



**HAL**  
open science

## Les ralentisseurs : état de l'art et effets dynamiques

Nicolas Dubos, Eric Evain

► **To cite this version:**

Nicolas Dubos, Eric Evain. Les ralentisseurs : état de l'art et effets dynamiques. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2009, 28 p., illustrations, tableaux. hal-02150497

**HAL Id: hal-02150497**

**<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150497>**

Submitted on 7 Jun 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les ralentisseurs : état de l'art et effets dynamiques



# Les ralentisseurs : État de l'art et effets dynamiques

août 2009

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



## Avis aux lecteurs

La collection Rapports d'étude du Certu se compose de publications proposant des informations inédites, analysant et explorant de nouveaux champs d'investigation. Cependant l'évolution des idées est susceptible de remettre en cause le contenu de ces rapports.

Le Certu publie aussi les collections :

**Dossiers** : Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante. Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés. Ils pourront y trouver des repères qui les aideront dans leur démarche. Mais le contenu présenté ne doit pas être considéré comme une recommandation à appliquer sans discernement, et des solutions différentes pourront être adoptées selon les circonstances.

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

**Débats** : Publications recueillant des contributions d'experts d'origines diverses, autour d'un thème spécifique. Les contributions présentées n'engagent que leurs auteurs.

Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>

<b>Organisme commanditaire :</b> CERTU/DSCR			
<b>Titre :</b> Les ralentisseurs : état de l'art et effets dynamiques			
<b>Sous-titre :</b>		<b>Date d'achèvement :</b> août 2009	<b>Langue :</b> français
<b>Organisme auteur :</b> CETE Normandie-Centre		<b>Rédacteurs ou coordonnateurs :</b> Nicolas Dubos Eric Evain	<b>Relecteur assurance qualité :</b> Olivier Baille (Certu) Benoît Hiron (Certu)
<p><b>Résumé</b></p> <p>La sécurité routière est un objectif de base des collectivités, et représente une attente forte de nombreux usagers vulnérables tels que piétons, cyclistes, et deux roues motorisées. C'est un enjeu important pour la qualité de vie.</p> <p>La vitesse excessive ou inadaptée est un des facteurs importants d'insécurité routière, et qui génère près de la moitié des accidents en milieu urbain.</p> <p>Par ailleurs, la gravité des accidents dépend fortement de la vitesse. Ainsi la probabilité de décès d'un piéton percuté par un véhicule motorisé passe de 100 % à 70 km/h, à 80 % à 50 km/h et 10 % à 30 km/h (rapport OCDE « la gestion des vitesses 2006 »).</p> <p>En France, il existe actuellement des surélévations de chaussées connues, destinées à modérer la vitesse au plus à 30 km/h. Il s'agit des ralentisseurs de type trapézoïdaux et dos d'âne, dont le décret n° 94-447 du 27 mai 1994 rend obligatoire leur conformité à la norme NFP 98-300 et fixe des restrictions d'implantation.</p> <p>Il s'agit aussi des coussins et des plateaux, décrits dans le guide « des coussins et plateaux » du Certu publié en novembre 2000.</p> <p>Le Certu a été sollicité pour la remise à jour de ce guide. La publication est prévue pour 2010.</p> <p>Parallèlement, la démarche du code de la rue lancée en 2006 par le ministre des Transports, a conduit à un premier décret en juillet 2008, créant une nouvelle zone de circulation apaisée : la zone de rencontre.</p> <p>Cette zone à priorité piétonne, prévoit une vitesse limitée à 20 km/h pour les véhicules, afin que la priorité piétonne puisse s'exercer. Le décret prévoit également l'aménagement de la zone de rencontre de façon cohérente avec cette limitation de vitesse.</p> <p>Même si l'ambiance de la zone de rencontre est l'élément clef du respect des vitesses, il peut être nécessaire d'avoir recours à la contrainte physique. C'est pourquoi, le Certu a demandé au CETE Normandie-Centre de réaliser un état de l'art international des ralentisseurs existants pouvant apporter potentiellement des réponses.</p> <p>Le présent rapport d'étude a pour objectif d'illustrer les surélévations existantes. Par ailleurs, il donne un certain nombre de références bibliographiques parlant du sujet et analyse les approches existantes pour quantifier « l'agressivité » d'un dispositif de ralentissement.</p>			
<b>Remarques complémentaires éventuelles :</b>			
<b>Thème et sous-thème :</b> Aménagement de la voirie urbaine et de l'espace public Aménagements pour la sécurité			
<b>Ouvrages sur le même thème :</b> Les ralentisseurs de type dos d'âne et trapézoïdal Guide des coussins et plateaux			
<b>Mots clés :</b> sécurité routière, vitesse		<b>Diffusion :</b> téléchargement uniquement	<b>Web :</b> oui <input checked="" type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>
<b>Nombre de pages :</b> 28	<b>Tirage :</b>	<b>Confidentialité :</b> non	<b>Bibliographie :</b> non

# Sommaire

<b>1. Contexte et objectif du rapport d'étude</b>	<b>6</b>
<b>2. État de l'art des ralentisseurs en France</b>	<b>7</b>
2.1 Ralentisseurs réglementés ou recommandés	7
2.1.1 Les ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal	7
2.1.2 Les ralentisseurs de type coussins et plateaux	9
2.2 Ralentisseurs non réglementés et non recommandés	12
2.2.1 La surélévation partielle en centre de carrefour	12
2.2.2 Les dispositifs intelligents	13
2.2.3 Les ralentisseurs utilisés en dehors de la voie publique	14
<b>3. Impact des ralentisseurs sur l'usager</b>	<b>18</b>
3.1 La quantification par l'accélération verticale	18
3.2 La mesure, l'évaluation	19
3.3 Les liens entre la vitesse et la géométrie	20
3.4 Cas particulier des vélos et des deux-roues motorisés	22
<b>4. Synthèse</b>	<b>23</b>
<b>Annexe 1</b>	<b>25</b>
Règles d'implantation des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal	25
<b>Annexe 2</b>	<b>26</b>
Règles d'implantation des coussins et plateaux	26

## 1. Contexte et objectif du rapport d'étude

Depuis l'été 2008, un nouveau concept de voirie pour tous a vu le jour : **les zones de rencontre**. Il s'agit d'espaces où le piéton est prioritaire, et en conséquence la vitesse des véhicules limitée à 20 km/h (vitesse d'un cycliste).

Ces zones de rencontre sont des espaces partagés où le respect de la vitesse est un facteur majeur pour la sécurité des usagers, quel que soit leur mode de déplacement (piétons, vélos, motos, voitures). La mise en œuvre de cette mesure peut nécessiter, dans certains cas, de proposer en accompagnement de la réglementation, des dispositifs incitant les usagers à diminuer leur vitesse au-dessous du seuil de 20 km/h.

Parmi eux, la mise en place de dispositifs ralentisseurs de vitesse a pour but de contraindre physiquement le conducteur à réduire la vitesse de son véhicule.

Pour autant, les ralentisseurs ne doivent ni constituer des obstacles dangereux pour l'usager, ni représenter une gêne excessive lorsque ce dernier respecte la vitesse autorisée. Pour cette raison, il convient d'attirer une attention particulière à leurs formes, dimensions et conditions d'implantation.

Dans le cadre des zones de rencontre, il conviendra de définir une géométrie de ralentisseur qui réponde aux exigences de ces nouvelles zones car les ralentisseurs homologués actuellement ne sont pas adaptés pour limiter des vitesses à moins de 30 km/h. C'est dans cette optique que le Certu a sollicité le CETE Normandie-Centre, avec pour objectif de rechercher des dispositifs innovants de ralentisseurs plus contraignants adaptés aux besoins des zones de rencontre.

