsqu'on construit autour d'un élément ponctuel (tel une taque, un avaloir, mais aussi un coussin), afin que cette insertion ne soit pas à l'origine de l'apparition de fissures (*Figure 103*). En effet, le placement d'un coussin peut conduire à un rétrécissement important de la section transversale de la dalle, y provoquant dès lors des concentrations de contraintes ou alors, empêchant le retrait libre de la dalle.

La solution à ces problèmes consiste à localiser les éléments en bout de dalle ou à réaliser une amorce de fissuration supplémentaire à leur niveau. L'ouverture de fissures éventuelles est aussi évitée en prévoyant un réseau d'armatures en pourtour du coussin et en l'entourant par une fourrure compressible.

S'agissant d'un revêtement routier en béton, celui-ci doit absolument être réalisé avec une composition conforme aux exigences du cahier des charges type 2015. La mise en œuvre est en général réalisée avec une machine à coffrage glissant. Sur de petites surfaces, une poutre vibrante est utilisée. L'utilisation d'une machine à coffrage glissant ne peut évidemment pas être envisagée dans le cas du placement d'un coussin ralentisseur. Dans la mesure du possible, et bien que cela soit puisse être difficile, vu la surface très petite, la complexité de la forme et la présence des bordures et du coussin berlinois, on privilégiera l'utilisation d'une poutre vibrante. L'utilisation d'aiguilles vibrantes est en effet insuffisante pour fournir un béton routier de qualité.

Enfin, l'élément préfabriqué peut être ancré dans le béton mis en œuvre sur place. Des barres d'ancrage doivent alors être scellées dans le coussin berlinois avant mise en œuvre du béton routier.

Afin de contrer le risque d'érosion de la fondation à la suite de phénomènes de pompage liés au battement du bord du béton et à la pénétration d'eau, on prévoira :

- Une dalle épaisse (20 cm);
- Une couche "sandwich" en matériau bitumineux;
- Le scellement correct des joints, et leur entretien.

8.3.6.1.2 Recommandations principales relatives aux coussins préfabriqués insérés dans une route en béton bitumineux

L'insertion d'un coussin dans une chaussée en revêtement bitumineux pose fréquemment des soucis de stabilité du ou des éléments du coussin et de durabilité du "resserrage" du coussin par de petites surfaces d'enrobé bitumineux tout autour de celui-ci.

Pour obtenir une réalisation durable, la meilleure solution semble être d'utiliser les matériaux et le mode de pose avec béton autoplaçant proposés pour les rampes de plateau et de ralentisseur et décrits dans les chapitres du C.49, E.4.7 et F.7 du CCT 2015 (voir aussi les chapitres 8.3.3.3, 8.3.4.3 et 8.3.4.4 ci-avant).

³³ Les dalles doivent idéalement être de forme carrée ou rectangulaire (avec un rapport dimensionnel entre la longueur et la largeur compris entre 1 et 1,5).

Sur cette base, **deux conceptions sont proposées ci-après. Elles ne bénéficient toutefois pas encore d'un grand retour d'expérience. L'auteur de projet veillera donc à étudier leur applicabilité au cas par cas.**

- **Proposition 1** : Fondation pour le coussin par du béton autoplaçant et resserrage par de l'asphalte coulé (2 x 3 cm) posé sur une couche de liaison en AC-14base3-x (BB-3B) - *Figure 105*.

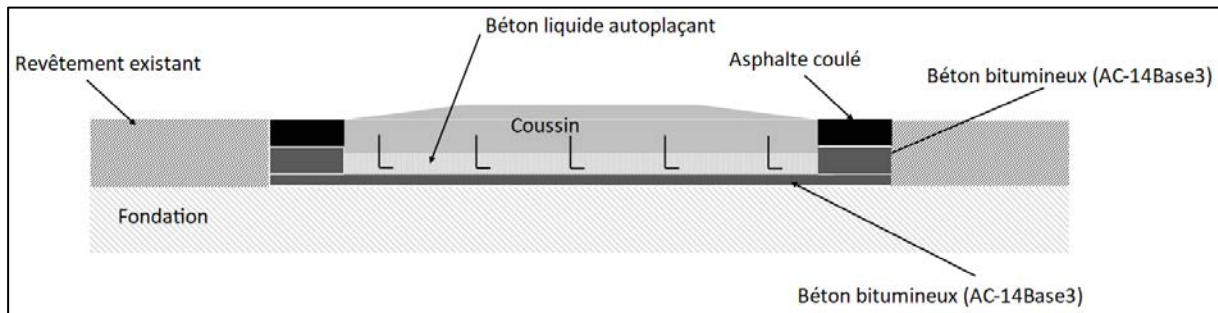


Figure 105 : Illustration schématique de la pose d'un coussin sur une fondation en béton autoplaçant et de son resserrage par de l'asphalte coulé posé sur une couche de liaison en béton bitumineux

