



Transposition et adaptation des outils de modération de la vitesse au milieu péri/interurbain

Cas des chicanes

Analyse de l'effet des chicanes sur la vitesse par modélisation du comportement du véhicule

Transposition et adaptation des outils de modération de la vitesse au milieu péri/interurbain

Cas des chicanes

Analyse de l'effet des chicanes sur la vitesse par modélisation du comportement du véhicule

Rapport

date : 14 février 2015

auteur : Jérôme Huillet, Lionel Patte, Cerema, Direction territoriale Méditerranée / DCEDI

résumé de l'étude :

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de l'action 4 de l'opération SERRES. Le but de cette action est d'identifier des solutions d'optimisation de la conception du système routier de façon à contribuer à la réduction des consommations d'énergie et aux émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation future de ce système.

L'un des objectifs est de favoriser une certaine forme de maîtrise des vitesses, à l'échelle d'un itinéraire ou d'une section, limitant les effets néfastes de la vitesse, en transposant ou adaptant les outils de modération de la vitesse au milieu péri/interurbain, afin d'accroître les moyens d'action. Le cas des chicanes est étudié ici, à titre d'exemple.

L'analyse repose sur une modélisation du comportement du véhicule avec le logiciel PC Crash et sur l'exploitation de mesures réalisées in situ par le Cete Normandie-Centre (Chicanes, Etude de cas, 2003). On procède en deux étapes.

D'abord, plusieurs chicanes qui ont fait l'objet de mesures sont modélisées. Le logiciel permet d'accéder à des données physiques, en particulier l'accélération transversale, en fonction de la vitesse de passage. Cela permet aussi d'identifier les caractéristiques qui pourraient être compatibles avec les objectifs de vitesse recherchés. Dans un second temps, les configurations de chicanes les plus prometteuses sont évaluées (avec le logiciel PC Crash). Les configurations les plus pertinentes en termes de vitesses et d'emprise sont alors identifiées.

zone géographique : sans objet

nombre de pages : 36

SOMMAIRE

1 Présentation du rapport.....	5
1.1 Introduction.....	5
1.2 Gisements.....	7
1.3 Objectifs.....	8
1.4 Méthodologie.....	9
2 Modélisation des chicanes existantes.....	10
2.1 Paramètres de base de la modélisation.....	10
2.2 Chicane de Quatremare-Louviers.....	11
2.3 Chicane de L'épine.....	16
2.4 Chicane de Douville.....	19
2.5 Chicane de Les Authieux.....	23
2.6 Synthèse des résultats.....	27
2.7 Premières conclusions.....	28
3 Modélisation de nouvelles géométries de chicanes.....	29
3.1 Paramètres de base.....	29
3.2 Chicanes avec courbes en S*.....	29
3.3 Chicanes trapézoïdales.....	34
3.4 Conclusion.....	37

1 Présentation du rapport

1.1 Introduction

Introduction

Les vitesses pratiquées par les usagers motorisés sont souvent considérées comme excessives et inappropriées. C'est l'un des principaux déterminants des effets néfastes de la circulation automobile (après l'effet volume), qu'il s'agisse des émissions de GES, de polluants, et surtout d'insécurité routière, etc. Ce constat est à la base des politiques de modération de la vitesse.

La question se pose principalement sur les routes existantes – lorsque l'on constate une situation non satisfaisante. Pour les projets (de routes neuves), la question peut également se poser également, car les « normes » ne garantissent pas forcément que les vitesses restent adaptées. On pourrait même dire en schématisant, que les normes garantissent surtout à travers la notion de vitesse de référence que les vitesses atteindront un certain niveau.

L'analyse des facteurs influant sur les divers enjeux (sécurité, nuisances, congestion...) liés à la circulation automobile ne retient néanmoins pas une dimension ou un paramètre unique de la vitesse.

Le principe actuel développé dans une optique de sécurité routière (objective ou subjective) consiste schématiquement à réduire les vitesses par des aménagements imposant un fort ralentissement voire un arrêt (ex: giratoires, feux...). On parle parfois trivialement de « casser les vitesses ». Néanmoins, il paraît peu pertinent dans un souci de réduction des émissions de GES, de polluants (HC, Nox, CO...) de multiplier les phases de décélération trop sensible qui sont presque inévitablement suivies de phases d'accélération équivalentes. Sachant qu'un très bon prédicteur de la consommation (et donc des émissions de GES) est le *Positive Kinetic Energy*¹ (PKE) indicateur utilisé pour évaluer les situations d'éco-conduite²), il convient d'échapper à cette logique. Les émissions de polluants sont par ailleurs sensibles aux accélérations – souvent davantage que la consommation.

De la même manière que les stratégies de régulation des vitesses au niveau des véhicules (LAVIA, ISA) visant à faire respecter une consigne de vitesse (ou de sécurité) ne conduisent pas forcément à un gain de consommation, de la même manière que certaines stratégies d'éco-conduite peuvent conduire à augmenter certains risques (en lien avec l'interdistance des véhicules, réf...), des stratégies de maîtrise des vitesses à partir de l'infrastructure, ne conduisent pas directement à une formulation évidente entraînant des gains conjoints.

Le principal cadre théorique et scientifique dans lequel s'inscrivent les concepts et démarches relatives à la modération de la vitesse en lien avec l'infrastructure est celui des facteurs humains (**human factors**). Par ailleurs, on peut schématiquement distinguer deux aspects dans l'aménagement d'une voie qui peuvent être respectivement et approximativement associés aux deux concepts de *traffic calming* et de *self explaining road*...¹ La seconde notion, *self explaining road*, est souvent associée à l'idée (mais c'est un peu restrictif) de favoriser un comportement de manière cognitive, en

1 Somme cumulée des variations positives d'énergie cinétique (au cours d'un trajet par exemple), ou des variations d'énergie cinétique lors des phases d'accélération.

2 Le PKE est un indicateur corrélé à la consommation, très pertinent pour caractériser l'éco-conduite.

jouant sur la reconnaissance / l'identification, consciente ou non, de la voie à partir de signaux³ régulièrement implantés sur ou en bord de voie.

Il n'existe pas véritablement d'expérience en France en la matière.

La littérature sur les liens entre la vitesse et l'infrastructure est très large (qu'il s'agisse d'articles scientifiques, de recommandations, de démarches). Des retours d'expérience en milieu rural restent plus limités qu'en milieu urbain. Surtout les outils sont plus limités et d'emploi plus délicat.

L'idée de maîtriser les vitesses n'est pour le moins pas nouvelle (cf. démarches de gestion de la vitesse). L'objectif en matière de vitesse est rarement spécifié dans les publications ou les politiques techniques. Généralement, il s'agit globalement d'éviter les vitesses excessives ou inappropriées, et plus spécifiquement de réduire le niveau de vitesse en des points critiques ou représentatifs.

La V85 et le taux de dépassement de la vitesse limite autorisée sont les paramètres généralement considérés comme les plus pertinents, conjointement ou non ; ils sont régulièrement utilisés dans les évaluations de l'efficacité de mesures, notamment celles relatives à la sécurité routière [1].

En revanche, on peut identifier trois limites principales :

- Le domaine reste essentiellement celui de la sécurité routière (malgré les démarches de gestion de la vitesse)

Les objectifs sont énoncés en matière d'indicateurs pertinents pour la sécurité. Quant aux concepts et moyens mis en œuvre, ils sont issus des approches et démarches de sécurité. Les approches relatives à l'environnement se traduisent principalement par des mesures de réduction des limitations de vitesse (VMA) d'une part, et ne concernent réellement que les voies rapides d'autre part. Quant aux aspects cadre de vie, partage de la voie, ils sont essentiellement déclinés sur les voies urbaines, et parfois périurbaines (cf. VSA70 [2]).

La notion de modération des vitesses ou de maîtrise des vitesses pourrait être comprise différemment si l'on intégrait effectivement d'autres enjeux et objectifs. Si le risque routier est théoriquement une fonction monotone de la vitesse, il n'est pas de même pour la pollution ou les émissions de gaz à effet de serre (courbe d'allure parabolique concave). Évidemment les critères de mobilité et d'accessibilité tendent, dans une certaine mesure, à varier dans le même sens que « la vitesse » (ici plutôt la vitesse d'exploitation).

- Seule « la vitesse » est prise en compte

La question de la maîtrise des vitesses pourrait trouver d'autres réponses selon que l'on s'intéresse à cette variable ou à sa dérivée (ses variations) et que l'on définit des critères voire des objectifs qui en découlent. En effet, en matière de pollution et d'émissions de GES il s'agit d'abord d'éviter et de minimiser les accélérations (et donc les décélérations inutiles). La corrélation entre les émissions de polluants et GES et le niveau de vitesse s'explique parce qu'à haut niveau de vitesse stabilisé les émissions croissent avec cette vitesse, mais aussi parce que plus la vitesse recherchée (de croisière) est élevée, plus les variations de vitesse et d'énergie cinétique seront importantes. Les nuisances sonores sont également liées aux variations de vitesse.

La recherche d'un confort de conduite tend à éviter des variations de vitesse. Enfin, si l'on admet que « le temps perdu ne se rattrape pas », le souci d'optimiser le temps de parcours conduit davantage à réduire les arrêts, les ralentissements (et surtout) la congestion, qu'à s'intéresser à la vitesse de croisière.

Aussi, trouve-t-on rarement l'idée de maîtriser la cinématique, éviter les accélérations / décélérations.

Les évaluations de la cohérence du tracé notamment du point de vue de la sécurité routière, intègre néanmoins le critère de variation de vitesse. On cherche souvent un niveau de vitesse cohérent avec

3 Cette notion de signaux est à prendre dans une acception large, et ne correspond pas à celle de panneaux de signalisation

la situation : l'environnement, le tracé, le risque mesuré... Les réductions de vitesse visent cette adaptation, mais nécessitant une réduction de vitesse souvent très sensible et donc une adaptation du comportement du conducteur (cf. critère de lisibilité), elles peuvent dans certains cas poser difficulté, même si en général, il est possible d'atteindre un bon compromis (giratoires, chicanes d'entrée d'agglomération ou plus globalement les zones de transition...).