Avant de procéder à des expérimentations éventuelles, il est nécessaire de réaliser au préalable un état des lieux dont les objectifs sont les suivants :

- établir une synthèse de la réglementation et des préconisations existantes ;
- analyser les approches existantes pour quantifier « l'agressivité » d'un dispositif de ralentissement ;
- trouver dans la littérature, un éventuel abaque liant vitesse et géométrie de ralentisseur.

La présente bibliographie porte sur les dispositifs ralentisseurs de vitesse dits « verticaux », qui entraînent une surélévation de la chaussée et non sur les dispositifs dits « horizontaux » de type déflexions de trajectoire, aménagements de carrefours, aménagements centraux (ex: îlots), rétrécissements de chaussée, etc.

Elle consiste en un recensement de l'existant en matière de ralentisseurs (qu'ils soient homologués ou non) et en une analyse de leurs effets dynamiques sur les usagers et leur véhicule.



## 2. État de l'art des ralentisseurs en France

Le présent chapitre s'attache à faire un point d'arrêt sur la réglementation et les recommandations techniques relatives aux ralentisseurs, en distinguant leur type.

Il peut s'agir de dispositifs :

- normalisés et réglementés (ex: dos d'âne et trapézoïdal) ;
- ou bien seulement recommandés par les services de l'État (coussins et plateaux), sans pour autant faire l'objet d'une réglementation particulière.

### 2.1 Ralentisseurs réglementés ou recommandés

#### 2.1.1 Les ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal

Ces deux types de ralentisseurs ont été utilisés bien plus tôt que les coussins et plateaux. Ils ont été les premiers à bénéficier d'un cadrage réglementaire, aussi bien en matière de règles d'implantation que de caractéristiques géométriques.

Ce cadrage existe aujourd'hui par trois voies :

- voie réglementaire : le décret 94-447 du 27 mai 1994 et son annexe présentent les caractéristiques et conditions de réalisation des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal ;
- voie de normalisation : la norme AFNOR NF P 98-300 de juin 1994 fixe les caractéristiques géométriques, les règles de réalisation, les conditions de visibilité et les contrôles des caractéristiques des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal non amovibles ;
- voie de recommandation : un guide de recommandations techniques du Certu de septembre 1994 rappelle les règles liées aux deux textes ci-dessus. En outre, il fait des propositions techniques complémentaires, comme en matière d'aménagement ou de signalisation.

##### 2.1.1.1 Les règles d'implantation

Un ralentisseur ne doit pas représenter une forte nuisance (sonore, trafic, agressivité sur le véhicule) pour une collectivité ou pour un usager. Ceci implique que l'implantation de ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal soit subordonnée à de multiples contraintes.

C'est notamment le cas en terme de gestion du trafic. Afin de ne pas perturber la fluidité du trafic, l'implantation de ce type de ralentisseur est **interdite sur les voies comportant un trafic dense** (supérieur à 3 000 véhicules en MJA), et en particulier lorsque le trafic de poids lourds est important.

Compte tenu de l'objectif de réduction importante de vitesse de ce type de ralentisseur, **leur utilisation est réservée essentiellement à un cadre urbain.**

Enfin, rappelons que leur implantation est interdite sur les voies empruntées régulièrement par des lignes de transport public de personnes, ainsi que sur celles desservant des centres de secours, sauf accord préalable des services concernés.

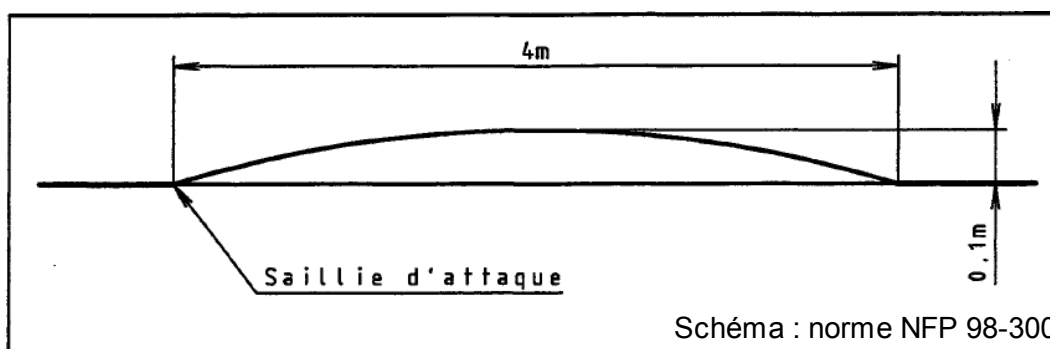
### 2.1.1.2 Caractéristiques géométriques et conception

La géométrie des dos d'âne est très différente de celle des ralentisseurs de type trapézoïdal.

Alors que le dos d'âne a un profil en long de forme circulaire, le dispositif « trapézoïdal » comporte un plateau surélevé et deux parties en pente, dénommées rampants. Si ces deux dispositifs ont la même hauteur, le dos d'âne est en revanche moins long que le trapézoïdal. Pour que ces types de ralentisseurs soient efficaces, la hauteur de leur profil doit être maintenue en chaque point de la section de la chaussée, en épousant la pente transversale de la chaussée. D'autre part, ces ralentisseurs doivent être implantés perpendiculairement à l'axe de la chaussée sur toute sa largeur. Enfin, le coefficient de frottement doit être supérieur ou égal à 0,45.

#### - Le dos d'âne

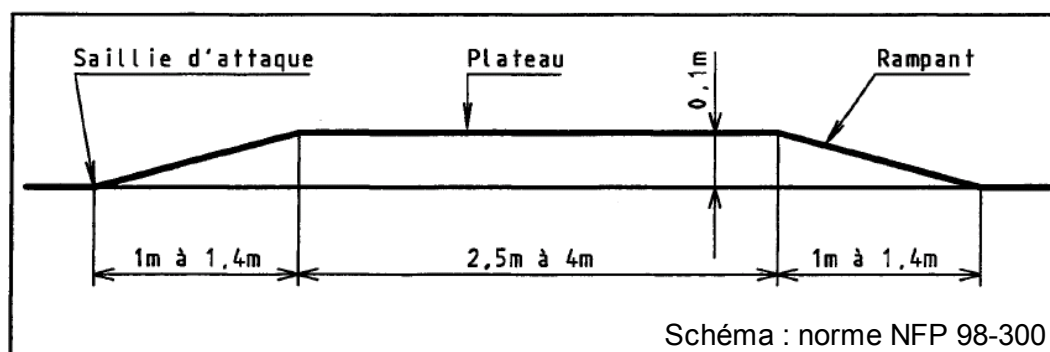
Sa conception géométrique est représentée par le schéma ci-après :



- hauteur : 0,10 m  $\pm$  0,01 m (tolérance de construction)
- longueur : 4 m  $\pm$  0,20 m (tolérance de construction)
- saillie d'attaque du dos d'âne :  $\leq$  0,005 m

#### - Le trapézoïdal

Sa conception géométrique est représentée par le schéma ci-après :



- pente des rampants : de 7 % à 10 %
- hauteur : 0,10 m  $\pm$  0,01 m (tolérance de construction)
- longueur du plateau : comprise entre 2,50 m et 4 m, à 5 % près
- saillie d'attaque du rampant :  $\leq$  0,005 m

La longueur totale doit donc être comprise entre 4,5 et 6,8 mètres et la pente des rampants entre 7 % et 10 %.

## 2.1.2 Les ralentisseurs de type coussins et plateaux

Contrairement aux ralentisseurs de type dos d'âne et de type trapézoïdal, les coussins et plateaux ne font l'objet d'aucune réglementation, ni normalisation.

