



Conférence Européenne  
des Directeurs des Routes

Conference of European  
Directors of Roads

# Guide de conception des abords de chaussée qui pardonnent



Novembre 2012

## Auteurs :

Ce rapport a été rédigé par l'équipe 'Safety at the Heart of Road Design' (la sécurité au cœur de la conception des routes) de l'**IRDES ERA-NET** :

**Auteur** : Francesca La Torre, UNIFI, Italie (représentante de l'ANAS auprès du GT Sécurité routière de la CEDR)

## Avec la contribution de :

Lorenzo Domenichini, UNIFI, Italie

Alessandro Mercaldo, UNIFI, Italie

Helen Fagerlind, CHALMERS, Suède

Jan Martinsson, CHALMERS, Suède

Dennis Book, CHALMERS, Suède

Peter Saleh, AIT, Autriche (auteur principal de l'annexe A)

Matthias Helfert, AIT, Autriche

Philippe Nitsche, AIT, Autriche

Yann Goyat, IFSTTAR, France

Eleonora Cesolini, ANAS, Italie

Raffaella Grecco, ANAS, Italie

Federica Bianchin, ANAS, Italie

## Avec la contribution éditoriale des membres suivants du groupe technique Sécurité routière de la CEDR :

Harry Cullen	Irlande (Président)	Audur ARNADOTTIR	Islande
Forbes VIGORS	Irlande (Sec)	Giovanni MAGARO	Italie
Stefan MATENA	Allemagne	Francesca LA TORRE	Italie
Eva EICHINGER-VILL	Autriche	Barbara RUBINO	Italie
Didier ANTOINE	Belgique-Wallonie	Paul MANGEN	Luxembourg
Photis MATSIS	Chypre	Arild ENGBRETTSEN	Norvège
Roberto LLAMAS	Espagne	Arild RAGNOY	Norvège
Jose M. PARDILLO	Espagne	Herman MONING	Pays-Bas
Reigo UDE	Estonie	Leszek KANIA	Pologne
Auli FORSBERG	Finlande	Sandra BROWN	Royaume-Uni
Gerard VUILLEMIN	France	Zvonko ZAVASNIK	Slovénie
Christina PANAGOLIA	Grèce	Lena RYDEN	Suède
Tibor MOCSÁRI	Hongrie	Christoph JAHN	Suisse

*Avis au lecteur : ce document exprime uniquement le point de vue actuel de la CEDR et ne reflète pas la position officielle des Etats membres de la CEDR à titre individuel.*

*Par ailleurs, le présent document doit être considéré comme un guide et ne comporte aucun caractère contraignant.*

**Approuvé et amendé par :** COMITE EXECUTIF DE LA CEDR le 7 mars 2013

**A l'intention de :** CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA CEDR le 15 mai 2013

**Edité et publié par :** Secrétariat général de la CEDR

**ISBN : 979-10-93321-03-5**

## Avant propos

Le groupe technique Sécurité routière (GTSR) de la CEDR est fier d'avoir produit l'un des plus importants documents de ces dernières années sur le thème des routes qui pardonnent consacré plus particulièrement aux abords de la route.

La CEDR ayant identifié la conception de routes qui pardonnent comme l'une des principales priorités de son plan stratégique 2009–2013, une équipe chargée d'étudier cette question fut créée au sein de son GTSR, sous la direction de Francesca La Torre, représentante de l'ANAS, Italie.

Le présent rapport du GTSR de la CEDR reflète les travaux entrepris dans le cadre du projet ERANET 'IRDES'. Mme La Torre était l'un des membres du groupe et est le principal auteur de ce rapport.

Par chance pour le GTSR de la CEDR, plusieurs de ses membres siégeaient au conseil exécutif du programme ERANET (CEP) et ont ainsi pu suivre et guider le projet tout au long de son évolution. De plus, les autres membres du GTSR de la CEDR ont participé par le biais de webinaires et de discussions avec l'équipe du projet à l'occasion des réunions régulières du GTSR. Ce document présente donc des recommandations claires pour les administrations routières (nationales) en Europe.

Les dispositifs routiers présentés dans ce « Guide de conception de routes qui pardonnent » sont les extrémités de glissières de sécurité, les bandes de rive sonores, les structures supports d'équipements routiers à sécurité passive et les largeurs d'accotement. Chacun de ces dispositifs est analysé séparément et fait l'objet d'un chapitre.

Au nom du GTSR de la CEDR, nous encourageons tous les praticiens qui travaillent dans le domaine de la sécurité routière à étudier ce document et à prendre en compte les bonnes pratiques qui y sont présentées.

Pour en savoir plus sur les routes qui pardonnent, vous pouvez consulter <http://www.irdes-eranet.eu/>. Des dispositifs de sécurité supplémentaires ont été analysés dans le rapport sur l'état de l'art et dans les études d'évaluation de leur efficacité.

Groupe technique Sécurité routière de la CEDR

## Résumé

L'analyse des accidents mortels sur les routes de l'Union européenne révèle que 45% de ces accidents n'impliquent qu'un seul véhicule. Ils sont classés dans la catégorie « sortie accidentelle de chaussée », le véhicule quittant la chaussée et se retrouvant sur le bas-côté.

On considère que l'abord de la route ne pardonne pas lorsque des objets dangereux, tels que des arbres, sont placés à une distance de la route telle que le risque d'accident grave augmente. Le concept de « route qui pardonne » (aussi appelé « route clémente ») vise à éviter les collisions entre les véhicules en détresse et des obstacles potentiels ou à minimiser les conséquences de ces collisions.

La CEDR ayant identifié la conception de routes qui pardonnent comme l'une des principales priorités de son plan stratégique 2009–2013, une équipe chargée d'étudier cette question fut créée au sein du groupe technique Sécurité routière (GTSR) de la CEDR.

Dernièrement, plusieurs projets ont été entrepris de par le monde dans le but de produire des lignes directrices pour la conception de routes qui pardonnent, et plusieurs normes nationales ont été élaborées. Pourtant, des approches différentes sont souvent proposées. Les conclusions des projets de recherche transnationaux visant à trouver des solutions harmonisées sont souvent très scientifiques, mais pas très viables dans la pratique et ne sont guère applicables.

À partir des conclusions d'une analyse détaillée de l'état de l'art, d'une étude des outils d'évaluation des dispositifs routiers et d'une étude de la littérature existante, notre groupe a produit un guide pratique pouvant être utilisé lors des projets de conception de sécurité routière et ce, grâce aux interactions que nous avons eues avec les administrations routières et les exploitants routiers (par le biais des webinaires organisés et des synergies avec le GT Sécurité routière de la CEDR). Les diverses interventions proposées sont liées à l'efficacité potentielle, estimée et définie dans le cadre de l'étude d'efficacité ainsi que dans d'autres communications pertinentes, et permettent au lecteur de réaliser une évaluation du rapport efficacité-coût avant de planifier un traitement donné.

L'un des problèmes analysés est celui de l'harmonisation des différentes normes existantes ou l'identification des raisons qui ont poussé à l'adoption de solutions différentes pour les mêmes traitements, afin de permettre aux concepteurs de choisir le meilleur traitement et d'évaluer correctement son efficacité.

Les dispositifs routiers étudiés dans ce guide sont les suivants :

- extrémités de glissières de sécurité
- bandes de rive sonores
- structures supports à sécurité passive pour les équipements routiers
- largeur de l'accotement

Chacun de ces dispositifs est analysé dans un chapitre séparé comprenant :

- une introduction,
- des critères de conception
- une évaluation de l'efficacité du dispositif
- des études de cas/exemples
- des références clé

Ce guide est un recueil harmonisé de bonnes pratiques en matière d'aménagements visant à rendre la route plus clémente. Le GT Sécurité routière de la CEDR recommande l'utilisation de ce guide à tous les praticiens qui travaillent dans le domaine de la sécurité routière.

En complément du texte principal de ce guide destiné aux concepteurs, l'annexe A fournit un aperçu exhaustif de l'état de l'art dans le domaine des routes qui pardonnent et une description détaillée des études menées dans le cadre de ce projet pour évaluer l'efficacité des divers traitements routiers de sécurité.

## Table des matières

Avant propos .....	3
Résumé .....	4
Abréviations .....	6
1. Introduction du guide de conception de routes qui pardonnent .....	7
1.1. Motivation et objectifs .....	7
1.2. Méthodologie .....	7
1.3. Définition des bords de route .....	8
1.4. Le guide des routes qui pardonnent dans le cadre des projets ERANET SRO1 .....	8
2. Extrémités de glissières de sécurité .....	9
2.1. Introduction .....	9
2.2. Critères de conception .....	10
2.3. Evaluation de l'efficacité .....	23
2.4. Etudes de cas/exemples .....	23
2.5. Références .....	24
3. Bandes sonores de rive .....	26
3.1. Introduction .....	26
3.2. Critères de conception .....	27
3.3. Evaluation de l'efficacité .....	37
3.4. Études de cas/exemples .....	40
3.5. Références .....	42
4. Structures supports à sécurité passive «fragilisées» pour les équipements routiers .	42
4.1. Introduction .....	42
4.2. Critères de conception .....	45
4.3. Evaluation de l'efficacité .....	52
4.4. Études de cas/exemples .....	54
4.5. Références .....	54
5. Largeur de l'accotement.....	54
5.1. Introduction .....	54
5.2. Critères de conception .....	55
5.3. Evaluation de l'efficacité .....	57
5.4. Études de cas/exemples .....	60
6. Conclusion et recommandations .....	61

7.	Avant-propos de l'Annexe A.....	71
8.	Obstacles le long des routes.....	71
8.1.	Obstacles fixes ponctuels.....	73
8.2.	Obstacles dangereux continus.....	78
8.3.	Obstacles dynamiques le long des routes.....	81
9.	Traitements rendant plus cléments les abords de la route.....	82
9.1.	Retrait et déplacement d'obstacles.....	83
9.2.	Modification des éléments en bord de route.....	94
9.3.	Protection des obstacles.....	100
10.	Identification des besoins supplémentaires en matière de recherche.....	108
	Annexe A - Références.....	109
	Annexe B : Glossaire.....	113

## Abréviations

Abréviation	Définition
AASHTO	<i>American Association of State et Highway Transportation Officials</i>
CEDR	<i>Conference of European Directors of Roads</i> Conférence Européenne des Directeurs des Routes
DRM	Deux roues motorisés
ERA-NET	<i>European Research Area Network</i> (réseau de recherche européen)
GT	Groupe technique
GTSR	Groupe technique Sécurité routière
HSM	<i>Highway Safety Manual</i> (manuel de sécurité routière)
IRDES	<i>Improving Roadside Design to Forgive Human Errors</i> (améliorer la conception des abords de la route pour pardonner l'erreur humaine)
NCHRP	<i>National Cooperative Highway Research Programme</i> (programme national coopératif de recherche routière)
RISER	<i>Roadside Infrastructure for Safer European Roads</i> (infrastructures routières pour des routes plus sûres en Europe)
RVS	<i>Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen</i> (Normes autrichiennes)
SVA	<i>Single-véhicule accident</i> (accident mono-véhicule)
TMJA	Trafic moyen journalier annuel
TRB	<i>Transportation Research Board</i>

# 1. Introduction du guide de conception de routes qui pardonnent

La CEDR ayant identifié la conception de routes qui pardonnent comme l'une des principales priorités de son plan stratégique 2009–2013, une équipe chargée d'étudier les routes qui pardonnent fut créée au sein du groupe technique Sécurité routière (GTSR) de la CEDR.

L'objectif du présent document est de compiler et d'harmoniser des normes et lignes directrices communes pour les traitements des abords de la route. Ce rapport présente les obstacles dangereux que l'on rencontre couramment le long des routes et qui doivent faire l'objet de contre-mesures. La partie principale du présent rapport comprend les résultats et conclusions tirés de la littérature existante en la matière, des lignes directrices et des normes relatives aux aménagements routiers.

## 1.1. Motivation et objectifs

Tous les ans en Europe, quarante trois mille (43 000) personnes perdent la vie dans un accident de la route. Le projet RISER a démontré que, bien que sur l'ensemble des accidents de la route seulement 10% n'impliquent qu'un seul véhicule (généralement, en sortie de route), ce taux passe à 45% lorsqu'on ne considère que les accidents mortels [1]. L'un des principaux facteurs de ces sorties de route mortelles est la conception des bords de route qui « ne pardonnent pas ».

Plusieurs études ont été menées au cours des quelques dernières années en vue de concevoir des abords de route qui permettent de rattraper (pardonner) l'erreur humaine. Toutefois, les éléments suivants font encore cruellement défaut :

- un guide pratique et uniforme permettant aux concepteurs d'améliorer la nature « clémente » de la route;
- un outil pratique permettant d'évaluer (de façon quantitative) l'efficacité d'une mesure d'aménagement du bord de route donnée.

Le présent document a pour but de présenter une synthèse des traitements de pointe permettant de rendre les routes plus clémentes, et d'harmoniser les normes et lignes directrices en vigueur actuellement.

## 1.2. Méthodologie

A partir des conclusions du projet ERANET IRDES et avec une contribution éditoriale du GTSR de la CEDR, un manuel de conception a été élaboré pour aider l'utilisateur à concevoir correctement des traitements routiers soigneusement choisis et à évaluer leur efficacité en termes de réduction potentielle du nombre et de la gravité des accidents. Les dispositifs routiers couverts par le présent « Guide de conception de routes qui pardonnent » sont les suivants :

- extrémités de glissières de sécurité
- bandes de rive sonores
- structures supports à sécurité passive pour les équipements routiers
- largeur de l'accotement

Chacun de ces dispositifs sera analysé dans un chapitre séparé de ce guide.

D'autres dispositifs routiers ont été analysés dans le rapport sur l'état de l'art (annexe A) et dans les études d'évaluation d'efficacité [2]. Dans ces études, les effets sécuritaires potentiels de ces traitements (accotements stabilisés, accotements non stabilisés, glissières de sécurité) dans les virages serrés ont été analysés et une procédure pour l'évaluation de l'efficacité d'aménagements spécifiques est proposée.

### 1.3. Définition des bords de route

Selon le projet RISER [1][1], le bord de route (ou « bordure de la route » ou « abord de la route ») est défini comme étant la zone qui se trouve au-delà de la ligne de rive de la chaussée. Dans la littérature, on trouve des points de vue divergents quant aux éléments faisant ou non partie du bord de route. Dans le présent guide, le terre-plein central est considéré comme faisant partie du bord de la route, puisqu'il définit la zone entre deux chaussées sur les routes à chaussées séparées. Par conséquent, tous les éléments situés sur le terre-plein central sont également considérés comme des éléments de bord de route. La Figure 1 présente une coupe transversale de la plateforme (coupe avec déblai et remblai) comprenant certains éléments du bord de route. Dans ce schéma, le bord de route est la zone qui se situe au-delà des voies de circulation (ou chaussée). Les accotements font donc partie du bord de la route puisque le marquage de voie définit la limite latérale de la voie de circulation. Les talus, zones de dégagement (aussi appelées « zones de sécurité ») ou l'arbre sont des exemples d'éléments en bord de route faisant l'objet d'une analyse détaillée à l'annexe A.

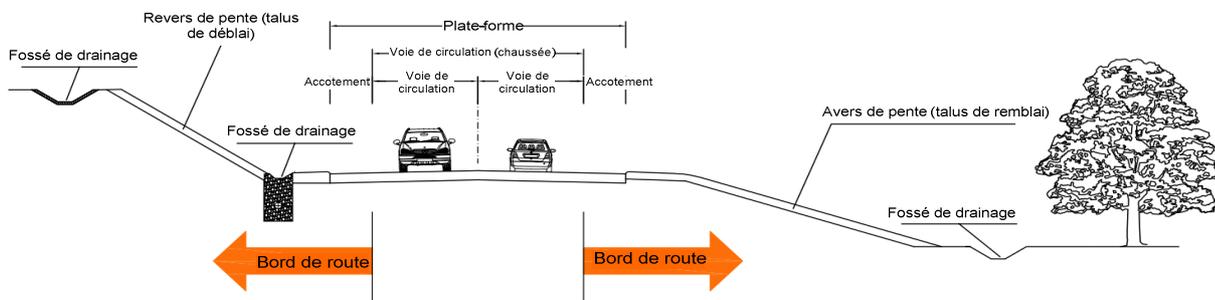


Figure 1 : Coupe transversale de la chaussée avec des exemples d'éléments riverains (de bord de route)

### 1.4. Le guide des routes qui pardonnent dans le cadre des projets ERANET SRO1.

Ce projet est l'un des cinq projets financés dans le cadre du programme ENR SRO1 « *Safety at the Heart of Road Design* » (la sécurité au cœur de la conception des routes) visant à améliorer la sécurité routière en sensibilisant et facilitant l'acceptation d'une mise en œuvre commune de solutions de sécurité routière s'inscrivant dans le droit fil des concepts de **lisibilité de la route** et de **routes qui pardonnent**, pour tenir compte des facteurs humains et de la tolérance humaine.

Afin de définir des programmes de sécurité intégrés alliant les deux concepts, de lisibilité de la route et de routes qui pardonnent, et pour s'assurer que l'articulation entre ces deux concepts est prise en compte pendant le processus de conception, les résultats de ce projet doivent être lus à la lumière des résultats des quatre autres projets.

Pour en savoir plus sur le programme ERANET SRO1, vous pouvez consulter : [http://www.eranetroad.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=74](http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=74).

#### 1.4.1. Routes qui pardonnent et lisibilité de la route

La lisibilité de la route (routes explicites) et les routes qui pardonnent (routes clémentes) sont deux concepts de conception des routes distincts qui visent tous deux à réduire le nombre d'accidents sur l'ensemble du réseau routier. Le présent rapport couvre uniquement les routes qui pardonnent. Toutefois, il convient de définir plus avant les termes « explicite/lisibilité » afin de les distinguer des termes « clémente/qui pardonne ».

Selon [4][4], la lisibilité de la route repose sur l'idée qu'une vitesse ou un comportement adéquats du conducteur peuvent être induits par l'agencement de la route elle-même. Ceci permet de réduire les besoins en termes de panneaux de danger ou de limitation de vitesse. On sait que, généralement, la multiplication des panneaux routiers dans des situations de circulation complexes peuvent générer un trop-plein d'information et augmenter le risque d'erreur de conduite. Herrstedt [5][5] affirme qu'une infrastructure sûre repose sur une conception adaptée aux usagers de la route, des différents éléments routiers tels que le marquage au sol, les panneaux, la géométrie, les équipements, l'éclairage, le revêtement de la route, la gestion du trafic et de la vitesse, le code de la route etc. L'idée qui sous-tend la lisibilité de la route est celle d'une conception des routes qui permet d'optimiser l'assemblage de tous ces éléments.

**Bref, la lisibilité de la route vise à éviter les erreurs de conduite, alors que les routes qui pardonnent visent à minimiser leurs conséquences.** La première priorité des routes qui pardonnent est de limiter les conséquences d'un accident causé par une erreur de conduite, un dysfonctionnement du véhicule, de mauvaises conditions de circulation ou une chaussée en mauvais état. Il convient donc de se focaliser sur des traitements qui permettent de remettre le véhicule en détresse sur la voie de circulation afin de réduire les accidents corporels ou mortels en sortie de route. Lorsque le véhicule heurte quand même un élément routier, la seconde priorité est de réduire la gravité de l'impact. En d'autres termes, l'abord des routes doit pardonner au conducteur ses erreurs en minimisant la gravité des accidents en sortie de route.

Les routes qui pardonnent dépendent de la conception et de l'équipement des abords de la route. Toutefois, l'abord des routes est aussi une composante du champ de vision du conducteur qui influence son comportement. Selon les lignes directrices de l'AIPCR sur les facteurs humains [6][6], un champ de vision bien conçu permet d'améliorer la sécurité routière.

Ainsi, des bords de route bien conçus permettent d'atteindre les deux objectifs : la lisibilité et la clémence de la route.

Les critères de conception d'une route qui pardonne (fournis dans ce document) doivent s'articuler avec les critères de conception permettant la lisibilité de la route. Il convient donc de procéder à une analyse de compatibilité détaillée avant de finaliser la conception des abords de la route.

## 2. Extrémités de glissières de sécurité

### 2.1. Introduction

Les barrières de sécurité (aussi appelées « glissières de sécurité ») sont des aménagements routiers qui pardonnent et sont conçues de sorte à protéger les véhicules des obstacles dangereux et/ou à éviter les sorties de route. Toutefois, les extrémités ou les raccordements entre deux types de barrières différents peuvent, à leur tour, représenter un danger. Les extrémités des barrières de sécurité sont considérées comme dangereuses lorsque l'origine ou la fin de file n'est pas adéquatement ancrée ou abaissée au sol ou lorsque qu'elle n'est pas évasée et ne s'écarte pas de la chaussée [7]. La base de données RISER dénombre quarante et un accidents lors desquels les glissières étaient les seuls obstacles en cause. Dans quatorze cas (c.-à-d. 34,1%), le bout de la glissière avait été heurté. Les collisions impliquant des extrémités de glissières « qui ne pardonnent pas » résultent, le plus souvent, en une pénétration de l'habitacle.

Cette section du « Guide de conception de routes qui pardonnent » propose des lignes directrices pratiques sur comment concevoir correctement une extrémité de barrière de sécurité et sur comment évaluer l'efficacité du remplacement d'extrémités non protégées par des extrémités qui résistent aux chocs.

## 2.2. Critères de conception

### 2.2.1. Extrémités non protégées ou extrémités qui résistent aux chocs

Une extrémité non protégée (aussi appelée extrémité « exposée ») est une extrémité de glissière de sécurité qui est parallèle (ou quasi parallèle) à la voie de circulation, qui se trouve dans la zone de sécurité en bord de route (Figure 2) et qui, en cas de collision frontale, risque d'arrêter la course du véhicule brutalement avec des éléments de la glissière pénétrant dans le véhicule ou provoquant son retournement après impact contre l'extrémité (Figure 3). Les extrémités qui résistent aux chocs sont des dispositifs qui visent soit à rediriger le véhicule vers la chaussée, soit à assurer une décélération en toute sécurité du véhicule après un choc frontal avec le nez d'extrémité.



Figure 2: Extrémités non protégées (ou « exposées »)



Figure 3: Collision frontale avec une extrémité de glissière non protégée [8][8]

## 2.2.2. Extrémités amortissant ou non les chocs (absorption d'énergie)

Les extrémités résistantes aux chocs peuvent être conçues de telle sorte à rediriger le véhicule vers la chaussée ou à l'arrêter net, afin qu'il ne puisse pas franchir la glissière. Le premier type d'extrémité s'appelle « extrémité en trompette », car l'alignement de l'extrémité s'écarte de l'alignement de la rive de la chaussée (Figure 4). Le deuxième type d'extrémité s'appelle « extrémité parallèle », car l'alignement de l'extrémité reste parallèle à la rive de la chaussée (Figure 5). Les extrémités parallèles ont pour vocation d'arrêter le véhicule; elles doivent être traitées comme des dispositifs d'amortissement de chocs (à absorption d'énergie) et doivent être testées conformément à la norme ENV 1317-4 (qui sera remplacée par la norme EN 1317-7, comme expliqué au chapitre 2.5.1 **2.5.1**). Les extrémités en trompette ne sont généralement pas conçues pour absorber une quantité importante d'énergie cinétique lors d'une collision frontale et sont donc considérées comme des dispositifs non-amortisseurs de choc, même s'il existe quelques produits (surtout sur le marché américain) qui sont en trompette et amortissent les chocs.



Figure 4: Extrémité en trompette [9][9]



Figure 5 : Extrémité parallèle [1]**11**

Les extrémités parallèles peuvent être implantées en retrait (de 0,3 m à 0,6 m) par rapport à l'alignement de la glissière (sur toute la longueur de l'extrémité) afin de minimiser les impacts contre le nez d'extrémité. Les extrémités en trompette requièrent généralement un déport de 1,2 m, mais certains dispositifs ont donné de bons résultats lors d'essais avec des déports inférieurs à 0,9 m. Dans la mesure où les extrémités en trompette sont plus éloignées de la voie de roulement, le risque de choc frontal est moins élevé et le véhicule a plus de chances d'être redirigé vers la chaussée sans décélération brutale.

D'un autre côté, lors d'essais d'impact impliquant des extrémités qui n'absorbent pas l'énergie, des véhicules n'ayant pas freiné ont parcouru plus de 75 m derrière et parallèle à la glissière ou au-dessus de celle-ci en cas de choc frontal à grande vitesse.

Les extrémités qui absorbent l'énergie ont démontré qu'elles pouvaient arrêter la course du véhicule après impact sur une distance assez courte (généralement inférieure ou égale à 15 m, en fonction du type d'extrémité) lors de chocs frontaux à grande vitesse contre le nez d'extrémité. Toutefois, lorsque l'extrémité est parallèle, la probabilité de heurter le nez est plus élevée que lorsque l'extrémité est en trompette et la gravité du choc pour les occupants du véhicule peut être extrêmement élevée si le véhicule percute le nez alors qu'il glisse à un angle d'environnement considérable.

La décision d'utiliser soit une extrémité qui amortit les chocs, soit une extrémité qui ne les amortit pas doit donc être fondée sur la probabilité d'un choc frontal avec l'origine ou fin de file et sur les caractéristiques de la zone de récupération qui se situe immédiatement derrière et au-delà de l'extrémité. Si la « longueur nécessaire » de la barrière (Cf. chapitre 2.2.52.2.5) est correctement calculée et garantie et donc l'extrémité est placée dans une zone où une barrière de sécurité n'est pas nécessaire, il est peu probable qu'un véhicule atteigne l'obstacle protégé après un choc frontal et ce, quel que soit le type d'extrémité choisi. Par conséquent, lorsque le terrain au-delà de l'extrémité et immédiatement derrière la glissière est traversable en toute sécurité, on optera de préférence pour une extrémité en trompette.

Si, à cause de contraintes locales, la longueur nécessaire correcte ne peut être garantie ou si la surface au-delà de l'extrémité et immédiatement derrière la glissière n'est pas traversable en toute sécurité, il est recommandé d'installer une extrémité qui amortit les chocs.