1.2 Gisements

Il s'agirait d'imaginer des aménagements qui, sans induire des décélérations trop sensibles, dissuadent d'adopter des vitesses élevées ou incitent à adopter des vitesses modérées. Il s'agit bien littéralement de **maîtriser** les vitesses dans le sens de chercher à la maintenir, autant que faire se peut, dans une fourchette réduite (par exemple : 50 -70 km/h). Il s'agit sans doute notamment de trouver un compromis différent de celui qui existe aujourd'hui - sécurité et confort. L'objectif exposé, sans être inaccessible, nécessite un réglage délicat.

Simple reformulation ou changement de paradigme ?

Les gains attendus

- une moindre consommation et donc moins d'émissions de GES, grâce à un PKE plus faible (décélérations/accélérations modérées, dissuasion de vitesses élevées...)
- moins d'émissions de polluants (vitesse et accélérations)
- moins de nuisances sonores (dito)
- une amélioration de la sécurité par une baisse sensible des vitesses (« vitesse de croisière ») et surtout une homogénéisation des comportements ; mais il faut éviter d'accroître les risques en rapport avec des problèmes de dynamique de véhicule par exemple;
- une amélioration du confort, par comparaison avec d'autres techniques de modération de la vitesse;
- une amélioration de l'acceptabilité des limitations de vitesse et du système de contrôle -sanction, notamment le contrôle automatisé, par un accompagnement du conducteur, intégrant une meilleure lisibilité de l'infrastructure.

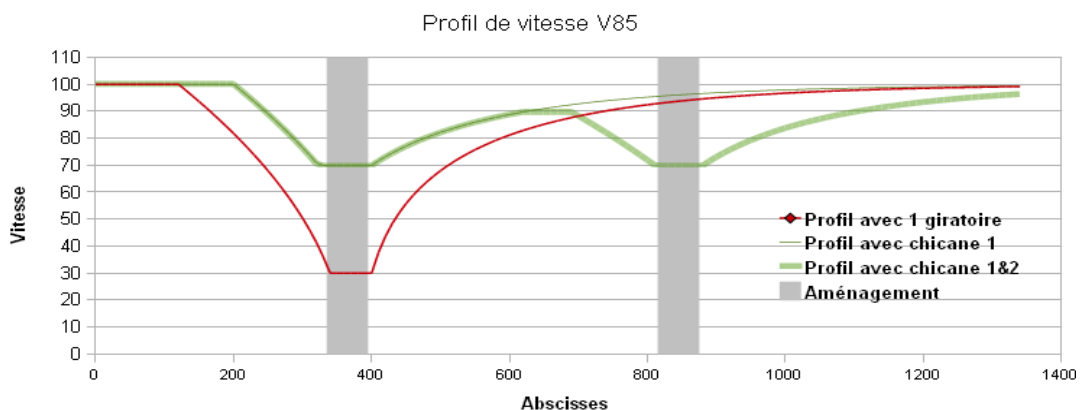


Illustration 1: Représentation schématique des améliorations possibles en matière de profil de vitesse

1.3 Objectifs

Notre objectif général est de favoriser une certaine forme de maîtrise (de régulation) des vitesses, à l'échelle d'un itinéraire ou d'une section, limitant les effets néfastes de la vitesse.

- Des solutions adaptées aux routes existantes
 - Tracé en plan et profil en long inchangé ou quasi
- Des solutions souples/ajustables et polyvalentes
 - Possibilité d'adapter à un grand nombre de cas réels
 - Et aux politiques des divers gestionnaires
- Des aménagements « low-cost » et efficaces
 - Pour faciliter un déploiement large
 - Tenant compte des contraintes économiques des gestionnaires
 - Rentabilité au moins équivalente à d'autres politiques
- La recherche de gains conjoints (acceptabilité, rentabilité...)
 - Sécurité, émissions, consommation, confort tous modes...
- Vers une « standardisation »
 - Au sens de l'homogénéisation
 - Au sens définition/ formalisation de « standards » (normes)

Un objectif concret que nous nous fixons dans le cadre décrit ci-avant est de transposer et adapter les outils de modération de la vitesse au milieu péri/interurbain, afin d'accroître les moyens d'action.

Le cas des chicanes est étudié ici, à titre d'exemple. Nous avons bien conscience qu'un seul type d'aménagement ne saurait être suffisant pour une question aussi délicate et plurielle que la gestion des vitesses.

L'objectif est de mieux maîtriser les vitesses sur les voies non urbaines en utilisant des chicanes comme solution d'exploitation routière à coût modéré.

Les chicanes sont actuellement très utilisées en milieu urbain avec une documentation ad hoc, en particulier le guide du Certu (Guide des chicanes et écluses sur voiries urbaines, 2012). Ces chicanes sont conçues pour une vitesse cible 50 km/h ou 30 km/h (comportant notamment des déport « corrigé » de 1/10 ou 1/7).

Contrairement à l'emploi des chicanes en milieu urbain et surtout en entrée d'agglomération, le but n'est pas de créer une décélération marquée mais de trouver une configuration de chicanes permettant d'obtenir (ou induisant) des vitesses de passage ou de franchissement dans une gamme prédéfinie, assurant une bonne homogénéité sur l'itinéraire. L'effet modérateur de la vitesse est obtenu en répétant l'aménagement régulièrement sur une section d'itinéraire.

Il est donc nécessaire par ailleurs de créer un aménagement assez compact, qui crée une contrainte adaptée dynamiquement.

1.4 Méthodologie

L'analyse repose sur une modélisation du comportement du véhicule avec le logiciel PC Crash et sur l'exploitation de mesures réalisées in situ par le Cete Normandie-Centre (Chicanes, Etude de cas, 2003). On procède globalement en deux étapes.

Dans une première étape (chapitre 2), plusieurs chicanes qui ont fait l'objet de mesures sont modélisées. Le logiciel permet d'accéder à des données physiques, en particulier l'accélération transversale, en fonction de la vitesse de passage. En comparant les résultats de la modélisation aux mesures de vitesses moyennes et V85, un lien peut théoriquement être établi pour apprécier le niveau admis ou recherché par les conducteurs. Cela permet aussi d'identifier les caractéristiques qui pourraient être compatibles avec les objectifs de vitesse recherchés.

Dans une seconde étape (chapitre 3), les configurations de chicanes les plus prometteuses sont évaluées (avec le logiciel PC Crash). Les configurations les plus pertinentes en termes de vitesses et d'emprise sont alors identifiées.

2 Modélisation des chicanes existantes

Les chicanes modélisées font partie d'un ensemble d'aménagements évalué par le Cete Normandie-Centre, bénéficiant de mesures in situ des vitesses pratiquées. La référence comporte des indications assez précises de la géométrie de chaque chicane.

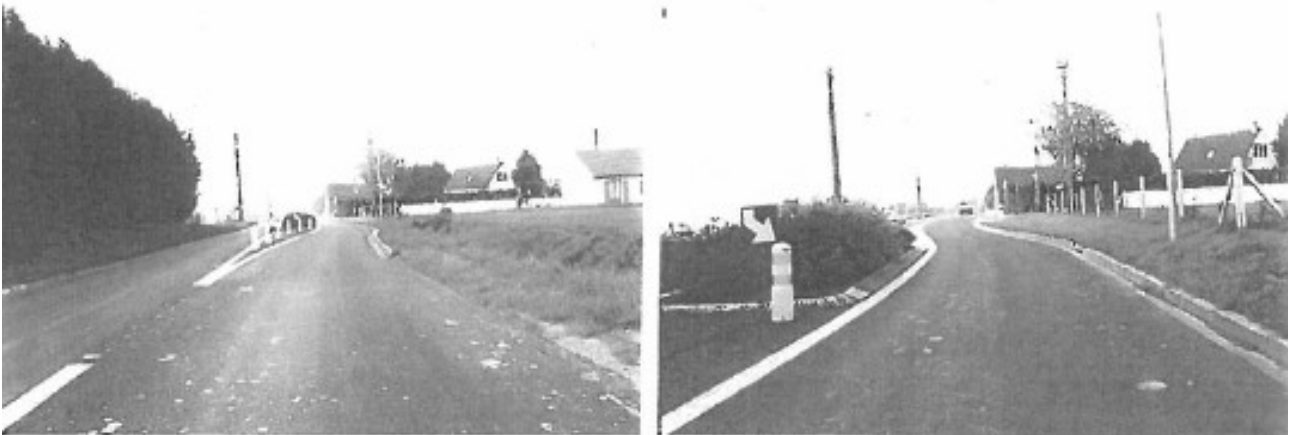
2.1 Paramètres de base de la modélisation

Le Véhicule : le véhicule utilisé pour la modélisation est un véhicule de milieu de gamme : Peugeot 307 2.0 HDI 90cv, équipé de pneu 195/65/15.

Les conditions : une chaussée sèche, présentant une adhérence mobilisable de 0,8. Ces conditions sont les plus défavorables en matière de vitesse pratiquée.

Les trajectoires : Les trajectoires modélisées sont considérées comme « intermédiaires » pour éviter d'être trop proche du bord de chaussée mais sont réalistes pour un usager ayant une stratégie de passage standard. La valeur du calcul de déflexion du guide d'aménagement des carrefours interurbains (ACI) du Sétra de 1,50 m à l'axe de la trajectoire est retenue soit 0,75 m au niveau de la roue avec le véhicule choisi.