Ils ne sont régis que par des recommandations techniques émanant du Certu. En effet, le guide des coussins et plateaux de 2000 fixe les recommandations à adopter pour les gestionnaires de voirie, que ce soit en matière d'utilisation ou en matière de dimensionnement des dispositifs. Il convient donc des que possible d'appliquer ces règles de l'art sauf « impossibilité technique ». Elles peuvent en effet servir d'argumentaire en cas de contentieux devant un tribunal, même s'il n'existe aucun décret et aucune norme sur le sujet.

### 2.1.2.1 Les conseils d'implantation

Comme évoqué précédemment, le ralentisseur ne doit pas représenter une nuisance à la collectivité. Les contraintes d'implantation des coussins et plateaux sont sensiblement différentes de celles des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal.

Dans la mesure où les coussins et plateaux sont peu contraignants, ils peuvent être utilisés **sur des voies supportant un fort trafic**. Le guide des coussins et plateaux datant de 2000 indiquait que les coussins n'étaient pas recommandés sur des voies dont le trafic est supérieur à 6 000 véhicules/jour en MJA. Cette affirmation ne sera plus transposable dans le nouveau guide.

**Leur utilisation est certes réservée essentiellement à un cadre urbain.** Mais à la différence des dos d'âne et des trapézoïdaux, ils peuvent être utilisés sur des voies de lotissement hors agglomération.

Coussins et plateaux peuvent être chacun utilisés sur des voies où circulent des transports en commun et des poids lourds. Dans ce cas, l'utilisation des coussins sera privilégiée à celle des plateaux.

### 2.1.2.2 Caractéristiques géométriques et conception

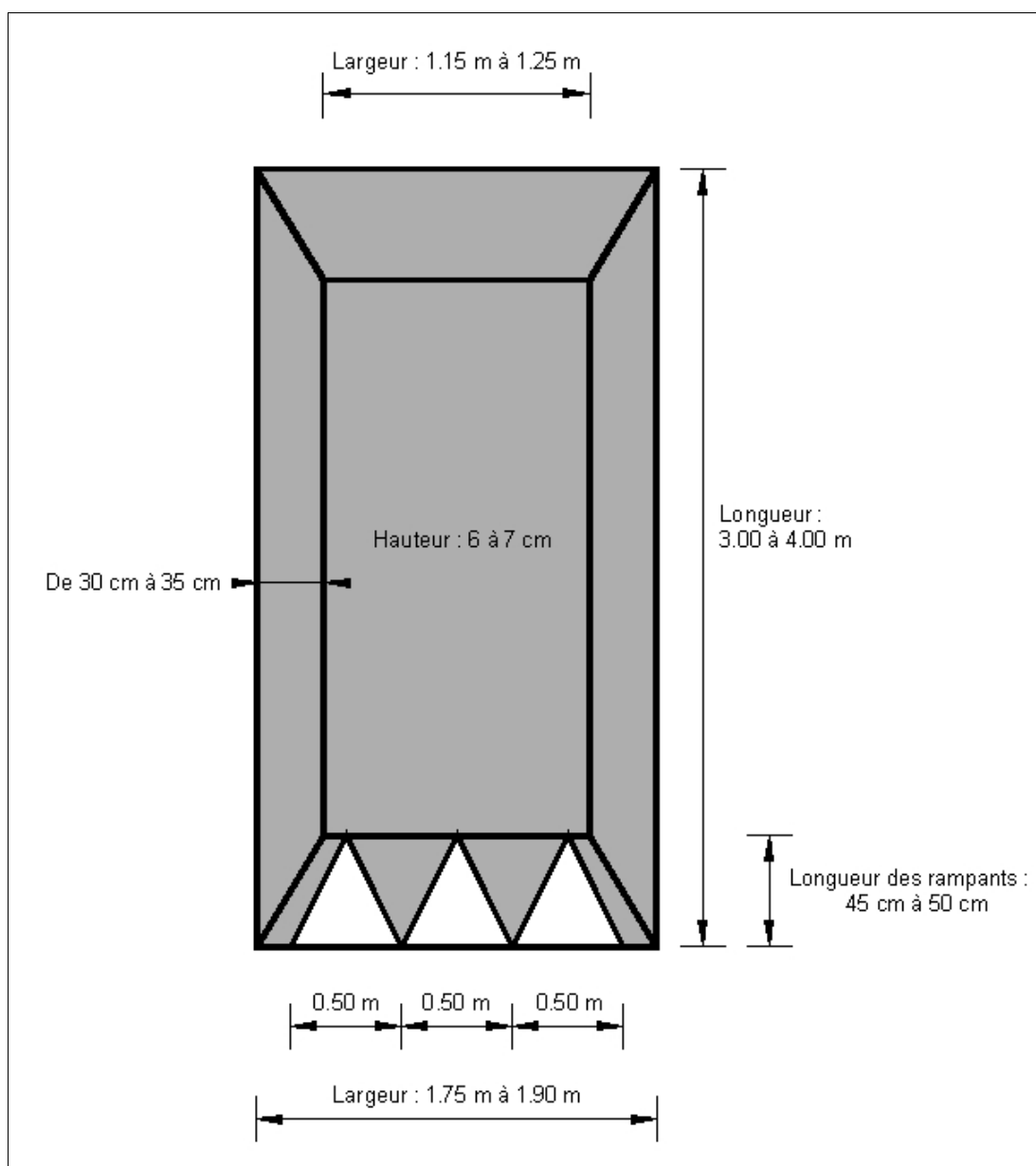
La géométrie des coussins est très différente de celle des plateaux.

Les coussins sont très pratiques sur des voies empruntées par des lignes régulières de transport en commun, car ils engendrent peu de contrainte sur les bus et leur niveau de service, ceux-ci disposant d'un espacement suffisamment important entre les roues d'un même essieu.

Le plateau est un dispositif beaucoup plus long que le coussin. Il est aussi plus large car il occupe toute la largeur de la chaussée. Il offre des opportunités plus intéressantes que les coussins en terme d'aménagement de l'espace public. Il n'est en effet pas toujours ressenti comme un simple équipement de voirie. La longueur supérieure du plateau étant plus longue que celle d'un ralentisseur trapézoïdal, sa contrainte sur les véhicules est moindre pour une pente de rampe équivalente.

### - Le coussin

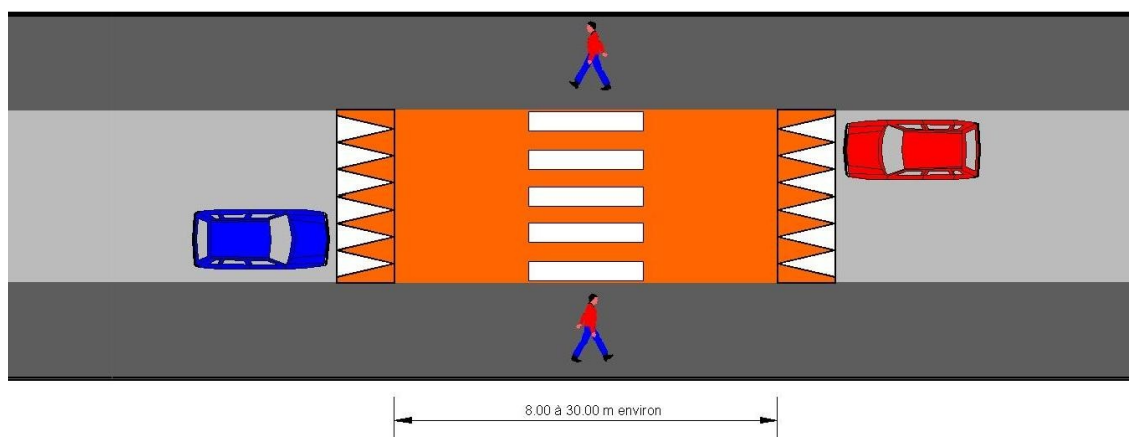
Les caractéristiques géométriques du coussin sont représentées par le schéma suivant.