Dans cette méthode, la surface en plan de la fondation en béton autoplaçant devra correspondre parfaitement avec la surface en plan de l'élément préfabriqué (panneaux de coffrage posés verticalement autour du coussin berlinois³⁴) afin d'éviter les discontinuités de structure à proximité du coussin. Le choix des mélanges bitumineux devra être étudié pour supporter le trafic empruntant la voirie (résistance à l'orniéage). L'asphalte coulé sera posé en adhérence sur la couche de liaison pour éviter tout glissement dû à des efforts tangentiels. Une attention particulière sera apportée au risque de cloquage associé à cet asphalte.

- **Proposition 2** : Fondation pour le coussin et l'ensemble de la zone par du béton autoplaçant et resserrage par de l'asphalte coulé (2 x 3 cm) posé directement sur le béton – *Figure 106*.

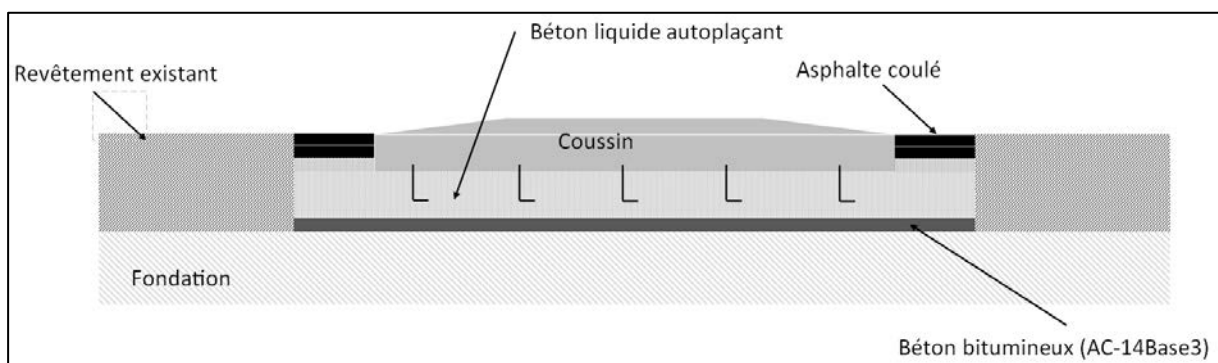


Figure 106 : Illustration schématique de la pose d'un coussin sur une fondation en béton autoplaçant et de son resserrage par de l'asphalte coulé posé sur le béton autoplaçant

Dans ce cas, le béton autoplaçant qui sert de fondation au coussin sert également de fondation sur l'ensemble de la surface rectangulaire du rétrécissement et remonte jusqu'au niveau – 6 cm sous le niveau fini du revêtement bitumineux. La forme du béton autoplaçant en plan devra correspondre parfaitement à la forme du revêtement en asphalte coulé. La texture du béton sera, en outre, étudiée pour assurer l'adhérence de l'asphalte coulé.

³⁴ Un appendice devrait cependant être réalisé dans ce coffrage afin de pouvoir couler le béton autoplaçant sous le coussin berlinois. L'excroissance de béton correspondant à cet appendice devrait alors être découpée de façon nette à l'aplomb de l'élément préfabriqué après durcissement du béton.

Le principal avantage de l'asphalte coulé réside dans le fait que sa mise en œuvre peut se faire manuellement et qu'aucun compactage ne doit être réalisé, à l'inverse d'un enrobé bitumineux, dont le compactage (de qualité) sera impossible sur des surfaces complexes ou très réduite. La formulation de l'asphalte coulé sera étudiée avec attention pour éviter sa déformation.

Dans le cas d'une réfection complète d'une voirie, on peut recommander de poser le coussin sur la fondation ou la première sous-couche d'enrobés (s'il y a plusieurs sous-couches, sinon il n'y aura sans doute pas assez de hauteur pour le coussin), et de prévoir, lors de l'asphaltage, un évidement³⁵ là où doit venir le coussin. Une fois celui-ci posé, on fermera le joint avec une masse de scellement ou une émulsion.