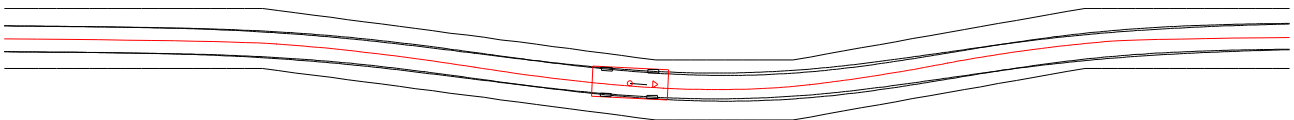
2.2 Chicane de Quatremare-Louviers



Géométrie

Cette chicane présente les caractéristiques suivantes :

- déport 3 m
- pente entrée 1/8
- pente sortie 1/6
- alignement droit 8 m
- largeur voie 3,50 m
- longueur totale 48 m

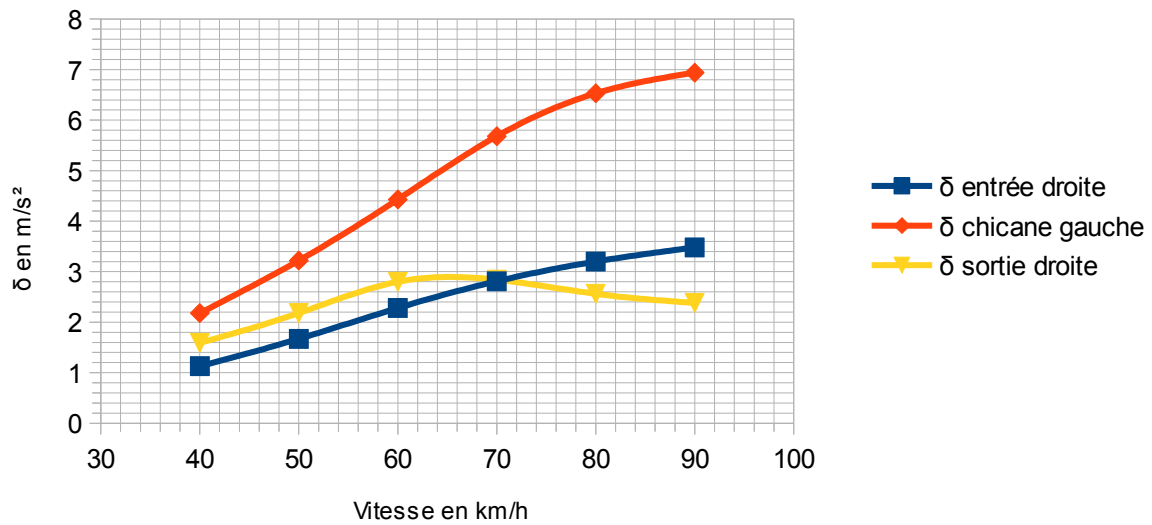


Résultats

Les accélérations transversales calculées (en m/s^2) sont les suivantes :

Vitesse	δ entrée droite	δ chicane gauche	δ sortie droite
40	1,13	2,18	1,59
50	1,67	3,22	2,18
60	2,28	4,43	2,8
70	2,81	5,68	2,84
80	3,2	6,53	2,56
90	3,48	6,94	2,38

Accélération transversale

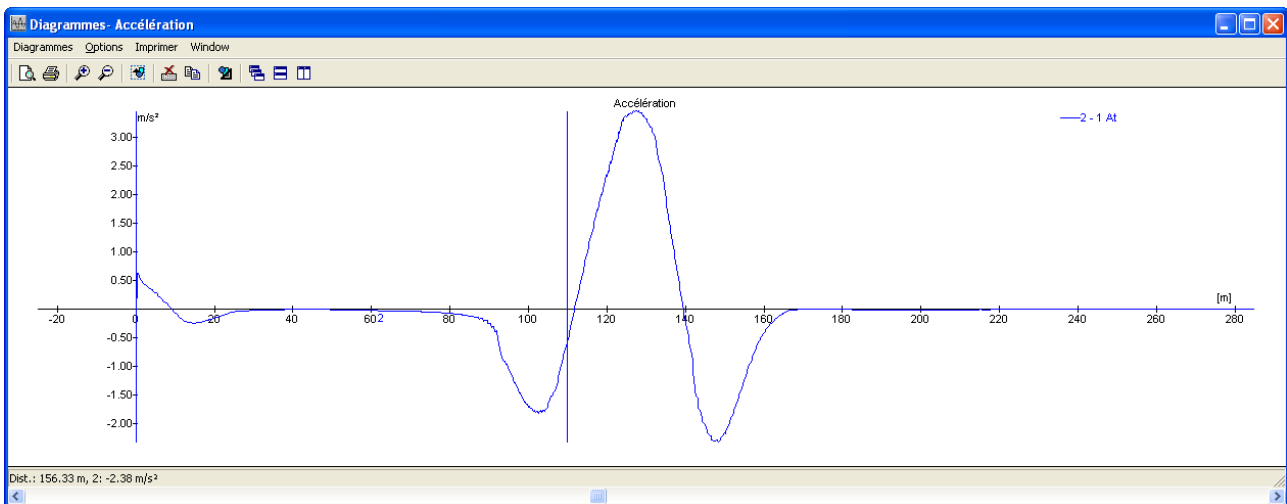


On constate qu'à partir de 70 km/h, l'accélération transversale dans la chicane et en sortie s'infléchit, car le véhicule commence à dériver de sa trajectoire initiale.

Modélisation des vitesses observées

Vitesse moyenne de l'ensemble des usagers mesurée dans la chicane (V_{moy}) : 52 km/h

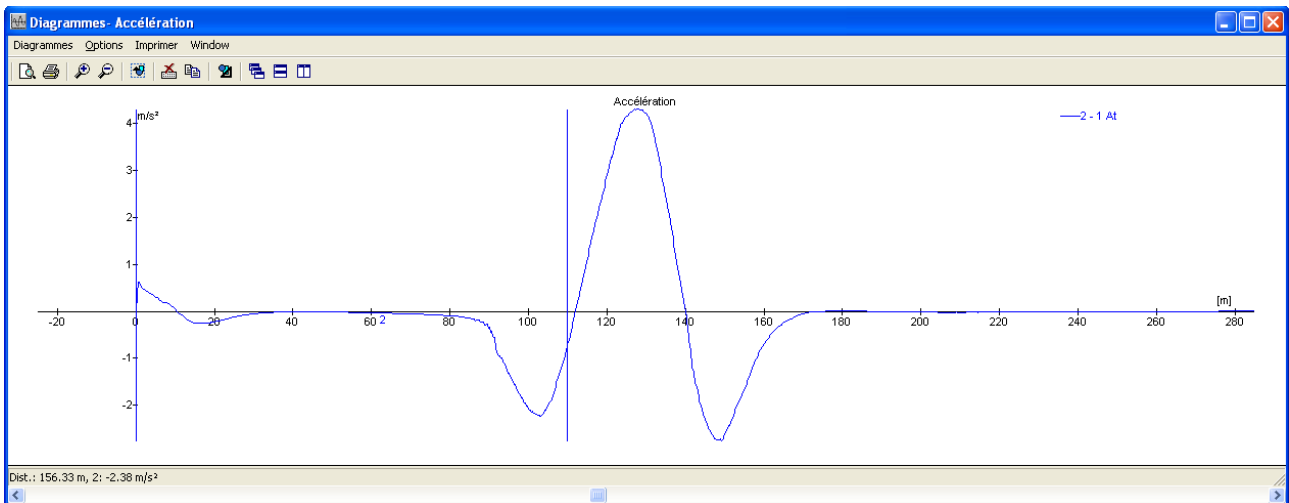
Diagramme de l'accélération transversale à 52 km/h



L'accélération la plus élevée est de 3,47 m/s² dans la chicane.

Vitesse maximale à laquelle circule 85% des usagers mesurée dans la chicane (V_{85}) : 59 km/h

Diagramme de l'accélération transversale à 59 km/h



L'accélération la plus élevée est de 4,31 m/s² dans la chicane.

Analyse

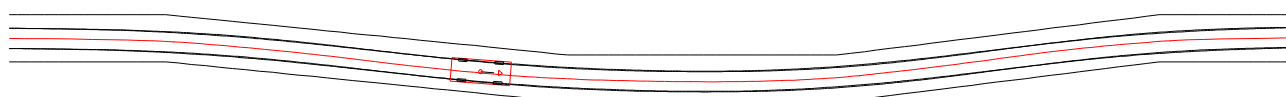
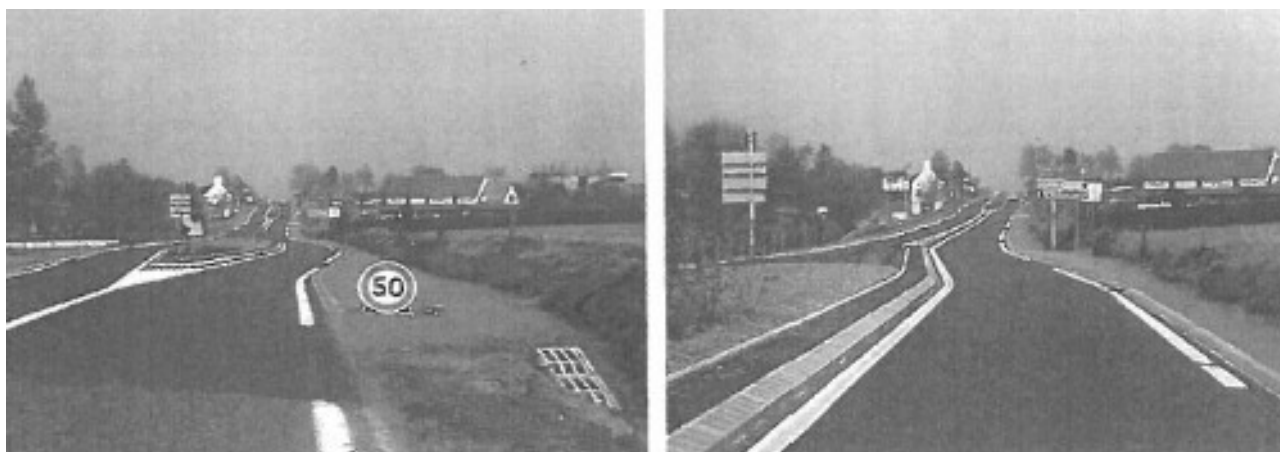
La géométrie très contrainte de la chicane (pentes des déports importantes et alignement droit court) conduit à une accélération transversale élevée en particulier dans la chicane. Les vitesses pratiquées sont très modérées (moins de 60 km/h pour 85 % des usagers) et induisent malgré tout des accélérations importantes, supérieures à 2 m/s² en entrée d'aménagement, et supérieures à 4 m/s² au milieu avec des variations très rapides pouvant déstabiliser le véhicule.