Pour que le dispositif soit efficace, la hauteur du profil doit être maintenue en chaque point de la surface du coussin.

## - Le plateau

Les caractéristiques géométriques du plateau sont les suivantes :



La hauteur est celle du trottoir moins 2 cm, sans jamais dépasser 15 cm. Cette affirmation ne sera plus transposable dans le nouveau guide.

Les pentes des rampes d'accès doivent être comprises entre 5 et 10 % (éviter de dépasser 7 % en cas de présence d'une ligne régulière de transports en commun).

La longueur au sol du plateau supérieur est au minimum de 10 mètres (Cette affirmation ne sera plus transposable dans le nouveau guide ou la valeur minimum sera de 8 mètres), et même 12 mètres lorsque des bus articulés circulent. Un maximum de 30 mètres semble raisonnable.

Concernant la longueur totale, il n'y a pas de recommandation mais il faut prendre en compte la longueur du plateau supérieur et les pourcentages des rampes d'accès.

Enfin, la cassure de profil en long, en haut et bas des rampes, doit être franche et non arrondie.

Le plateau a l'originalité de pouvoir être implanté à différents endroits : en section courante, en carrefour, en prolongement de trottoir ou sur une branche de giratoire (entrée ou sortie).

Afin qu'il soit bien visible, il est recommandé d'utiliser un matériau différent de celui de la chaussée.

## 2.2 Ralentisseurs non réglementés et non recommandés

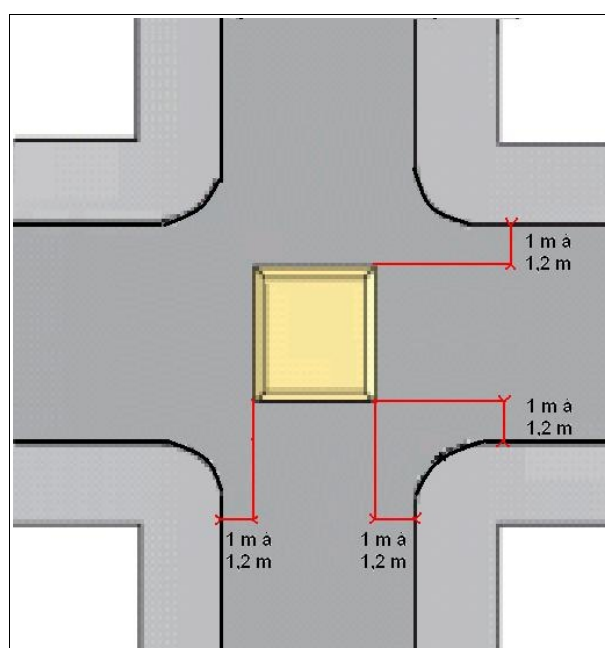
### 2.2.1 La surélévation partielle en centre de carrefour

Testé depuis quelques années par la ville de Grenoble, ce dispositif n'est pas réglementé et ne fait l'objet pour le moment d'aucune recommandation technique. Cependant, suite à l'expérimentation qui est faite depuis 2004, il est prévu que ce dispositif soit inclus dans une nouvelle version du guide des coussins et plateaux. Il fera alors l'objet de recommandations techniques de la part du Certu.

La surélévation partielle de carrefour peut être définie comme une **formule intermédiaire entre le coussin et le plateau**. Elle devrait, dans la prochaine mise à jour du Guide des coussins et plateaux, être classifiée dans la catégorie des coussins.



Photo Certu



Elle est **assimilable au plateau en carrefour** de par sa forme (rectangulaire ou carrée) et parce qu'elle permet de surélever une intersection.

En revanche, elle n'occupe pas la totalité de la chaussée d'une intersection, comme c'est le cas pour un plateau en carrefour. De plus, ses dimensions sont plus petites que celles d'un plateau.

Ce dispositif est également **assimilable au coussin** car il peut avoir la même forme et surtout le même aspect visuel. En revanche, il peut être plus long que le coussin. De plus, il est placé en milieu d'intersection, et s'utilise toujours seul, ce qui n'est pas le cas du coussin classique.

Il est de forme et de dimension variable en fonction de la configuration du carrefour, avec pour but de le rendre obligatoirement franchissable pour un véhicule en mouvement direct.

Si sa forme peut être carrée ou rectangulaire, ses côtés ont une longueur pouvant varier de 3 à 4,5 mètres.

Quant à sa distance vis-à-vis des bordures de trottoirs, elle varie de 1 à 1,2 mètre selon l'occupation des rues.

D'après les premières expériences qui ont été faites à Grenoble, ce dispositif serait à proscrire sur les voies supportant des lignes de transport en commun, ou en dehors des zones 30.

## 2.2.2 Les dispositifs intelligents

Certains dispositifs testés à l'étranger ont une approche différente de ce qui a été vu précédemment car il ne sont pas constitués d'une simple contrainte physique.

Par exemple, le TRANSCALM est un dispositif expérimenté en Angleterre par Dunlop, en association avec l'université de Cambridge. C'est une structure dégonflable en caoutchouc munie de capteurs de véhicule qui ne reste gonflée qu'en cas de vitesse supérieure à celle autorisée. Si l'usager roule à une vitesse inférieure à la limite autorisée, il subit un passage doux car le TRANSCALM se dégonfle.

Le conducteur n'a dans ce cas pas besoin de modifier sa vitesse d'approche et de franchissement.

Ce dispositif est composé d'une cuve en métal installée dans la chaussée. Au sein de cette cuve, on trouve une dalle solide qui supporte une partie en caoutchouc. Les deux premiers éléments (cuve et dalle) sont donc dans la chaussée et ne représentent pas une hauteur supérieure à celle-ci. C'est la partie en caoutchouc qui constitue la hauteur du dispositif pour l'usager car elle est l'élément qui se dégonfle ou reste gonflé.

Les éléments de caoutchouc qui sont à la surface de la chaussée ont les dimensions suivantes:

- hauteur de 10,5 cm en leur point le plus haut
- largeur fixe avec une dimension de 90 cm
- la longueur est en revanche ajustable car le TRANSCALM est composé d'éléments de 85 ou 120 cm.

Un dispositif TRANSCALM peut donc être composé de 2, 3, 4, voire plus d'éléments pour s'adapter aux dimensions de la chaussée.

Une expérimentation de ce dispositif a été faite entre février 2001 et février 2004 à Londres.

Il en ressort que les vitesses mesurées étaient en moyenne comprises entre 25,7 et 32,2 km/h.

Aucun accident n'a été constaté et aucune plainte de riverain n'a été enregistrée.

Ce dispositif a vocation à se dégonfler lors du passage des véhicules d'urgence (type camions de pompiers) en raison de leur poids. Peu d'éléments sont en revanche disponibles pour savoir si cela permettrait également aux poids lourds de franchir le dispositif à une vitesse élevée.

### **2.2.3 Les ralentisseurs utilisés en dehors de la voie publique**

Il s'agit de dispositifs qui peuvent se trouver sur des parkings, dans des entreprises, hôpitaux, centres commerciaux, etc.

Contrairement aux dispositifs homologués qui avaient vocation à amener la vitesse au-dessous de 30 km/h, ceux-ci sont mis en place pour obtenir des vitesses de franchissement bien inférieures : 20 km/h, voire 10 km/h. Pour qu'ils soient adaptés à de telles vitesses, les constructeurs ont dû jouer sur les caractéristiques géométriques suivantes de manière à ce qu'ils deviennent plus agressifs :

- la saillie d'attaque ;
- a pente du rampant s'il y a ;
- la hauteur ;
- la longueur.