### **Extrémités en trompette sans absorption d'énergie**

L'avantage d'opter pour une extrémité en trompette qui n'absorbe pas l'énergie est qu'il existe des produits génériques pouvant être installés comme about d'extrémité sur toute lisse à double ondulation en acier. Les extrémités en trompette non-amortissantes les plus répandues sont les *Eccentric Loader Terminal* (ELT) et *Modified Eccentric Loader Terminal* (MELT).

L'ELT est un dispositif générique évasé dont l'extrémité consiste en un nez à levier en acier à l'intérieur d'un gros tuyau en tôle d'acier ondulée (Figure 6).

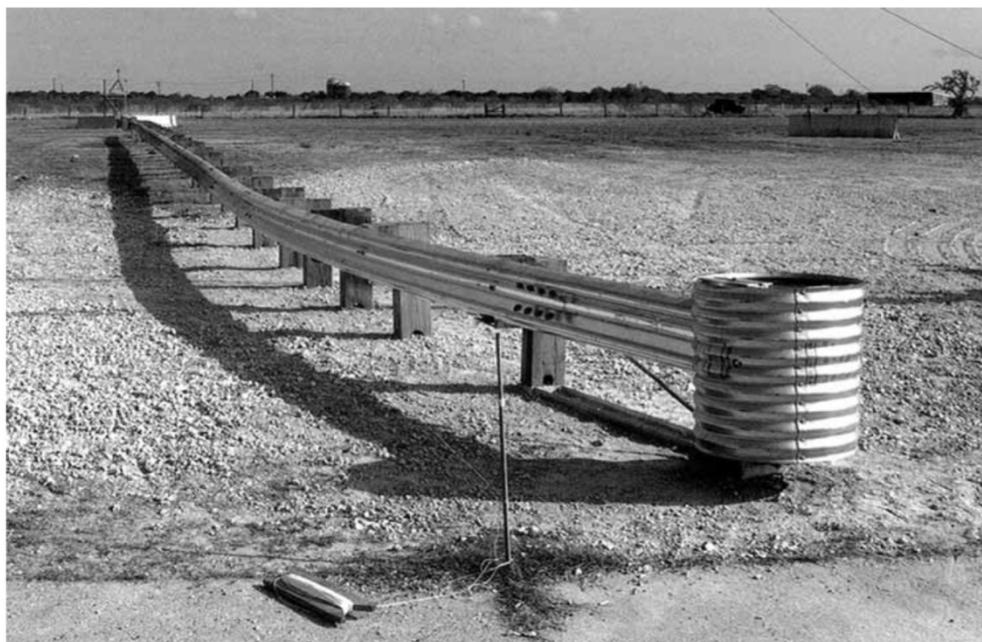


Figure 6 : Extrémité générique de type *Eccentric Loader Terminal* (ELT) [10][10]

L'ELT a une longueur de 11,4 m et est conçue avec un évasement incurvé qui place le poteau d'extrémité à 1,2 m en retrait de la chaussée. Ce rayon de courbure est essentiel pour l'obtention de bonnes performances en cas d'impact. La lisse doit être mise en forme sur place, et tous les supports doivent être en bois. Le point de longueur nécessaire, qui est le point après lequel un véhicule en détresse ne peut pas franchir l'extrémité (voir chapitre 2.2.52.2.5), se situe à 3,81 m de l'extrémité.

L'extrémité MELT est une variante modifiée de l'ELT et plusieurs configurations existent de par le monde sous le nom de MELT ou WAMELT ou un nom analogue. La version décrite dans le Manuel de conception des bordures de routes de l'AASHTO (*AASHTO Roadside Design Guide*) (Figure 7, [10][10]) a été testée conformément au NCHRP Report 350 TL-2 pour une utilisation sur des routes à faible vitesse de circulation. Cette extrémité a une longueur de 11,4 m et est conçue avec un évasement parabolique qui place le dernier poteau à 1,2 m en retrait de la chaussée et le point de longueur nécessaire se situe à 3,8 m de l'extrémité.

Plusieurs autres extrémités MELT, telles que celles utilisées en Oregon, USA [11], et les extrémités WAMELT utilisées en Australie (Figure 8, [12][12]) sont testées conformément à la norme NCHRP Report 350 classe TL-3, à une vitesse de 100 km/h et peuvent donc être considérées comme équivalentes à une extrémité P3 conforme à la norme ENV 1317-4 (Cf. chapitre 2.5.12.5.1) même si, techniquement, elles n'ont pas été soumises aux essais prévus par les normes du CEN.



Figure 7: Extrémité générique de type *Modified Eccentric Loader Terminal (MELT)* pour le niveau TL-2 [10]

[10]

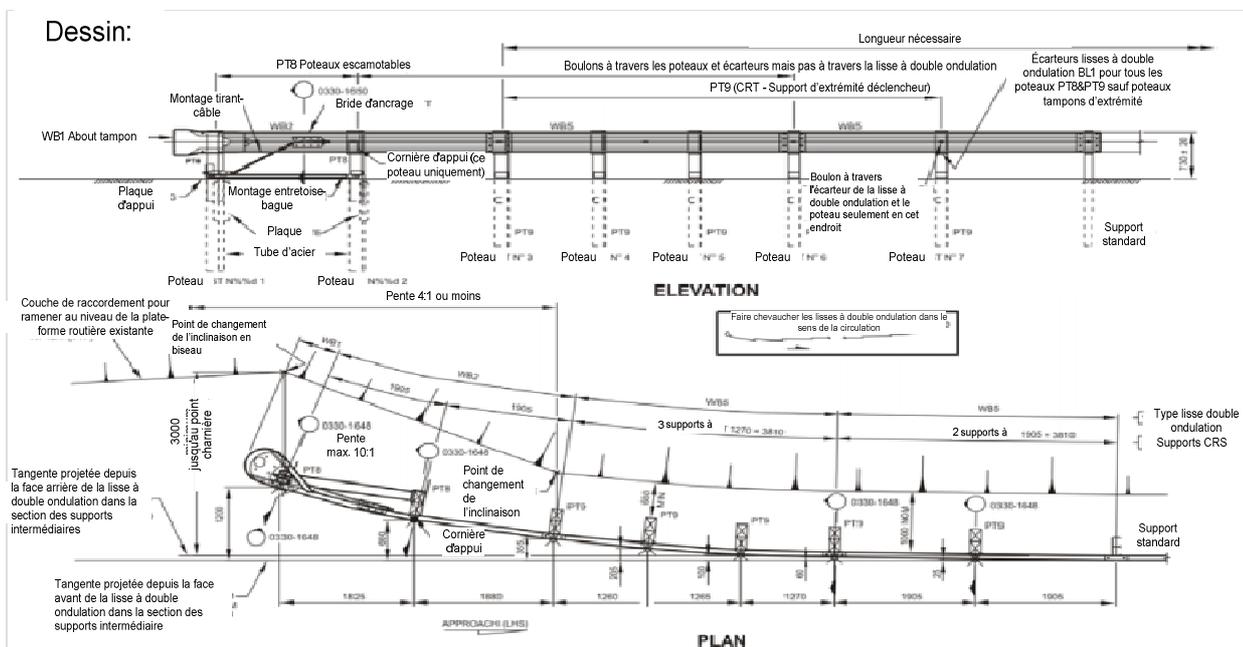


Figure 8 : *Australian Modified Eccentric Loader Terminal (WAMELT)*, extrémité générique de niveau TL-3 [12] 12

Dans plusieurs pays, les extrémités en trompette qui n'absorbent pas l'énergie sont acceptées sur la base de leurs critères de conception sans obligation d'effectuer des essais de chocs (comme prévu désormais dans la version actuelle de la norme prEN 1317-7). Toutefois, leur conception est très semblable à celle des extrémités MELT, comme le montre la Figure 9. Cette même approche est souvent utilisée en Italie pour la conception de nouvelles glissières de sécurité autoroutières. Dans les autres pays (par ex. l'Allemagne), seuls les dispositifs soumis à des essais conformes à la norme ENV 1317-4 sont autorisés.

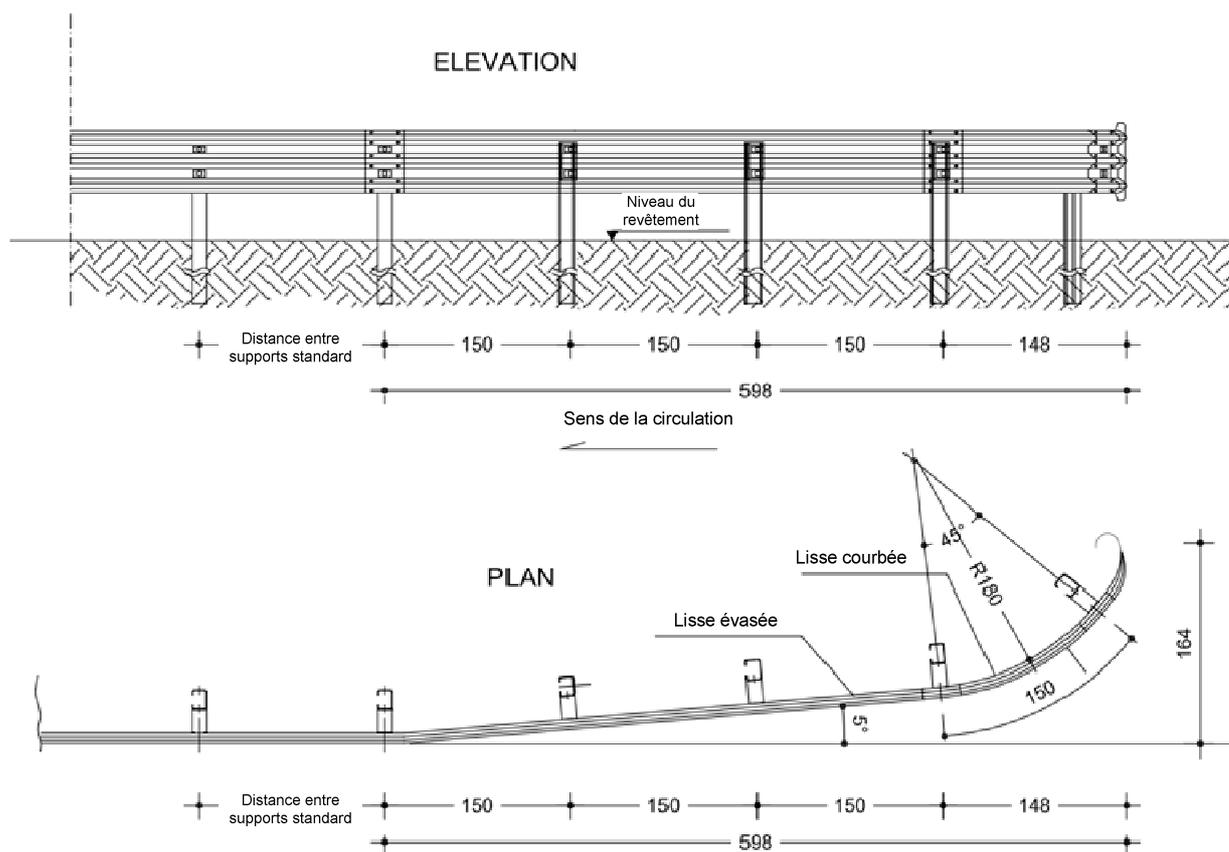


Figure 9: Extrémité en trompette utilisée dans la plupart des installations autoroutières italiennes

Pour évaluer l'efficacité de ce type d'extrémité, sa résistance à l'impact pourrait être jaugée soit grâce à des essais d'impact véritable, soit par simulations numériques.

Les extrémités abaissées (et tournées vers le sol) (Figure 10, gauche) ou en trompette enterrées au sol (Figure 10, droite), jadis très utilisées dans de nombreux pays, sont désormais remplacées sur les nouvelles routes par des extrémités en trompette à hauteur constante car la rampe longitudinale formée par la lisse abaissée vers le sol risque de faire passer le véhicule par dessus la barrière et ce type d'extrémité est interdit dans plusieurs pays (comme le Royaume-Uni sur les routes où la vitesse autorisée est supérieure ou égale à 80 km/h). Notons toutefois que certaines études menées sur le terrain dans plusieurs pays (par ex. en Allemagne) sur ces extrémités n'ont pas permis de confirmer cet effet de rampe. En Allemagne, les extrémités simplement abaissées (sans déport) sont autorisées sur les routes unidirectionnelles à deux voies et ont été testées conformément à la norme ENV 1317-2 pour la classe P2U (12-m *Regelabsenkung*). Lorsqu'on implante des extrémités en trompette enterrées au sol, celles-ci ne fonctionnent correctement que si la partie enterrée dans le sol est assez éloignée de la chaussée.

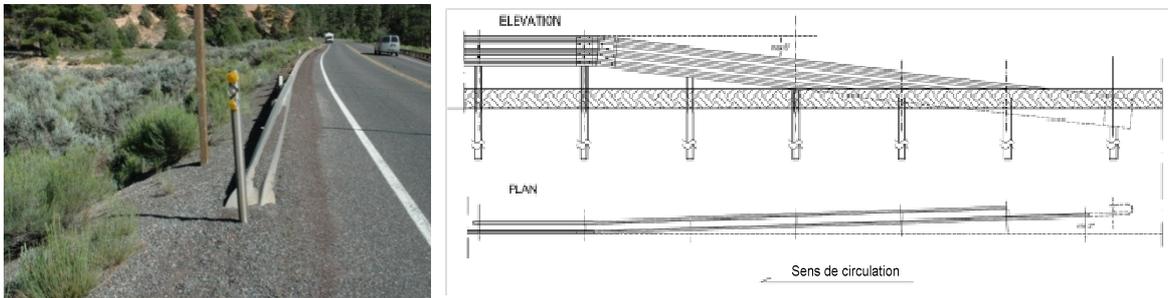


Figure 10: Extrémité abaissée (gauche) et extrémité enterrées au sol, en trompette (droite)

Sur les axes à deux sens de circulation, les origines et les fins de files doivent résister aux chocs car les collisions frontales peuvent se produire aux deux extrémités. Sur les routes unidirectionnelles, la fin de file peut être simplement abaissée (sans déport) ou peut même rester sans protection.

### **Extrémités parallèles à absorption d'énergie**

La plupart des extrémités capables d'absorber l'énergie sont des produits commerciaux exclusifs. Pour pouvoir les utiliser sur le territoire de l'UE, ils doivent avoir été soumis à des essais conformes à la norme ENV 1317-4 [13] [13] (en vigueur actuellement) et EN 1317-7 (lorsqu'elle sera officiellement publiée par le CEN (Cf. chapitre 2.5.12.5.1)). L'une des rares extrémités génériques à absorption d'énergie est le système *Midwest Guardrail System (MGS) Terminal* (Figure 11). Il a été testé aux Etats-Unis conformément au NCHRP350. Pour qu'il puisse être utilisé dans l'UE, il faudrait le soumettre aux essais prévus par la norme ENV 1317-4.



Figure 11 : Extrémité générique Midwest à absorption d'énergie

Comme signalé au chapitre 2.5.12.5.1, lorsque l'on utilise une extrémité à absorption d'énergie dans l'UE, une classe de performance doit être déterminée en conformité avec ENV 1317-4. Certaines normes nationales donnent des indications sur la classe de performance minimale à appliquer en fonction de la vitesse autorisée.

Le Tableau 1 donne les classes de performance minimales requises par la norme italienne pour les barrières de sécurité [14][14]. En l'absence de tels critères au niveau national, les critères ci-dessous peuvent servir d'orientations.

Tableau 1 : Extrémités à absorption d'énergie : classes de performance minimales conformes à la norme ENV 1317-4 telles qu'exigées par la norme italienne [14] [14]

Vitesse autorisée (V)	Classe de performance minimale
$V \geq 130$ km/h	P3
$90$ km/h $\leq V < 130$ km/h	P2
$V < 90$ km/h	P1

La norme allemande [15] impose que toutes les extrémités en amont (origine de file) et en aval (fin de file) soient soumises à des essais conformes à ENV 1317-4 pour la class P2, et stipule aussi que :

- pour les routes à chaussée unique bidirectionnelle à deux voies (une voie dans chaque sens), on doit utiliser des dispositifs P2A (avec l'origine et la fin de file agissant dans les deux sens de circulation);
- pour les routes unidirectionnelles à deux voies, des dispositifs P2U doivent être utilisés (avec l'origine et la fin de file agissant uniquement dans le sens de la circulation).

En cas d'utilisation d'une extrémité qui amortit les chocs, il est indispensable de s'assurer que l'extrémité envisagée est compatible avec l'ensemble du dispositif de la glissière. Les extrémités sont testées conformément à la norme ENV 1317-4 et sont raccordées à une file longitudinale spécifique, ce qui peut influencer sur le comportement général de l'extrémité. Si l'extrémité est utilisée avec une file différente, le concepteur doit vérifier leur compatibilité afin de garantir les mêmes performances du dispositif sur le terrain.

### 2.2.3. Extrémités enfouies dans le revers de pente

Si l'extrémité de la barrière est située sur un déblai, on peut opter pour un enfouissement de l'extrémité dans le revers de pente (Figure 12).

Selon le Manuel de conception des bords de route de l'AASHTO[10], ce système permet d'isoler totalement les obstacles identifiés, d'éliminer toute possibilité de choc frontal avec l'extrémité et de minimiser, pour le véhicule, le risque de franchissement de la glissière, à condition que la conception du dispositif respecte les critères suivants :

- le dénivelé du talus qui couvre la fin de file doit être quasi vertical, par ex. 1V:2H, ainsi il devient effectivement une extension de la face de la barrière et les automobilistes ne peuvent, physiquement, pas franchir l'extrémité. La longueur nécessaire démarre à l'endroit où l'installation traverse le fond du fossé;
- En présence d'un avers de pente entre la chaussée et le revers, on peut tout de même enfouir l'extrémité dans le revers de pente à condition que le dénivelé de l'avers soit inférieur à 1V:4H. Dans ce cas de figure, la hauteur de la lisse à double ondulation doit rester constante par rapport à la surface de l'accotement jusqu'à ce que la glissière traverse le fond du fossé. Lorsque la hauteur entre le sol et la partie inférieure de la lisse à double ondulation est supérieure à environ 460 mm, il faut ajouter une lisse supplémentaire sous la glissière à double ondulation afin de minimiser le risque d'encastrement des roues sur les poteaux.

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, il faut installer une extrémité résistante aux chocs (avec ou sans absorption d'énergie).



Figure 12 : Extrémité enfouie dans un revers de pente [1]<sup>11</sup>

#### 2.2.4. Terre-plein central

L'extrémité des glissières des terre-pleins centraux demeure une question très critique et ces extrémités doivent être évitées dans la mesure du possible. On leur préférera par exemple des glissières démontables permettant le basculement du trafic à travers le terre-plein central. Si une extrémité de glissière doit vraiment être installée (par ex. lorsqu'une chaussée unique est dédoublée et se scinde en deux chaussées avec glissière le long du terre-plein central), elle devra toujours être de type « parallèle à la chaussée avec absorption d'énergie ». Toutefois, l'extrémité devra être conçue spécifiquement pour les terre-pleins centraux et testée pour résister aux impacts arrière (position 5 kg B) conformément à la norme ENV 1317-4 [13][13]. Ce qui signifie que le dispositif doit être classé pour une utilisation à un emplacement de classe « A » (ALL : pouvant être percuté tant en amont qu'en aval) conformément à ENV 1317-4. Les extrémités testées uniquement pour les classes « U » ou « D » (Cf. chapitre 2.5.12.5.1) ne peuvent pas être utilisées pour les terre-pleins centraux. Dans la mesure du possible, l'extrémité doit être symétrique car elle peut être heurtée latéralement des deux côtés.

De plus, en cas d'impact par un véhicule en détresse, l'extrémité doit se comporter de telle sorte à ne pas déporter ou projeter des pièces désolidarisées sur la voie en sens inverse.

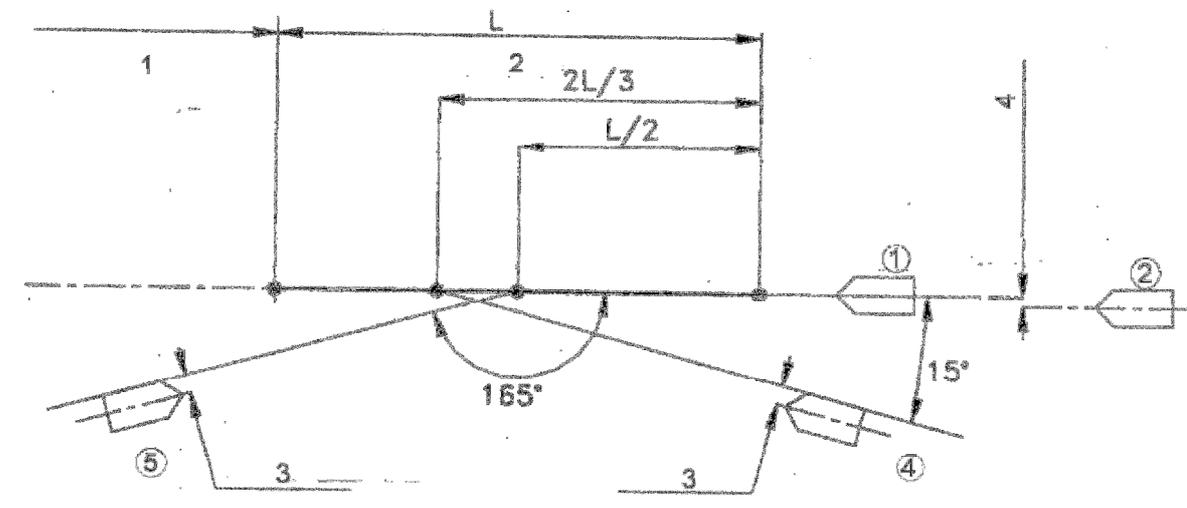


Figure 13 : Positions pour les essais sur extrémités parallèles conformément à EN 1317-4 [13] [13]

### 2.2.5. Longueur nécessaire

Pour des impacts à un angle supérieur ou égal à 15° au premier support, toutes les extrémités de glissières à double ondulation se comportent plus ou moins de la même façon et les véhicules qui les percutent, transpercent ou franchissent l'extrémité et poursuivent leur course au-delà de la barrière et derrière jusqu'à leur arrêt sécurisé (Figure 14).



Figure 14 : Résultat d'un impact sur les premiers poteaux d'une extrémité [1] **11**

Pour chaque extrémité, les fabricants doivent fournir le point de « longueur nécessaire », c'est-à-dire le point au-delà duquel la file longitudinale à laquelle l'extrémité est raccordée est considérée comme apte à offrir la même résistance que celle mesurée pendant les essais de chocs prévus par la norme EN 1317-2.

Notons que si l'extrémité n'a pas été conçue de telle sorte à assurer l'ancrage de la glissière, le point de longueur nécessaire peut se trouver en aval de la limite de l'extrémité.

L'emplacement du point de « longueur nécessaire » par rapport au premier obstacle devant être protégé par une glissière (soit un obstacle saillant, soit l'entrée d'un pont ou toute autre zone de risque) est un élément essentiel dans la conception des bords de route.

Selon le Manuel de conception des bords de route de l'AASHTO, la longueur nécessaire peut être déterminée en fonction de la vitesse de référence et du trafic moyen journalier (Fig. 15). Selon les lignes directrices RISER, la longueur nécessaire peut être définie pour un véhicule sortant de la chaussée à un angle  $\alpha=5^\circ$  (Fig. 16). Cette hypothèse donne des valeurs semblables à celles du Manuel de l'AASHTO pour quasiment toutes les distances séparant l'obstacle de la chaussée sur les routes dont la limitation de vitesse est peu élevée (50-60 km/h) et ayant un faible trafic (jusqu'à 5000 véhicules/jour). Pour les routes à forte de circulation ou où la vitesse autorisée est élevée, le calcul basé sur un angle de  $5^\circ$  peut aboutir à une sous-évaluation de la longueur nécessaire. Dans ce cas, il est recommandé de procéder à une évaluation spécifique sur site.

La longueur nécessaire telle que définie ci-dessus vise uniquement à éviter les chocs entre des véhicules légers et des obstacles et peut ne pas être suffisante pour assurer un ancrage adéquat de la glissière lorsque celle-ci est heurtée par un poids lourd.