2.3 Chicane de L'épine

Géométrie

Cette chicane présente les caractéristiques suivantes :

- déport 3m
- pente entrée 1/10
- pente sortie 1/8
- alignement droit 30m
- largeur voie 3,50m
- longueur totale 74 m



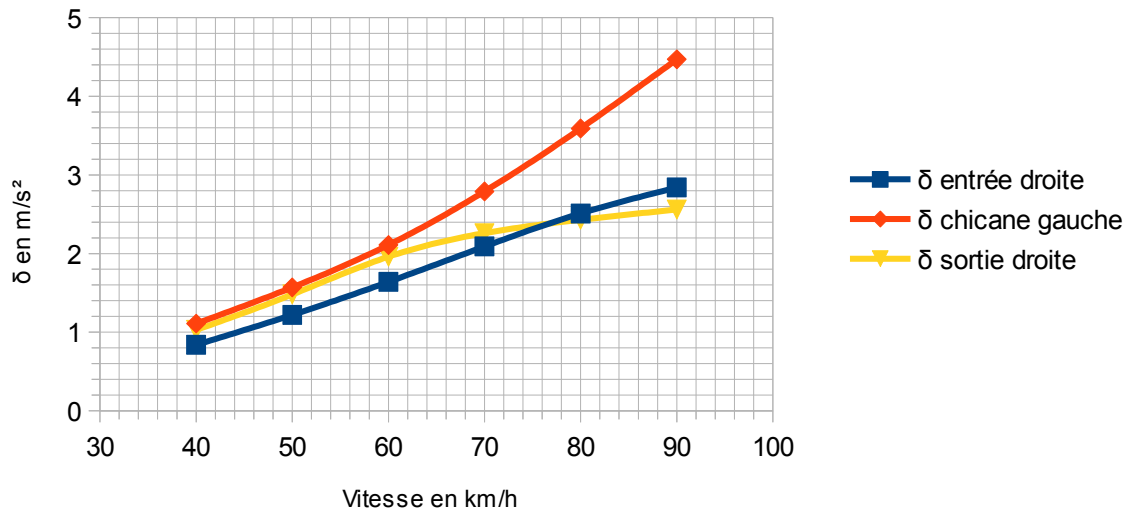
Résultats

Accélération transversales calculées (en m/s^2)

Vitesse	δ entrée droite	δ chicane gauche	δ sortie droite
40	0,84	0,80/1,11*	1,03
50	1,22	1,21/1,57*	1,48
60	1,64	1,63/2,11*	1,96
70	2,09	2,79	2,26
80	2,51	3,59	2,43
90	2,84	4,47	2,56

(*) A faible vitesse, l'accélération transversale dans la chicane se décompose en 2 pics. A partir d'un

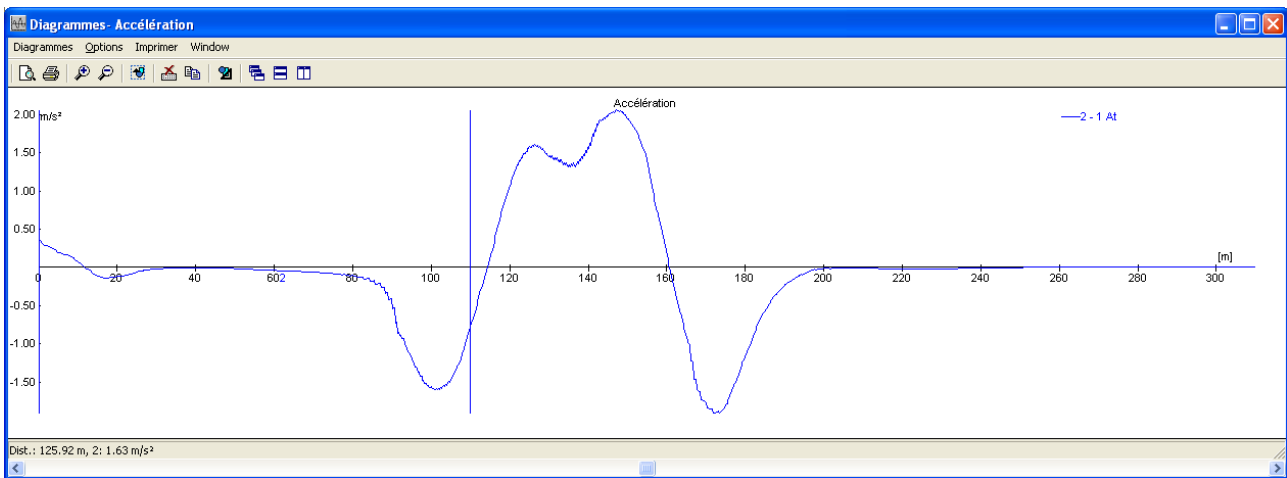
Accélération transversale



Modélisation des vitesses observées

Vitesse moyenne de l'ensemble des usagers mesurée dans la chicane (Vmoy) : 59 km/h

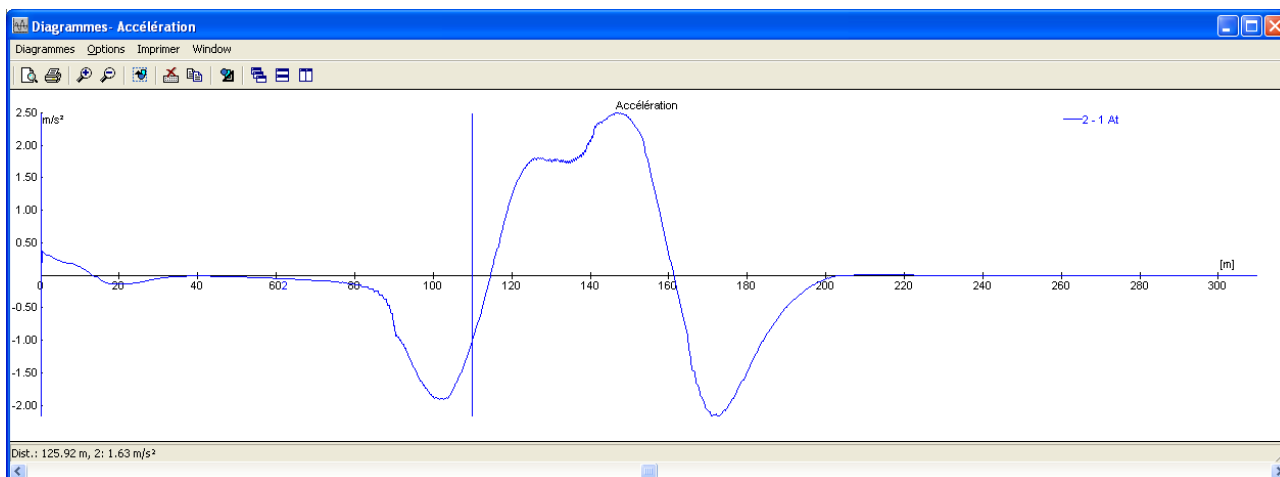
Diagramme de l'accélération transversale à 59 km/h



L'accélération la plus élevée est de 2,05 m/s² dans la chicane.

Vitesse maximale à laquelle circule 85% des usagers mesurée dans la chicane (V85) : 66 km/h

Diagramme de l'accélération transversale à 66 km/h



L'accélération la plus élevée est de 2,50 m/s² dans la chicane.

Analyse

La géométrie de la chicane est assez contrainte par les pentes de départ mais présente un alignement droit assez long qui atténue les variations d'accélération transversale. La vitesse pratiquée par 85 % des usagers y est plus élevée que dans les deux cas précédents et s'établit à 66 km/h.

L'accélération en entrée et dans la première inflexion à gauche de la chicane est inférieure à 2 m/s² est reste comprise entre 2 et 2,5 m/s² dans la deuxième inflexion à gauche et en sortie.

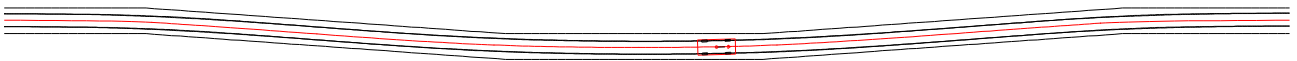
La longueur plus importante de l'aménagement conduit à des vitesses modérées sans générer de sollicitations trop importantes au niveau du véhicule.