Cependant, il convient d'ajouter que les vitesses annoncées par les fournisseurs de ces ralentisseurs sont données uniquement à partir d'estimations effectuées par les constructeurs. En outre, aucune information n'est disponible concernant le coefficient de frottement de ces dispositifs. Il n'est donc pas possible de savoir si ce dernier avoisine au moins la valeur de 0,45 qui est préconisée dans le guide des ralentisseurs de type dos d'âne et trapézoïdal.

Afin de faire un panorama de ces dispositifs ni réglementés ni recommandés, il sera adopté sensiblement le même découpage que pour les autres dispositifs. Compte tenu de la multiplicité des dispositifs qui sont commercialisés, ils seront abordés sous un angle synthétique, en les classifiant par grandes catégories et par dimensions approximatives.



### - Les ralentisseurs type « dos d'âne courts »



Assimilables aux dos d'âne au regard de leur forme, ils se caractérisent par une petite largeur (souvent moins de 50 cm), une hauteur comprise entre 5 et 7,5 cm, et une longueur qui est souvent ajustable. Ils sont adaptés à plusieurs limitations de vitesse.

Ils ne sont pas recommandés car ils sont **très agressifs du fait de leur faible largeur et de la saillie d'attaque qui est très importante**. Moins hauts que la norme de 10 cm, ils sont souvent de couleur jaune et noire en alternance, ce qui les rend bien visibles.

C'est le type de ralentisseur que l'on rencontre beaucoup aux États-Unis, mais aussi en France dans des espaces privés tels que des entreprises. Ils existent à la vente avec de nombreuses dimensions. On peut cependant les regrouper en trois grandes catégories, comme dans le tableau ci-après.

	Hauteur	Largeur	Longueur	Vitesse préconisée par le constructeur	Spécificités
<b>1<sup>re</sup> catégorie</b>	entre 7 et 7,5 cm	entre 42 et 50 cm	ajustable	10 km/h	adapté au trafic PL
<b>2<sup>e</sup> catégorie</b>	5 cm	entre 30 et 50 cm	ajustable	20 km/h	adapté au trafic VL
<b>3<sup>e</sup> catégorie</b>	5 cm	90 cm	ajustable	plutôt 20 km/h	non précisé

### - Les ralentisseurs type « trapézoïdal courts »



Il s'agit du même modèle géométrique que le modèle trapézoïdal réglementé, mais les dimensions sont beaucoup plus réduites.

Il se caractérise notamment par des rampants très courts, une hauteur comprise entre 5 et 7 cm, une largeur totale allant de 25 à 41 cm et une longueur souvent ajustable.

De la même façon que les « dos d'âne courts », **ils ne sont pas recommandés car ils sont très agressifs du fait de leur faible largeur et de la saillie d'attaque** qui est très importante. Moins hauts que la norme, ils existent à la vente avec de nombreuses dimensions. On peut cependant les regrouper en 4 grandes catégories, comme dans le tableau ci-dessous. On y inclura le plateau ralentisseur qui est commercialisé avec l'appellation de plateau, mais dont les dimensions (2,5 m sur 4 m) et la forme s'apparentent à celle d'un trapézoïdal.

	Hauteur	Largeur	Longueur	Vitesse préconisée par le constructeur	Spécificités
1 <sup>re</sup> catégorie	7 cm	41 cm	ajustable	non précisé	adapté au trafic PL
2 <sup>e</sup> catégorie	5 cm	35 cm	ajustable	non précisé	adapté au trafic VL
3 <sup>e</sup> catégorie	5 cm	25 cm	200 cm	plutôt 20 km/h	non précisé
4 <sup>e</sup> catégorie « plateau »	non précisé	plaques de 100 cm	plaques de 50 cm	non précisé	profil ajustable

À noter que les deux premières catégories des dos d'ânes courts et des trapézoïdaux se ressemblent beaucoup en termes de dimension et d'utilisation. Ils se distinguent par leur forme géométrique.

### - Les ralentisseurs type «coussins»

Les coussins peuvent être fabriqués à partir d'enrobés ou bien d'assemblage de carrés en caoutchouc de différentes dimensions, qui sont disponibles à la vente.

Dans le 1<sup>er</sup> cas, toute géométrie est envisageable.

Dans le second cas, la diversité est moindre mais on peut envisager de nombreuses configurations. Il est possible d'utiliser la pente latérale préconisée (plus courte donc plus agressive que la pente frontale homologuée) comme pente frontale, afin de rendre le dispositif plus contraignant lors du franchissement. En revanche, la hauteur est proche des recommandations techniques actuelles.



Photo Certu

### 3. Impact des ralentisseurs sur l'usager

La finalité d'un ralentisseur est de provoquer, au-delà d'un seuil de vitesse, une sensation d'inconfort pour les occupants du véhicule, afin de les contraindre physiquement à ralentir. Mais le dispositif ralentisseur ne doit pas pour autant provoquer de danger pour les usagers.

Il reste à définir l'impact du ralentisseur sur le conducteur, c'est-à-dire comment le quantifier, le mesurer et l'évaluer.

D'après une étude bibliographique iranienne (**Mohammadipour, 2008**), on sait que la sensation d'inconfort d'un usager au droit d'un ralentisseur est très subjective car elle est corrélée à des facteurs internes (psychologiques) et externes (environnementaux). Elle reste néanmoins étroitement liée à la notion d'accélération verticale.

#### 3.1 La quantification par l'accélération verticale

Le passage d'un dispositif surélevé engendre une accélération verticale qui crée un sentiment d'inconfort pour les personnes qui se trouvent dans le véhicule. Si la conception du ralentisseur est faite de manière à ce que l'accélération verticale n'augmente pas en même temps que la vitesse de franchissement, le conducteur ne verra aucune raison de ralentir lors du franchissement. Par conséquent, il est nécessaire de concevoir des dispositifs ralentisseurs qui entraînent une valeur d'accélération verticale croissante avec la vitesse pratiquée.

Dans son travail de thèse (**Bjarnasson, 2004**), l'auteur rappelle que Watts et Harris ont établi dès 1973 un lien entre accélération verticale et sensation d'inconfort. Plus l'accélération verticale augmente, plus l'inconfort augmente. En partant de ce constat, il faut qu'un ralentisseur engendre de l'accélération verticale pour être inconfortable, et par conséquent efficace.

Même si la corrélation entre accélération verticale et inconfort n'a pas été rigoureusement établie, l'accélération verticale est la donnée utilisée dans la grande majorité des études depuis une trentaine d'années.

Cependant, une étude américaine (**Weber, Braaksma, 2000**) arrive à la conclusion que les critères d'inconfort ne doivent pas être appréhendés uniquement à partir de l'accélération verticale. En effet, on y propose plutôt de prendre en compte la combinaison des accélérations verticales et horizontales.

Peu de données existent en revanche sur cette façon de calculer l'inconfort qui est appelée RSS (*root sum of square*).

Dans la mesure où peu d'expérimentations ont été faites sur cette manière d'apprécier l'inconfort, il est proposé de retenir l'accélération verticale comme critère de jugement de l'inconfort, d'autant plus que la majorité des études existantes se basent sur l'accélération verticale.

L'inconfort ressenti est principalement fonction de l'accélération verticale qui se mesure en  $m/s^2$ .

Selon le Centre de recherche routière belge (**Centre de recherche routière belge, 1997**) cette dernière dépend non seulement de la vitesse à laquelle le véhicule aborde le dispositif, mais elle est également fonction de la forme et des dimensions du ralentisseur (nature, hauteur, longueur, etc...), et enfin des caractéristiques intrinsèques du véhicule (masse, suspension, pression des pneus, confort des sièges).