8.3.6.2 Coussins en caoutchouc posés et fixés sur la chaussée

Dans cette technique, le coussin est composé de plusieurs modules solidarisés les uns aux autres par des appendices ou des éléments métalliques supplémentaires (selon le fabricant). Chaque élément est ancré dans le revêtement à l'aide de tirefonds (*Figure 107*).

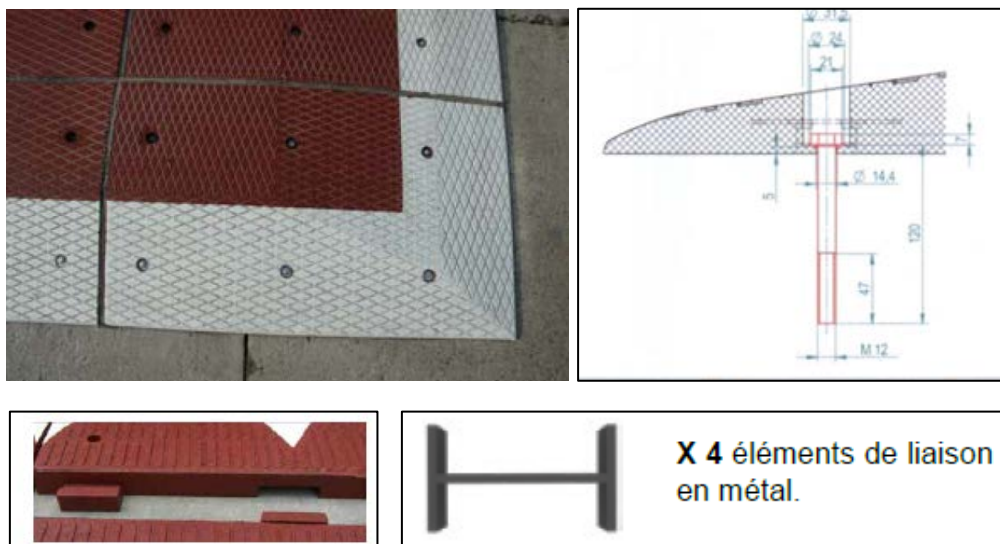


Figure 107 : Modes de fixation et de liaison des éléments constituant un coussin à poser sur la chaussée

Ce type de coussin présente pour avantages de ne causer aucune modification structurelle de la chaussée, n'introduisant dès lors pas de discontinuités. Le coût d'achat est moindre, de même que les coûts de pose puisque l'installation est simple et rapide. Il s'agit en outre d'une solution flexible, puisque démontable en cas de besoin (installation temporaire, phase de test, ou encore placement inadéquat ou plaintes de riverains); ceci à la condition qu'il ne soit pas fait usage d'une colle polyuréthane proposée par certains fournisseurs.

Malheureusement, cette technique présente aussi plusieurs inconvénients. Divers phénomènes ont en effet déjà été constatés sur le terrain :

- Des déplacements des éléments, en particulier en présence de trafic lourd et/ou intense (*Figure 108*);
- Des détachements des éléments de coussins en caoutchouc (*Figure 109* ; les fixations étant mises à mal par les vibrations et la rouille). Sur certains sites, ce phénomène est apparu après seulement deux ans;

³⁵ Avant asphaltage on pose par exemple des poutres en bois sciées à la dimension du futur coussin et à l'endroit où il doit être placé. Cela permet de créer une cavité en enlevant ces éléments après l'asphaltage et évite de devoir scier et démolir la couche d'enrobés à l'endroit où doit venir le coussin.

- Une dégradation rapide des bords des coussins (l'épaisseur de l'élément en bord de coussin est très faible et certains matériaux ne sont pas très rigides);
- Une dégradation du revêtement bitumineux au niveau du coussin (Figure 108 ; arrachements, dilatation thermique différenciée, risque de désenrobage du revêtement par suite de l'insertion d'eau entre coussin et revêtement bitumineux, voire à la suite de l'effet de la colle, si utilisée);
- La saillie verticale introduite par le bord du coussin est une source possible de gêne acoustique locale.

Dès lors, et bien qu'un complément de retour d'expérience soit nécessaire pour préciser les conditions limites d'utilisation, la prudence conduit à **réserver l'usage de ce type de coussin à des situations temporaires et à des conditions d'exploitation bien maîtrisées, en particulier l'absence d'un charroi lourd**. Il ne sera en outre **pas** fait usage d'une colle ou de bitume pour fixer les éléments sur la chaussée.