2.4 Chicane de Douville

Géométrie

Cette chicane présente les caractéristiques suivantes :

- déport 3 m
- pente entrée 1/14
- pente sortie 1/14
- alignement droit 30 m
- largeur voie 3 m
- longueur totale 114 m



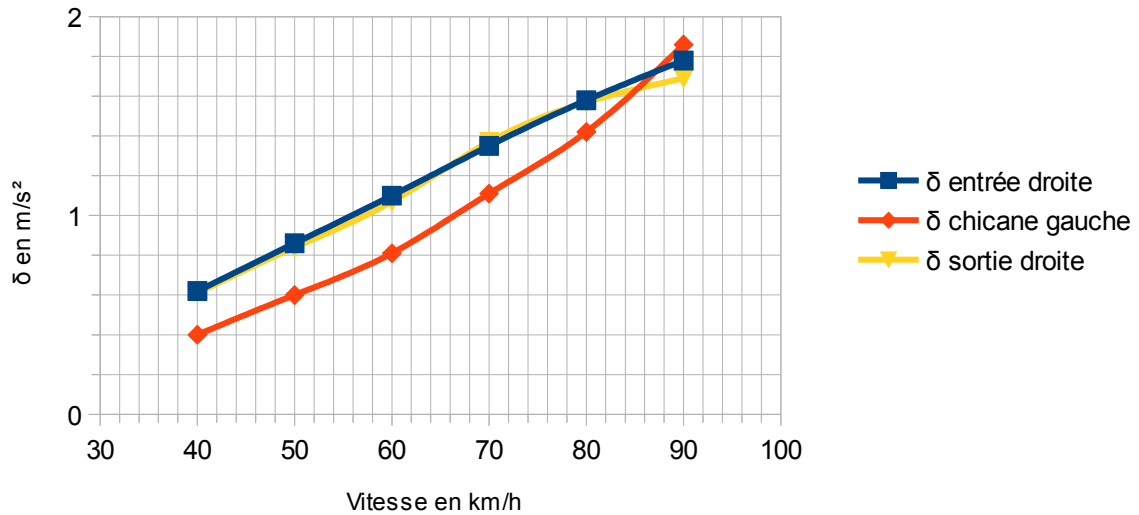
Résultats

Accélération transversales calculées (en m/s^2)

Vitesse	δ entrée droite	δ chicane gauche	δ sortie droite
40	0,62	0,36/0,4	0,61
50	0,86	0,54/0,6	0,84
60	1,1	0,75/0,81	1,07
70	1,35	1,02/1,11	1,37

80	1,58	1,32/1,42	1,57
90	1,78	1,64/1,86	1,69

Accélération transversale

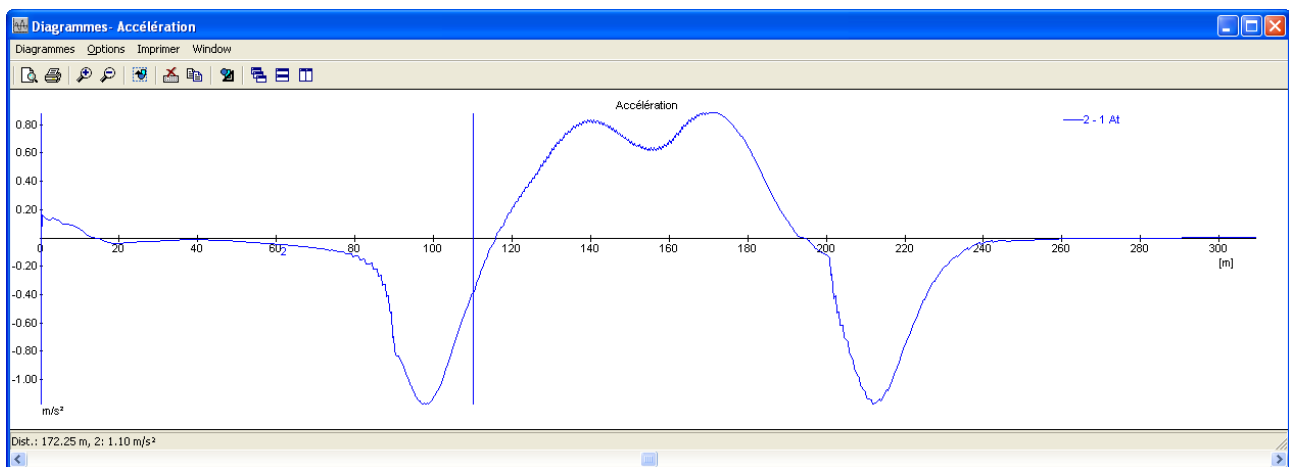


On constate qu'à partir de 80 km/h, l'accélération transversale en sortie s'infléchit, car le véhicule commence à dériver de sa trajectoire initiale.

Modélisation des vitesses observées

Vitesse moyenne de l'ensemble des usagers mesurée dans la chicane (V_{moy}) : 63 km/h.

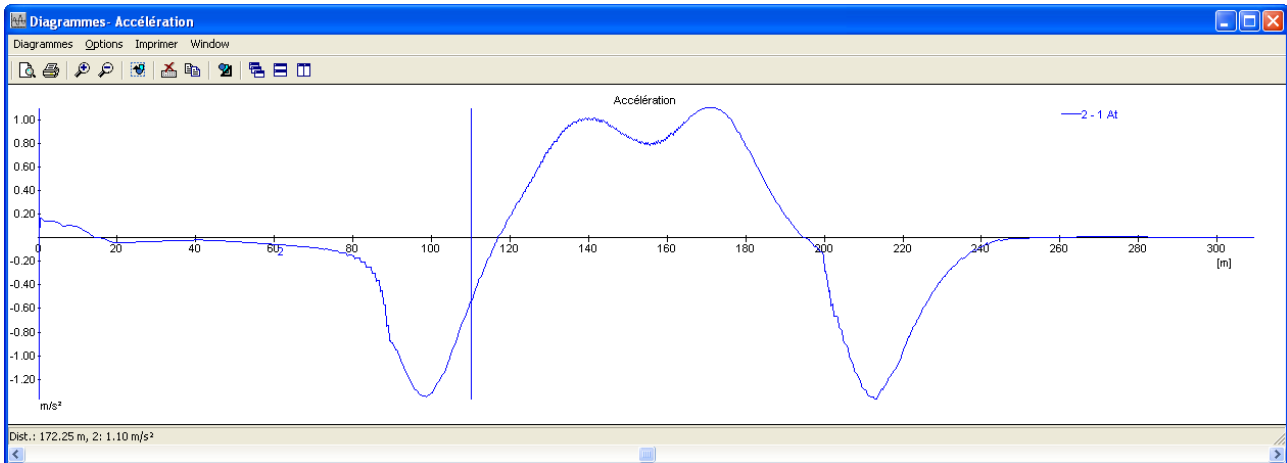
Diagramme de l'accélération transversale à 63 km/h



L'accélération la plus élevée est de 1,17 m/s² en entrée et sortie de chicane.

Vitesse maximale à laquelle circule 85% des usagers mesurée dans la chicane (V_{85}) : 70 km/h

Diagramme de l'accélération transversale à 70 km/h



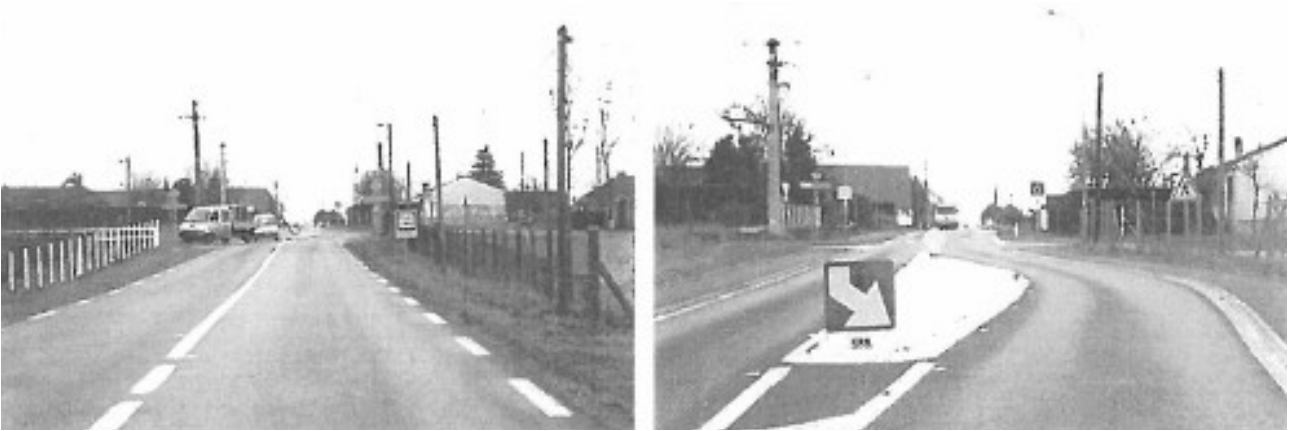
L'accélération la plus élevée est de 1,37 m/s² en sortie de chicane.

Analyse

La géométrie de cette chicane présente des pentes en entrée et sortie plus faibles et un alignement droit important. La vitesse pratiquée par 85 % des usagers est de 70 km/h. Les accélérations transversales restent modérées dans la chicane, autour de 1 m/s² et inférieures à 1,5 m/s² en entrée et sortie.

La largeur de la voie au niveau de l'aménagement est de 3 m. Son impact sur la vitesse est difficilement estimable mais il augmente l'effet de la chicane.