Le profil du ralentisseur constitue donc l'élément régulateur, alors que la vitesse est le facteur sur lequel on veut exercer une influence.

Par conséquent, les différences entre les types de véhicules sont le principal problème lorsqu'on souhaite modéliser la relation accélération verticale-ralentisseur-véhicule. Il est en effet difficile d'établir une relation directe et unique entre profils de ralentisseur et accélération verticale qui soit applicable à tous types de véhicules. L'existence de différences entre les caractéristiques des véhicules qui circulent sur une voie est donc un problème important à résoudre lorsqu'on recherche le profil de ralentisseur le mieux adapté.

Pour qu'un dispositif ralentisseur soit efficace, (**Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, 2004**), il faut que l'accélération verticale :

- soit faible à faible vitesse de franchissement
- augmente fortement autour de la vitesse de référence
- ne diminue pas au-delà d'une certaine vitesse de franchissement
- soit inférieure à  $1\text{ g}$  ( $= 9,81\text{m/s}^2$ )

À partir d'une accélération verticale supérieure à  $1\text{g}$ , les pneus perdent le contact avec la chaussée (**Jehaes, 1998**).

### 3.2 La mesure, l'évaluation

Les différentes études qui ont été menées pour établir une relation entre accélération verticale et inconfort subis par le conducteur permettent de citer les valeurs ci-dessous.

► Le guide faisant le point sur les pratiques en matière de ralentisseurs situés sur routes départementales en agglomération (**Setra, 1992**), préconise des valeurs d'accélération verticale pour des ralentisseurs de type dos d'âne.

Ce guide précise que ce type de ralentisseur doit être conçu de telle manière que, pour un véhicule de tourisme dont la suspension est en bon état:

- à une vitesse inférieure à la vitesse de franchissement de référence, l'accélération verticale n'excède pas une valeur de l'ordre de  $4\text{ m/s}^2$
- près de la vitesse de franchissement de référence, l'accélération augmente sensiblement en dépassant une valeur de l'ordre de  $5\text{ m/s}^2$
- à des vitesses supérieures à la vitesse de franchissement de référence, l'accélération varie dans une amplitude comprise entre  $6$  et  $9\text{ m/s}^2$ .

► Dans sa bibliographie, le travail de fin d'études (**Claude, 2007**) fait référence à une étude de Kemtrup (1988 in Hodge, 1993), dans laquelle l'accélération verticale a été mesurée au niveau des genoux du passager.

Elle fait ressortir les valeurs suivantes:

- la valeur de  $5\text{ m/s}^2$  est la valeur minimale pour avoir un effet sur la vitesse du conducteur. La sensation générée par une telle accélération est qualifiée de légèrement inconfortable.
- la valeur de  $7\text{ m/s}^2$  entraîne une sensation de gêne plutôt que de léger inconfort.

► Le même TFE (**Ibid.**) fait également référence dans sa bibliographie à une étude de 1988 (CROW 1988) qui avançait les valeurs suivantes:

- la limite entre sensation de confort et d'inconfort est atteinte pour la majorité des conducteurs avec une accélération verticale approchant les  $5 \text{ m/s}^2$ ,
- cependant, 85 % des usagers adaptent leur vitesse pour être au-dessous du seuil de vitesse engendrant une accélération verticale de  $3,34 \text{ m/s}^2$ ,
- à la vitesse moyenne pratiquée, l'accélération verticale moyenne est de  $2,85 \text{ m/s}^2$ .

Ces valeurs ont été définies à partir de mesures de vitesse sur une quinzaine de ralentisseurs de différentes géométries.

► Enfin, en 2000, deux chercheurs (**Weber, Braaksma, 2000**) ont fait l'expérimentation suivante :

Quatre ralentisseurs différents ont été testés en analysant la vitesse de franchissement et l'accélération verticale lors du passage de deux voitures différentes (Suzuki et Chevrolet).

L'accélération verticale moyenne correspondant à la V85 était de  $0,57 \text{ g}$ , soit  $5,59 \text{ m/s}^2$ . La mesure a été prise avec un accéléromètre entre le siège du véhicule et le sujet test.

Compte tenu du guide du SETRA et de ces trois études, il est possible de définir :

- le seuil d'inconfort à  $5 \text{ m/s}^2$
- l'accélération verticale liée à la V85 à  $3,34 \text{ m/s}^2$  en se basant sur l'étude CROW. Celle-ci est peut-être plus représentative de comportements français que celle qui a été effectuée aux États-Unis. De plus, le nombre de ralentisseurs testés y est plus important.

Dans une optique de recherche du profil idéal de ralentisseur pour une zone limitée à  $20 \text{ km/h}$ , il est possible de retenir comme valeur soit le seuil d'inconfort ( $5 \text{ m/s}^2$ ), soit la valeur liée à la V85 ( $3,34 \text{ m/s}^2$ ).

Par ailleurs, la hauteur minimale pour créer un sentiment d'inconfort au passage d'un dispositif surélevé est de  $4 \text{ cm}$  (**Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, 2004**). En outre, plus la longueur du dispositif ralentisseur est importante, plus la vitesse de franchissement peut être élevée avant d'impliquer une accélération verticale suffisante pour être inconfortable. L'objectif de réduction de la vitesse est donc diminué avec la longueur du dispositif (**ibid.**).

### 3.3 Les liens entre la vitesse et la géométrie

Les différents pays se sont souvent référés au modèle préconisé initialement par le TRRL (United Kingdom Transport and Road Research Laboratory). Ce dernier, de type dos d'âne, était de  $10 \text{ cm}$  de haut pour  $3,70 \text{ mètres}$  de long. Puis, plusieurs formes et tailles ont été introduites pour s'adapter aux différentes situations.

Par rapport au standard TRRL, on sait que des dos d'âne plus courts et plus hauts entraînent une plus forte réponse du véhicule. De la même façon, des « trapézoïdaux » avec une rampe plus courte (moins de  $1 \text{ m}$ ), produisent un impact assez rude, ainsi qu'un court plateau central (**Zaidel, Hakkert, Pistiner, 1992**).

De façon générale, il est plus délicat de définir un profil idéal de ralentisseur de type trapézoïdal que de type dos d'âne car davantage de paramètres entrent en compte dans la conception du premier (**ibid.**).

Par exemple, on peut noter que pour un « trapézoïdal » dont le plateau central est long, les deux rampes vont produire deux accélérations verticales séparées. Pour un plateau court, il n'y aura qu'une accélération verticale commune aux deux rampes (**Bjarnasson, 2004**).

Ces différents travaux ont permis de définir approximativement des profils-type en fonction des environnements de conduite et des vitesses autorisées.

Ainsi, pour une vitesse de 20 km/h, une étude israélienne (**Zaidel, Hakkert, Pistiner, 1992**) conseille les profils suivants :

- pour un ralentisseur de type dos d'âne : hauteur de 12 cm (valeur haute) et longueur de 3,4 mètres. Il s'agit des dimensions de ralentisseurs qui sont fréquemment utilisées aux Pays-Bas.
- pour un ralentisseur de type trapézoïdal : hauteur de 10 cm, rampants de 1 mètre chacun, et plateau central de 2 mètres.

Afin de contraindre l'usager à des vitesses de franchissement extrêmement lentes, c'est à dire moins de 10 km/h (**ibid.**), elle préconise d'envisager des profils de ralentisseurs très courts et très hauts. Ceux-ci sont principalement utilisés dans des zones de parking, aires privées, etc.