Figure 108 : Illustration de phénomènes de déplacement des éléments de coussins en caoutchouc et de dégradation du revêtement



Figure 109 : Illustration d'un phénomène de détachements des éléments de coussins en caoutchouc (quai de l'Industrie à Anderlecht ; photos prises les 14/05/2020 et 04/06/2020 ; installation en 2018) – Dans le cas présent, la largeur de la chaussée est trop réduite pour respecter les règles en matière de positionnement transversal ; ceci peut avoir un impact sur les sollicitations apportées aux coussins.

9 Les nuisances potentielles et l'entretien des dispositifs ralentisseurs surélevés

9.1 Impact acoustique d'un dispositif ralentisseur surélevé sur l'environnement proche

9.1.1 Impact global et local des différents types de dispositif ralentisseur surélevé

S'agissant du bruit généré à l'approche et lors du franchissement d'un tel dispositif, il faut noter que tout dispositif ralentisseur surélevé présente des impacts acoustiques global et local en rapport avec la vitesse de déplacement des véhicules et le différentiel vitesse d'approche/vitesse de franchissement.

Tout aménagement local de voirie, par la modification de conduite qu'il entraîne (réduction de vitesse, variation du régime moteur, accélération), modifie de toute évidence le paysage sonore environnant. On distingue l'influence acoustique des aménagements à deux niveaux : **global** et **local** [Bruxelles Environnement, 2003].

- ***Impact global*** : tout aménagement bien réalisé permet de réduire la vitesse des véhicules dans une zone appelée zone d'influence, s'étendant de façon plus ou moins forte, en amont et en aval de l'aménagement. Cette réduction de vitesse entraîne une diminution du bruit d'ensemble dans la zone d'influence.

Le bruit engendré par le passage d'un véhicule est en effet d'autant plus important que sa vitesse est élevée. Le bruit routier est originaire de deux sources majeures : le moteur et le contact des pneus avec le revêtement. Lorsque le véhicule roule lentement, c'est le bruit du moteur qui est perçu. En règle générale, à partir de 30 à 40 km/h pour les voitures et 50 à 80 km/h pour les camions, le bruit de roulement des pneus sur le revêtement de la route prédomine.

Selon [Bruxelles Environnement, 2003], dans le cas où les dispositifs surélevés sont franchis à 30 km/h, l'impact sonore global 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).

- ***Impact local*** : il s'agit de l'impact sonore dans la zone proche de l'aménagement. Selon les cas, il peut être positif ou négatif. Etant donné les vitesses généralement en jeu à proximité de l'aménagement, le bruit de moteur, fonction de son régime, est prépondérant. Toutefois, l'impact des pneus et du véhicule avec le dispositif peut également provoquer un bruit dérangeant pour les riverains.

Les nuisances sonores les plus marquées se produisent lorsqu'un véhicule lourd roule à une vitesse suffisante sur une inégalité verticale (bordure ou trou) ou une dégradation du revêtement.

Malgré l'effet positif que les aménagements de type ralentisseurs, plateaux ou coussins semblent pouvoir engendrer sur la gêne acoustique locale en conditions "contrôlées" (c'est-à-dire : mesures réalisées avec des véhicules légers, dans des conditions de vitesse bien établies, sans accélération et décélération brusques, sur des dispositifs correctement réalisés ou entretenus), ils peuvent être gênants en conditions d'exploitation réelles, notamment :

- Lorsqu'ils impliquent des variations importantes du bruit (freinage, franchissement, accélération);
- Lorsqu'en cas de conduite agressive certains bruits aigus émergent (crissement pneus, bruit de châssis ou de carrosserie à vitesse trop élevée).

Les études conduites sur le sujet mettent en évidence des réductions des niveaux sonores locaux, tant pour les ralentisseurs que les plateaux, de quelques dB[A] lorsque le trafic est essentiellement constitué de véhicules légers. Cette diminution s'amenuise au fur et à mesure que la proportion de bus et de véhicules commerciaux composant le trafic augmente. Il faut atteindre un pourcentage d'environ 25% de véhicules commerciaux et 1% de bus pour qu'un ralentisseur soit à l'origine d'une augmentation des niveaux sonores, respectivement 5% de véhicules commerciaux et 1% de bus dans le cas d'un plateau (Figure 110).