2.5 Chicane de Les Authieux



Géométrie

Cette chicane présente les caractéristiques suivantes :

- déport 3m
- pente entrée 1/18
- pente sortie 1/12
- alignement droit 9m
- largeur voie 3,50m
- longueur totale 98 m



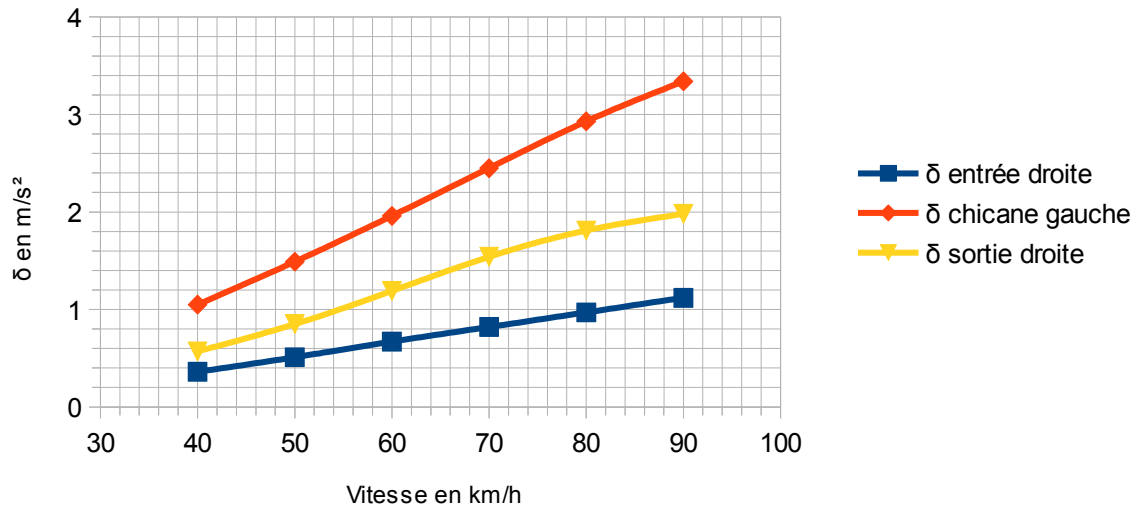
Résultats

Accélérations transversales calculées (en m/s²)

Vitesse	δ entrée droite	δ chicane gauche	δ sortie droite
40	0,36	1,05	0,57
50	0,51	1,49	0,85
60	0,67	1,96	1,19
70	0,82	2,45	1,54

80	0,97	2,93	1,81
90	1,12	3,34	1,98

Accélération transversale

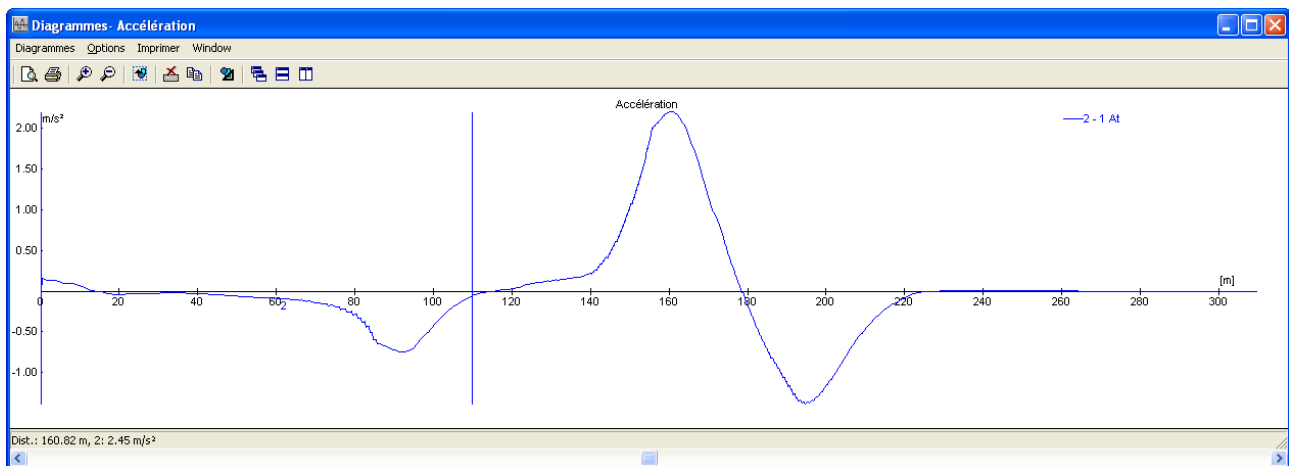


On constate qu'à partir de 80 km/h, l'accélération transversale en sortie s'infléchit, car le véhicule commence à dériver de sa trajectoire initiale. L'accélération transversale est supérieure.

Modélisation des vitesses observées

Vitesse moyenne de l'ensemble des usagers mesurée dans la chicane (V_{moy}) : 65 km/h

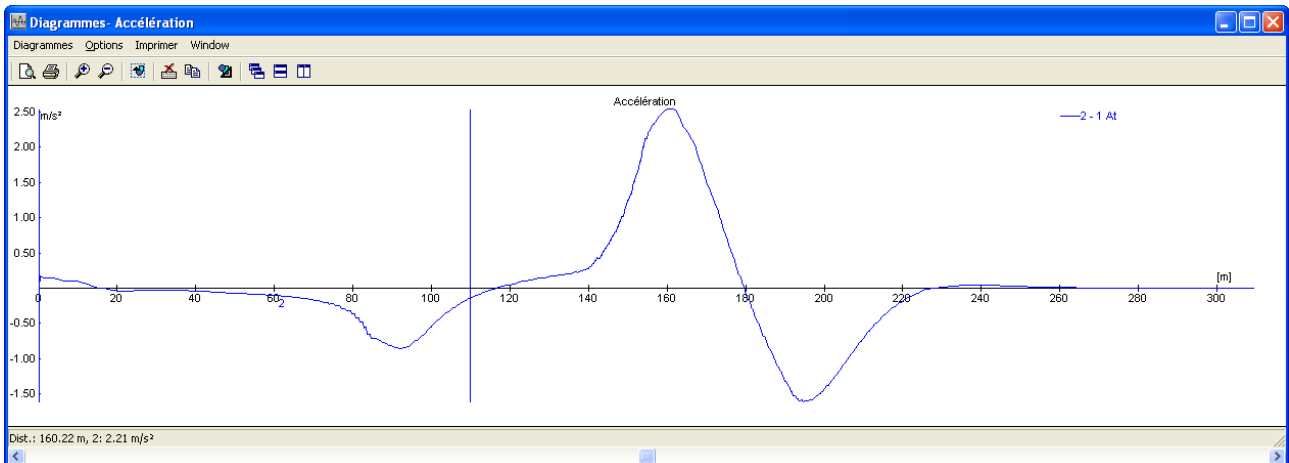
Diagramme de l'accélération transversale à 65 km/h



L'accélération la plus élevée est de 2,21 m/s^2 dans la chicane.

Vitesse maximale à laquelle circule 85% des usagers mesurée dans la chicane (V_{85}) : 72 km/h

Diagramme de l'accélération transversale à 72 km/h



L'accélération la plus élevée est de 2,55 m/s² dans la chicane.

Analyse

La géométrie est souple au niveau de la pente en entrée mais se durcit avec un alignement droit court et une pente de sortie plus forte. La vitesse pratiquée par 85 % des usagers est de 72 km/h. L'accélération transversale est de l'ordre de 2,5 m/s² dans la chicane. En entrée, elle est faible (inférieure à 1m/s²) et modérée en sortie (autour de 1,5 m/s²).

L'association d'un alignement droit court et d'une pente forte en sortie donne un effet marqué avec des variations d'accélération moins importantes en entrée et sortie.

2.6 Synthèse des résultats

	Quatremare-Louviers	L'Épine	Douville	Les Authieux
Caractéristiques				
Déport	3 m	3 m	3 m	3 m
Pente entrée	1/8	1/10	1/14	1/18
Pente sortie	1/6	1/8	1/14	1/12
Alignement droit	8 m	20 m	30 m	9 m
Largeur voie	3,50 m	3,50 m	3,00 m	3,50 m
Longueur totale	48 m	74 m	114 m	98 m
Résultats				
Vmoy mesurée	52 km/h	59 km/h	63 km/h	65 km/h
δ entrée droite modélisée	1,80 m/s ²	1,61 m/s ²	1,17 m/s ²	0,75 m/s ²
δ gauche modélisée	3,47 m/s ²	1,60/2,05 m/s ²	0,83/0,89 m/s ²	2,21 m/s ²
δ sortie droite modélisée	2,30 m/s ²	1,91 m/s ²	1,17 m/s ²	1,37 m/s ²
V85 mesurée	59 km/h	66 km/h	70 km/h	72 km/h
δ entrée droite modélisée	2,23 m/s ²	1,90 m/s ²	1,35 m/s ²	0,85 m/s ²
δ gauche modélisée	4,31 m/s ²	1,80/2,50 m/s ²	1,02/1,11 m/s ²	2,55 m/s ²
δ sortie droite modélisée	2,74 m/s ²	2,16 m/s ²	1,37 m/s ²	1,61 m/s ²

2.7 Premières conclusions

L'accélération transversale admissible (ou recherchée) par l'usager baisse quand la vitesse augmente.

Dans une plage de vitesses comprise entre 65 et 70 km/h, l'accélération transversale maximale obtenue est d'environ $2,5 \text{ m/s}^2$. D'autres facteurs peuvent aussi faire varier cette valeur sur les chicanes modélisées comme la largeur de la voie, la présence de bordures, la perception de l'aménagement, le type de route, etc.

Les pentes des déports d'entrée et de sortie sont les paramètres principaux expliquant la variation de l'accélération et donc la difficulté de la chicane.

Dans le domaine d'emploi que nous étudions ici, un aménagement interurbain ou suburbain – et qui se différencie de celui plus classique des entrées d'agglomération, zones de transition, pour lesquels une réduction forte de la vitesse est recherchée –, quelques orientations peuvent d'ores et déjà être formulées :

- éviter les déports de pentes supérieurs 1/12 (c'est-à-dire des pentes telles que 1/10, 1/8 etc), car elles engendrent des accélérations fortes dès les faibles vitesses et peuvent conduire à s'approcher des rapidement des limites d'adhérence du véhicule, aux vitesses intermédiaires de 70 km/h ;
- ne pas chercher à avoir des déports en sortie plus élevés qu'en entrée. Au contraire, même pour un dépôt de sortie identique à celui d'entrée (et une vitesse de passage constante) , les accélérations maximales sont plus fortes que celle enregistrées en entrée

Une accélération latérale de 2 m/s^2 pourrait être une valeur à rechercher pour des vitesses cibles de 60 à 70 km/h.