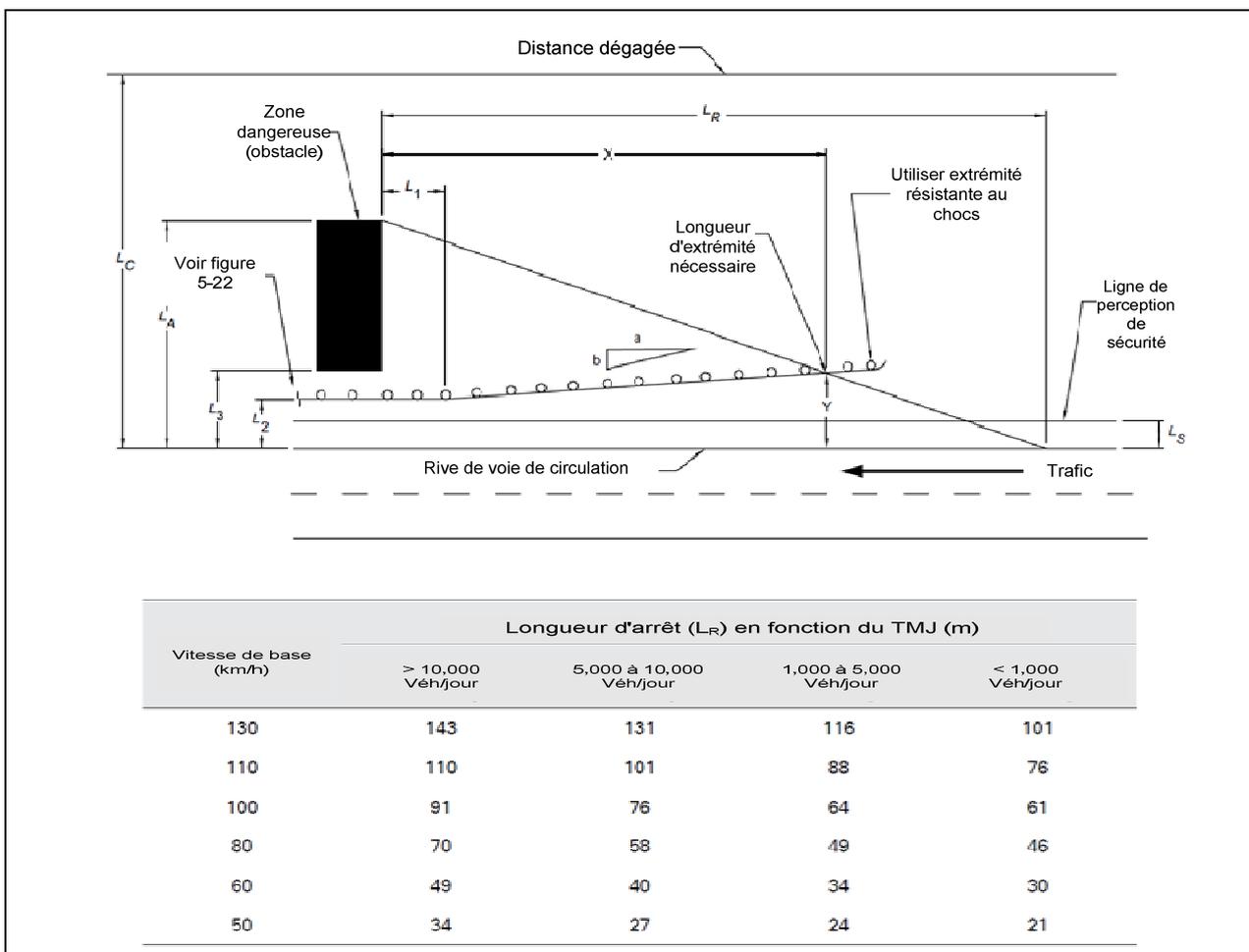


Figure 15 : Calcul de la longueur nécessaire (X) selon le Manuel de conception des bords de route de l'AASHTO [10] **10**

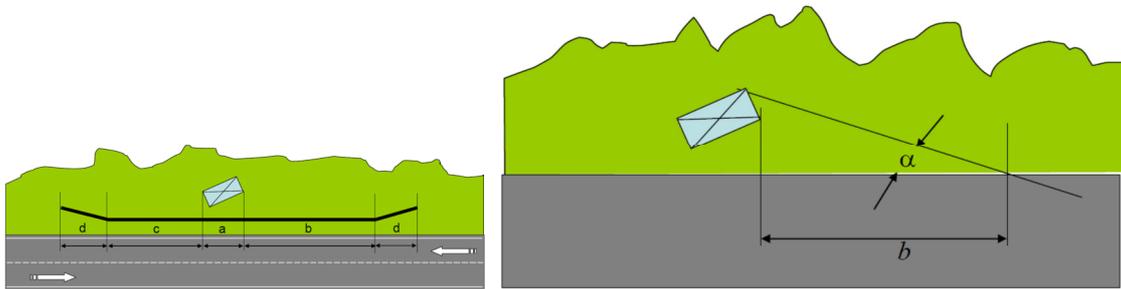


Figure 16: Calcul de la longueur nécessaire (b) selon les lignes directrices RISER [1] [1]

### 2.2.6. Conception d'extrémités à proximité d'un accès riverain

Lorsqu'une extrémité de glissière se trouve à proximité d'un accès riverain, la configuration habituelle des extrémités peut ne pas convenir et il sera alors nécessaire de concevoir une solution spécifique. La norme allemande « Lignes directrices pour la protection passive sur les routes par des systèmes routiers de retenue (RPS), Edition 2009 » propose un ensemble de solutions pour différentes configurations d'accès riverains. Le type d'extrémité (AEK) à adopter dépend de s'il est possible d'avoir un déport (extrémité en trompette) ou non (extrémité parallèle) et de si l'extrémité se trouve sur la chaussée principale ou sur l'accès riverain.

Si la glissière requiert un déport latéral, le taux de déport sera de 1:20 et pourra atteindre 1:2 dans des circonstances exceptionnelles. La glissière devra alors longer parallèlement la chaussée sur au moins 15 m avant le début de la zone dangereuse pour les routes à deux voies et sur au moins 10 m pour les routes à une voie.

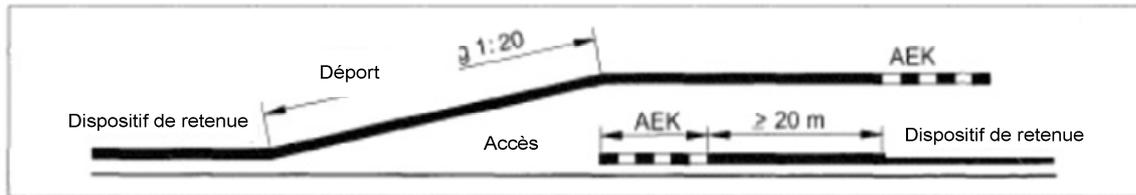


Figure 10 : interruption des dispositifs de retenue pour les routes d'accès

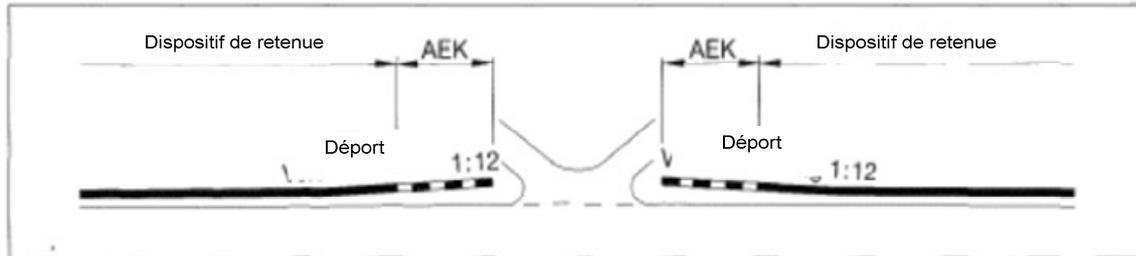


Figure 11 a : Interruption des dispositifs de retenue avec origine et fin de file et avec déport

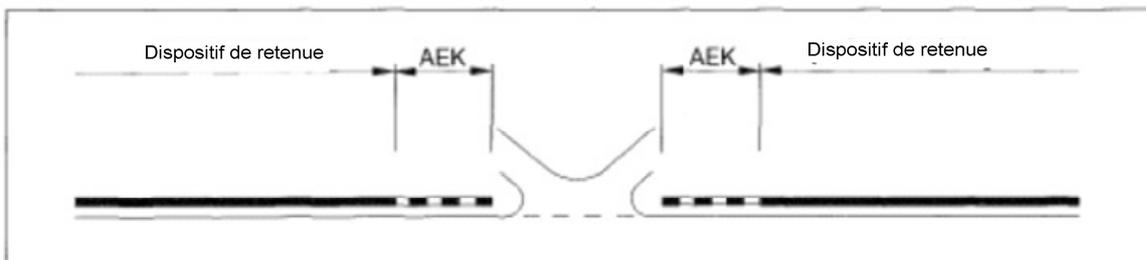


Figure 11 b : Interruption des dispositifs de retenue avec origine et fin de file sans déport

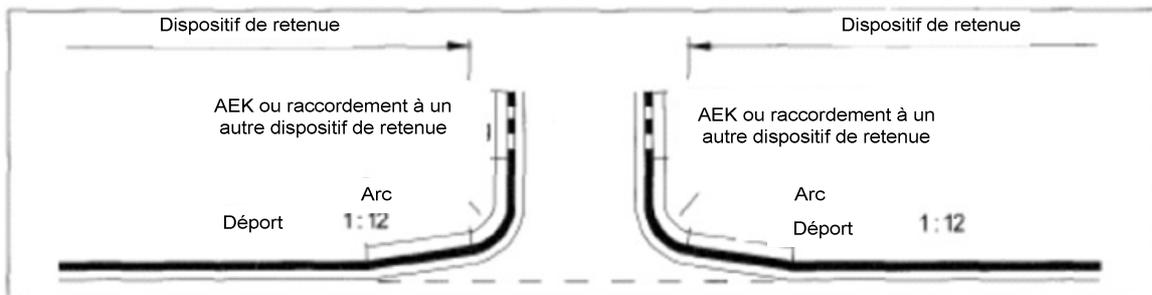


Figure 11 c : Interruption du dispositif de retenue avec courbure et déport

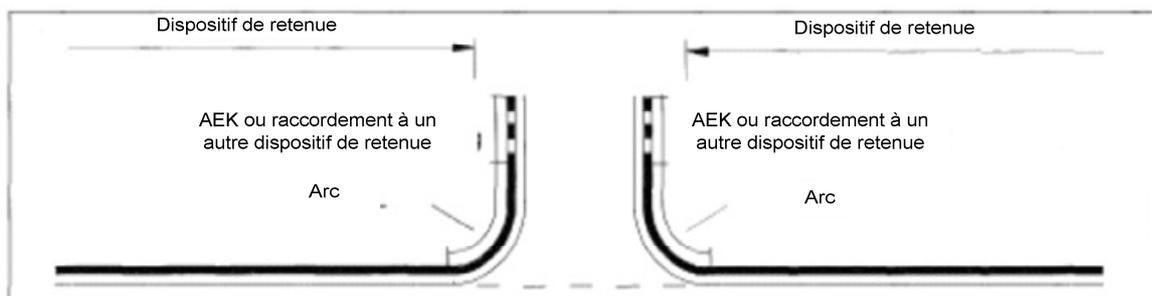


Figure 11 d : Interruption du dispositif de retenue avec courbure mais sans déport

Figure 17 : Configurations d'extrémités à proximité d'un accès riverain conformément aux lignes directrices allemandes [15] [15]

## 2.3. Evaluation de l'efficacité

Il est généralement admis que les extrémités des barrières de sécurité représentent un danger important le long des routes, pourtant, il n'existe actuellement aucune méthode permettant d'estimer quantitativement l'effet qu'aurait leur suppression en termes de sécurité.

Le rapport NCHRP Report 490 « Performances des barrières de sécurité en service » analyse plusieurs études portant sur les extrémités de barrières de sécurité. Mais il conclut que ces études visent essentiellement à comprendre le fonctionnement de telle ou telle extrémité et non à quantifier les effets d'un changement de configuration de l'extrémité [17][17].

Dans le manuel « *Highway Safety Manual* » récemment publié, la notation des risques en bord de route ne tient pas compte de la configuration des extrémités [18][18].

Cela s'explique, entre autres, par le fait que les collisions contre une extrémité sont rares et on ne peut pas procéder à des analyses classiques « avant/après » dans ces cas de figure.

Dans [2][2], une procédure permettant de déterminer un FMC (facteur de modification des collisions, *NdT : CMF en anglais*) pour le nombre d'extrémités non-protégées (ou exposées) a été définie et un FMC a été calculé à partir des données recueillies sur une partie du réseau rural secondaire de la province d'Arezzo. L'analyse statistique menée en Italie sur un réseau rural secondaire typique met en évidence une diminution sensible du nombre de collisions mortelles et corporelles lorsque l'on réduit le nombre d'extrémités non-protégées. Une équation pour calculer le facteur de modification des collisions (FMC) en fonction de la réduction du nombre d'extrémités non-protégées a ainsi pu être établie.

La formule établissant la corrélation entre le FMC et le nombre d'extrémités non-protégées par km (UT) est la suivante :

$$CMF = e^{0.02381 \times UT}$$

L'incidence du remplacement d'extrémités non-protégées par des extrémités en trompette ou qui amortissent les chocs n'a pas pu être établie car ce type d'extrémités n'a pas encore été installé sur le réseau analysé.

Notons toutefois, qu'une évaluation approfondie réalisée sur le terrain aux Etats-Unis [17], a mené à la conclusion que les extrémités en trompette n'absorbant pas l'énergie [17] (dans le cas d'espèce, les extrémités MELT et les extrémités à câble de retenue, BCT (*Breakaway Cable Terminal*), semblables à l'extrémité MELT mais avec un câble supplémentaire) ont de bonnes performances sur le terrain lorsqu'elles sont correctement installées. Les résultats insatisfaisants de certains aménagements sont généralement dus à une mauvaise installation (déport inadéquat, évasement incorrect ou autres défauts d'installation) ou à un manque d'entretien.

## 2.4. Etudes de cas/exemples

Les extrémités de glissières de sécurité (avec ou sans absorption d'énergie) sont désormais monnaie courante et ne sont plus en phase d'expérimentation. Le rapport NCHRP Report 490 « Performances des barrières de sécurité en service », publié en 2003 [17][17], donne un aperçu intéressant des performances, dans la pratique, de la plupart des dispositifs disponibles à l'époque.

Le Manuel de conception des bords de route de l'AASHTO Ed. 2010 [10][10] fournit une analyse détaillée des extrémités disponibles aux USA. Toutefois, il convient de rappeler que ces extrémités ne sont pas toutes conformes à la norme ENV 1317-4, d'application obligatoire sur le territoire de l'UE. Un tel inventaire pour le marché de l'UE n'existe pas pour l'instant.

## 2.5. Références

### 2.5.1. Normes

#### *Normes du CEN*

En novembre 2001, le CEN a publié une prénorme européenne, ENV 1317-4, qui couvrirait tant les extrémités que les raccordements (Dispositifs de retenue routiers - Partie 4 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les extrémités et raccordements des barrières de sécurité). Cette prénorme européenne (ENV) fut approuvée par le CEN le 30 septembre 2001 comme norme prospective d'application temporaire. Sa période de validité était initialement fixée à trois ans. Au bout de deux ans, les membres du CEN furent invités à soumettre leurs commentaires, notamment sur la possibilité de transformer l'ENV en norme européenne.

Bien que de nombreuses normes nationales fassent référence à la norme ENV 1317-4 eu égard à l'utilisation d'extrémités de glissières sur la voirie publique, cette « prénorme » ne fut jamais transformée en norme européenne et a, depuis, été supprimée de la liste des normes publiées dans le catalogue du CEN.

Deux nouveaux groupes de travail furent établis pour traiter séparément des raccordements et des extrémités, avec pour résultat les nouveaux projets de normes prEN 1317-4 (Dispositifs de retenue - Partie 4 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de chocs et méthodes d'essais pour les raccordements des glissières de sécurité et les glissières amovibles) et prEN 1317-7 (Dispositifs de retenue - Partie 7 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de chocs et méthodes d'essais pour les extrémités des glissières de sécurité).

L'ENV 1317-4 n'ayant jamais été publiée sous forme de norme européenne, elle ne fut pas intégrée dans la norme EN 1317-5, base du marquage CE pour les dispositifs de retenue. C'est pourquoi les extrémités ne peuvent pas recevoir le marquage CE. Toutefois, plusieurs pays exigent que les extrémités à absorption d'énergie implantées sur les voies publiques soient conformes aux critères d'ENV 1317-4.

L'ENV 1317-4 décrit les essais qu'il convient de mener pour déterminer la « classe de performance » d'une extrémité (P1 à P4, cf. Figure 18). Toutefois, comme déjà indiqué, elle définit également différents types d'essais, selon l'endroit où l'extrémité doit être implantée :

- U (*upstream* en anglais, amont), application la plus courante,
- D (*downstream* en anglais, aval), ou
- A (*All* en anglais, toutes), ce qui signifie que l'extrémité peut être percutée dans les deux sens, situation classique des terre-pleins centraux.

Classe de performance	Emplacement		Essais				
			Approche	Référence de l'approche	Masse du véhicule (kg)	Vitesse (km/h)	Code d'essai 1)
P1	A		frontal décalé d'1/4 par rapport au bord de la route	2	900	80	TT 2.1.80
P2	A	U	frontal décalé d'1/4 par rapport au bord de la route	2	900	80	TT 2.1.80
			latéral, 15° 2/3 L	4	1300	80	TT 4.2.80
		D	latéral, 165° 1/2 L	5	900	80	TT 5.1.80
P3	A	U	frontal décalé d'1/4 par rapport au bord de la route	2	900	100	TT 2.1.100
			frontal centré	1	1300	100	TT 1.2.100
			latéral, 15° 2/3 L	4	1300	100	TT 4.2.100
		D	latéral, 165° 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100
P4	A	U	frontal décalé d'1/4 par rapport au bord de la route	2	900	100	TT 2.1.100
			frontal centré	1	1500	110	TT 1.3.110
			latéral, 15° 2/3 L	4	1500	110	TT 4.3.110
		D	latéral, 165° 1/2 L	5	900	100	TT 5.1.100

La notation des essais est la suivante :

<b>TT</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>100</b>
Essai de l'extrémité	Approche	Masse du véhicule d'essai	Vitesse de choc

NOTE 1 Pour éviter toute ambiguïté, la numérotation de la trajectoire d'approche donnée dans le Tableau 1 et à la Figure 3 reste identique à celle de l'EN 1317-3 ; l'approche 3 figure dans l'EN 1317-3 pour les atténuateurs de choc mais elle n'est pas nécessaire pour les extrémités.

NOTE 2 L'essai de l'approche 5 ne sera pas effectué dans le cas d'une extrémité évasée lorsque, au point d'impact pertinent, l'angle ( $\alpha$ ) formé par la trajectoire du véhicule et le côté exposé à la circulation de l'extrémité est inférieur à 5 degrés.

[13]

Figure 18 : Extrémités : critères d'essais de chocs de véhicules et classes de performance selon la norme ENV 1317-4 [13]

Certaines normes nationales comprennent des dispositions concernant les extrémités. Citons notamment :

- Norme italienne [14] [14]: D.M. 2367/2004 comprend les instructions techniques intitulées « *istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali* » (en italien)
- Lignes directrices allemandes pour la protection passive sur les routes à l'aide de dispositifs de retenue de véhicules – RPS R1 [15] [15]: (en anglais)
- Lignes directrices autrichiennes, RVS 05.02.31; Régulation du trafic, dispositifs de guidage du trafic, dispositifs de retenue de véhicules, exigences et installation [16][16]

---

(en allemand).

## 2.5.2. Lignes directrices pour la conception

Plusieurs lignes directrices existent pour les glissières de sécurité et leurs extrémités, dont :

- *AASHTO Roadside Design Guide* (manuel de conception des bords de route), Ed 2011, USA [10][10]
- *Department of Infrastructure Energy and Resources: ROAD SAFETY BARRIERS DESIGN GUIDE Part B* (Guide de conception des barrières de sécurité pour la route, Partie B), Tasmanie - Australie [9][9]

De plus, plusieurs Etats de par le monde proposent des dessins d'extrémités génériques en trompette :

- Oregon Department of Transportation (USA) [11][11];
- Missouri Department of Transportation (USA) [19][19];
- Mainroads West Australia [12][12].

## 3. Bandes sonores de rive

### 3.1. Introduction

Les bandes sonores (aussi appelées « bandes rugueuses ») sont des dispositifs routiers de sécurité qui servent à alerter l'utilisateur qui sort de la chaussée ou passe sur la voie de circulation en sens inverse, en produisant un avertissement tant vibro-tactile qu'auditif. Le but est de diminuer le nombre d'accidents de la route causés par la somnolence ou l'inattention. Ces bandes peuvent être latérales, médianes ou transversales [20][20]. Le présent rapport présente uniquement les bandes sonores latérales sur accotement (bandes sonores de rive).

Une bande sonore de rive est un dispositif longitudinal implanté sur l'accotement revêtu d'une chaussée, proche de la rive extérieure de la voie de circulation (Figure 19). Elle est constituée d'une série d'indentations ou d'éléments protubérants visant à alerter, par une vibration et un effet sonore, le conducteur hypovigilant que son véhicule a quitté la voie de roulement [21][21]. Sur les routes à chaussées séparées, des bandes sonores sont installées sur la chaussée le long du terre-plein central et sur l'accotement latéral côté passager (droit dans la plupart des pays).

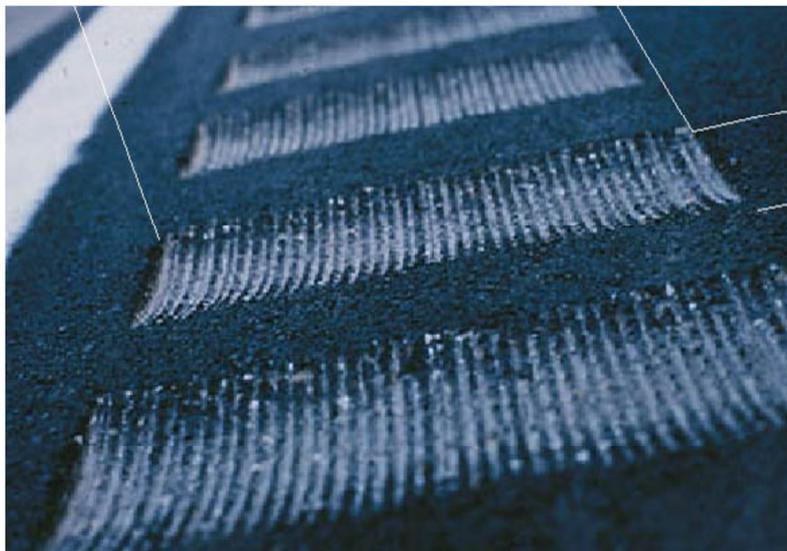


Figure 19 : Bandes sonores de rive [24] [24]

Bien que les bandes sonores aient fait leurs preuves en termes de rentabilité et en tant que traitement peu onéreux, l'utilisation de ce dispositif de sécurité reste limitée, probablement à cause de l'absence de lignes directrices pratiques et de l'idée reçue qu'elles s'accompagnent de problèmes tels que la pollution sonore, la gêne pour les deux roues et l'entretien. Le présent chapitre du « Guide de conception de routes qui pardonnent » vise à fournir des lignes directrices pratiques sur comment concevoir correctement les bandes sonores sur accotement afin d'éviter de tels inconvénients et sur comment évaluer l'efficacité d'une telle intervention aux fins de réduire le nombre d'accidents en sortie de route.

## **3.2. Critères de conception**

### **3.2.1. Configuration des bandes de rive sonores**

En termes de techniques de construction, quatre types de bandes sonores sont couramment utilisées : fraisées, compactées, coulées et en saillie. On peut décrire comme suit ces différents types de bandes sonores [25] [25]:

- **Fraisées (en fraisât) :** les rainures sont creusées (ou fraisées) à même le revêtement de la chaussée avec des dents en carbure.
- **Compactées :** les rainures sont généralement formées par un rouleau compresseur en acier sur lequel sont soudés des demi-cylindres en métal ou des barres rectangulaires en acier. La forme (demi-cylindre ou barre) est pressée dans le bitume encore chaud sur l'accotement ce qui crée des rainures.
- **Coulée :** on presse un gabarit à bourrelets sur la surface du béton fraîchement coulé de l'accotement juste après les opérations de finition.
- **En saillie:** ce marquage peut être conçu à partir d'une large gamme de produits et implanté par différentes méthodes. Les éléments qui le composent peuvent être des plots, une bande de marquage fixée au revêtement de la chaussée, un matériau extrudé de marquage de chaussée ayant des éléments protubérants sur toute sa longueur ou des bourrelets en bitume fixés sur le revêtement de l'accotement.

Les bandes sonores les plus utilisées sont les bandes fraisées et compactées. La méthode de construction n'est pas le seul élément qui les distingue. Leur coupe transversale et, par conséquent, les effets, en termes de vibration du véhicule, sont aussi différents comme le montre la Figure 20.

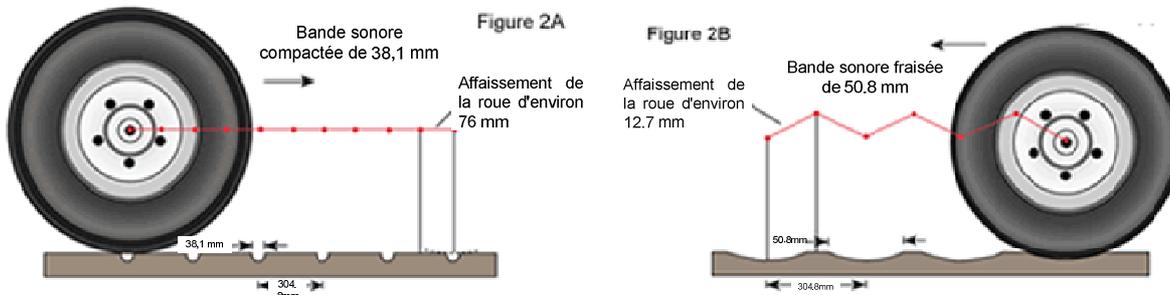


Figure 20 : Différence en coupe entre les bandes de rive sonores compactées (gauche) et fraisées (droite) [24]

[24]

Les principaux paramètres à prendre en compte pour l'aménagement d'une bande de rive sonore sont les suivants :

- A distance à partir de la rive
- B longueur
- C largeur
- D profondeur
- E espacement
- F brèches pour bicyclettes

Cf. Figure 21.