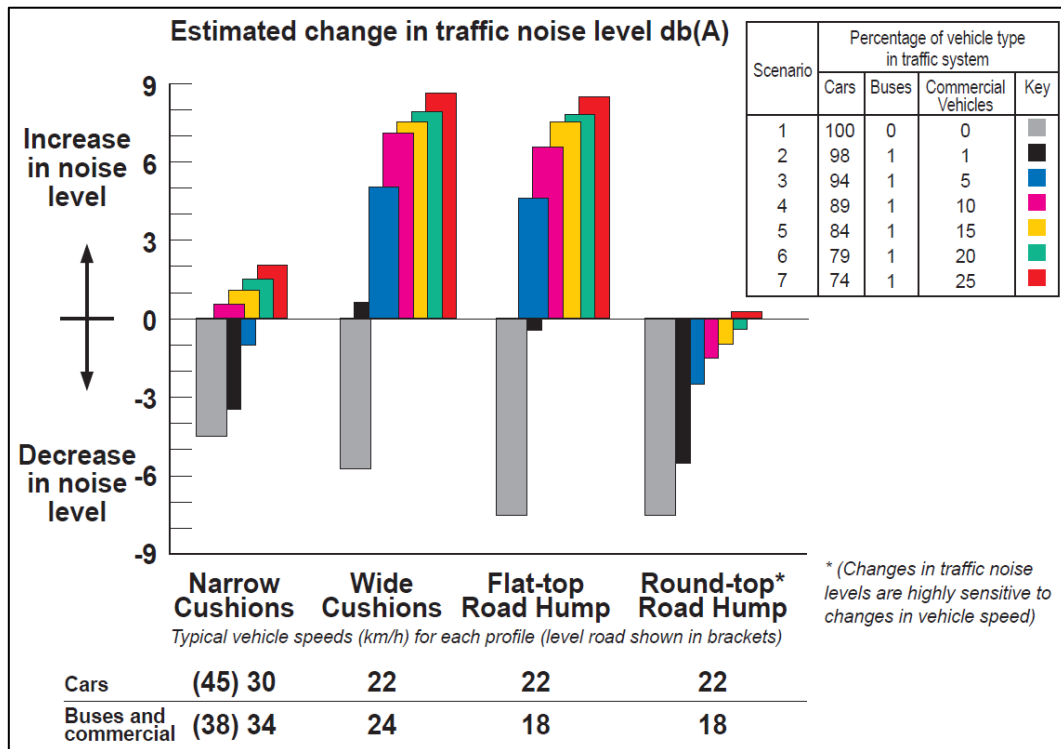


Figure 110 : Impact des dispositifs ralentisseurs surélevés sur le niveau de bruit local [Department for Transport, 2007] (dans ces études, la largeur des coussins étroits / larges est comprise entre 1,5 et 1,6 m / 1,88 et 1,9 m, respectivement. Les coussins belges - 1,75 à 1,9 m - sont donc dans la catégorie "coussins larges")

S'agissant des coussins, l'interprétation de la Figure 110 donne à penser que les coussins belges, d'une largeur comprise entre 1,75 m à 1,9 m, et donc à considérer comme "coussins larges", pourraient être à l'origine d'une augmentation du niveau de bruit local lorsqu'ils sont implantés en voiries fortement fréquentées par des transports en commun et poids lourds. Il est 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.

Dans la pratique, le bruit local peut donc devenir plus important qu'une situation dans laquelle le dispositif est absent, en particulier lorsqu'il est emprunté par des poids-lourds. Des augmentations du niveau de bruit peuvent être constatées à la suite de l'introduction d'un dispositif, et ce, bien que la vitesse des poids-lourds diminuent. Ceci peut s'expliquer principalement par deux phénomènes : 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, et 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.

En outre, une étude citée par [Bruxelles Environnement, 2003] indique que lorsque diminution des niveaux sonores locaux il y a, celle-ci concerne principalement l'amont et l'emplacement du dispositif ralentisseur. En aval, la différence est très faible car elle est notamment contrebalancée par une accélération après le franchissement de l'aménagement.

9.1.2 Influence du revêtement

L'influence du revêtement des dispositifs surélevés n'est à priori pas la plus déterminante dans le bruit engendré par le passage des véhicules puisque ces derniers abordent normalement les dispositifs selon une vitesse de l'ordre de 30 km/h (à cette vitesse, ce n'est pas le bruit lié au contact pneu/route qui est prépondérant). Cependant, dans certains cas (ex. revêtements bruyants tels que pavés), le revêtement des dispositifs surélevés peut être à lui seul à l'origine d'une augmentation non négligeable du bruit, notamment sur de longs plateaux.

Il peut aller de même lorsque le dispositif est en mauvais état. Toute détérioration, tout défaut d'entretien devient rapidement la source de bruits gênants. 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.