Les dimensions proposées par la même étude sont les suivantes pour des ralentisseurs de type d'os d'âne:

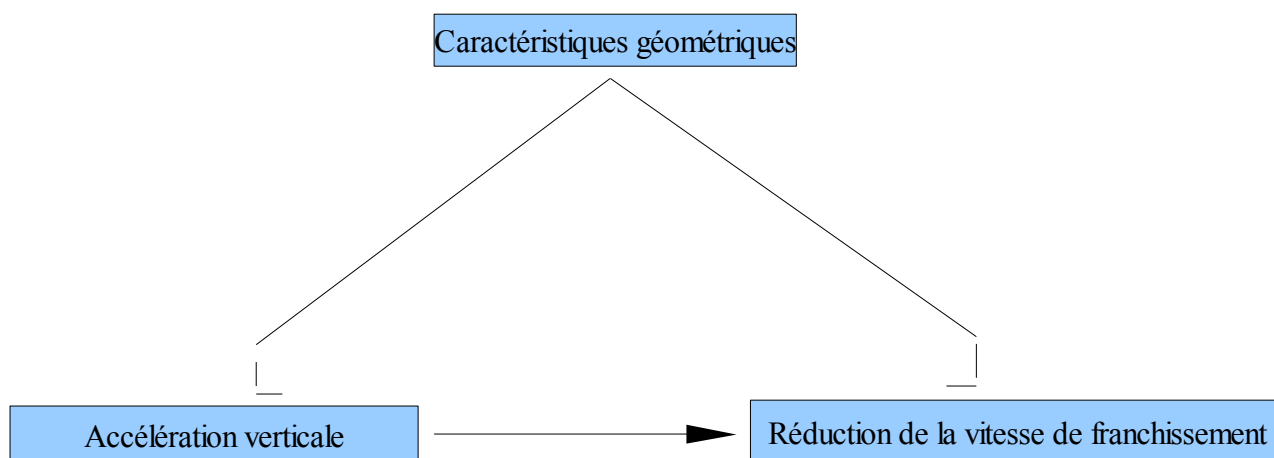
- entre 5 et 10 cm de hauteur
- entre 30 cm et 1 mètre de longueur

Ces nombreuses dimensions sont à adapter aux différents types de véhicules. Pour le cas des bus par exemple, il y a nécessité de recourir à un plateau central plus bas et plus long.

Les véhicules larges sont en effet touchés plus durement par les ralentisseurs destinés aux voitures, car leur réponse dynamique est différente, et leur empattement est plus large. Ce type de véhicule est davantage influencé par les caractéristiques des suspensions, par les bruits liés à la secousse, et par le mouvement des charges (**Ibid.**).

Cela sous-entend qu'un ralentisseur conçu pour des bus allant à une vitesse de 20 km/h permettra à une voiture de dépasser cette vitesse sans être forcément en sensation d'inconfort.

Par ailleurs, ajoutons qu'il existe une interaction très forte entre vitesse de franchissement, caractéristiques géométriques, et accélération verticale, qui peut se résumer avec le schéma ci -après (**Bjarnasson, 2004**).



L'accélération verticale a une influence sur la vitesse de franchissement. Quant aux caractéristiques géométriques du ralentisseur, elles vont influencer à la fois l'accélération verticale par une réponse mécanique du véhicule, mais aussi la vitesse de franchissement (impression visuelle du conducteur).

Pour sa part, la vitesse de franchissement d'un ralentisseur (**ibid.**) est subordonnée à trois facteurs :

- contexte (limitation de vitesse, environnement, caractéristiques de la rue) ;
- l'inconfort de traversée du ralentisseur à une certaine vitesse ;
- le fait que l'inconfort augmente avec la vitesse de franchissement.

### **3.4 Cas particulier des vélos et des deux-roues motorisés**

Les études citées en références bibliographiques ne recensent que des expérimentations faites sur des véhicules légers, tracteurs ou poids lourds. Par conséquent, aucune mesure de vitesse ou d'accélération verticale, en lien avec la géométrie d'un ralentisseur, n'est disponible, que cela concerne les vélos ou bien les deux-roues motorisés.

On dispose de peu d'informations concernant les effets d'un ralentisseur sur ces deux modes de déplacement. À ce jour, il est donc difficile de savoir si les vélos et les deux-roues motorisés sont plus sensibles aux ralentisseurs que les véhicules légers, et par conséquent plus enclins à subir d'éventuels dégâts, comme c'est le cas pour les véhicules lourds.

Aucun élément relatif au seuil d'inconfort pour les vélos et deux-roues motorisés n'est aujourd'hui disponible.



## 4. Synthèse

On distingue deux catégories de ralentisseur de vitesse : les ralentisseurs de type dos d'âne et de type trapézoïdal qui sont normés et réglementés, et les ralentisseurs de type coussin et plateau qui sont recommandés.

Parmi ceux qui ne sont ni réglementés ni recommandés on retrouve ceux qui sont fréquemment utilisés sur des voiries privées (parkings et propriétés privées...), et proposés à la vente de type « dos d'âne courts » et les « trapézoïdaux courts ».

Très simples à installer ou à tester, ils ne sont pas aujourd'hui préconisés pour une utilisation sur la voie publique. Ceci s'explique par le fait qu'ils sont très agressifs et qu'ils correspondent plutôt à des limitations de vitesse approchant les 10 ou 20 km/h.

Les caractéristiques géométriques d'un ralentisseur ont une influence sur l'accélération verticale et la vitesse de franchissement. Chaque ralentisseur a une corrélation avec la vitesse de franchissement et l'accélération verticale qui lui est propre, mais il est possible de dire que les ralentisseurs type dos d'âne ont un impact plus fort sur l'accélération verticale et la vitesse de franchissement, que les trapézoïdaux, surtout les trapézoïdaux souples et longs (**Bjarnason, 2004**).

Au-delà du fait que chaque ralentisseur ait une relation particulière avec vitesse et accélération verticale, il faut ajouter que chaque véhicule, de même que chaque type et catégorie de véhicule, a une réaction différente sur un même ralentisseur.

À l'issue de cette bibliographie, il apparaît qu'il n'est pas possible de dégager un abaque unique liant géométrie et vitesse.

Pour étudier de nouveaux profils en fonction des limites de vitesses souhaitables, il est donc préférable de tester un panel de profils proposés dans les références bibliographiques avec des véhicules, types et catégories de véhicules considérés comme représentatifs.

C'est pourquoi, le rapport préconise que des tests soient réalisés par le Cete Normandie-Centre avec pilotage Certu pour définir de nouveaux ralentisseurs adaptés pour des entrées de zone de rencontre où la vitesse sera limitée à 20 km/h.

## Références bibliographiques

- Ardeh, HA, Shariatpanahi, M, Barhami, MN., Iran, *Multi-objective shape optimization of speed humps*, 2008.
- Bjarnason, S. Lund Institute of Technology, Suède, *Round top and flat top humps: the influence of design on the effects*, 2004.
- Centre de Recherches Routières Belge, *Dispositifs de ralentissement de la vitesse*. Bulletin trimestriel du Centre de Recherches Routières Belge, 2<sup>e</sup> trimestre 1997.
- CERTU, *Guide des ralentisseurs de type dos d'âne et trapézoïdal*, 1994.
- CERTU, *Guide des coussins et plateaux*, 2000.
- CERTU, *Évaluation relative à l'implantation des coussins à Grenoble*, avril 2007.
- Claude, F., Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, *Étude de la relation entre la vitesse et le confort du conducteur d'un tracteur agricole lors du franchissement de dispositifs surélevés*, 2007.
- Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, *Les aménagements locaux de voirie et leur influence sur le bruit routier*, 2004.
- Jehaes, S., Centre de Recherches Routières belge, *Ralentisseurs de vitesse et plateaux : efficaces et confortables ?* 1998.
- *Les caractéristiques et conditions de réalisations des ralentisseurs de type trapézoïdal*, décret 94-447 du 27 mai 1994.
- *Les caractéristiques géométriques, les règles de réalisation et de visibilité des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal*, norme AFNOR française P98-300, juin 1994.
- Mohammadipour, AH., Qazvin Islamic Azad University, Iran, *The optimization of the geometric cross-section dimensions of raised pedestrian crosswalks*, 2008.
- SETRA, *Ralentisseurs, vous avez dit dos d'âne!* 1992.
- Watts, GR, Harris, G.J., TRRL Laboratory Report, *Road humps for the control of vehicle speeds*, 1973.
- Weber, A, Braaksma, P., *Towards a North American Geometric Design Standard for Speed Humps*, 2000.
- Zaidel, D, Hakkert, AS, Pistiner, AH., *The use of road humps for moderating speeds on urban streets*, 1992.