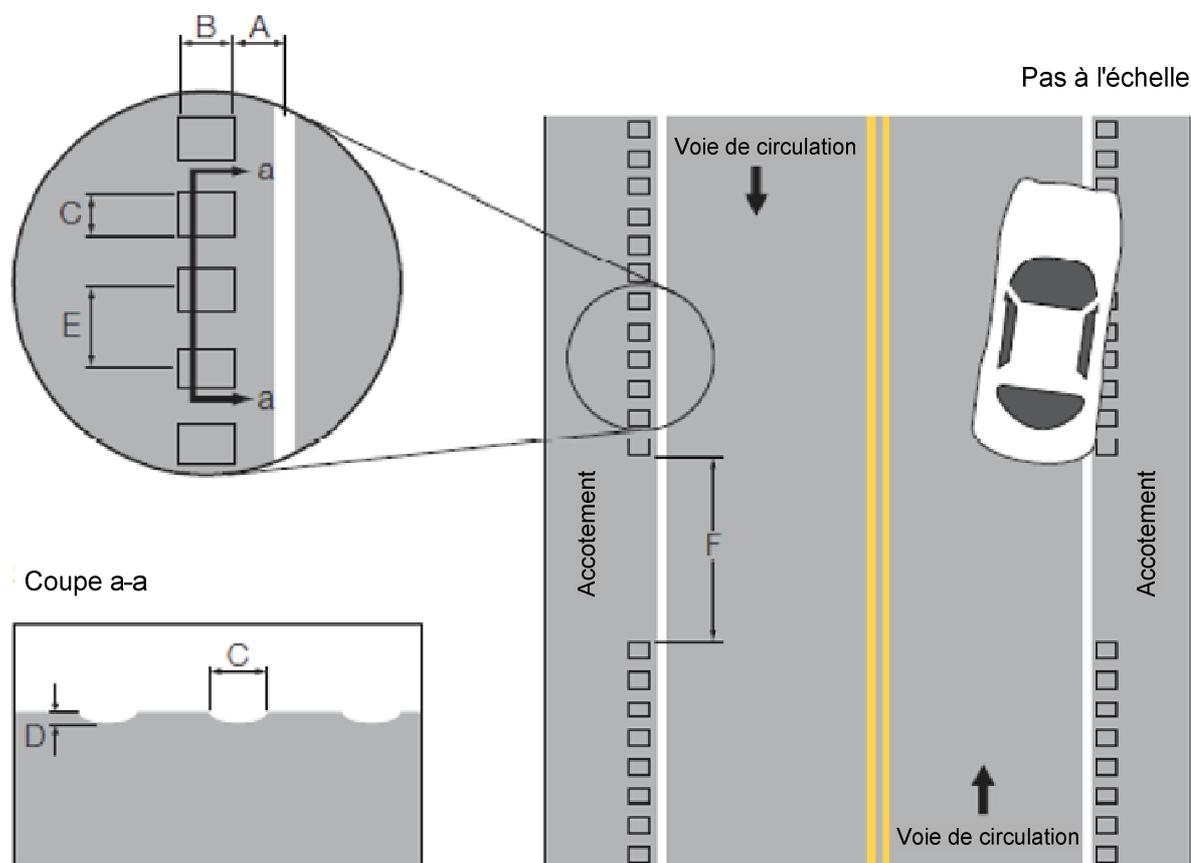


Figure 21 : Paramètres de conception pour les bandes de rive sonores [21][21]

Le Tableau 1 présente des valeurs pour les configurations « classiques » de bandes de rive sonores.

Tableau 1 : configurations classiques pour les bandes sonores fraisées et compactées ([21], [22], [23][21][22][23])

PARAMETRE	BANDES SONORES FRAISEES	BANDES SONORES COMPACTEES
A	distance de la rive	0–760 mm
B	longueur	400 mm
C	largeur	180 mm

D	profondeur	13 mm	32 mm
E	espacement	305 mm	170 mm

La question des brèches pour bicyclettes sera traitée au chapitre 3.2.23.2.2.

Une configuration standard identique à celle des bandes sonores fraisées est adoptée en Allemagne sur les autoroutes mais sans brèches sauf pour les bretelles d'entrée et de sortie.

Le rapport NCHRP Report 641 [22] présente des éléments concluants prouvant que sur les autoroutes de liaison[22], plus la bande sonore est placée proche du marquage de rive, plus elle est efficace en termes de réduction des accidents graves de sortie de route n'impliquant qu'un seul véhicule (accidents mortels ou corporels). Bien que ces résultats n'aient pas été corroborés sur d'autres types de routes, on considère que le meilleur emplacement est le plus proche possible du marquage de rive (sauf si d'autres contraintes imposent une implantation plus en retrait sur l'accotement) car cela permet d'élargir la zone de récupération au-delà de la bande et de laisser plus d'espace sur l'accotement pour les cyclistes.

Bien que ce type d'aménagement soit extrêmement efficace, il est aussi assez « agressif » car il crée des vibrations et un niveau sonore élevés à l'intérieur (et potentiellement à l'extérieur) du véhicule et gêne aussi considérablement les cyclistes.

Le rapport NCHRP Report 641 propose une configuration différente et moins agressive qui permet de réduire le niveau sonore à l'intérieur du véhicule en le faisant passer de 10–15 dBA (configuration classique) à 6–12 dBA et pose moins de problèmes aux cyclistes (Tableau 2).

Tableau 2 : Configuration de bande de rive sonore fraisée conçue pour être moins agressive ([22][22])

PARAMETRE		BANDES SONORES FRAISEE MOINS AGRESSIVE
A	distance de la rive	0–760 mm
B	longueur	152 mm
C	largeur	127 mm
D	profondeur	10 mm
E	espacement	280-305 mm

Pour les routes qui ne sont pas des autoroutes et ont une vitesse maximale réalisable plus faible, proche de 72 km/h, il est recommandé de raccourcir l'espacement (280 mm), mais on préférera un espacement supérieur (305 mm) pour les routes non-autoroutières dont la vitesse maximale réalisable est plus élevée (proche de 88 km/h) [42][42].

Cette solution ayant pour conséquence une réduction du bruit à l'intérieur du véhicule, on peut supposer qu'elle réduit par là même le bruit à l'extérieur. On optera donc de préférence pour cette configuration sur les routes à proximité des zones habitées.

### 3.2.2. Bandes de rive sonores et cyclistes

L'un des principaux inconvénients des bandes de rive sonores est la gêne qu'elles peuvent

occasionner aux deux roues. R.C. Moeur [41][41] et D.J. Torbic [42][42] se sont penchés sur cette question avec, à la clef, des propositions pour la conception des bandes sonores « cyclo-tolérantes ».

R.C. Moeur s'est concentré sur les « brèches pour bicyclettes » (F en Figure 21) dans les bandes de rive sonores fraisées. Dans ce type de bandes, la roue de la bicyclette tombe complètement dans les rainures, ce qui a un impact considérable tant sur le confort du cycliste que sur la maniabilité du vélo. Changer la configuration des bandes ne présente quasiment aucun avantage. Une réduction de la profondeur des rainures à 10 mm a un impact, mais ce dernier est plutôt modeste et ne permet pas aux cyclistes de rouler sur les bandes. Moeur suggère donc que les bandes sonores sur les routes à accès libre comprennent des interruptions régulières sur une longueur de 3,7 m et que ces brèches soient placées à intervalle régulier tous les 12,2 m ou 18,3 m. Pour des largeurs allant jusqu'à 300mm, la largeur de la bande sonore n'a pas d'impact sur l'espacement régulier recommandé. Inclure des brèches dans les bandes sonores permet aux cyclistes de traverser la bande sans avoir à passer sur les rainures. De plus, ces brèches sont assez longues pour permettre aux cyclistes de traverser la bande sans passer sur les rainures mais pas assez longues pour permettre à un pneu de voiture sortant de la chaussée à un angle « normal » de traverser la brèche sans passer sur les rainures.

Il convient de noter que, selon Moeur, les bandes sonores compactées n'ont pas d'impact sur la maniabilité du vélo car la roue ne tombe pas dans la rainure (Figure 23). Cependant, cette solution est beaucoup moins efficace en termes de mise en alerte du conducteur qui sort de la chaussée. Cette solution pourrait donc être envisagée dans les zones à forte circulation de deux roues lorsque l'accotement n'est pas assez large pour permettre aux bicyclettes de circuler entre la bande sonore et le bord de l'accotement stabilisé.

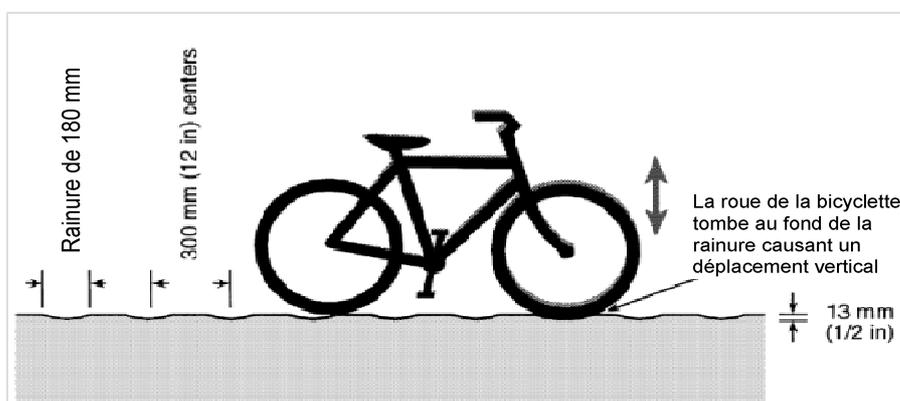


Figure 22 : Bicyclette sur des bandes de rive sonores fraisées « typiques » [41][41]

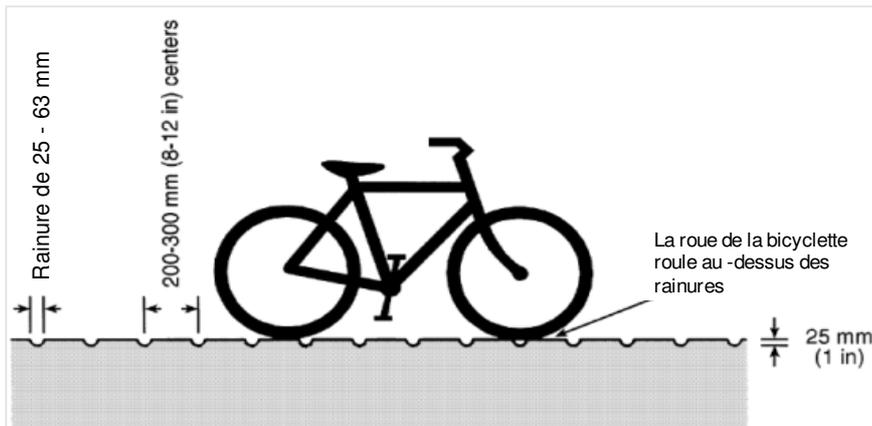


Figure 23 : Bicyclette sur bandes de rive sonores compactées [41][41]

D.J. Torbic [42][42] s'est penché sur les paramètres géométriques des bandes sonores (C, D, E en Figure 21), et a analysé différents modèles à l'aide de simulations numériques (Figure 24), puis a testé sur le terrain les plus prometteurs. Cette étude a permis de définir la configuration « moins agressive » abordée au chapitre 3.2.13.2.1 et présentée dans le Tableau 2.

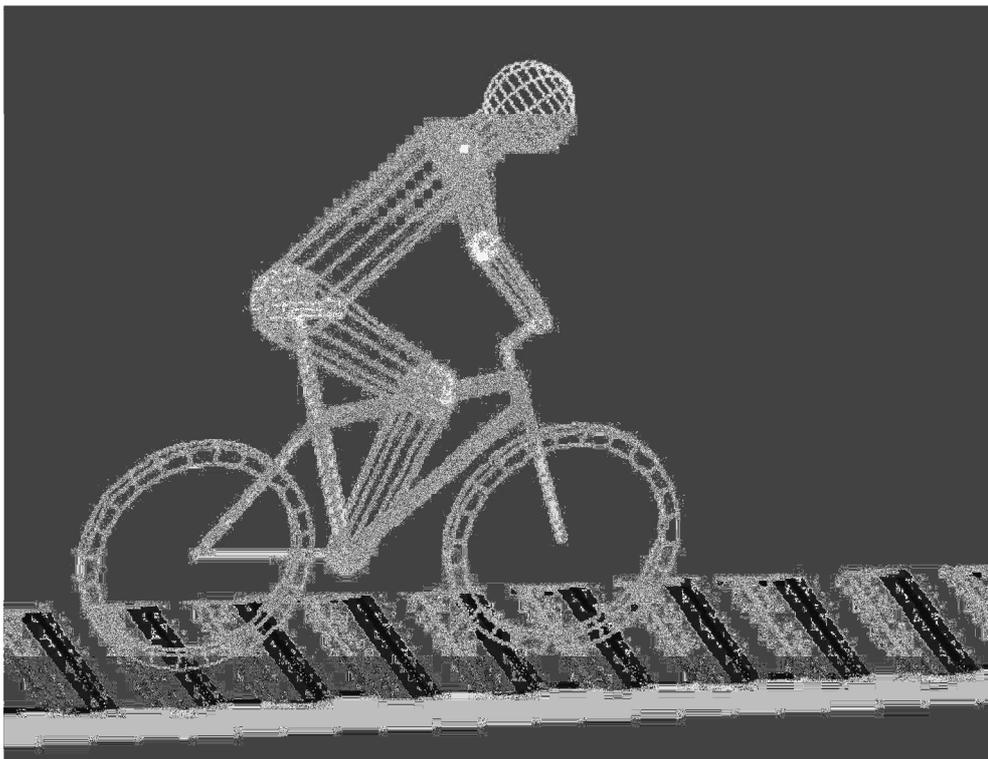


Figure 24 : Simulation d'une bicyclette passant sur une bande de rive sonore fraisée [42][42]

La *US Federal Highway Administration* (FHWA, administration routière fédérale des Etats-Unis)

[21] recommande de réfléchir à des moyens « d'atténuer » et réduire l'impact négatif sur les vélos lorsque les bandes longent des voies cyclables ou des voies ayant une forte circulation de deux roues et lorsqu'il reste moins de 1,2 m de chaussée au-delà de la bande de rive sonore. Les mesures d'atténuation incluent :

- a. Utilisation de bandes rugueuses sur le marquage de rive plutôt que sur l'accotement afin de laisser, au-delà de la bande sonore, une largeur supplémentaire sur l'accotement pour les cyclistes;
- b. Des brèches régulières de 0,9 à 1,1 m entre chaque groupement d'éléments fraisés, espacées de 3,7 à 5,5 m, sur toute la longueur de la bande de rive sonore;
- c. Ajustements mineurs des cotes de conception ayant permis de mettre au point des bandes sonores plus acceptables pour les cyclistes. Principaux ajustements pour les éléments de bandes fraisées étudiés : diminution de la longueur de rainure perpendiculaire à la chaussée (B), augmentation de l'espacement centre-à-centre (E), diminution de la profondeur (D) et diminution de la largeur de rainure parallèle à la chaussée (C).

Les mesures d'atténuation b. et c. correspondent aux solutions proposées respectivement par R.C. Moeur et D.J. Torbic, telles que décrites ci-dessus.

### 3.2.3. Bandes de rive sonores et motocyclistes

Bien que la circulation des motos ne soit pas autorisée sur l'accotement, l'une des critiques invoquées à l'encontre des bandes sonores fraisées concerne le danger qu'elles représentent pour les motards.

En 2008, une étude à ce sujet fut menée dans le Minnesota [44][44], où des bandes sonores médianes (beaucoup plus susceptibles d'avoir un impact sur la sécurité des motards que les bandes de rive sonores latérales) ont été implantées sur les routes de rase campagne depuis 1999. Cette étude visait à découvrir d'éventuels effets négatifs de ces bandes sur les motos à deux et trois roues. Vingt neuf accidents de moto ont été recensés sur des routes de campagne équipées d'une bande sonore médiane. Ces bandes sonores n'ont contribué à aucun de ces accidents.

Outre l'analyse de ces accidents, quarante heures d'observation sur le terrain furent réalisées. L'étude conclut qu'il n'existe aucun signe de correction ou de sur-correction de trajectoire par les motocyclistes, ni aucune entrave au dépassement du fait des bandes sonores médianes. Des essais sur circuit fermé en conditions contrôlées corroborent ces constats avec trente deux motards conduisant tous types de motos et ayant de 0 à 41 ans d'expérience de conduite de moto en ville. Des entretiens ont confirmé que les motards n'ont rencontré aucune difficulté ou souci concernant les bandes sonores.

En Alaska [45][45], la profondeur des bandes sonores médianes a été réduite à environ 10 mm (3/8 pouces) afin d'atténuer l'impact sur les motocyclistes et autres usagers, tout en maintenant leur pouvoir d'alerte des conducteurs. Ce type de configuration correspond au modèle « moins agressif » décrit au chapitre 3.2.13.2.1, ce qui laisse penser qu'une telle configuration est préférable dans les zones à forte circulation de deux roues motorisés.

### 3.2.4. Impact sonore

Les nuisances sonores pour les riverains sont souvent considérées comme un facteur restrictif en matière d'implantation de bandes sonores. Bien que les bandes de rive sonores ne soient traversées que lorsqu'un conducteur quitte la chaussée, leur implantation peut malgré tout donner lieu à des plaintes au sujet du bruit, de la part de riverains en fonction du type de véhicules qui circulent, de la largeur et du rayon de courbure des voies et du type de manœuvres qui ont lieu sur la route en question ([21][21]).

Voici quelques exemples de mesures d'atténuation :

- Eloignement de la rive (distance (A)), surtout dans les courbes où les déviations de trajectoire sont fréquentes ou sur les tronçons à forte circulation de poids lourds;
- Retrait des bandes sonores à proximité des accès riverains ou ponctuellement, par exemple en présence d'une seule maison le long d'une route. Le fait de devoir interrompre les bandes sonores ponctuellement n'interdit pas nécessairement leur implantation le long d'un tronçon ou corridor donné.

Selon D.J.Torbic [22][22], les bandes de rive sonores doivent être interrompues 200 m avant que la route ne traverse une zone résidentielle. A proximité immédiate d'une zone résidentielle ou lorsqu'il est important de diminuer les nuisances sonores, on peut opter pour le modèle de configuration « moins agressive » (Cf. chapitre 3.2.13.2.1), car il génère moins de nuisances.

J.Kragh [26][26] a analysé l'impact qu'a la forme des bandes sur le bruit provoqué et a conclut que les bandes sonores de forme sinusoïdale augmentent le niveau sonore (à une distance de 25 m de la route) d'environ 0,5–1 dB par rapport aux anciens enrobés à gros granulats. Les bandes sonores typiques avec empreinte à segments cylindriques donnent une augmentation de 2–3 dB. Les empreintes rectangulaires génèrent un niveau sonore sensiblement plus élevé que les bandes sonores tant à profile sinusoïdal (3–7 dB plus élevé) qu'à « segment cylindrique » (2–5 dB plus élevé).

### 3.2.5. Entretien des bandes de rive sonores

Dans le rapport de la CEDR « Bonnes pratiques pour les investissements d'infrastructure rentables en termes de sécurité routière » [20], on peut lire [20] que les coûts d'implantation des ralentisseurs sonores continus (ou « bandes sonores ») sont faibles et que ces derniers nécessitent peu ou pas d'entretien. On ne constate aucune détérioration sensible de la chaussée du fait de leur implantation. De plus, ces bandes sonores restent efficaces sous la neige et le verglas et peuvent guider les conducteurs de poids lourds en cas de conditions climatiques défavorables.

L'avis technique publié en 2011 par la FHWA[21] [21], confirme que les craintes au sujet d'une détérioration plus rapide de la chaussée du fait de l'implantation de bandes sonores semblent être sans fondements. Pour réduire les détériorations de la chaussée provoquées par la circulation, il est conseillé de placer les bandes sonores au moins à quelques centimètres des joints. En cas de risque de détérioration, la surface des bandes sonores fraisées peut être traitée avec un enduit de scellement pour la protéger contre l'oxydation et l'humidité.

Des expériences récentes dans le Michigan ont montré que les traitements préventifs

d'entretien des accotements, tels que l'application d'un enduit superficiel sur une bande sonore existante, permettent de préserver la forme initiale des bandes, mais s'accompagnent d'une perte de profil. Toutefois, les granulats de l'enduit augmentent les propriétés sonores et vibratoires de la bande sonore. Les micro-revêtements et rechargements ultraminces en béton bitumineux à chaud comblent les lignes de bandes sonores existantes et des nouvelles lignes de bandes sonores peuvent être découpées dans le rechargement au même emplacement sans que la bande sonore recouverte ne cause de délaminage significatif.

En cas de rechargement sur un accotement sur lequel des bandes sonores avaient été fraisées ou compactées, le revêtement doit être bien préparé avant l'application de la nouvelle couche sur l'accotement. Les conclusions d'une étude d'observation permettent de recommander que les zones sur lesquelles se trouvent des bandes sonores soient préparées avant application de la nouvelle couche par l'une des méthodes suivantes :

- fraisage, incrustation et rechargement;
- simple fraisage puis rechargement.

D'autres approches de préparation, telles que l'insertion de cales d'épaisseur, puis rechargement ou simple rechargement, risquent d'aboutir à un certain degré de réfléchissement là où se trouvaient les bandes sonores ([22][22]).

### 3.2.6. Choix de l'emplacement des bandes de rive sonores

Selon la note technique de la FHWA (*Technical Memorandum*) intitulée « *ACTION: Consideration and implementation of proven safety countermeasures* » (Action : considérations et mise en œuvre de contre-mesures de sécurité ayant fait leurs preuves) [36] [36]: « Des bandes sonores ou bandes rugueuses doivent être installées sur toute nouvelle autoroute ou tout nouvel axe double-voie hors agglomération dont la limitation de vitesse est supérieure ou égale à 50 mph (80 km/h). De plus, les politiques des Etats 3R (Resurfaçage, Régénération, Remise en état) et 4R (Resurfaçage, Régénération, Remise en état, Reconstruction) doivent envisager l'implantation de bandes de rive sonores continues sur toutes les autoroutes et tous les axes double-voie hors agglomération ayant une limitation de vitesse supérieure ou égale à 50 mph (80 km/h) (ou ce qui aura été convenu entre la Division et l'Etat) et/ou ayant des antécédents d'accidents en sortie de route, où la largeur restante de l'accotement au-delà de la bande sonore sera supérieure ou égale à 4 pieds (1,20 m) et sera stabilisée ou non. Les agences fédérales et locales et les autorités tribales chargées de l'administration de projets routiers subventionnés par l'Etat doivent aussi être encouragées à adopter des politiques analogues en matière d'implantation de bandes sonores ou bandes rugueuses ». (*Traduction libre*)

Le rapport NCHRP Report 641 [22][22] fournit une série de lignes directrices détaillées permettant de choisir le meilleur emplacement pour les bandes de rive sonores :

- *largeur de l'accotement* : les largeurs minimales d'accotement pour l'implantation de bandes sonores varient de 2 à 10 pieds (0,6 à 3,0 m), 4 pieds (1,2 m) étant la mesure la plus courante. La largeur minimale de l'accotement peut varier en fonction du type de route.
- *Espacement latéral* : l'espacement latéral minimal varie de 2 à 7 pieds (0,6 à 2,1 m), 4 pieds (1,2 m) et 6 pieds (1,8 m) étant les mesures les plus courantes. Certaines agences préféreront définir l'espacement latéral comme étant la distance entre le bord extérieur (c.-à-d. bord droit) de la bande sonore et le bord extérieur de l'accotement, alors que d'autres mesureront la distance jusqu'à l'objet en bord de route le plus proche plutôt que

jusqu'au bord de l'accotement.

- *TMJ (trafic moyen journalier)* : Les TMJ pour l'implantation de bandes sonores varient de 400 à 3 000 véhicules, mais le plus souvent, il se situe entre 1 500 et 3 000 véhicules.
- *Bicyclettes* : les agences abordent la question des bicyclettes de diverses manières, notamment : (a) non installation de bandes sonores sur les routes ayant un trafic cycliste important ou si la route en question fait partie d'un itinéraire cyclable, (b) ajustement des cotes des bandes sonores, (c) ajustement de l'emplacement des bandes sonores, (d) ajustement des critères relatifs à la largeur minimale de l'accotement et/ou à l'espacement latéral, et/ou (e) aménagement de brèches régulières. On tiendra aussi compte des orientations fournies dans le guide pour l'aménagement d'installations cyclables de l'AASHTO (*Guide for the Development of Bicycle Facilities*).
- *Type de chaussée* : certaines agences installent des bandes de rive sonores seulement sur les surfaces goudronnées. L'utilisation sur revêtements bitumineux non-conventionnels (comme les couches de roulement poreuses) doit être testée sur des tronçons pilotes.
- *Épaisseur de la chaussée* : l'épaisseur minimale de la chaussée varie de 1 à 6 pouces. (25 à 152 mm).
- *Type de zone* : certaines agences n'installent des bandes de rive sonores qu'en rase campagne, surtout pour éviter les pollutions sonores éventuelles. Pour l'interruption des bandes sonores approchant une zone habitée, la distance recommandée est de 200 m.
- *Limitation de vitesse* : les limites de vitesse minimales imposées par les agences varient de 45 à 50 mph (72 à 80 km/h). Certaines agences ajustent les dimensions des bandes sonores en fonction la limite de vitesse.
- *Taux/fréquence des collisions* : certaines agences fixent un seuil, par exemple une moyenne sur l'ensemble de l'Etat pour un type de route donné.

Généralement, on n'implante pas de bandes de rive sonores aux endroits suivants :

- intersections, accès riverains et voies pour tourner;
- bretelles d'accès et de sortie;
- ouvrages d'art (c.-à-d. ponts);
- zones où l'espacement latéral est inférieur à une certaine valeur et/ou zones où l'espacement latéral est limité du fait de la présence d'une glissière, d'une bordure ou d'autres obstacles;
- zones habitées;
- bassins collecteurs et grilles de canalisations;
- joints de chaussée;
- traversée de terre-plein central.

Dans la province de Colombie-Britannique (Canada, [27][27]) aussi, il est recommandé de ne pas planter de bandes de rive sonores en « milieu urbain ». Voici une bonne définition de ce qu'est une route en milieu urbain :

- vitesse limitée à 70 km/h ou moins, à proximité d'un groupe d'habitations;
- tronçon de route avec bordure et caniveau ou un trottoir;

- distance entre accès privés et intersections inférieure à 150 mètres.

### **3.3. Evaluation de l'efficacité**

Les premières études visant à évaluer l'efficacité des bandes de rive sonores remontent au début des années 90. Toutes ces études ont conclu que ce traitement est extrêmement rentable et permet de réduire le nombre d'accidents en sortie de route n'impliquant qu'un seul véhicule sur les autoroutes (axes à chaussée dédoublées sans intersection à niveau).

- En 1994, N.E. Wood [28] signale une réduction de [28] 70% du nombre d'accidents en sortie de route n'impliquant qu'un seul véhicule (mono-véhicule) grâce à l'implantation de bandes sonores fraisées sur l'autoroute à péage de Pennsylvanie.
- En 1997, J.J.Hickey [29][29] actualise les résultats de Wood sur les effets des bandes de rive sonores sur l'autoroute à péage de Pennsylvanie, et confirme une réduction de 60% du nombre d'accidents mono-véhicule en sortie de route sur cinquante trois tronçons pilotes;
- En 1998, K. Perillo[30] [30] constate une réduction allant jusqu'à 88% du nombre d'accidents mono-véhicule en sortie de route après installation de bandes de rive sonores fraisées sur l'autoroute de New York.