La différence de revêtement entre la voirie et le dispositif surélevé peut également rendre la tonalité du passage d'un véhicule plus ou moins perceptible. Par exemple un plateau en asphalte installé dans une voirie en asphalte sera moins perceptible qu'un plateau en pavés dans cette même voirie.

9.1.3 Recommandations

Les quelques études citées par [Bruxelles Environnement, 2003] semblent donc indiquer que l'implantation de ralentisseurs et de plateaux permet de réduire la plupart du temps le bruit global et local, mais aussi que les résultats peuvent être défavorables dans le cas de dispositifs implantés sur une voirie avec passage fréquent de bus et de poids lourds, ou en présence de certains matériaux.

L'attention du gestionnaire de voirie est dès lors en particulier attirée sur la prise en compte de la composition du trafic de la voirie (la part de véhicules commerciaux et de bus ne devrait pas dépasser 5% et 1%, respectivement) et sur le choix des matériaux utilisés pour la conception des dispositifs surélevés (privilégier les revêtements de faible méga texture).

Par ailleurs, afin de limiter les nuisances sonores (et en parallèle, les émissions excessives), il convient de décourager les accélérations et les décélérations sévères et d'encourager une circulation fluide. Cela peut être réalisé en minimisant la "différence de vitesse", définie comme étant la différence entre la vitesse moyenne au niveau du dispositif et la vitesse moyenne sur la section d'approche ou entre les éléments ralentisseurs successifs. Plus l'espacement est étroit, plus la "différence de vitesse" est faible. Par exemple, selon [Tfl, 1996_1], un espacement de 50 à 60 m entraîne généralement une "différence de vitesse" d'environ 8 km/h (voir également le chapitre 4.1.12). L'avantage produit en termes de réduction des conséquences environnementales doit toutefois être analysé au regard du coût total des aménagements et aussi de l'acceptation des utilisateurs à devoir circuler sur un plus grand nombre de dispositifs.

9.2 Nuisances liées aux éventuelles vibrations

Les plaintes concernant les gênes dues aux vibrations dans les bâtiments, par suite de la proximité du trafic routier, sont relativement fréquentes. Les dispositifs ralentisseurs surélevés sont fréquemment pointés du doigt par les plaignants. L'objet de ces plaintes peut aller de la perception des vibrations, à l'apparition de fissures, en passant par la vibration des vitres.

Les vibrations se produisent lorsqu'un véhicule lourd roule à une vitesse suffisante sur une inégalité dont les dimensions horizontales sont comprises entre quelques mm et quelques dm. Les dispositifs ralentisseurs surélevés sont donc concernés. L'inégalité fait que la force qu'exerce la roue sur le revêtement n'est plus constante, comme c'est le cas avec un revêtement parfaitement plat. La force dynamique de la roue sur le revêtement produit une onde élastique, qui se propage de manière tridimensionnelle dans le sol à partir du point de contact roue revêtement.

La fréquence typique de ces ondes élastiques est comprise entre 1 et 100 Hz. Lorsqu'une onde de ce type atteint les fondations d'un bâtiment, celles-ci se mettent à vibrer, ainsi que l'ensemble du bâtiment. Généralement, les vibrations sont les plus fortes dans les étages supérieurs et se font le mieux sentir au niveau du sol, au milieu des pièces. La mesure dans laquelle des vibrations sont observées dépend de toute une série de facteurs :

- La hauteur du dispositif (le facteur le plus important est la hauteur de l'inégalité);
- La pente d'accès et de sortie (la forme de la pente, droite ou sinusoïdale, semble avoir moins d'impact);
- La nature du sol : la propagation est plus importante dans un sol mou (p.ex. de la tourbe) que dans un sol rigide (p.ex. un sol rocheux);
- La vitesse du véhicule, sa suspension et le poids total des essieux;
- La distance entre la source des vibrations et le récepteur;
- La nature des fondations de l'habitation et la rigidité de la construction.

Les vibrations sont des mouvements dynamiques autour d'une position d'équilibre. Elles sont le plus couramment caractérisées par une vitesse exprimée en mm/s et peuvent avoir différents effets non désirés, en fonction de leur "amplitude" (caractérisée par leur vitesse en mm/s) et dans une certaine mesure de leur fréquence. Les deux effets qui ont ici une importance sont :

- la gêne causée aux personnes;
- les dégradations causées aux bâtiments (p. ex. fissures dans du plafonnage).