3 Modélisation de nouvelles géométries de chicanes

3.1 Paramètres de base

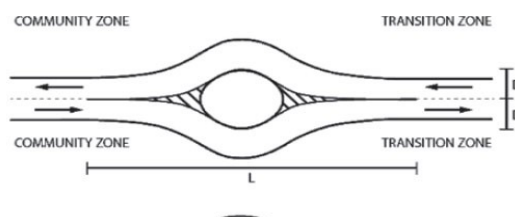
Le Véhicule : le véhicule utilisé pour la modélisation est un véhicule de milieu de gamme : Peugeot 307 2.0 HDI 90cv, équipé de pneu 195/65/15.

Les conditions : une chaussée sèche, présentant une adhérence mobilisable de 0,8. Ces conditions sont les plus défavorables en matière de vitesse pratiquée.

Les trajectoires : Les trajectoires modélisées sont considérées comme « intermédiaires » pour éviter d'être trop proche du bord de chaussée mais sont réalistes pour un usager ayant une stratégie de passage standard. La valeur du calcul de déflexion du guide d'aménagement des carrefours interurbains (ACI) du Sétra de 1,50 m à l'axe de la trajectoire est retenue soit 0,75 m au niveau de la roue avec le véhicule choisi.

3.2 Chicane avec courbes en S*

Nous appelons ici chicane avec courbe en S, par opposition aux chicanes de forme trapézoïdale, une chicane qui présente une variation continue de la courbure (courbe à droite, puis gauche, puis droite).

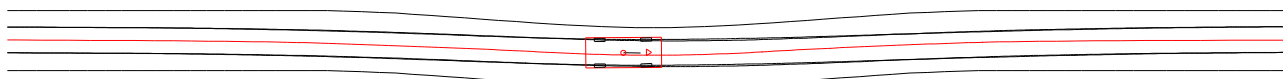


Caractéristiques géométriques

Les simulations portent sur des chicanes avec courbes en S (sans alignement droit entre l'entrée à la sortie) dans un objectif de compacité. L'emploi de déports compris entre 1 et 2 m et de pentes comprises entre 1/12 et 1/20 est utilisé pour prendre en compte les informations issues des tests de chicanes existantes.

Pente entrée/sortie	Déport	Longueur totale
1/12	1 m	24 m
1/12	1,5 m	36 m
1/12	2 m	48 m
1/16	1 m	32 m
1/16	1,5 m	48 m
1/16	2 m	64 m
1/20	1 m	40 m
1/20	1,5 m	60 m
1/20	2 m	80 m

Exemple de chicane avec courbes en S modélisée



Vitesse théorique

Les vitesses théoriques peuvent être approchées par des modèles donnés dans la bibliographie. D'après le modèle de Berger et Linauer (1998), la vitesse théorique dans une chicane en S est le suivant :

$$V_m = 12,9 \ln (L/2d) + 17,8$$

$$V_{85} = 14,8 \ln (L/2d) + 19,8$$

	Pente		
	1/12	1/16	1/20
V _m	49,9	53,6	56,4
V ₈₅	56,6	60,8	64,1

Résultats

Le vitesse de passage est calculée avec PC Crash pour chaque géométrie de chicane en fixant plusieurs accélérations transversales dans un intervalle cohérent avec les cas réels :

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 1,5 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	33	43	48
	1,5 m	37	43	56
	2 m	37	48	60

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 2 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	45	57	60
	1,5 m	43	51	65
	2 m	42	56	69

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 2,5 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	55*	70*	73*
	1,5 m	53	58	80
	2 m	48	63	80

(*) accélération maximale non atteinte avec l'adhérence mobilisable

Analyse

La vitesse théorique donnée par le modèle de Berger et Linauer dépend uniquement de la pente. En fixant l'accélération transversale, la simulation montre que pour une même pente, le déport modifie la vitesse de passage. Pour la pente de 1/12, les vitesses théoriques moyenne et V85 s'approchent respectivement des vitesses obtenues avec $\delta = 2 \text{ m/s}^2$ et $\delta = 2,5 \text{ m/s}^2$. En revanche, pour les pentes plus faibles de 1/16 et de 1/20, les vitesses issues de la simulation sont plus élevées.

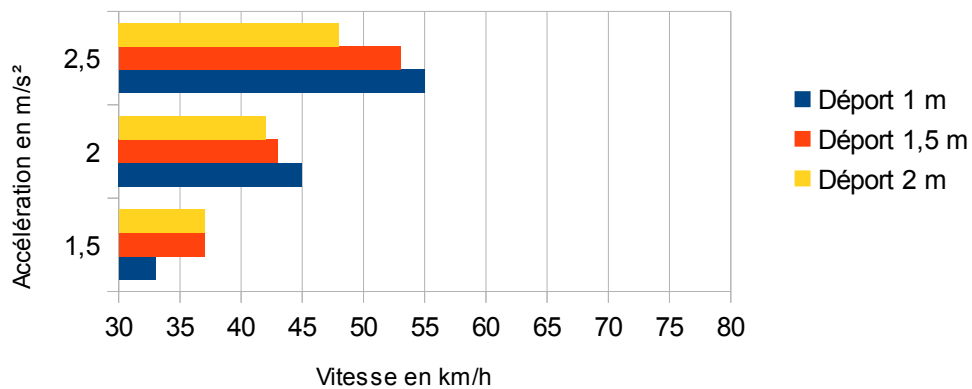
Le $\delta = 1,5 \text{ m/s}^2$ conduit à des vitesses relativement faibles, nettement inférieures à celles du modèle.

On constate que :

- pour la pente forte de 1/12, l'augmentation du déport impacte légèrement la vitesse à la baisse (sauf pour le $\delta = 1,5 \text{ m/s}^2$),

Vitesse en fonction de l'accélération et du déport

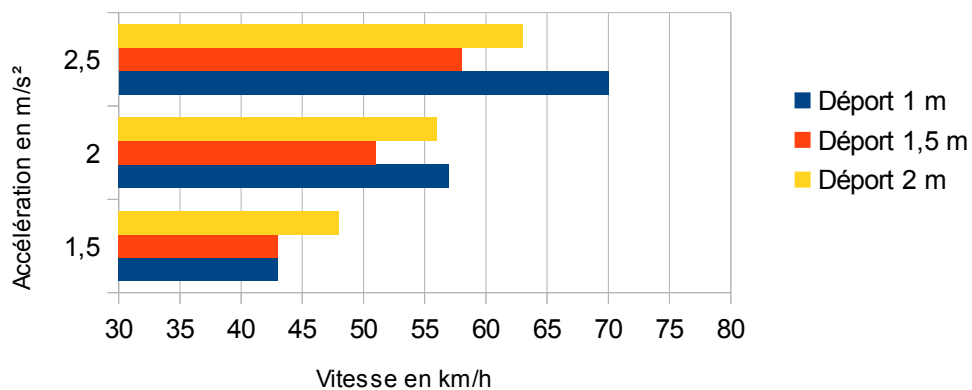
Pente 1/12



- pour la pente modérée de 1/16, le déport qui conduit à la vitesse à la plus faible correspond à la valeur intermédiaire de 1,5 m,

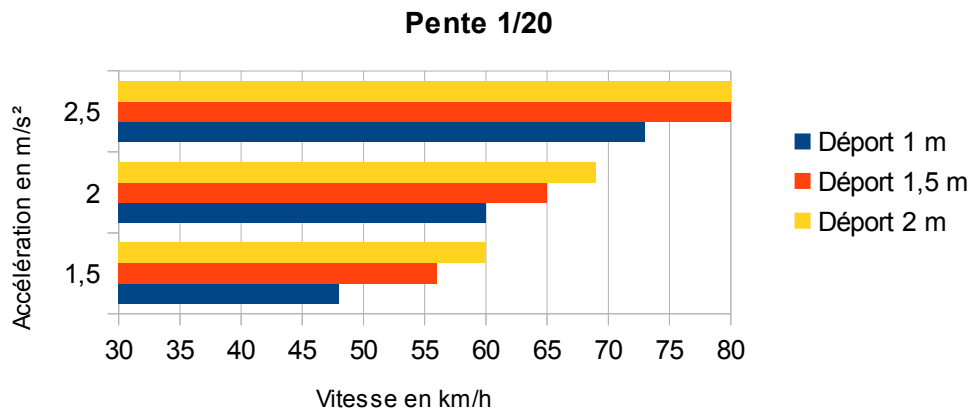
Vitesse en fonction de l'accélération et du déport

Pente 1/16



- pour le pente faible de 1/20, l'augmentation du déport impacte la vitesse à la hausse.

Vitesse en fonction de l'accélération et du déport



Pour une même pente, un déport élevé augmente la longueur du dispositif. Cet allongement favorise les raccordements courbes de la chicane avec des rayons plus grands aux points de tangence du dispositif. L'effet est d'autant plus perceptible que la pente est faible et permet des vitesses de passage plus élevées pour les déports plus importants.

Pour le $\delta = 2 \text{ m/s}^2$ et $\delta = 2,5 \text{ m/s}^2$, la tendance est identique, sauf pour le déport de 1 m qui ne permet pas d'atteindre $2,5 \text{ m/s}^2$ car le véhicule dérive de sa trajectoire à cause de l'enchaînement rapide des courbes en S. Cette effet est particulièrement sensible pour la pente de 1/16, avec une vitesse élevée.

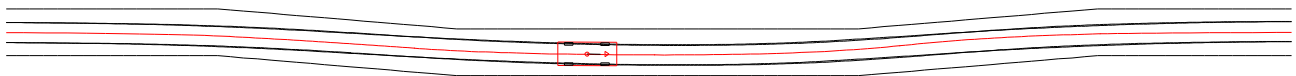
3.3 Chicanes trapézoïdales

Caractéristiques géométriques

Les simulations portent sur des chicanes trapézoïdales avec alignement droit de 30 m entre l'entrée à la sortie. Des déports compris entre 1 et 2 m et des pentes comprises entre 1/12 et 1/20 sont utilisés en limitant la longueur totale du dispositif à 80 m (même valeur maximale que pour les chicanes avec courbes en S).