Toutefois, il convient de noter que les études susmentionnées sont toutes très simples, il s'agit de simples comparaisons entre le nombre d'accidents avant et après l'implantation des bandes sonores mais sans interprétation statistique approfondie des données (aussi appelées « études naïves avant-après »).

En 1999, M.S. Griffith mena une étude plus rigoureuse sur les bandes sonores compactées ([31], [32][31][32]), associée à un niveau « moyen-élevé » de certitude prédictive selon le barème établi par le projet NCHRP Project 17-25 [33][33], et dans laquelle le potentiel de réduction du nombre d'accidents mono-véhicule en sortie de route a été estimé à 14% pour l'ensemble des autoroutes (milieux rural et urbain) et à 21% pour les autoroutes hors agglomération uniquement. Bien que ces estimations de la réduction du nombre d'accidents soient bien inférieures à celles calculées à la fin des années 90, elles n'en sont pas moins précieuses si l'on considère le coût modeste de ces traitements. Comme indiqué dans [33][33], ces résultats ne s'appliquent pas à d'autres catégories de routes (routes à deux ou plusieurs

voies de rase campagne). Des résultats similaires furent obtenus (une fois de plus sur des tronçons autoroutiers) par O.Carrasco [34][34], qui démontra que les premières indications de la fin des années 90 sur l'efficacité des bandes de rive sonores en termes de réduction du nombre d'accident étaient surestimées, mais que la réduction effective d'accidents mono-véhicule en sortie de route était tout de même de 22%.

Plus récemment, R.Patel et al. [35][35] ont analysé la portée de ce traitement sur les routes de rase campagne à deux voies et ont mis en évidence un effet sécuritaire indéniable avec une réduction de 13% du nombre d'accidents mono-véhicule en sortie de route, lorsque tous les accidents sont pris en compte et de 18% lorsque l'on ne tient compte que des accidents avec blessures corporelles. Toutefois, il a été constaté que certains sites n'ont pas connu de réduction du nombre d'accidents et l'écart type qui en résulte pour les réductions attendues d'accidents est de 8% pour l'ensemble des accidents et de 12% pour les accidents corporels. Ce qui signifie que, si l'on considère un intervalle de confiance de 95%, l'efficacité en termes de réduction du nombre d'accidents peut varier de 13-13,2% à 13+13,2% pour tous les accidents et de 18-19,6% à 18+19,6% pour les accidents corporels<sup>1</sup>.

Comme indiqué, une « réduction négative des accidents » (c'est-à-dire une augmentation du nombre d'accidents) peut se produire à l'intérieur de l'intervalle de confiance de 95%. Selon Patel et al., il faudrait mener une étude approfondie avec une base de données plus fournie afin de découvrir les variables causales qui donnent lieu à de tels écarts de performance sur des sites différents (par ex. géométrie routière, différents types d'accidents etc.).

En 2008, la FHWA a publié une « Note » intitulée *ACTION: Consideration et implementation of proven safety countermeasures* [36] (*ACTION : Considérations et mise en œuvre de contre-mesures de sécurité ayant fait leurs preuves*)[36], dans laquelle elle déclare que les bandes de rive sonores continues peuvent rentablement être implantées sur un kilométrage important de routes hors agglomération et que des études ont confirmé, documents à l'appui, les avantages suivants en termes de diminution du nombre d'accidents :

- Diminution globale du nombre d'accidents de 13% et diminution de 18% des accidents corporels sur les routes à deux voies en rase campagne;
- Diminution globale de 16% pour tous les accidents et de 17% pour les accidents corporels sur les routes de rase campagne multivoie à chaussées séparées.

<sup>1</sup> Dans la publication de R.Patel et al. mentionnée, l'intervalle de confiance est en fait différent et ne correspond pas à l'écart type donné dans le même article. Il s'agit apparemment d'une erreur de frappe.

- Diminution du nombre d'accidents en sortie de route de 38% sur les autoroutes.

Torbic et al. [38][38] ont combiné les résultats de différentes études (y compris [32][32] et [35][35]) conformément à la procédures de croisement de résultats d'études, aux fins de leur incorporation dans le manuel de sécurité routière (*Highway Safety Manual* [37])[37], et ont ainsi récemment recommandé un ensemble de FMC (appelés AMF dans l'étude, qui est le sigle qui était utilisé antérieurement) à appliquer aux accidents mono-véhicule en sortie de route (SVROR en anglais) pour prendre en compte les bandes de rive sonores sur les autoroutes hors agglomération et sur les routes de rase campagne à deux voies, tel qu'illustré en Figure 25. Un FMC différent est donné pour tous les accidents SVROR et pour les accidents mortels et corporels uniquement (SVROR FI).

Traitement	Type de route	Type d'accident et gravité	AMF <sup>a</sup>	SE <sup>b</sup>
Bandes de rive sonores <sup>c</sup>	Autoroutes de rase campagne	SVROR	0.89	0.1
		SVROR FI	0.84	0.1
Bandes de rive sonores <sup>d</sup>	Routes de rase campagne à deux voies	SVROR	0.85	0.1
		SVROR FI	0.71	0.1

<sup>a</sup>AMF = Facteur de modification d'accidents  
<sup>b</sup>SE = Erreur type d'estimation  
<sup>c</sup>AMF et SE tirés des résultats combinés de Griffith (4) pour les BSR compactées et de cette recherche pour les BSR fraisées  
<sup>d</sup>AMF et SE tirés des résultats combinés de Patel et al. (5) et de cette recherche

Figure 25 : Facteurs de modification de collisions (*Crash Modification facteurs (AMF/CMF)*) pour les bandes de rive sonores dont l'implantation est recommandée par Torbic et al. dans le manuel de sécurité routière (*Highway Safety Manual*). [38] [38]

Ces valeurs sont statistiquement plus fiables que celles présentées dans la note de la FHWA ([36][36]), qui semblent être surestimées. Il est donc recommandé d'utiliser les valeurs proposées par Torbic pour évaluer l'efficacité des bandes de rive sonores sur les autoroutes hors agglomération et axes de rase campagne à deux voies.

Pour les autoroutes urbaines et routes multivoie à chaussées séparées, l'analyse conduite par Torbic et al. s'est révélée statistiquement non significative à l'instar des études précédentes. Pour les routes multivoie à chaussées séparées, les valeurs proposées par O.Carrasco [34][34] sont une meilleure estimation de l'impact des bandes de rive sonores fraisées : Carrasco estime que le nombre d'accidents SVROR diminue de 22% et les accidents SVROR FI de 51%, mais il conviendrait de mener des études statistiquement plus fiables. C<sup>a</sup>

Les lignes directrices RISER [1][1] indiquent que, selon plusieurs rapports basés sur des investigations accidentologiques approfondies, le facteur humain (principalement l'alcool, la fatigue et l'inattention) est prépondérant dans les accidents où le véhicule quitte la route à un angle faible mais sans perte de contrôle. Les données détaillées de RISER montrent qu'une vitesse inadaptée ou un excès de vitesse ne sont pas les principaux facteurs dans ce type

d'accident. Dans un nombre non négligeable d'accidents (56 cas sur 189) (conduite difficile, panique, distraction interne ou externe et surtout fatigue), l'implantation de bandes de rive sonores auraient pu avoir un impact positif.

Un autre aspect important des bandes de rive sonores est celui de la diminution de la gravité des accidents. L'avis technique 2011 de la FHWA [21][21] indique que, dans une étude sur 1 800 accidents autoroutiers en sortie de route, un Etat a constaté que les accidents de dérive hors-route (dus à un manque de vigilance) avaient pour conséquence la mort ou des blessures graves trois à cinq fois plus souvent que les autres types d'accidents en sortie de route.

En 2005, une étude approfondie sur simulateur de conduite a été menée en Suède [39][39] afin de vérifier les effets sur les conducteurs fatigués des bandes sonores latérales et médianes sur des routes étroites ( $\leq 9$  m). Cette étude a montré que tous les types de bandes sonores et tous les positionnements considérés sont efficaces, permettent d'alerter les conducteurs et induisent la bonne action corrective. Sur la base des réponses fournies par les conducteurs, aucun risque n'a pu être associé aux bandes sonores plus « agressives ».

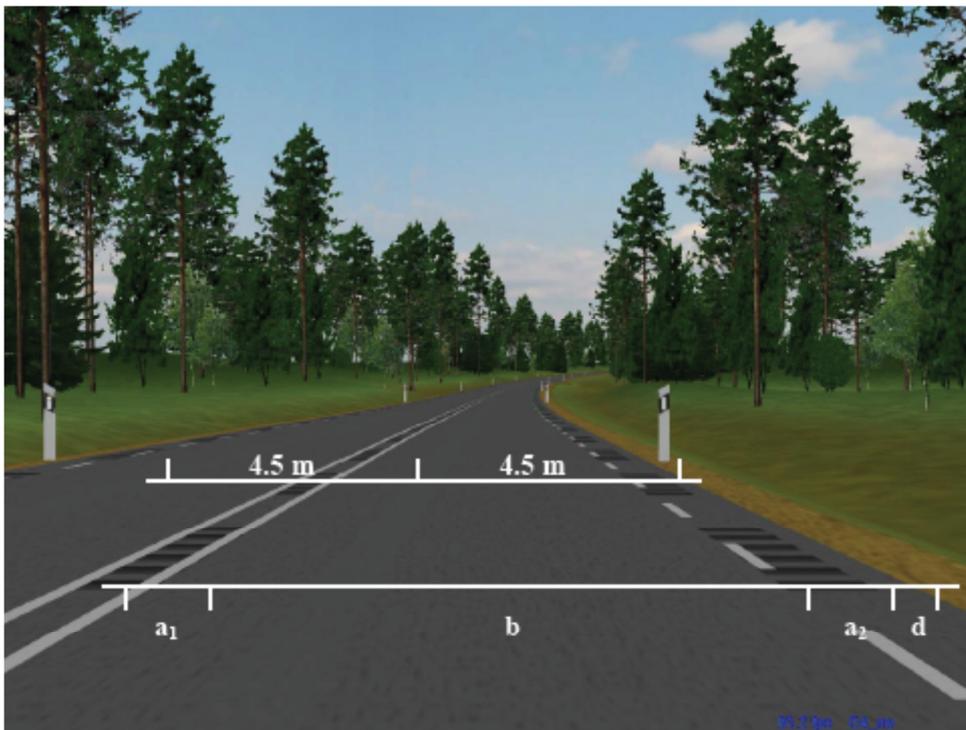


Figure 26 : Disposition utilisée pour l'évaluation par simulateur dans [39] [39]

Les bandes sonores ont aussi été identifiées dans le Manuel de sécurité routière de l'AIPCR [40] comme un traitement potentiel de sécurité pour les accidents mono-véhicule mais sans quantification spécifique du potentiel de réduction du nombre d'accidents.

### 3.4. Études de cas/exemples

Les bandes de rive sonores sont une méthode utilisée partout dans le monde même si, en

Europe, elle l'est moins qu'aux Etats-Unis ou en Australie.

La Suède est l'un des pays d'Europe où les bandes de rive sonores fraisées (aussi appelées bandes sonores « rainurées ») sont très fréquemment utilisées sur les autoroutes. Ce qui explique pourquoi une étude spécifique y a été menée pour évaluer l'efficacité de ces traitements (pour une description détaillée de l'étude, voir [2][2]). La configuration utilisée pour ces bandes sonores est essentiellement la configuration « classique » décrite au chapitre 3.2.13.2.1 avec des brèches pour bicyclettes de 2870 mm (Figure 27).

Les résultats des analyses menées sur 200 km de tronçons traités confirment que ce type d'intervention permet effectivement de réduire le nombre d'accidents d'environ 27,3%. Avec un intervalle de confiance de 95%, l'effet potentiel estimé se situe entre 8,6% et 45,7%, soit un écart assez important, ce qui signifie que l'analyse devra être élargie pour inclure un ensemble plus fourni de données. En revanche, aucun « effet essentiel négatif » n'a été identifié, ce qui signifie qu'avec un intervalle de confiance de 95%, ce traitement n'aura pas d'effet négatif (augmentation) sur les accidents.

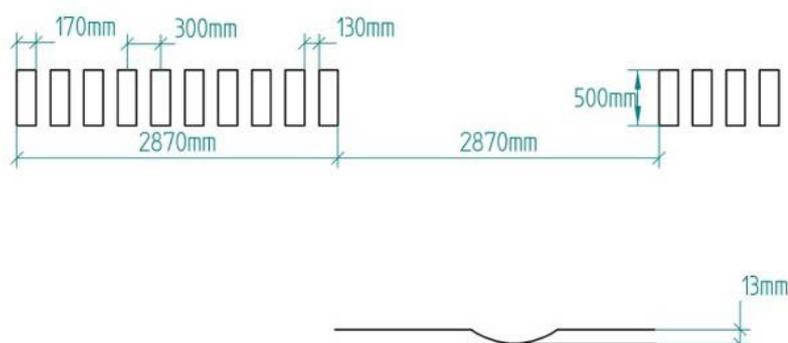


Figure 27 : Configuration des bandes de rive sonores fraisées en Suède

Une étude de cas très détaillée sur l'utilisation des bandes sonores sur les autoroutes a été menée en Allemagne [43][43], et montre que les bandes de rive sonores ont un impact positif sur les accidents mortels et corporels graves (-15%) alors que le nombre d'accidents provoquant des blessures légères ou des dégâts matériels uniquement augmente (+6%). Les conclusions de cette étude sont que le principal impact des bandes sonores n'est pas une réduction du nombre total d'accidents (essentiellement stable avec une variation de -1%) mais plutôt une diminution de la gravité des accidents.

Un autre résultat intéressant est que le nombre d'accidents de type SVROR avec sortie de route du côté droit de la chaussée diminue considérablement, de 43% (-18% à -60% avec intervalle de confiance de 95%). Toutefois, on constate une augmentation du nombre d'accidents avec sortie de chaussée du côté gauche du fait d'une sur-correction.

Sur le périphérique de Rome, en Italie, des bandes sonores en saillie ont récemment été implantées et s'accompagnent d'un revêtement de couleur afin d'éviter l'utilisation de l'élargissement de l'accotement de gauche qui a été maintenu pour des questions de visibilité.



Figure 28 : Bandes sonores en saillie utilisées sur l'accotement de gauche sur le périphérique de Rome.

### 3.5. Références

La *Federal Highway Administration* (FHWA) a créé un site Internet dédié ([http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/pavement/rumble\\_strips](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/pavement/rumble_strips)) sur lequel on peut trouver des références intéressantes sur les bandes de rive sonores.

On ne peut citer aucune norme nationale de conception à titre de référence. Notons, toutefois, que la norme autrichienne RVS 09.01.25 (sécurité des tunnels en Autriche) fait référence aux bandes sonores sur le marquage de rive comme traitement pour améliorer la sécurité à partir de 100 m avant l'entrée d'un tunnel.

## 4. Structures supports à sécurité passive (dites « fragilisées ») pour les équipements routiers

### 4.1. Introduction

Les objets ponctuels situés dans la zone de sécurité peuvent représenter un danger pour les véhicules en perte de contrôle qui quittent la chaussée. Dans le cadre du projet RISER [1][1], plusieurs études ont été analysées. Cet examen a montré que les collisions contre des obstacles saillants représentent un pourcentage considérable des accidents (par ex. 24% des accidents mortels en Finlande, 31% des accidents mortels en France et 42% des morts sur les routes en Allemagne). Ces obstacles saillants peuvent être des structures naturelles ou artificielles, en divers matériaux. Cette partie du rapport fournit des orientations pour une conception plus sûre des structures de support des équipements routiers, y compris les poteaux électriques (aussi appelés « supports utilitaires » dans la norme) et poteaux de signalisation et les supports de candélabres. La protection des obstacles naturels tels que les arbres n'est pas abordée dans ce guide.

Les résultats d'un examen approfondi de la littérature concernant les études d'évaluation de l'impact potentiel des obstacles sur la sécurité sont présentés en annexe A. Le projet RISER a montré que les arbres sont les obstacles routiers les plus dangereux. Environ 17% de tous les accidents enregistrés contre un arbre sont mortels [1][1]. Dans les études de cas de cette recherche, lorsque les données concernant la vitesse étaient connues, tous les accidents mortels impliquaient une vitesse d'impact de 70 km/h ou plus. Les structures telles que la signalisation, les murets en béton, les clôtures etc. sont percutées dans 11% des accidents

mono-véhicule (SVA) mortels. Selon l'analyse accidentologique RISER, les barrières de sécurité semblent être les structures le plus souvent heurtées dans les SVA. Cependant, les SVA impliquant des barrières de sécurité ne donnent généralement lieu qu'à des blessures légères. Il convient toutefois de noter que les barrières de sécurité elles-mêmes peuvent représenter un danger lorsqu'elles n'ont pas été correctement conçues et installées.

L'étude [46][46] est basée sur le système d'établissement de rapports analytiques sur les accidents mortels du ministère américain des Transports (*Fatality Analysis Reporting System* (FARS)). Elle donne les résultats d'une analyse des accidents mortels causés par une collision contre un obstacle fixe. Au total, huit mille six cent vingt trois (8 623) décès ont été analysés. La Figure 29 illustre la répartition des décès par collision contre un obstacle fixe en 2008. L'ampleur du pourcentage de décès par collision contre un arbre apparaît clairement (48%). Viennent en deuxième position, les poteaux électriques et les séparateurs de trafic avec 12% des décès causés par une collision contre un poteau.

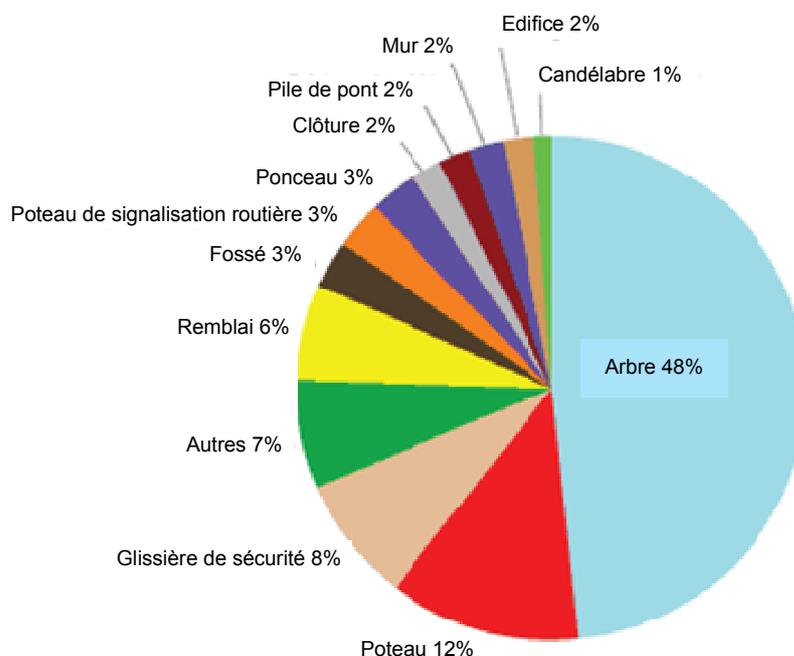


Figure 29 : Pourcentages des décès causés par collision contre un obstacle fixe, à partir d'une étude de 8 623 décès, 2008 [46][46]

Dans de nombreux accidents, le véhicule percute plusieurs objets en bordure de route. Une étude publiée par l'autorité routière de la province de la Nouvelle-Galles du Sud en Australie (*Roads and Traffic Authority of New South Wales*) [47][47] a examiné spécifiquement les types d'obstacles percutés par les véhicules en second impact. L'analyse ne porte que sur les accidents mortels et démontre, une fois de plus, que les arbres sont les obstacles en bord de route le plus souvent percutés, suivis par les poteaux et les remblais. Les arbres et poteaux sont les obstacles le plus souvent percutés tant en premier qu'en second impact (voir Figure 30).

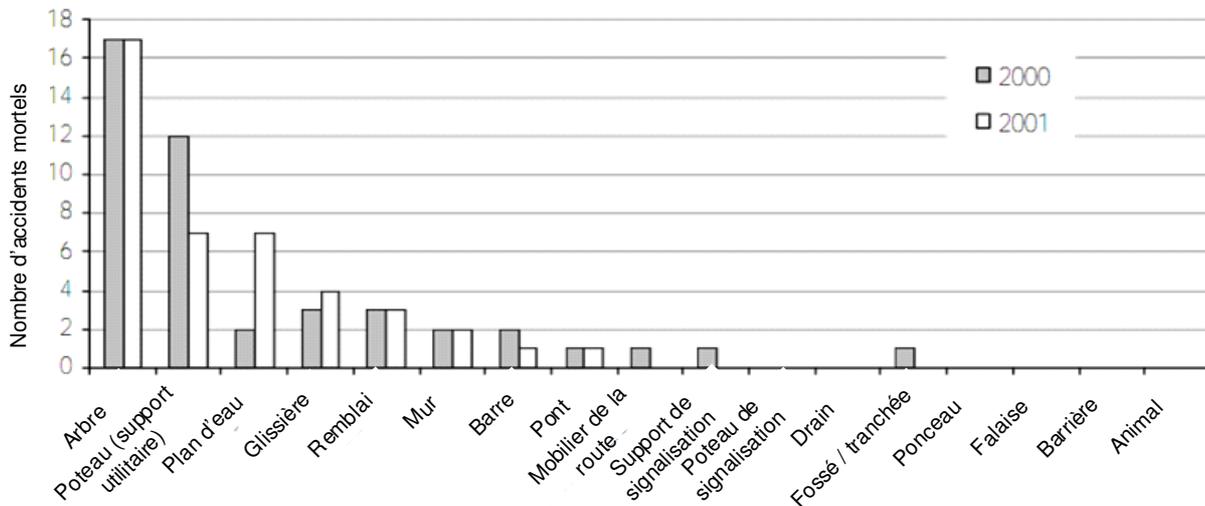


Figure 30 : Obstacles en bord de route percutés en second impact, sur la base de 1 029 accidents mortels, NSW 2000 & 2001 [47]

[47]

La force structurelle des poteaux et autres supports, associée à une surface réduite de contact entre le véhicule et ces structures, augmente la sévérité de ces collisions (Figure 31) comme on le constate aussi en Figure 32, où près de 40% des collisions avec des poteaux ont été fatals ou ont causé des blessures [49][49].



Figure 31 : Collision contre un candélabre : 2 morts [48][48]

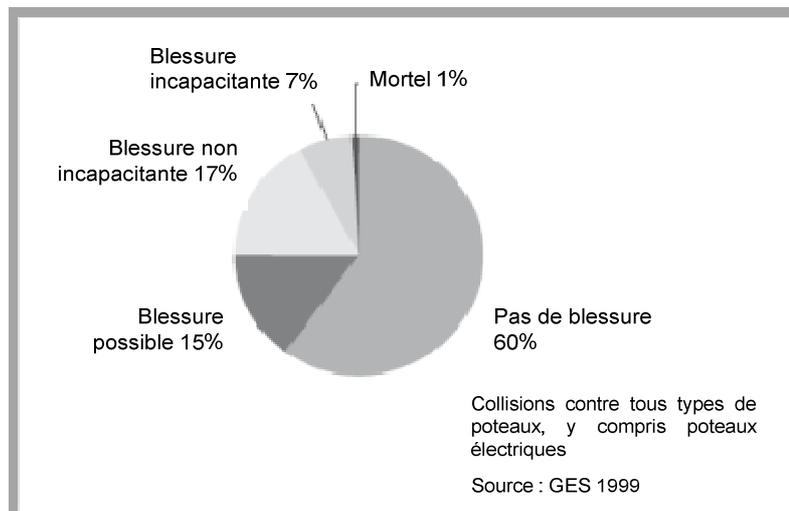


Figure 32 : Gravité des accidents impliquant des collisions contre des poteaux [49][49]

## 4.2. Critères de conception

Les concepteurs et exploitants de routes estiment souvent que les obstacles en bordure de route *doivent* être isolés à l'aide de glissières de sécurité. Il s'agit là d'une approche simpliste qu'il convient de dépasser si l'on veut véritablement concevoir des routes qui pardonnent, car implanter une glissière (avec sa longueur nécessaire et ses extrémités) n'est pas forcément la solution la plus « clémente ».

Qui plus est, cette démarche peut s'avérer extrêmement onéreuse pour les avantages que l'on en tire. Comme le montre le projet RISER [1][1], le choix d'une protection adéquate en présence d'un obstacle à proximité de la route, est un processus à part entière et l'implantation d'une glissière de sécurité (protection contre un danger) n'est que la solution de dernier ressort (Figure 33).

Une fois l'obstacle spécifique identifié comme présentant un problème potentiel, la distance entre l'obstacle et la chaussée doit être comparée à la zone dégagée (appelée « zone de sécurité » en Figure 33 et ci-après) requise en fonction de la configuration de la route, de la vitesse de base et du trafic sur ladite route. Si l'obstacle se trouve en dehors de la zone de sécurité, il n'est pas considéré comme dangereux. Les critères permettant de définir la zone de sécurité sont présentés à l'annexe A.

Si l'objet se trouve dans la zone de sécurité, il pourrait être dangereux. Le risque qu'il représente dépend de plusieurs facteurs.

Généralement, un objet dans la zone de sécurité peut être considéré comme dangereux si au moins un des événements suivants se produit [3][3]:

- Le véhicule est arrêté brutalement,
- Un objet externe pénètre dans l'habitacle, ou
- Le véhicule devient instable à cause des éléments en bord de route.