Il est important de savoir que l'être humain est particulièrement sensible aux vibrations. Le seuil de perception humaine est de 0,1 mm/s et le seuil de nuisance de l'ordre de grandeur de 0,3 mm/s. Les bâtiments eux supportent généralement des vitesses de vibration beaucoup plus élevées (au moins jusqu'à 3 mm/s pour les basses fréquences et les bâtiments très sensibles et jusqu'à 20 mm/s pour les fréquences plus élevées). Il faut donc que les vitesses de vibration soient au moins dix fois plus élevées que le seuil de nuisance pour l'homme avant qu'un bâtiment ne coure le risque d'être endommagé.

La norme allemande DIN 4150-3:2016-12³⁶ définit des seuils différents pour trois classes de bâtiments (*Figure 111*) :

1. Les bâtiments industriels ou commerciaux;
2. Les bâtiments d'habitation;
3. Les bâtiments particulièrement sensibles.

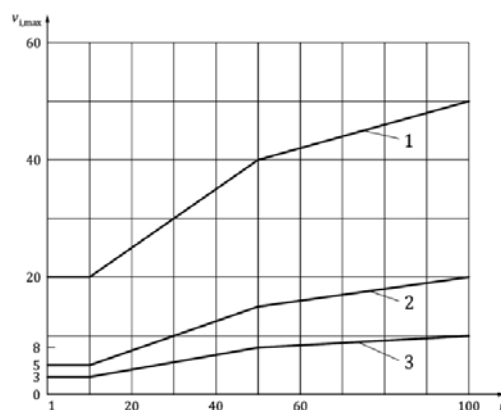


Figure 111 : Influence des vibrations sur les constructions : les seuils de dégâts selon la norme DIN 4150-3:2016-12 (V_{imax} = vitesse maximale en mm/s ; f = fréquence en Hz ; 1 = bâtiments industriels ou commerciaux, 2 = bâtiments d'habitation, 3 = bâtiments particulièrement sensibles)

³⁶ Référencée dans la norme belge NBN B 03-003 : Déformation des structures – Valeurs limites de déformation – Bâtiments.

En matière de dégâts structurels, il n'est jamais facile d'établir si la cause doit être imputée à des vibrations causées par le trafic. La difficulté provient de ce qu'un bâtiment n'est pas l'autre et qu'un sol n'est pas l'autre. Le degré de nuisances causées par les vibrations dépend du type de dispositif ralentisseur, mais également des propriétés du sol et des fondations du bâtiment.

La recherche a démontré que le type de sol est un paramètre essentiel pour déterminer la distance minimale nécessaire entre les maisons et le dispositif ralentisseur pour empêcher que des vibrations n'y soient ressenties, que l'on s'en plaigne et que des fissures superficielles n'apparaissent. Les distances minimales (en mètre) pour trois types de dispositif, établies dans une étude anglaise [Department for Transport, 1996_3] sont données dans le Tableau 13 en fonction du type de sol.

Tableau 13 : Distances minimales à respecter pour éviter les nuisances dues aux vibrations (m)

a. Coussin (L. x l. x H.) 3,5 m x 1,9 m x 7,2 cm ; chanfrein latéral 1:3 et frontal 1:8

b. Plateau (L. x H.) 7,8 m x 7,3 cm ; rampe 1:12

c. Ralentisseur circulaire (L. x H.) 3,7 m x 6,4 cm

	Observation (ressenti)			Plainte			Fissures superficielles par suite d'une exposition prolongée		
	a.	b.	c.	a.	b.	c.	a.	b.	c.
alluvions	76 m	57 m	37 m	17 m	12 m	8 m	4 m	3 m	2 m
tourbe	19 m	16 m	12 m	7 m	6 m	4 m	3 m	2 m	2 m
argile (Londres)	18 m	15 m	11 m	6 m	5 m	3 m	2 m	2 m	1 m
sable/gravier	6 m	4 m	3 m	1 m	1 m	1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m
argile à blocs	3 m	2 m	1 m	1 m	1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m
roche calcaire	1 m	1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m	< 1 m

Ce tableau montre que pour le type de sol le plus faible, et le type de dispositif le moins favorable, les vibrations sont perçues par l'homme jusqu'à une distance de plus de 70 m. Les plaintes sont généralement formulées lorsque la maison se situe à moins de 17 m du ralentisseur. Les fissures superficielles dues à une exposition prolongée à des vibrations ne se produisent qu'à une distance de 4 m ou moins. De plus, on peut déclarer que plus le sol est rigide, moins les vibrations se propageront dans les environs.