# Annexe 1

## Règles d'implantation des ralentisseurs de type dos d'âne ou de type trapézoïdal

L'implantation de tels ralentisseurs est subordonnée à des conditions de différentes natures:

### *a)-le domaine d'utilisation*

L'implantation est limitée aux agglomérations, aux voiries internes des aires de service ou de repos routières ou autoroutières, ainsi qu'aux chemins forestiers.

Au sein de ces zones, les ralentisseurs doivent être implantés soit sur une section de voie à vitesse localement limitée à 30 km/h et faisant partie d'un ensemble urbain limité à 50 km/h, soit dans une zone 30, sur les voies internes ou à la limite de la zone.

### *b)-le trafic de la voie*

L'implantation est interdite sur les voies où le trafic est supérieur à 3 000 véhicules en moyenne journalière annuelle (MJA). Cela correspond à des pointes de 300 véhicules/h.

Par ailleurs, elle n'est pas recommandée à partir de pointes de 200 véhicules/h.

Elle est également prohibée en agglomération sur les voies à grande circulation, sur les voies supportant un trafic poids lourds supérieur à 300 PL par jour en MJA. Elle n'est pas recommandée à partir d'un trafic de 100 PL par jour en MJA.

### *c)-les utilisateurs de la voie*

L'implantation est interdite sur les voies empruntées régulièrement par des lignes de transport public de personnes ainsi que sur celles desservant des centres de secours, sauf accord préalable des services concernés.

### *d)-la zone de transition et la vitesse d'approche*

Il est nécessaire de prévoir une zone de transition entre une section où la vitesse pratiquée peut être supérieure à 70 km/h et une section comportant des ralentisseurs et où la vitesse est localement limitée à 30 km/h.

De ce fait, il est interdit d'implanter un ralentisseur à moins d'une distance de 200 mètres des limites d'une agglomération ou d'une section de route à 70 km/h.

### *e)-la géométrie*

Les ralentisseurs sont interdits :

- sur les voies dont la déclivité est supérieure à 4 % ;
- dans les virages de rayon inférieur à 200 mètres et en sortie de ces derniers à une distance de moins de 40 mètres de ceux-ci.

### *f)-les ouvrages d'art et les carrefours*

Les ralentisseurs sont interdits sur ou dans un ouvrage d'art et à moins de 25 mètres de part et d'autre de celui-ci. Ils sont d'autre part déconseillés (uniquement les dos d'âne) aux abords des carrefours pour ne pas créer de confusion avec une traversée piétonne. Dans ce cas de figure, les ralentisseurs de type trapézoïdal pourront être utilisés.

***g)-l'aménagement***

L'implantation d'un ralentisseur ne doit pas nuire à l'écoulement des eaux.

Les ralentisseurs de type trapézoïdal comportent forcément des passages piétons, au contraire des ralentisseurs de type dos d'âne pour lesquels cela est interdit.

Un ralentisseur ne peut être utilisé seul. Il doit en effet être combiné soit avec un autre ralentisseur, soit avec un autre aménagement concourant à la réduction de la vitesse.

La combinaison d'aménagements ne doit pas laisser plus de 150 mètres d'espace entre un aménagement et un ralentisseur ou entre deux ralentisseurs.

À l'inverse, il convient d'éviter une distance inférieure à 30 mètres entre deux ralentisseurs successifs.

Lorsqu'une zone 30 commence à la limite de la voie secondaire située en zone 30 et de la voie principale, et que la porte d'entrée de la zone 30 est marquée par un ralentisseur, il ne peut être que de type trapézoïdal car il permet la continuité du cheminement piétonnier de la voie principale.

## **Annexe 2**

### **Règles d'implantation des coussins et plateaux**

L'implantation de tels ralentisseurs telle que décrite dans le guide des coussins et plateaux de 2000 est subordonnée à des conditions de différentes natures.

***a)-le domaine d'utilisation***

L'implantation des coussins et plateaux est limitée aux agglomérations, aux voiries internes des aires de service ou de repos routières ou autoroutières, aux voies de lotissement hors agglomération, ainsi qu'aux aires de stationnement.

Au sein de ces zones, ils doivent être implantés soit sur une section de voie à vitesse localement limitée à 30 km/h et faisant partie d'un ensemble urbain limitée à 50 km/h, soit dans une zone 30.

***b)-le trafic de la voie***

Dans la mesure où ils sont peu contraignants, les coussins et plateaux peuvent être utilisés sur des voies supportant un fort trafic.

Il n'y a pas de limite de volume de trafic pour les plateaux.

En ce qui concerne les coussins, ils ne peuvent pas être utilisés sur des voies dont le trafic est supérieur à 6 000 véhicules/jour en MJA (les données sont en cours de révision, il n'y aura plus de limite de trafic dans le prochain guide).

***c)-les utilisateurs de la voie***

Ils peuvent être tous les deux utilisés sur des voies où circulent des transports en commun et des poids lourds. Dans ce cas, l'utilisation des coussins sera privilégiée à celle des plateaux.

© centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, le centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de Certu est illicite (loi du 11 mars 1957).

Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Téléchargement : octobre 2009

ISSN : 1263-2570

ISRN : Certu/RE--09-23--FR

Certu

9, rue Juliette-Récamier

69456 Lyon cedex 06

(+33) (0) 4 72 74 59 59

Internet : [www.certu.fr](http://www.certu.fr)

centre d'Études techniques  
de l'Équipement  
Normandie Centre  
10 Chemin de la Poudrière  
76121 Le Grand-Quevilly  
Tél : 02 35 68 81 00  
télécopie : 02 35 68 88 60  
[www.cete-nc@developpement-durable.gouv.fr](mailto:www.cete-nc@developpement-durable.gouv.fr)

centre d'Études  
sur les réseaux,  
les transports,  
l'urbanisme  
et les constructions  
publiques  
9 rue Juliette Récamier  
69456 Lyon Cedex 06  
téléphone : 04 72 74 58 00  
télécopie : 04 72 74 59 00  
[www.certu.fr](http://www.certu.fr)

## Certu

Service technique placé sous l'autorité  
du ministère chargé de l'Écologie, de l'Énergie,  
du Développement durable et de la Mer,  
en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat,  
le Certu (centre d'Études sur les réseaux, les transports,  
l'urbanisme et les constructions publiques)  
a pour mission de contribuer au développement  
des connaissances et des savoir-faire et à leur diffusion  
dans tous les domaines liés aux questions urbaines.  
Partenaire des collectivités locales  
et des professionnels publics et privés,  
il est le lieu de référence où se développent  
les professionnalismes au service de la cité.

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

ISSN 1263-2570

ISSN Certu/RE--09-23--FR