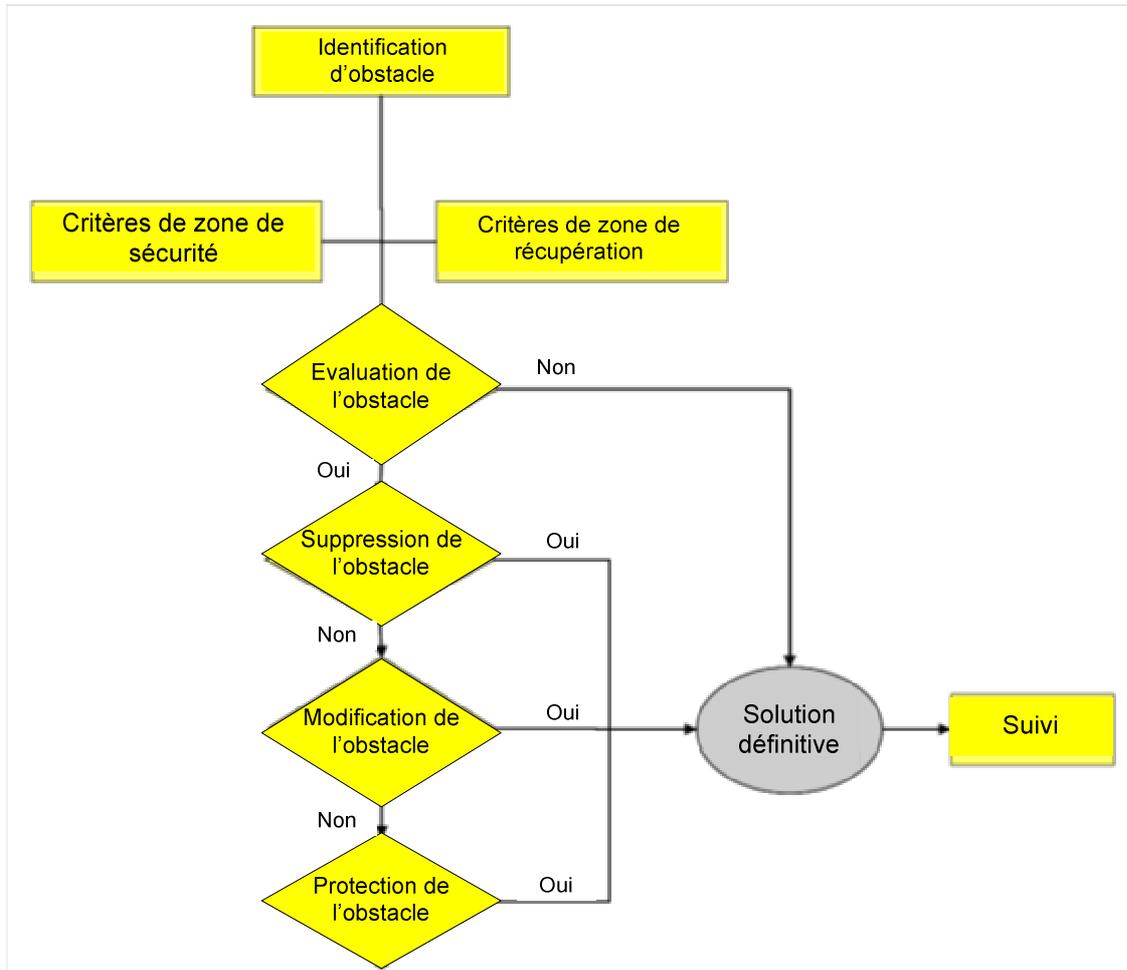


Figure 33 : Procédure pour gérer les obstacles latéraux conformément à [49] [49]

Selon les lignes directrices RISER [1][1] et celles du SETRA [48][48], un obstacle ne doit pas être considéré comme dangereux si les essais effectués conformément à la norme EN 12767 « Sécurité passive des structures supports d'équipements de la route – Prescriptions,

classification et méthodes d'essai » ont donné des résultats positifs [50][50].

Pour tous les autres obstacles, on peut trouver les critères suivants dans la littérature :

- Selon [52][52], un obstacle doit être considéré comme dangereux si son diamètre ou son épaisseur est supérieur à 100 mm;
- Selon les lignes directrices RISER [1][1], les obstacles sont considérés comme dangereux ou non en fonction de l'association des deux facteurs suivants : diamètre de l'objet et vitesse d'impact, comme illustré en Figure 34;
- Selon les lignes directrices du SETRA [48][48], un obstacle est considéré comme dangereux si le moment résistant à sa base est supérieur à 5,7 kN\*m.

Selon toutes les lignes directrices et normes européennes sur le traitement des obstacles latéraux (y compris les lignes directrices RISER et SETRA et les normes danoises [53][53] et quasiment toutes les normes nationales ayant adopté EN 12767<sup>2</sup>), le support n'est pas considéré comme « dangereux » si les essais menés conformément à la norme EN 12767 ont donné des résultats positifs. Toutefois, il convient de noter que la norme EN 12767 examine trois catégories de structures supports à sécurité passive (aussi appelés « fragilisés »):

- A forte absorption d'énergie (HE);
- A faible absorption d'énergie (LE);
- Sans absorption d'énergie (NE).

<sup>2</sup> Notons que certains pays de l'UE, tels que l'Italie, n'ont pas encore adopté EN12767 comme norme contraignante pour l'acceptation des structures supports des équipements de la route.

Obstacle	Diamètre [m]	Vitesse de choc dangereuse	Commentaires
Arbres et souches d'arbre	> 0,2	40	Généralement >0,1 dans de nombreuses lignes directrices nationales
Poteaux suivants			
- supports utilitaires	> 0,2	40	
- candélabres standard (bois, métal et béton)			
- supports de panneaux de signalisation	> 0,1	40	
- portiques et potences de signalisation	> 0,1	40	
- supports/mâts vidéosurveillance/ hauts candélabres			
- supports, autres mâts et poteaux de haute taille			
Roches et rochers	-	-	
Piles, piliers, culées de ponts		50	
Extrémités de ponceaux/murs de tête/tuyaux de canalisation		-	
Passages inférieurs et autres obstacles ponctuels (rivières, voies ferrées)		-	Y compris ceux au pied d'un remblai
Extrémités de glissières de sécurité		-	Extrémités contondantes et extrémités abaissées qui ne sont pas orientées vers la chaussée (Cf. chapitre 4)

Figure 34: Définition des risques pour les obstacles saillants dans la zone de sécurité selon [49][49]

Les supports qui absorbent l'énergie ralentissent considérablement le véhicule et réduisent donc le risque de collision secondaire contre d'autres ouvrages, arbres, piétons et autres usagers de la route. Les supports qui n'absorbent pas l'énergie permettent au véhicule de poursuivre sa course après l'impact avec une décélération limitée. Les supports qui n'absorbent pas l'énergie peuvent présenter un risque primaire moindre en termes de blessures que les structures amortissantes.

De plus, la norme EN 12767 détermine, pour les occupants, quatre niveaux de sécurité basés sur les valeurs de l'indice de sévérité des accélérations (en anglais : *Acceleration Severity Index* (ASI)) et de la vitesse d'impact frontal théorique (en anglais : *Theoretical Head Impact Velocity* (THIV)) calculés pour des essais à différentes vitesses. Les niveaux 1, 2 et 3 correspondent, dans cet ordre, à des niveaux croissants de sécurité du fait d'une diminution de la gravité du choc. Pour ces niveaux, deux essais sont requis :

- un essai à 35 km/h pour vérifier le bon fonctionnement du support à basse vitesse;
- un essai à plusieurs vitesses d'impact (50, 70 et 100 km/h) telles que spécifiées au tableau de la Figure 35.

Le niveau 4 couvre des supports présentant un haut niveau de sécurité classés comme tels grâce à un essai simplifié pour les classes de vitesse d'impact considérées.

Pour limiter le risque pour les usagers de la route ou les occupants du véhicule, le support testé ou les éléments détachés, fragments ou autres gros débris du support testé ne doivent pas pénétrer dans l'habitacle. Le pare-brise peut se briser, mais rien ne doit pénétrer. Le véhicule doit rester stable sur au moins 12 m après le point d'impact avec un angle de roulis inférieur à 45 ° et un angle de tangage inférieur à 45 °.

Tous les essais se font avec un véhicule léger pour vérifier que les niveaux de sévérité des impacts sont obtenus de façon satisfaisante et permettent d'assurer la sécurité des occupants d'un véhicule léger.

Niveau d'absorption d'énergie	Niveau de sécurité des occupants	Vitesses			
		Essai d'impact obligatoire à faible vitesse 35 km/h		Essais d'impact de la classe de vitesse 50, 70 et 100 km/h	
		Valeurs maximales		Valeurs maximales	
		ASI	THIV Km/h	ASI	THIV Km/h
HE	1	1,0	27	1,4	44
HE	2	1,0	27	1,2	33
HE	3	1,0	27	1,0	27
LE	1	1,0	27	1,4	44
LE	2	1,0	27	1,2	33
LE	3	1,0	27	1,0	27
NE	1	1,0	27	1,2	33
NE	2	1,0	27	1,0	27
NE	3	0,6	11	0,6	11
NE	4	Aucune exigence	Aucune exigence	Voir 5.6	

Figure 35 : Classes de performance de supports fragilisés conformément à la norme EN 12767 [50][50]

Ce qui signifie que les structures supports testées conformément à la norme EN 12767 ne sont pas toutes équivalentes et que des critères doivent être fournis pour le choix des bonnes classes de performance.

EN 12767 elle-même stipule que différents niveaux de sécurité des occupants et différentes catégories d'absorption d'énergie permettront aux autorités routières nationales et locales de spécifier le niveau de performance d'un élément de support d'équipement de la route en termes d'effets sur les occupants d'un véhicule qui le percute. Les facteurs à prendre en compte incluent :

- le risque d'accident corporel perçu et le rapport avantages-coûts probable;
- le type de route et géométrie de son tracé;
- vitesses habituelles des véhicules en cet endroit;
- présence d'autres structures, arbres et piétons;
- présence de dispositifs de retenue des véhicules.

Des lignes directrices permettant de choisir la classe de performance d'un support la plus adaptée, conformément à la norme EN 12767, existent surtout dans les pays du Nord de l'Europe (Norvège, Finlande [54], [55][54][55]) où on utilise ce type de supports depuis plusieurs années.

Au Royaume-Uni, une annexe nationale spécifique à la norme EN 12767 [51][51] a récemment été publiée afin de fournir des lignes directrices pour l'implantation de structures supports fragilisées (à sécurité passive) sur le territoire britannique. Une synthèse de cette annexe nationale est fournie dans un rapport technique très détaillé publié par le TRL en 2008 [56][56]. Des orientations sont données en Figure 36 pour le choix des classes de performances les plus appropriées et conformes à la norme EN 12767.

Situation	Emplacement	Type de structure support		
		Candélabre	Support de panneau ou de signalisation	Structures supports inoffensives
Routes et autoroutes hors agglomération	Généralement en bordure d'autoroute, de routes à chaussée dédoublée et à chaussée unique	100: NE: 1-3	100: NE: 1-3	100: NE: 4
ayant une limite de vitesse > 40 mph (65 km/h)	Forte circulation d'usagers non-motorisés	100: LE: 1-3 or 100: HE: 1-3	100: LE: 1-3	100: NE: 4
	Avec risque élevé de pièces tombant sur les autres chaussées	100: LE: 1-3 or 100: HE: 1-3	100: LE: 1-3	100: NE: 4 or 70: NE: 4
Routes en agglomération et autres routes ayant une limite de vitesse ≤ 40 mph (65 km/h)	Partout	70: LE: 1-3 or 70: HE: 1-3	70: LE: 1-3	100: NE: 4 or 70: NE: 4

Figure 36 : Conseils fournis dans l'annexe nationale britannique pour le choix des classes de performance de structures supports fragilisées conformément à la norme EN 12767 [56]

[56]

L'annexe nationale britannique donne aussi des conseils concernant :

- la déformation du toit,
- les critères structurels,
- l'espacement des poteaux de signalisation et recommandations,
- des recommandations concernant les panneaux,
- les supports de signalisation sur portique,
- les fondations,
- les branchements électriques souterrains.

En termes de techniques de construction, il existe plusieurs stratégies pour construire des poteaux « qui pardonnent » et sont conformes à la norme EN 12767 (voir Annexe A):

- *Choix des matériaux* : la façon la plus évidente d'augmenter le pouvoir amortissant d'une structure est d'utiliser des matériaux à faible rigidité. On évitera donc les poteaux en bois. Les poteaux fabriqués en fibre de verre et qui absorbent l'énergie sur toute leur longueur sont un bon compromis entre amortissement et sécurité. Le poteau se fend sans limite de rupture.
- *Eclissage* : un mauvais calcul de la limite de rupture peut entraîner l'accrochage du véhicule ou bien des pièces qui volent. Pour obtenir une rupture nette, les éclisses doivent être placées près du sol. Selon [3][3][3], il faut éviter d'utiliser de multiples éclisses. Un exemple est donné en Figure 37.



Figure 37: Poteau frangible/éclissé (gauche) et à embase glissante (droite) [57]

[57]

- *Poteaux à embase glissante* : une des caractéristiques des poteaux à embase glissante est qu'en cas de choc à une vitesse de circulation normale, ils sont généralement délogés de leur position d'origine (voir Figure 38). Cela permet au poteau de se détacher à sa base et de tomber lorsqu'il est percuté.

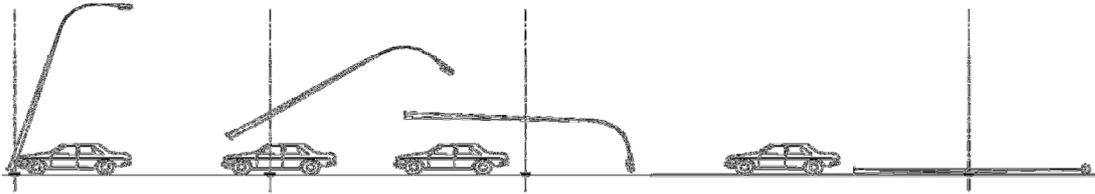


Figure 38 : Un véhicule percute un poteau fusible/détachable [57][57]

- *Compartiment de transformateur escamotable* : un compartiment de transformateur, généralement fabriqué en fonte d'aluminium, est boulonné sur une fondation en béton. La semelle inférieure du poteau est boulonnée sur la partie supérieure du compartiment du transformateur. L'aluminium est traité thermiquement pour le rendre « frangible », afin que le poteau puisse se désolidariser du compartiment lorsqu'il est percuté par un véhicule.
- *Connecteurs escamotables* : lorsqu'on utilise des poteaux escamotables, les conducteurs électriques doivent, eux aussi, être frangibles. Pour ce faire, on utilise des porte-fusibles détachables spéciaux (connecteurs frangibles). Dans les mâts fragilisés, le raccordement à la terre doit aussi disposer de ce connecteur frangible mais ne doit pas être équipé d'un fusible. Les connecteurs frangibles sont des connecteurs avec ou sans fusibles dans la base d'un mât/poteau.

### 4.3. Evaluation de l'efficacité

Bien que ce type de structures soit utilisé depuis plusieurs années dans un certain nombre de pays, dont la plupart des pays du Nord de l'Europe (Norvège, Finlande, Suède et Islande), Nous n'avons pu trouver aucune analyse statistique fiable sur l'efficacité des structures supports fragilisées en termes de réduction de la gravité des accidents.

Le site Internet de l'un des fabricants de supports fragilisés ([58][58]) mentionne 170 accidents impliquant des structures testées conformément à EN 12767, mais ne donne aucun détail sur les conséquences de ces événements. Les photos de ce site Internet (Figure 39) mettent en exergue les performances du support lorsqu'il est heurté par un véhicule léger. La structure reste stable et le véhicule léger la traverse, avec éventuellement des dégâts mineurs.



Figure 39 : Support fragilisé après avoir été percuté par un véhicule léger [58][58]

Selon [49][49][49], des données collectées sur le terrain dans le Massachusetts (cinq accidents) indiquent que parmi les rares cas existants, on n'a recensé aucune blessure grave lors d'accidents impliquant un type spécifique de poteau électrique fragilisé. Le Texas a signalé un accident impliquant ce type de poteaux. Cet accident n'a pas eu de conséquences corporelles graves, mais l'érosion a limité l'efficacité du poteau.

Une évaluation des risques liés aux effets potentiels de l'utilisation de candélabres et poteaux de signalisation fragilisés a été effectuée dans l'étude [56][56][56] en combinant la probabilité d'occurrence de différents événements susceptibles de donner lieu à des blessures de passagers. La Figure 40 présente les résultats obtenus en termes d'évaluation des risques pour différentes options de candélabres sur des routes de rase campagne à chaussée unique pour lesquelles les solutions conventionnelles ont été comparées à la solution classique de protection du candélabre par des glissières de sécurité et à l'option des candélabres fragilisés. Le risque associé à l'utilisation de candélabres « fragilisés » ou « qui pardonnent » s'est révélé être quasiment huit fois plus faible que le risque associé aux candélabres conventionnels non-protégés. Le risque associé à la solution de protection du candélabre par une glissière de sécurité reste deux fois plus élevé que celui lié aux candélabres fragilisés. Des conclusions du même ordre ont été tirées pour les candélabres sur les routes de rase campagne à chaussée dédoublée et pour les poteaux de signalisation sur les routes de rase campagne tant à chaussée unique qu'à chaussée dédoublée.

Notons en revanche, que l'utilisation de supports fragilisés peut mener à des frais d'entretien plus élevés que ceux liés à l'implantation de glissières de sécurité. La décision finale concernant le meilleur traitement doit donc reposer sur une analyse bénéfices-coûts.

Option	Risque (nombre de décès équivalents par an) sur routes à chaussée unique en rase campagne					
	Occupants véhicule en détresse	Autres usagers de la route				Tous les usagers de la route
		Heurté par la chute d'un candélabre	A percuté un candélabre tombé ou des débris	Collision arrière	Collision changement de voie	
Candélabres conventionnels non protégés à 2,5 m de la rive de la chaussée	0,0146	—	—	—	—	0,0243
Candélabres conventionnels à 2,5 m de la rive de la chaussée protégés par glissières	0,0036	—	—	—	—	0,0058
Candélabres fragilisés à 2,5 m de la rive de la chaussée	0,0017	0,000087	0,00013	0,000075	0,00017	0,0032

Figure 40 : Évaluation des risques liés à diverses options de candélabres sur les routes de rase campagne à chaussée unique [56]

[56]

## 4.4. Études de cas/exemples

Les structures supports « à sécurité passive », aussi appelées « fragilisées », sont utilisées partout en Europe et dans le monde. En conséquence, il existe toutes sortes d'applications différentes.

Le site Internet <http://www.ukroads.org/passivesafety/> présente une sélection de produits « qui pardonnent », utilisés au Royaume-Uni.

## 4.5. Références

### 4.5.1. Lignes directrices et normes de conception

Pour les questions d'éclairage, signalisation et structures supports le long des routes, les lignes directrices suivantes peuvent servir de référence :

- Voir Annexe A pour les critères permettant d'identifier les zones de sécurité
- Lignes directrices du SETRA – Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération [48][48]
- Annexe nationale britannique de la norme EN 12767 [51][51];
- Manuel sur l'éclairage des routes du ministère texan des Transports (*Texas Department of Transportation highway illumination manual*) [59][59];
- Guide de conception des bords de route de l'AASHTO (*Roadside Design Guide*) [10][10].

Tout support fragilisé ou « qui pardonne » installé en Europe doit être testé conformément à la norme EN 12767 [50][50][50], même dans les pays où cette norme n'a pas encore été adoptée et n'est pas obligatoire pour l'approbation des supports d'équipements de la route.

## 5. Largeur de l'accotement

### 5.1. Introduction

La largeur de l'accotement latéral (accotement du côté passager (côté droit dans la plupart des pays européens)) est considérée comme un aménagement important favorisant la sécurité en bord de route car elle augmente la zone de récupération qui permet aux conducteurs de véhicules en détresse de rectifier leur trajectoire sans quitter la route.

Selon le manuel de sécurité routière de l'AIPCR [60][60][60], les accotements des routes de rase campagne doivent être dégagés de tout obstacle et stabilisés afin de permettre aux véhicules qui l'empiètent de rectifier leur trajectoire.

Selon le rapport SafetyNet intitulé « *Roads* » [61][61][61], l'implantation d'un accotement (surtout s'il est stabilisé) ou d'une bande d'arrêt d'urgence permet d'améliorer la sécurité

routière sur les routes hors agglomération.

En revanche, si les accotements sont trop larges, l'effet positif peut être limité ; ils peuvent même avoir un effet contraire avec une augmentation du nombre d'accidents à la clef. Le rapport de SafetyNet indique que cela peut se produire lorsque la largeur de la bande d'arrêt d'urgence est supérieure à 3,00 m.

## **5.2. Critères de conception**

### **5.2.1. Largeur de l'accotement latéral**

Chaque pays a ses propres critères de conception pour définir la largeur de la bande d'arrêt sur l'accotement latéral pour différents types de routes. Par conséquent, il ne serait pas opportun de faire des « recommandations » car celles-ci pourraient être contraires à certaines normes nationales qui prescrivent généralement des exigences supplémentaires. Par exemple, les largeurs minimales d'accotement latéral préconisées pour différents types de routes nouvelles en rase campagne en Autriche, France, Italie et Suède sont présentées dans le Table 3. Les critères varient peu pour les autoroutes dont la vitesse est limitée à 130 km/h (2,5–3,00 m). Pour les axes secondaires avec une vitesse limitée à 80 km/h, cette largeur varie beaucoup plus : la largeur varie de 1,5–2,0 m pour les routes secondaires hors agglomération conventionnelles en Autriche, France et Italie; 0,5 m pour les routes hors agglomération sans bicyclettes en Suède; 0,75–1,5 m pour les routes de montagne en France; et 1,0 m pour les routes locales en Italie.

Table 3: Critères pour la largeur de l'accotement latéral en Autriche, France, Italie et Suède

	Type de route	Limitation de vitesse (km/h)	Largeur standard d'accotement latéral (m)	Type d'accotement
<b>Autriche [62]</b>	Autoroute	130	2.50–3.00	Revêtu
	Autoroute (cas spéciaux)	130	3.50–4.00	Revêtu
	Route hors agglomération	100	1.50–2.00	Revêtu
<b>France [48]</b>	Autoroute – trafic normal	130 (110)	2.50–3.00	Revêtu
	Autoroute – trafic modéré	130 (110)	2.00	Accotement revêtu sur minimum 1 m
	Voie express	90	2.00–2.50	Accotement revêtu
	Route multifonction – axe interurbain principal	90 (110)	2.00	Accotement stabilisé et si possible revêtu
	Route multifonction – à deux voies sur chaussée unique	90	2.00 (1.75)	Accotement stabilisé et si possible revêtu
	Route multifonction – routes de montagne	90	0.75–1.50	Accotement stabilisé et si possible revêtu
<b>Italy [63]</b>	Autoroute	130	2.50–3.00	Revêtu
	Chaussées séparées	110	1.75	Revêtu
	Axe secondaire hors agglomération	90	1.25–1.50	Revêtu
	Route rurale locale	90	1.00	Revêtu
<b>Sweden [64]</b>	Autoroute	110	2.00	Revêtu
	Chaussée unique séparée (2+1) [pas de cyclistes]	100	0.50–0.75	Revêtu
	Chaussée unique séparée (2+1) [avec cyclistes]	100	0.75–1.00	Revêtu
	Chaussée unique [pas de cyclistes]	80	0.5	Revêtu
	Chaussée unique	80	0.75	Revêtu

## 5.2.2. Revêtu ou non

Généralement, les accotements revêtus sont préférables aux accotements non-revêtus car ils permettent de mieux reprendre la maîtrise du véhicule en détresse. Selon C.V. Zegeer ([65][65][65], cité dans [60][60][60]), appliquer un revêtement sur les accotements peut permettre de réduire de 5% les accidents. Les résultats d'une évaluation menée dans des courbes dangereuses (voir [2][2][2]) aboutissent à la même conclusion, à savoir que les accotements stabilisés sont un traitement plus efficaces que les accotements non stabilisés.

En outre, la plupart des normes nationales imposent des accotements latéraux stabilisés sur les routes nouvelles.

En revanche, il ne faut pas oublier que les larges accotements stabilisés peuvent induire des comportements de conduite dangereux, tels que l'excès de vitesse dû à une mauvaise perception du risque et l'utilisation des accotements comme voies de circulation ou de dépassement. Une option serait d'avoir de larges accotements stabilisés qui limitent l'effet visuel négatif en adoptant une couleur différente pour la partie externe de l'accotement (Figure 41 et Figure 28, cette dernière étant un accotement de terre-plein central).

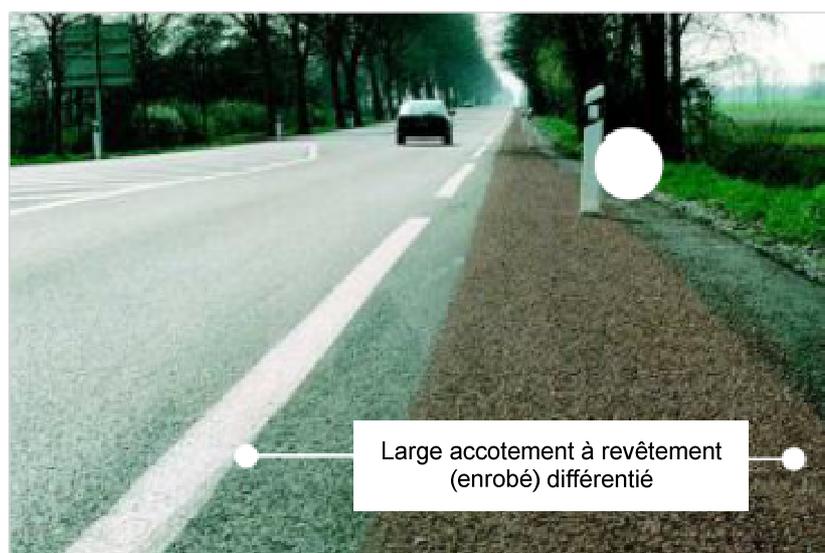


Figure 41 : Utilisation de couleurs différentes pour diminuer l'impression de sécurité associée aux larges accotements [48][48]

## 5.3. Evaluation de l'efficacité

Plusieurs études ont montré que la largeur de l'accotement latéral est un paramètre très important pour les estimations d'accidents sur routes hors agglomération pour les axes secondaires et les axes principaux.

Le projet RIPCORD-ISEREST [66][66][66] contient une synthèse de résultats concernant les effets de la largeur de l'accotement latéral sur les routes secondaires de rase campagne (chaussée unique). Bien que les effets obtenus par l'élargissement de l'accotement varient considérablement d'une étude à l'autre, toutes s'accordent à reconnaître que les accotements d'une largeur inférieure ou égale à 3,00 m ont un effet positif. Dans ce même rapport, plusieurs fonctions de performance de sécurité (en anglais *Safety Performance Functions*) sont données et quasiment toutes incluent la largeur de l'accotement comme variable dans le modèle.