9.3 Recommandations générales

Les éléments présentés ci-avant conduisent à émettre les recommandations générales suivantes :

- N'implanter un dispositif ralentisseur surélevé qu'en cas de nécessité (insécurité objective avérée) et "à distance" des habitations riveraines;
- Veiller à une bonne lisibilité/visibilité de l'aménagement (signalisation, éclairage) pour favoriser l'anticipation. Eventuellement l'accompagner d'autres mesures visant aussi à calmer le trafic (gestion de la vitesse);
- Respecter les dimensions réglementaires, tenant notamment compte du type de trafic sur le site;
- Concevoir et entretenir les aménagements selon les règles de l'art (chapitre 8.3), en particulier les discontinuités du revêtement;
- S'assurer de la solidité du dispositif par rapport à la chaussée dès lors qu'il s'agit d'éléments préfabriqués (chapitres 8.3.3 et 8.3.6).

La présence ou non de vibrations générant une gêne aux riverains ou encore des fissures superficielles aux habitations pourra être confirmée en réalisant des mesures des niveaux de vibration dans l'(les) habitation(s) la (les) plus proche(s).

10 Bibliographie

AWV, 2009, *Vademecum Veilige Wegen en Kruispunten*.

BRUXELLES ENVIRONNEMENT, 2003, *Les aménagements locaux de voirie et leur influence sur le bruit routier. Vademecum du bruit routier urbain* (chapitre 8).

BRUXELLES MOBILITÉ, 2014, *Cahier de l'accessibilité piétonne. Directives pour l'aménagement de l'espace public accessible à tous*.

BRUXELLES MOBILITÉ, 2020 [1], *Guide de bonnes pratiques en matière d'aménagement de voirie pour la circulation et l'accessibilité des véhicules de secours* (en cours de rédaction).

BRUXELLES MOBILITÉ, 2020 [2], *Fiche technique Trottoirs traversants* (en cours de rédaction).

CERTU, 1994, *Guide les ralentisseurs de type dos d'âne et trapézoïdal*, Texte et recommandations.

CERTU, 2010, *Guide des coussins et plateaux*.

CROW, 1988, *Evaluatie verkeersdrempels*, Publicatie 7, Rapportage van de werkgroep Evaluatie Verkeersdrempels.

CROW, 2012, *Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom* (ASVV-2012).

CROW, 2014, *Richtlijn drempels, plateaus en uitritten*, Publicatie 344.

CRR, 2009, *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton*, R80/09.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 1996 [1], *75mm High Road Humps*, Traffic Advisory Leaflet 2/96, April 1996.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 1996 [2], *Highways (Road Humps) Regulations 1996*, Traffic Advisory Leaflet 7/96, June 1996.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 1996 [3], *Road humps and ground-borne vibrations*, Traffic Advisory Leaflet 8/96, June 1996.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2007, *Traffic Calming*, Local Transport Note 01/07, March 2007.

DE LIJN, *Gids voor de doorstroming van bus en tram. Maatregelen voor een vlotter openbaar vervoer* (https://static.delijn.be/Images/gids-doorstroming_tcm3-19807.pdf).

FEBELCEM, 2007, *Réparation et entretien des routes en béton de ciment*.

KATRAKAZAS C. et QUIGLEY C., 2017, *CBA :Installation of speed humps*, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube, Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 25/07/2019.

LAYFIELD R.E., PARRY D.I., 1998, *Traffic calming – Speed cushion schemes*, TRL Report 312.

QUIGLEY C., 2017, *Installation of Speed Humps*, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube, Retrieved from www.roadsafety-dss.eu on 25/07/2019.

TIMENCO, 2016, *Rapport final : spécialisation multimodale*.

WATTS G.R., 1973, *Road humps for the control of vehicle speeds*, TRRL Laboratory Report 597.

WATTS G.R., HARRIS G.J., LAYFIELD R.E., 1997, *Traffic calming: vehicle generated ground-borne vibration alongside speed control cushions and road humps*, TRL Report 235.

WEBSTER, DAVID C., 1993, *Road humps for controlling vehicle speeds*, TRL, Project Report 18 – H5/28.

UK >> <https://www.trafficchoices.co.uk/traffic-schemes/>

Guide rédigé par le Centre de recherches routières (CRR)

A la demande de :

Bruxelles Mobilité - Direction Mobilité et Sécurité routière

Rédaction : Septembre 2020

Parution : Décembre 2021



BRUXELLES MOBILITÉ

SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES

Place Saint-Lazare 2 • 1035 Bruxelles

mobilite@sprb.brussels

www.mobilite.brussels