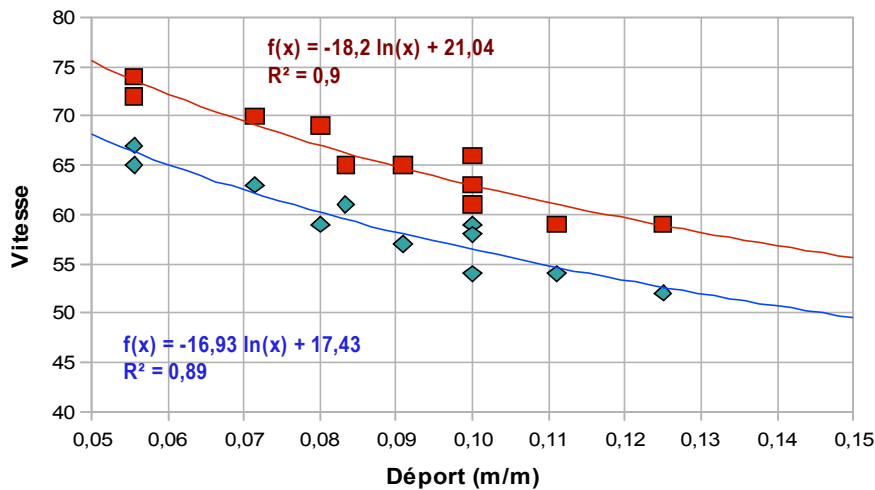
Pente entrée/sortie	Déport	Alignement droit	Longueur totale
1/12	1 m	30 m	54 m
1/12	1,5 m	30 m	66 m
1/12	2 m	30 m	78 m
1/16	1 m	30 m	62 m
1/16	1,5 m	30 m	78 m
1/20	1 m	30 m	70 m

Exemple de chicane trapézoïdale modélisée



Vitesse théorique

Les mesures réalisées par le Cete Normandie-centre sur un échantillon de chicanes permettent d'élaborer le modèle suivant pour des chicanes trapézoïdales :



D'après le modèle sur

$$V_m = -16,9 \ln(d/Le) + 17,4$$

$$V_{85} = -18,2 \ln(d/Le) + 21$$

	Pente		
	1/12	1/16	1/20
Vm	59,4	64,3	68,0
V85	66,2	71,5	75,5

Résultats

Le vitesse de passage est calculée avec PC Crash dans chaque géométrie de chicane en fixant plusieurs accélérations transversales dans un intervalle cohérent avec les cas réels :

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 1,5 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	72	75	77
	1,5 m	58	69	-
	2 m	65	-	-

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 2 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	84	90	93
	1,5 m	70	82	-
	2 m	75	-	-

- Vitesse calculée en km/h avec $\delta = 2,5 \text{ m/s}^2$ avec une tolérance de $\pm 2 \%$

		Pente		
		1/12	1/16	1/20
Déport	1 m	99	110	118*
	1,5 m	81	93	-
	2 m	83	-	-

(*) accélération maximale non atteinte avec l'adhérence mobilisable

Analyse

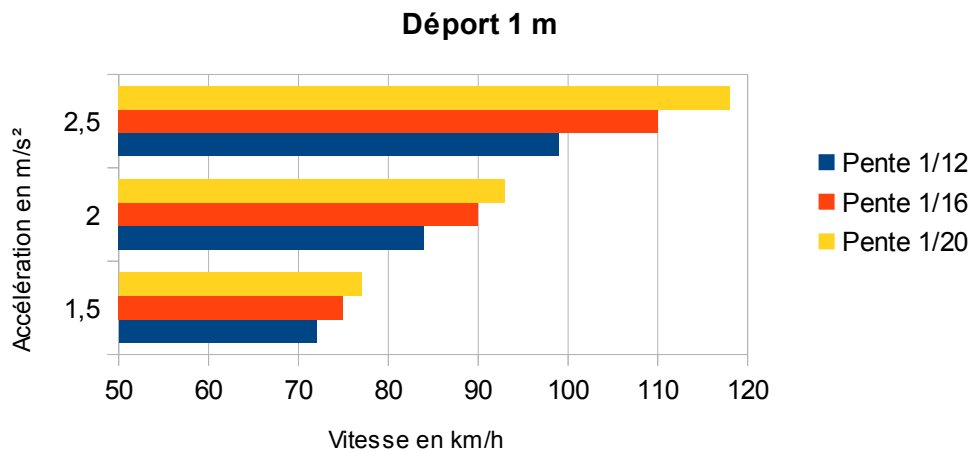
La vitesse théorique donnée par le modèle sur les données du CETE NC dépend uniquement de la pente. En fixant l'accélération transversale, la simulation montre que pour une même pente, le déport modifie la vitesse de passage. Les vitesses théoriques moyenne et V85 correspondent plutôt aux vitesses obtenues avec $\delta = 1,5 \text{ m/s}^2$, quelque soit la pente.

Les accélérations transversales de 2 et $2,5 \text{ m/s}^2$ conduisent à des vitesses de passage nettement plus élevées que le modèle. Le décalage est assez important contrairement aux chicanes en S et est difficile à expliquer.

On constate les éléments suivants:

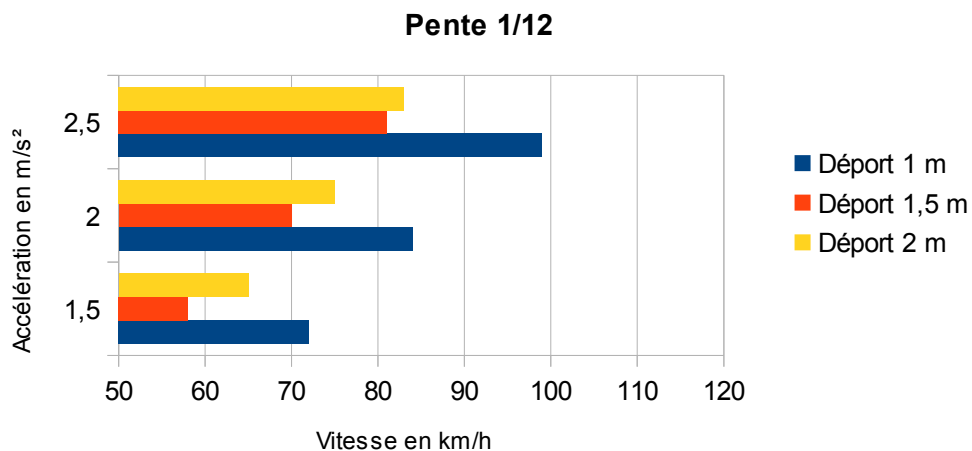
- quelle que soit la pente, le déport de 1 m permet la vitesse de passage la plus élevée dans tous les cas de figure,

Vitesse en fonction de l'accélération et de la pente



- pour la pente testée de 1/12, le déport de 1,5 m impacte plus la vitesse que celui de 2 m.

Vitesse en fonction de l'accélération et du déport



L'alignement droit de la chicane contribue à maintenir une vitesse élevée en dissociant l'effet de

l'entrée et de la sortie. De plus les possibilités de trajectoires différentes sont plus importantes et ont un impact direct sur l'accélération et la vitesse, ce qui peut expliquer les vitesses élevées avec la trajectoire simulée. Les pentes de 1/16 et un 1/20 ne semblent pas être en adéquation avec l'objectif recherché de modération de la vitesse.

3.4 Conclusion

La modélisation (ici avec le logiciel PC Crash) et les mesures in situ apportent des informations complémentaires.

La simulation ne fournit qu'un exemple théorique du comportement d'un usager. La perception et l'effet visuel de la chicane en fonction de son aménagement ne peuvent pas être pris en compte dans la modélisation mais ils conditionnent aussi le ressenti et donc l'accélération acceptable pour l'usager.

Les résultats tendent à montrer que les chicanes trapézoïdales sont moins contraignantes pour les conducteurs que les chicanes avec courbes en S, pour les mêmes pentes. La présence de l'alignement droit réduit les efforts transversaux mais aussi autorise plusieurs types de trajectoires entre les déports d'entrée et de sortie. Il est donc plus difficile de garantir une homogénéité des comportements ou d'atteindre les objectifs visés en matière de vitesse cible prédéfinie.

A contrario, les chicanes en S sont plus contraignantes pour les usagers, car elles laissent moins de possibilité pour « tendre » la trajectoire de manière et donc réduire la déflexion. Elles apparaissent comme plus efficaces en matière d'objectif de vitesse.

En matière d'emprise, la chicane en S produit, d'après les simulations, des vitesses plus modérées qu'une chicane trapézoïdale pour une longueur deux fois plus courte et un déport moindre (en amplitude). La compacité est donc nettement meilleure et correspond mieux à l'objectif d'économie et de réduction d'emprise recherché ici.

En tout état de cause, une expérimentation grandeur nature reste nécessaire pour valider les tendances dégagées par la simulation et affiner les aspects liés au comportement du conducteur en fonction de la perception de l'aménagement.

Il apparaît néanmoins a priori tout à fait possible et raisonnable de transposer un aménagement urbain (ou utilisé dans les zones de transition) dans un contexte différent pour atteindre un objectif de maîtrise des vitesses formulé différemment, en modifiant les caractéristiques de cet aménagement.

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Ccedex 3 - Tél : +33 (0)4 42 24 76 76
Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

- i En particulier, le concept de Self Explaining Road. (on aura tendance à associer HF et SER aux CMPV, mais c'est abusif : contre exemple : giratoires, chicanes d'entrée de ville...).