Depuis sa publication en 2010, le Manuel de sécurité routière [18][18][18] est considéré comme l'ouvrage de référence en matière de définition de la largeur de l'accotement sur les routes à deux voies sur chaussée unique et les axes multivoie hors agglomération. Le facteur de modification des collisions (FMC) pour la largeur de l'accotement sur les routes à deux voies sur chaussée unique hors agglomération est donné en Figure 42. Ce FMC ne s'applique qu'à un sous ensemble de toutes les collisions (accidents mono-véhicule en sortie de route, collisions frontales impliquant plusieurs véhicules, accrochages latéraux de véhicules circulant en sens inverse, accrochages latéraux entre véhicules circulant dans le même sens).

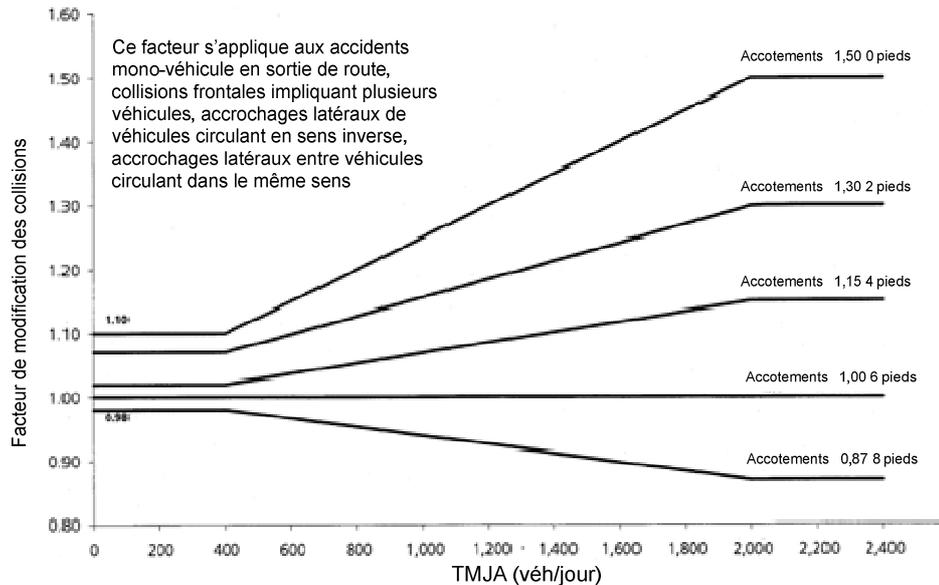


Figure 42 : FMC pour les effets de la largeur de l'accotement sur les routes à deux voies sur chaussée unique hors agglomération selon le Manuel de sécurité routière [18] [18][18]

Les effets de la largeur de l'accotement latéral sur les routes à plusieurs voies sans séparation et avec séparation sont présentés en Figure 43 et Figure 44.

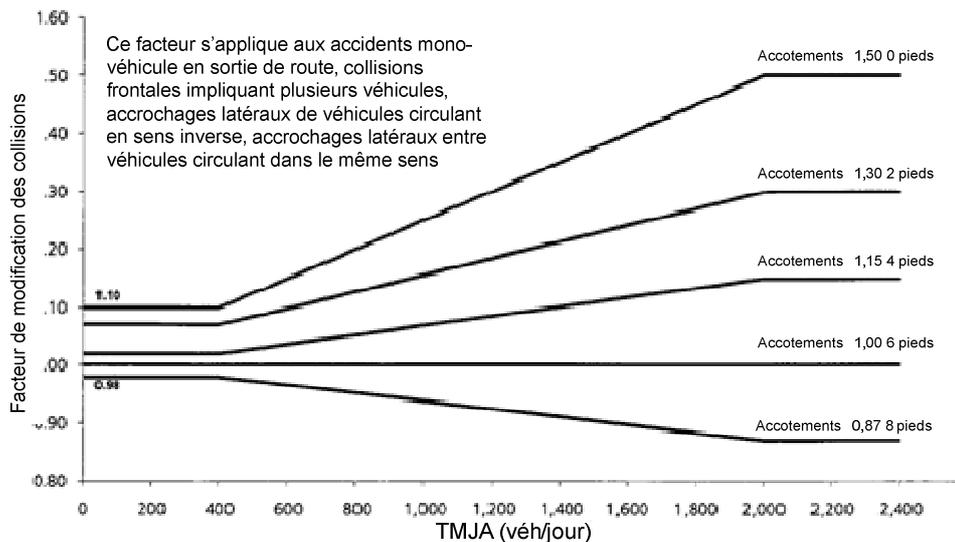


Figure 43 : FMC des effets de la largeur de l'accotement sur les routes multivoie sans séparation des chaussées hors agglomération selon le Manuel de sécurité routière [18][18][18]

Largeur moyenne de l'accotement (en pieds)				
0	2	4	6	8 ou plus
1,18	1,13	1,09	1,04	1,00

Remarque : FMC valables pour accotements revêtus uniquement

Figure 44 : FMC des effets de la largeur de l'accotement sur les routes multivoie à chaussées séparées hors agglomération selon le Manuel de sécurité routière [18] [18][18]

Pour les autoroutes, qui ne sont pas couvertes dans l'édition actuelle du Manuel de sécurité routière, il n'existe pas de modèle consolidé de FMC tenant compte des variations de la largeur de l'accotement. Les effets de ce facteur doivent donc être déduits de l'application des fonctions de performance de sécurité (*Safety Performance Functions*), pour lesquelles la largeur de l'accotement est une variable indépendante.

Deux études différentes ont été choisies pour ce type de routes :

- Pour les tronçons à ciel ouvert (hors tunnels), les travaux récemment publiés par B.J.Park [67][67][67] comprennent une synthèse des plus récents modèles développés pour les autoroutes. Sur les quatre modèles présentés, un seul utilise la largeur de l'accotement latéral comme variable indépendante pour les modèles hors agglomération. Les résultats de l'analyse réalisée par Park, sur la base de données texanes, confirment que la largeur de l'accotement latéral n'est pas une variable clé pour ce type de routes. Toutefois, il faut noter que pour deux cent vingt huit (228) des deux cent cinquante six (256) paires analysées, la largeur de l'accotement latéral était supérieure à 3,00 m. Ce résultat confirme qu'on ne tire aucun avantage positif substantiel d'une largeur d'accotement supérieure à 3,00 m.
- Dans les tunnels, la largeur des accotements est souvent inférieure à 3,00 m. Le confinement peut modifier le comportement des conducteurs. C'est pourquoi l'effet de la largeur des accotements latéraux pourrait être plus pertinent. Le Conseil suisse pour la prévention des accidents [68] propose le modèle suivant spécifiquement pour les tunnels :

•

$$N = e^{\{-19,51+[0,77 \cdot \ln(A)]+(-0,59 \cdot B)+[1,61 \cdot \ln(C)]+[0,12 \cdot \ln(D)]+[-0,82 \cdot \ln(E)]\}}$$

Où :

N est le nombre d'accidents calculé;

A est la longueur du tunnel;

B est le nombre de tubes (2 ou 1);

C est le TMJ (trafic moyen journalier);

D est le pourcentage de poids lourds;

E est la largeur de l'accotement + trottoir (en mètres).

Une étude réalisée récemment en Italie a démontré que cette équation peut très bien s'appliquer à des tunnels autres que ceux qui ont servi à élaborer ce modèle. Un coefficient d'étalonnage de 0,93 doit être utilisé pour appliquer le modèle au réseau italien [69][69][69].

Comme précédemment indiqué, l'élargissement de l'accotement latéral sur les routes hors agglomération a clairement un impact positif lorsque l'accotement est étroit, alors que pour les accotements plus larges, l'effet positif est discutable, il peut même être négatif. Pour estimer les effets d'une largeur d'accotement inférieure à la norme nationale, il est donc recommandé d'utiliser le FMC et l'équation d'estimation donnés ci-dessus. En cas d'élargissement de l'accotement supérieur à la norme nationale, une évaluation spécifique des risques doit être réalisée et des traitements supplémentaires devront être envisagés pour éviter que les usagers n'utilisent cette sur-largeur (par ex. utilisation de couleurs différentes comme illustré plus haut).

### 5.4. Études de cas/exemples

Dans le cadre du projet IRDES, trois études de cas liées directement ou indirectement à l'évaluation de l'efficacité après modification de la largeur de l'accotement et du type d'accotement (stabilisé/non-stabilisé) ont été réalisées.

Dans l'expérience menée en France (voir [2][2][2]), l'effet combiné de la largeur de la voie de circulation et de la largeur de l'accotement a été étudié (Figure 45). Au terme du projet IRDES, les résultats de cette expérience n'étaient pas disponibles et il n'a pas été possible de tirer des conclusions. Pourtant, ce thème reste très important car il n'est souvent pas possible d'élargir un tronçon sur une route existante et une optimisation de l'ensemble « largeur de voie + largeur d'accotement » pourrait permettre d'augmenter la sécurité sur ledit tronçon. Cette même question a récemment été abordée dans le cadre d'une étude financée par la FHWA qui s'est penchée spécifiquement sur l'évaluation de la sécurité de l'ensemble « largeur de voie + largeur d'accotement » [70][70][70].

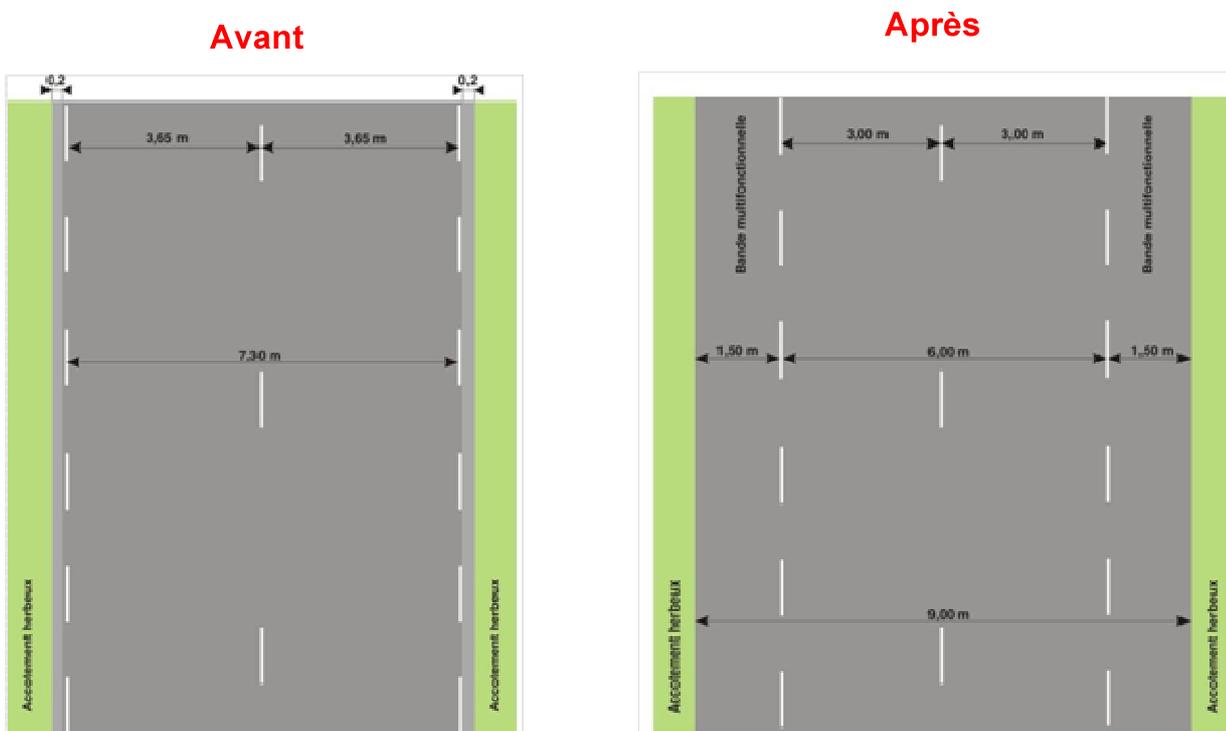
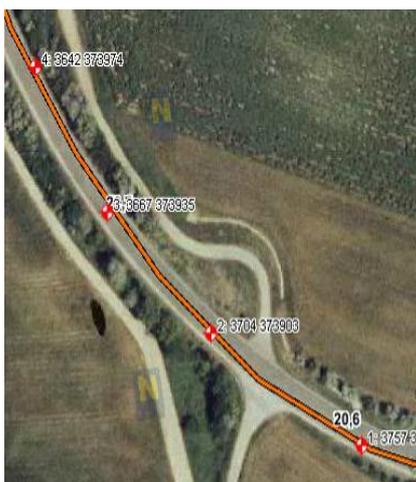


Figure 45 : Configuration avant-après pour l'analyse de l'effet combiné de la largeur de voie et de la largeur de l'accotement

L'expérience menée en Autriche (voir [2][2][2]) visait à déterminer l'efficacité potentielle de différents types de traitements (y compris l'allongement de l'accotement stabilisé ou non) dans des virages dangereux. L'exemple de la Figure 46 montre qu'avoir une bande d'arrêt d'urgence sur l'accotement latéral est le traitement le plus efficace en termes de réduction du MAIS (*Maximum Abbreviated Injury Scale*, échelle maximale abrégée des traumatismes) et que ce traitement est même plus efficace que l'implantation d'une glissière de sécurité.



Scenario (Nombre)	MAIS	Efficacité
Bord de route ne pardonne pas (1)	0	0%
Accotement non stabilisé (2)	7	70%
Bande d'arrêt (3,4,5)	0	100%
Arbre (6)	6	0%
Glissière de sécurité (7)	1	90%

Figure 46 : Exemple de résultats de l'analyse de l'efficacité des accotements non stabilisés (non revêtus) et des accotements stabilisés (revêtus) dans des virages à haut risque

Dans l'analyse accidentologique menée en Italie (voir [2][2][2]), une fonction de performance de sécurité a été développée pour les routes à deux voies de circulation sur chaussée unique hors agglomération. La largeur de l'accotement latéral s'est avéré être l'un des paramètres les plus significatifs en terme d'estimation des accidents.

## 6. Conclusion et recommandations

Le présent guide fournit des orientations pratiques concernant les éléments suivants :

- extrémités de glissières de sécurité
- bandes de rive sonores
- structures supports à sécurité passive pour les équipements de la route
- largeur de l'accotement

ainsi que des critères pour évaluer l'efficacité de ces catégories de traitement sur différents types de routes.

Les points principaux peuvent être récapitulés comme suit :

### Extrémités de glissières

Les origines et fins de file de glissières de sécurité sont considérées comme dangereuses lorsque l'extrémité n'est pas correctement ancrée ou abaissée au sol, ou lorsqu'elle ne s'écarte pas de la chaussée. Les collisions contre des extrémités de glissières de sécurité « qui ne pardonnent pas » donne souvent lieu à une pénétration de l'habitacle avec des conséquences graves.

Les extrémités résistantes aux chocs peuvent s'écarter de la chaussée (en trompette) ou être parallèles à celle-ci, elles peuvent amortir (absorption d'énergie) ou non les chocs. Toutefois, dans ce dernier cas de figure, elles doivent être conçues correctement et s'écarter de la chaussée (en trompette) afin d'éviter les collisions frontales contre le nez de l'extrémité. Dans certains pays, seuls sont autorisés les dispositifs ayant été soumis à des essais conformes à la prénorme ENV 1317-4.

La décision d'utiliser des extrémités avec ou sans absorption d'énergie doit donc dépendre de la probabilité de collisions frontales et de la nature de la zone de récupération qui se trouve immédiatement derrière et au-delà de l'extrémité. Lorsque la longueur nécessaire de la barrière (Cf. chapitre 2.2.52.2.52.2.5) est correctement définie et garantie et l'extrémité est placée dans une zone où la protection par une barrière de sécurité n'est pas nécessaire, il est peu probable qu'un véhicule atteigne le principal obstacle protégé après une collision frontale quel que soit le type d'extrémité choisi. Par conséquent, si le terrain au-delà de l'extrémité et immédiatement derrière la barrière peut être traversé en toute sécurité, il est préférable d'opter pour une extrémité en trompette.

Si, du fait de contraintes locales, la longueur nécessaire adéquate ne peut pas être garantie ou si le terrain au-delà de l'extrémité et immédiatement derrière la barrière ne peut pas être traversé en toute sécurité, il est recommandé d'opter pour une extrémité qui absorbe l'énergie (amortit les chocs).

Les extrémités abaissées ou en trompette enterrées au sol, couramment utilisées dans plusieurs pays depuis quelques années, sont désormais remplacées dans de nombreux pays lors de la conception de nouvelles routes par des extrémités en trompette à niveau constant car la rampe longitudinale qui résulte de l'abaissement de la glissière risque de faire passer le véhicule au dessus de la barrière.

Aspects supplémentaires à prendre en compte lors de la conception des extrémités (Cf. chapitre 222) :

- calcul de la longueur nécessaire;
- configuration des extrémités sur les revers de pente;
- configuration des extrémités sur les terre-pleins centraux;
- configuration des extrémités à proximité des accès riverains.

En termes d'efficacité, il n'existe aucune étude de type avant-après. Toutefois, dans WP2 du projet IRDES, un FMC a été mis au point pour estimer l'impact du nombre d'extrémités non protégées et peut servir de référence.

### **Bandes de rive sonores**

Les bandes de rive sonores ont fait leurs preuves en tant que traitement peut onéreux et extrêmement efficace pour réduire le nombre d'accidents mono-véhicule en sortie de route (SVROR) ainsi que leur gravité.

En recoupant plusieurs études, le facteur de modification de collisions (FMC) pour l'utilisation de bandes sonores fraisées sur les autoroutes hors agglomération (axes à chaussée dédoublée) a été estimé à :

- 0,89 (soit une diminution potentielle des accidents de 11%) pour les accidents SVROR, avec une erreur type d'estimation de 0,1;
- 0,84 (soit une diminution potentielle des accidents de 16%) pour les accidents SVROR mortels et corporels, avec une erreur type d'estimation de 0,1.

Recoupant différentes études, le facteur de modification de collisions (FMC) pour l'utilisation de bandes sonores fraisées sur les routes hors agglomération à deux voies a été estimé à:

- 0,85 (soit une diminution potentielle des accidents de 15%) pour les accidents SVROR, avec une erreur type d'estimation de 0,1;
- 0,71 (soit une diminution potentielle des accidents de 29%) pour les accidents SVROR mortels et corporels, avec une erreur type d'estimation de 0,1.

Au vu des valeurs de l'erreur type d'estimation, ces résultats peuvent véritablement être considérés comme positifs et permettre d'estimer les effets potentiels des bandes de rive sonores fraisées sur ces types de route. L'effet prévu n'est jamais supérieur à 1 avec un intervalle de confiance de 95%.

Pour les autoroutes urbaines et les routes multivoie à chaussées séparées, les données d'analyse disponibles ne permettent pas encore d'évaluer statistiquement l'efficacité de façon fiable. Toutefois, la meilleure estimation possible des effets des bandes de rive sonores compactées et des bandes de rive sonores fraisées est donnée ci-après :

- Les bandes de rive sonores compactées sur autoroutes urbaines devraient réduire le nombre d'accidents SVROR de 18% et d'accidents SVROR mortels et corporels de 13%;
- Les bandes de rive sonores fraisées sur les routes multivoie à chaussées séparées en rase campagne devraient réduire le nombre d'accidents SVROR de 22% et d'accidents SVROR mortels et corporels de 51%.

Différentes configurations de conception ont été proposées pour les bandes sonores fraisées :

- Une configuration « plus agressive » (et plus efficace) pouvant provoquer plus de gêne pour les cyclistes et les riverains. Ce type de configuration est recommandé lorsqu'il n'y a pas de riverains à proximité de la route et lorsque, soit il reste 1,2 m d'accotement, soit la circulation de bicyclettes est inexistante ou quasi inexistante;
- Une configuration « moins agressive » plus propice à la circulation en vélo et produisant moins de nuisances sonores pour les zones riveraines.

Les bandes sonores sur les axes « à accès libre » doivent être interrompues régulièrement sur une longueur de 3,7 m et tous les 12,2 m ou 18,3 m pour permettre aux cyclistes de traverser la bande sonore sans avoir à passer sur les rainures. La brèche ainsi recommandée est suffisamment longue pour permettre à un cycliste lambda de traverser sans passer sur la partie rainurée, mais pas assez longue pour permettre à un pneu de véhicule à un angle habituel de sortie de route de traverser cette brèche sans passer sur la partie rainurée.

Les bandes de rive sonores fraisées ne doivent pas être implantées à moins de 200 m d'une zone urbaine où, si nécessaire, on pourra envisager d'implanter des bandes sonores compactées. Et ce, car ces dernières produisent moins de bruit et n'ont pas d'impact sur le maniement des bicyclettes.

### **Structures supports à sécurité passive (ou « fragilisés ») pour les équipements de la route**

Cette section du guide porte sur les questions d'identification des obstacles potentiels le long des routes et de définition des solutions les plus appropriées pour que les structures supports pardonnent davantage. Les concepteurs et gestionnaires de routes affirment souvent que les obstacles en bordure de route *doivent* être protégés par des glissières de sécurité. Cette approche est simpliste et doit être écartée si nous voulons véritablement concevoir des routes qui pardonnent. En effet, l'implantation d'une glissière (avec sa longueur nécessaire et ses extrémités) n'est pas nécessairement la solution la plus « clémente » et peut coûter fort cher pour les avantages que l'on peut en attendre.

Dans le présent guide, la procédure élaborée dans le cadre du projet RISER a été proposée et mise en œuvre pour déterminer si un obstacle donné doit être considéré comme dangereux, c'est-à-dire s'il se situe dans la zone de sécurité et s'il a des caractéristiques structurelles susceptibles de provoquer des blessures aux passagers d'un véhicule en détresse qui le percute. Des critères permettant d'identifier un obstacle dangereux potentiel sont fournis au chapitre 4.24.24.2.

Les structures supports testées en conformité avec la norme EN 12767 sont considérées comme fragilisées et assurant une sécurité passive. Toutefois, la norme identifie différentes classes de performance et des lignes directrices pour choisir les classes de performance les mieux adaptées en fonction de la situation sont données au chapitre 4.24.24.2.

Bien que ce type de structures soit utilisé depuis plusieurs années dans plusieurs pays, y compris la plupart des pays d'Europe du Nord (Norvège, Finlande, Suède et Islande), nous n'avons trouvé aucune analyse statistique fiable sur l'efficacité des supports fragilisés en termes de réduction de la gravité des accidents. En revanche, plusieurs études indiquent que les collisions contre ce type de structures ont rarement des conséquences graves.

Une évaluation des risques liés aux candélabres et poteaux de signalisation fragilisés et leur impact potentiel a été réalisée au Royaume-Uni en combinant la probabilité que se produise un certain nombre d'événements différents pouvant mener à des blessures. Le risque lié à l'implantation de candélabres « fragilisés » ou « qui pardonnent » est quasiment huit fois moins important que celui lié aux candélabres classiques non-protégés. Le risque lié à la solution qui consiste à protéger le candélabre à l'aide d'une glissière de sécurité reste deux fois plus élevé que celui lié au candélabre fragilisé.

### **Largeur de l'accotement latéral**

Il est généralement admis que la largeur de l'accotement latéral (accotement côté passager, côté droit dans la plupart des pays européens) est une composante importante de la sécurité le long des routes car elle augmente la zone de récupération qui permet au conducteur en sortie de chaussée de rectifier la trajectoire de son véhicule sans quitter la route. L'élargissement de l'accotement latéral sur les routes en rase campagne a un impact nettement positif lorsque l'accotement est étroit. Pour les accotements plus larges en revanche, les avantages d'un élargissement sont discutables et celui-ci peut même avoir des effets négatifs. Il est donc recommandé d'avoir recours au FMC et aux fonctions prédictives données au chapitre 4.34.3 pour estimer les effets d'une largeur d'accotement inférieure aux normes nationales.

En cas d'élargissement de l'accotement supérieur aux normes nationales, une évaluation des risques spécifique devra être réalisée et des traitements supplémentaires pour éviter que les automobilistes n'utilisent cette sur-largeur, devront être envisagés (par ex. utilisation de couleurs différentes).

Pour les routes à deux voies à chaussée unique hors agglomération et pour les routes multivoie à chaussées séparées ou non, des fonctions FMC consolidées sont données dans le Manuel de sécurité routière (*Highway Safety Manual*) récemment publié. Pour les autoroutes à ciel ouvert (hors tunnels), l'impact de la largeur de l'accotement est souvent négligeable car ce type de routes a généralement une largeur d'accotement latéral de 2,50–3,0 m, qui est la largeur au-dessus de laquelle il a été démontré qu'il n'y a pas d'avantage en termes de réduction des accidents. Pour les autoroutes dans les tunnels, où les accotements sont souvent plus étroits et le confinement influence le comportement des conducteurs, une fonction de performance de sécurité (*Safety Performance Function*) spécifique est donnée et permet d'estimer l'effet qu'a cette largeur d'accotement réduite.

Etant donné que les normes nationales fixent généralement les critères permettant de définir la sur-largeur d'accotement standard ou minimale, nous n'avons pas proposé de valeur « uniforme ». Toutefois, les critères donnés pour les routes hors agglomération en Autriche, France, Italie et Suède ont été comparés et montrent que, bien qu'ils soient très similaires pour des autoroutes limitées à 130 km/h (2,50–3,00 m), ils varient beaucoup plus pour les axes du réseau secondaire où la vitesse est limitée à 80 à 100 km/h.

## Références

- [1] RISER consortium. 'D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New et Routes existantes'. RISER deliverable, février 2006
- [2] Fagerlind, H., Martinsson, J., Nitsche, P., Saleh, P., Goyat, Y., La Torre, F., Grossi, A. 'Guide for the Assessment of Treatment Effectiveness'. ENR SRO1 – ERANET projet IRDES – Deliverable N. 2, 2011, <http://www.irdes-eranet.eu> (dernière consultation le 16/07/2012).
- [3] U.S. Department of Transportation. 'Roadside improvements for local roads et streets'. Federal highway administration, USA, octobre 1986
- [4] S. Matena et al. 'Road Design and Environment – Best practice on Self-explaining and Forgiving Roads'. RIPCORD-ISEREST deliverable D3, 2005
- [5] L. Herrstedt. 'Self-explaining and Forgiving Roads – Speed management in rural areas'. Communication présentée à la conférence ARRB, octobre 2006;
- [6] AIPCR, 'Human Factors Guideline for Safer Road Infrastructure', 2008R18, [www.piarc.org](http://www.piarc.org)
- [7] RISER consortium. 'D05: Summary of European Design Guidelines for roadside infrastructure'. RISER deliverable, février 2005
- [8] D. Vangi 'L'urto contro le barriere di sicurezza: dalla teoria alla pratica' Diapos du cours COPEBARR, Université de Florence Italie, 2010 (en italien);
- [9] Tasmania Department of Infrastructure, Energy et Resource. 'Road Hazard Management Guide', 2004
- [10] AASHTO 'Roadside Design Guide', American Association of Highway Transportation Officials, Washington 2011, ISBN 1-56051-509-8;
- [11] [http://egov.oregon.gov/ODOT/HWY/ENGSERVICES/roadway\\_drawings.shtml](http://egov.oregon.gov/ODOT/HWY/ENGSERVICES/roadway_drawings.shtml) (dernier accès 16/07/2012)
- [12] <http://www2.mainroads.wa.gov.au/NR/mrwa/frames/Normes> (dernier accès 16/07/2012)
- [13] ENV 1317-4, 'Road Restrain Systems: performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals et transitions of safety barriers', CEN – Organisme européen de normalisation, 2001 (retirée du catalogue)
- [14] D.M. 2367/2004 contenant 'Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali', Ministère italien des Infrastructures et du Transport, 21.6.2004 (en italien);
- [15] FGSV 'Guidelines for passive protection on roads by vehicle restraint systems – RPS R1', Issue 2009 (en anglais);
- [16] Association autrichienne de recherche sur les route-rail-transport (FSV), RVS 05.02.31; Contrôle de la circulation, installations de régulation de la circulation, systèmes de retenue de véhicules, exigences et installation (en allemand);
- [17] M. H. Ray, J. Weir et J. Hopp 'In-Service Performance of Traffic Barriers' rapport NCHRP 490, Transportation Research Board Washington, 2003

- [18] AASHTO 'Highway Safety Manual', American Association of Highway Transportation Officials, Washington 2010, ISBN 9781560514770;
- [19] [http://www.modot.org/business/normes\\_et\\_specs/endterminals.htm](http://www.modot.org/business/normes_et_specs/endterminals.htm) (dernier accès 2/11/2011);
- [20] CEDR 'Bonnes pratiques pour les investissements d'infrastructure rentables en termes de sécurité routière ', Intégralité du rapport – avril 2008;
- [21] FHWA 'Technical Advisory - shoulder and edge line rumble strips' T5040.39, 22 avril, 2011;
- [22] D. J. Torbic, J. M. Hutton, C. D. Bokenkroger, K. M. Bauer, D. W. Harwood, D. K. Gilmore, J. M. Dunn, J. J. Ronchetto, E. T. Donnell, H. J. Sommer III, P. Garvey, B. Persaud, C. Lyon 'Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline rumble strips', rapport NCHRP 641, 2009;
- [23] FHWA 'Synthesis of Shoulder Rumble Strip Practices and Policies' [http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/research/exec\\_summary.htm](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/research/exec_summary.htm) (dernier accès novembre 2011);
- [24] <http://www.rumblestrips.com> (dernier accès novembre 2011);
- [25] F. La Torre, 'Influence of Roadway Surface Discontinuities on Safety – State of The Art Report – chapitre 'Positive Effects of Road Surface Discontinuities', Transportation Research Circular E-C134 - ISSN 0097-8515, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2008 pp. 25-31;
- [26] J. Kragh, B. Andersen, S. N. Thomsen 'Low noise rumble strips on roads – a pilot study' INTER-NOISE 2007, 28-31 août 2007, ISTANBOUL, TURQUIE
- [27] British Columbia Engineering Branch Standard Section 'Shoulder Rumble Strip Guidelines on Rural Highways', doc. 14300.00\RSTRIP, 25 avril, 2000
- [28] N. E. Wood 'Shoulder rumble strips: a method to alert "drifting" drivers' Présenté lors de la 73<sup>ème</sup> réunion annuelle TRB, Washington, janvier 1994;
- [29] J.J. Hickey Jr. 'Shoulder rumble strip effectiveness: Drift-off-road accident reductions on the Pennsylvania Turnpike' Transportation Research Record 1573, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1997 pp. 105-109;
- [30] K. Perillo, 'The Effectiveness and Use of Continuous Shoulder Rumble Strips', août 1998, site Internet de la FHWA [http://safety.fhwa.dot.gov/roadway\\_dept/rumble/](http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/rumble/);
- [31] M. S. Griffith 'Safety evaluation of rolled-in continuous shoulder rumble strips installed on freeways' HSIS Summary report - FHWA-RD-00-032, Décembre 1999;
- [32] M. S. Griffith, 'Safety Evaluation of Rolled-In Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways'. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1665, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1999, pp. 28–34.
- [33] NCHRP Project 17-25 'Crash reduction factors for traffic engineering and intelligent transportation system (ITS) improvements: state-of-knowledge report' Research Results Digest 299, novembre 2005;
- [34] O. Carrasco, J. McFadden, P. Chandhok, R. Patel 'Evaluation of Effectiveness of Shoulder Rumble Strips on Rural Multilane Highways in Minnesota' Transportation Research Board, Réunion annuelle 2004 Communication #04-4012;

- 
- [35] R.B. Patel, F.M. Council, M.S. Griffith, 'Estimating Safety Benefits of Shoulder Rumble Strips on Two-Lane Rural Highways in Minnesota: Empirical Bayes Observational Before-and-After Study' Transportation Research Board, réunion annuelle 2007 Communication #07-1924;
  - [36] J. A. Lindley 'Memorandum ACTION: Consideration and implementation of proven safety countermeasures', FHWA, 10 juillet 2008
  - [37] G. J. Bahar, M. P. Parkhill, E. Tan, C. Philp, N. Morris, S. Naylor, T. White, E. Hauer, F. M. Council, B. Persaud, C. Zegeer, R. Elvik, A. Smiley, and B. Scott. 'NCHRP Report 17-27: Development of Parts I and II of a Highway Safety Manual, Inclusion Process and Literature Review procédure for Part II', juin 2007;
  - [38] D. J. Torbic, J. M. Hutton, C. D. Bokenkroger, K. M. Bauer, E. T. Donnell, C. Lyon, B. Persaud 'Guidance on Design and Application of Rumble Strips' Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2149, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2010, pp. 59–69;
  - [39] A. Anund. M. Hjalmdahl, H. Sehammar, G. Palmqvist, B. Thorslund 'Placement and design of milled rumble strips on centre line and shoulder - A driving simulator study', rapport VTI 523A, 2005 (ISSN 0347-6030);
  - [40] AIPCR 'Manuel de sécurité routière' Publication AIPCR #103.03.B, Paris 2003;
  - [41] R.C. Moeur 'Analysis of gap patterns in longitudinal rumble strips to accommodate bicycle travel', Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1705, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2000;
  - [42] D. Torbic, L. Elefteriadou, M. El-Gindy 'Development of Rumble Strip Configurations That Are More Bicycle Friendly', Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1773, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2001;
  - [43] A. Hegewald 'Safety effects and cost benefit of milled shoulder rumble strips', European Transport Conference 2009: Seminars, Leeuwenhorst, Pays-Bas, 05/10/2009 – 07/10/2009;
  - [44] K. W. Miller 'Effects of Center-Line Rumble Strips on Non-Conventional véhicules', Minnesota Department of Transportation, Report MN/RC 2008-07, janvier 2008;
  - [45] Etat de l'Alaska, Ministère des Transports, Bureau de la circulation et de la sécurité [http://www.dot.state.ak.us/stwddes/dcstraffic/rumble/rumble\\_fags.shtml#rumble\\_question7](http://www.dot.state.ak.us/stwddes/dcstraffic/rumble/rumble_fags.shtml#rumble_question7) (dernier accès 25/11/2011);
  - [46] Insurance Institute for Highway Safety. Fatality Facts 2008, Roadside Hazards. Trouvé sur [http://www.iihs.org/research/fatality\\_facts\\_2008/roadsidehazards.html](http://www.iihs.org/research/fatality_facts_2008/roadsidehazards.html), consulté le 25/02/2010;
  - [47] Roads and Traffic Authority NSW. Fatal Roadside Object Study in *Road Environment Safety Update 20*. New South Wales, Australie, mars 2004;
  - [48] SETRA 'Guidelines – Handling lateral obstacles on main roads in open country', (version française : « Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération ») novembre 2002, traduit en août 2007, France 2007;

- [49] K. Lacy, R. Srinivasan, C. V. Zegeer, R. Pfefer, T. R. Neuman, K. L. Slack, K. K. Hardy, NCHRP REPORT 500 – 'Safety and Human Performance Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan Volume 8: A Guide for Reducing Collisions Involving Utility Poles';
- [50] EN 12767 'Passive safety of support structures for road equipment – Requirements, classification and test methods' (version française : « Sécurité passive des structures supports d'équipements de la route – Prescriptions, classification et méthodes d'essai »), CEN – Organisation européenne de normalisation, 2007
- [51] BSI-EN 12767 'Passive safety of support structures for road equipment – Requirements, classification and test methods', National Annexe BSI – British Standards Institution, 2007
- [52] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. *Roadside Design Guide*. Alberta, Canada, novembre 2007;
- [53] Direction danoise des routes 'Use of passive support structures on the state roads' (<http://www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=262678>, dernier accès 24/11/2011);
- [54] FINNRA 'Break-Away Lighting Columns in Finland, Year 2005' Engineering News No 9E Publié par l'administration routière finlandaise, services techniques, 27 janvier 2005;
- [55] FINNRA 'Vertical Sign Support With Passive Safety, Year 2005' Engineering News No 12B Publié par l'administration routière finlandaise, services techniques, 27 janvier 2005;
- [56] G. L. Williams, J. V. Kennedy, J. A. Carroll, R. Beesley 'The use of passively safe signposts and lighting columns' Publié par le TRL, Royaume-Uni, août 2008 – ISSN 0968-4093;
- [57] CSP Pacific. Extrait de [www.csppacific.co.nz](http://www.csppacific.co.nz), consulté le 21/07/2010;
- [58] [http://www.lattix.net/index.php/site/press\\_full/potentially\\_lives\\_saved/](http://www.lattix.net/index.php/site/press_full/potentially_lives_saved/) (dernier accès 25/11/2011);
- [59] Texas Department of Transportation. *Highway Illumination Manual*. Extrait de [http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hwi/manual\\_notice.htm](http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hwi/manual_notice.htm), consulté le 21/07/10;
- [60] AIPCR 'Manuel de sécurité routière' Version 1.0, 2003 Publié par l'AIPCR – Association mondiale de la route, Paris – France;
- [61] SafetyNet 'Roads', 2009. Extrait de [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/road/index.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/index.htm) ; consulté le 27/11/2011
- [62] Association autrichienne de recherche sur les routes-rail-transport (FSV), RVS 03.03.31 'Road planning, Cross-sections, cross-section elements of rural roads; envelopes of clearance' (en allemand);
- [63] Ministère italien des Infrastructures et du Transport 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade', D.M. 6792 daté du 5.11.2001 (en italien);

- 
- [64] Vägar och gators utformning, VV Publikation 2004:80, ISSN 1401-9612 (en suédois);
- [65] C.V. Zegeer, J.M. Twomey, M.L. Heckman, J.C. Hayward 'Safety effectiveness of highway design features: Volume II, Alignment' FHWA-RD-91-045, Federal Highway Administration, Washington, DC, 1992;
- [66] G. Gatti, C. Polidori, I. Galvez, K. Mallschützke, R. Jorna, M. Van de Leur, M. Dietze, D. Ebersbach, C. Lippold, B. Schlag, G. Weller, A. Wyczynski, F. Iman, C. Aydin '*Safety Handbook for Secondary Rural Roads*', RIPCORDER-ISEREST project Deliverable D13, 01 janvier 2005;
- [67] B.-J. Park, K. Fitzpatrick, D. Lord 'Evaluating the Effects of Freeway Design Elements on Safety' Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2195, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2010, pp. 58–69;
- [68] U. Salvisberg, R. Allenbach, M. Hubacher, M. Cavegn, S. Siegrist, 'Verkehrssicherheit in Autobahn- und Autostrassentunneln des National-strassennetzes', Rapport BFU n. 51, UPI - Bern 2004;
- [69] L. Domenichini, F. La Torre, F. J. Caputo, F. Fanfani 'Il modello previsionale di incidentalità in gallerie autostradali', Revue Strade & Autostrade 01-2012 pp. 148-156 [en italien];
- [70] F. Gross, P. P. Jovanis, K. Eccles, and Ko-Yu Chen 'Safety evaluation of lane and shoulder width combinations on rural, two-lane, undivided roads' Rapport de la FHWA HRT-09-031, juin 2009.

# Annexe A : état de l'art

## 7. Avant-propos de l'Annexe A

L'objectif de cette Annexe A est de compiler et harmoniser les normes et lignes directrices communes concernant les traitements des abords de la route. Pour commencer, cette annexe présente les obstacles et dangers les plus fréquemment rencontrés le long des routes et qui font l'objet de contre-mesures appropriées. La partie principale du présent rapport comprend les résultats et conclusions tirés de la littérature en la matière, des lignes directrices et des normes qui portent sur les traitements des abords de la route.

En résumé de la littérature, trois catégories de traitements sont proposées :

1. suppression ou déplacement d'objets potentiellement dangereux au bord de la route,
2. modification des objets en bord de route ou de la configuration des abords de la route,
3. protection des objets se trouvant au bord de la route.

Ces trois catégories déterminent l'ossature de cette annexe. La première catégorie comprend essentiellement des recommandations pour les zones de sécurité. Il s'agit de zones dégagées de tout obstacle, se trouvant au-delà des voies de circulation et qui permettent au conducteur de reprendre le contrôle de son véhicule sans heurter d'obstacle. De plus, ces zones permettent aux conducteurs d'effectuer des manœuvres de récupération simples. Pendant la phase de conception, surtout lors de la phase de planification préliminaire, il convient d'envisager systématiquement l'implantation d'une zone de sécurité adéquate.

Lorsque des obstacles dangereux ne peuvent pas être supprimés ou déplacés, ils doivent être modifiés. Les structures résistantes aux chocs ou les dispositifs fragilisés sont des exemples courants de telles modifications. Qui plus est, la conception des talus et fossés est un facteur important dans le domaine de la sécurité routière.

Dans bien des cas, supprimer ou modifier les obstacles dangereux n'est pas possible ou économiquement viable. Isoler ou protéger les automobilistes de ces obstacles permet de minimiser la gravité des accidents. Les glissières de sécurité et les atténuateurs de chocs sur les culées de pont sont de bons exemples de ce type de traitements.

## 8. Obstacles le long des routes

Le concept de « route qui pardonne » a vu le jour au milieu des années 60 pour tenir compte du fait que les véhicules quittent parfois la chaussée. Les raisons pour lesquelles les véhicules quittent la chaussée ont été classées dans les catégories suivantes [A.19] [A.19]:

- Comportement du conducteur : inattention, fatigue, conduite sous l'influence de l'alcool ou de narcotiques, manœuvres d'évitement, excès de vitesse etc.;
- Etat de la chaussée : mauvais tracé, mauvaise visibilité, adhérence réduite, drainage inadéquat, mauvaise signalisation verticale, horizontale, délinéation etc.;
- Dysfonctionnements du véhicule : mauvais fonctionnement de la direction ou des freins, explosion de pneu etc.

Les principaux facteurs qui conditionnent la gravité d'un accident en sortie de route sont la disposition et le type d'objets qui se trouvent le long de la route. Concevoir des routes qui pardonnent consiste essentiellement à organiser des zones de sécurité, ce qui n'est pas toujours possible. Le long de certaines routes, des obstacles potentiellement dangereux pour les automobilistes sont situés à proximité de la chaussée. Souvent, l'installation de certains objets (candélabres, signalisation ou parapets de ponts) est indispensable. D'autres obstacles tels que les remblais, talus ou fossés portent atteinte à la sécurité en bord de route et doivent être efficacement aménagés. Comme indiqué dans [A.35][A.35], un obstacle en bord de route est considéré comme dangereux lorsque l'un ou plus des événements suivants se produit :

- Le véhicule est arrêté net;
- L'habitacle est pénétré par un objet extérieur;
- Le véhicule devient instable du fait d'éléments en bord de route.

Dans [52][52], un obstacle en bord de route est défini comme étant tout élément le long de la route qui est non-frangible et non-traversable, d'un diamètre ou d'une épaisseur supérieur(e) à 100 mm. Le projet RISER a montré que les arbres sont les objets les plus dangereux le long des routes. Environ 17% des accidents enregistrés impliquant un arbre sont mortels [A.2][A.2]. Dans les études de cas de cette recherche, lorsque les données concernant la vitesse étaient connues, tous les accidents mortels se sont produits à une vitesse d'impact de 70 km/h ou plus. Des structures telles que les panneaux de signalisation, les murets en béton, les clôtures etc. sont percutés dans 11% de tous les accidents mono-véhicule (SVA) mortels. Selon l'analyse accidentologique RISER, les barrières de sécurité semblent être l'objet le plus souvent heurté dans les accidents mono-véhicule. Toutefois, les accidents mono-véhicule contre des barrières de sécurité ne donnent généralement lieu qu'à des blessures légères. Il convient cependant de noter que les barrières de sécurité peuvent elles-mêmes représenter un risque lorsqu'elles ne sont pas correctement conçues et implantées.

L'étude [A.48][A.48] est basée sur le système d'établissement de rapports analytiques sur les accidents (*Fatality Analysis Reporting System (FARS)*) du ministère américain des Transports et présente les résultats d'une analyse des accidents mortels causés par un impact contre des obstacles fixes. Au total, huit mille six cent vingt trois décès ont été analysés. Dans l'analyse de la répartition des accidents mortels contre obstacle fixe en 2008, le fort pourcentage de collisions mortelles contre des arbres (48%) est frappant. En deuxième position des obstacles le plus souvent percutés viennent les poteaux électriques/téléphoniques et barrières de sécurité.

Dans de nombreux accidents, le véhicule percute plusieurs obstacles en bord de route. Une étude publiée par l'autorité des routes et de la circulation de la Nouvelle-Galles du Sud en Australie (*Roads et Traffic Authority of New South Wales*) [A.7][A.7] s'est spécifiquement penchée sur le type d'objets heurtés par les véhicules le long des routes en second impact. Cette analyse ne porte que sur les accidents mortels et, une fois de plus, révèle que les arbres sont les objets en bord de route le plus souvent heurtés, suivis par les poteaux et les remblais. Les arbres et poteaux représentent le pourcentage le plus élevé d'objets percutés tant en premier qu'en second impact (voir Figure 47).

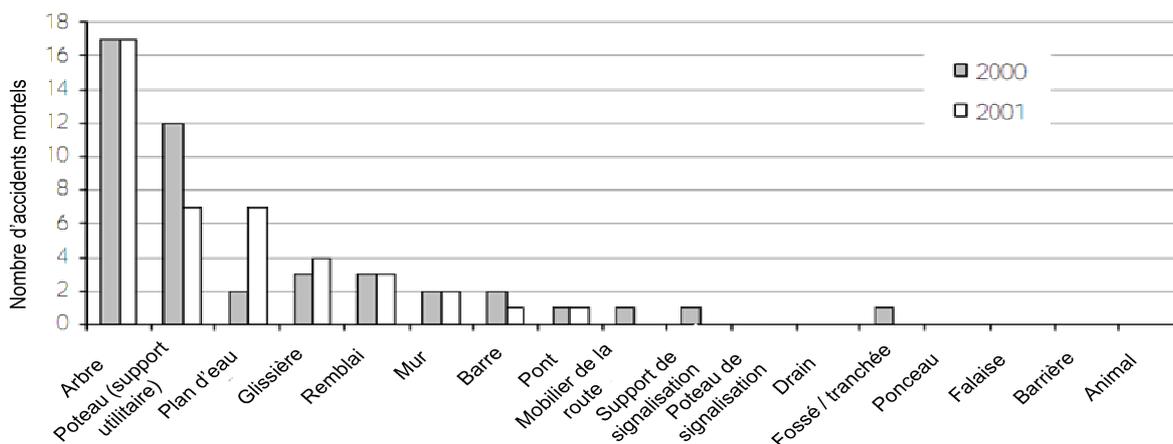


Figure 47 : Objets heurtés le long des routes en second impact, basé sur 1 029 accidents mortels, NSW 2000 & 2001 [A.7][A.7]

Ce chapitre porte sur les obstacles dangereux en bordure de route et donne un aperçu du nombre élevé de ces obstacles. Les traitements qui permettent de limiter les risques associés aux éléments de bord de route sont présentés au chapitre 9. [A.35][A.35] et [A.2][A.2] présentent des classements par catégorie des obstacles dangereux tout à fait analogues. Dans le présent rapport, ils sont regroupés comme suit :

1. Obstacles fixes ponctuels
2. Obstacles continus
3. Risques dynamiques en bord de route

## 8.1. Obstacles fixes ponctuels

Selon plusieurs études, les objets uniques ou ponctuels sont les obstacles potentiels les plus nombreux le long de la route. Selon [A.23][A.23], les obstacles ponctuels sont définis comme étant des installations permanentes d'une longueur limitée. Il peut s'agir de structures naturelles ou artificielles, fabriquées dans différents matériaux. Bien entendu, ce sont les grands ouvrages rigides, tels que les culées de pont, qui causent les accidents les plus graves car ils n'amortissent pas suffisamment les chocs. Dans les pages qui suivent, différents exemples d'obstacles ponctuels ainsi que leur niveau de dangerosité sont expliqués.

### 8.1.1. Arbres et autre végétation

Les analyses accidentologiques dans [A.7][A.7] et [A.48][A.48] ont démontré que les collisions contre les arbres sont à l'origine de nombreux décès. Comparés aux autres obstacles en bord de route, les arbres, ou autre végétation rigide, semblent être les obstacles les plus dangereux. Selon le projet RISER, les arbres deviennent particulièrement dangereux lorsque leur diamètre est supérieur à 20 cm (voir [A.2][A.2]) – en France ce chiffre est de 10 cm). La vitesse de choc est considérée comme dangereuse lorsqu'elle est supérieure à 40 km/h. D'après une étude dans [A.8][A.8], la gravité des blessures subies lors de collisions contre des arbres est bien supérieure à celle de tous les autres accidents enregistrés (voir Figure 48).

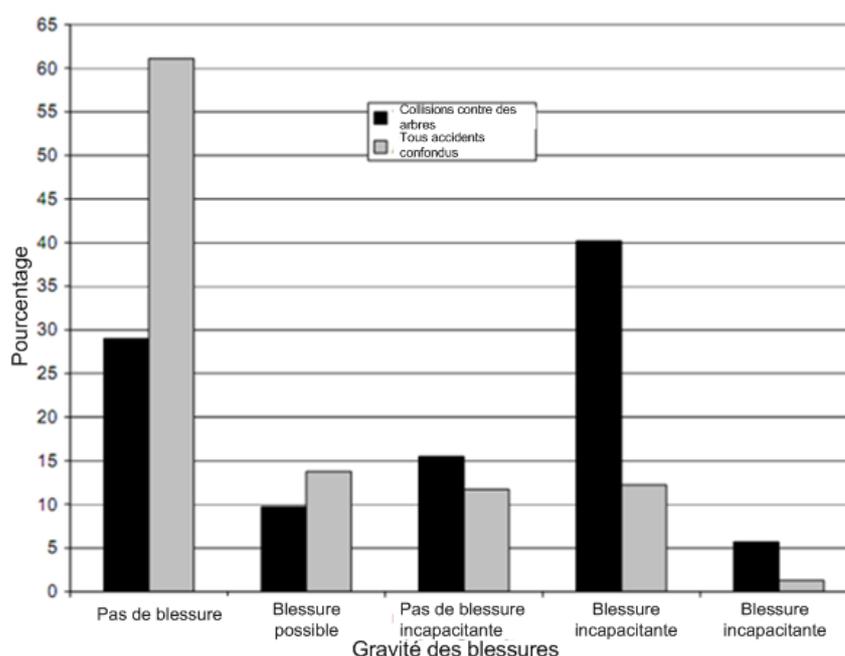


Figure 48 : Fréquence relative de la gravité des blessures pour les collisions contre des arbres et pour tous les accidents (en %), basée sur 1 830 accidents contre des arbres [A.8]

[A.8]

Un guide du NCHRP [A.21][A.21] présente une analyse intéressante sur la corrélation entre la distance moyenne qui sépare les arbres des voies de circulation et les accidents contre les arbres. Cette analyse démontre une corrélation inversement proportionnelle entre la distance et la fréquence des accidents. L'exemple illustré en Figure 49 montre des arbres situés trop près de la route, sans délimitation ni protection. Sur la photo de droite, l'arbre était le second objet percuté après que le véhicule ait heurté la bordure.



Figure 49 : Exemples d'arbres présentant un danger le long de la route (Source : [A.24], [A.53][A.24][A.53])

Toutefois, on doit aussi considérer les arbres comme un élément esthétique des abords de la route, comme le font N.J. Bratton et K.L. Wolf dans [A.8][A.8]. La suppression d'arbres peut représenter, pour la population locale, un problème relevant de l'émotionnel. On manque de recherches sur les façons d'intégrer efficacement et en toute sécurité les arbres à l'aménagement des bords de routes de telle sorte à favoriser les valeurs locales ainsi que les exigences environnementales et esthétiques. Des lignes directrices pour une conception sûre et esthétique des traitements en bord de route en milieu urbain ont été élaborées dans [A.22][A.22].

### 8.1.2. Poteaux électriques/téléphoniques (supports utilitaires)

Généralement, les poteaux supportent des câbles électriques ou téléphoniques aériens. Les poteaux sont souvent fabriqués en bois massif ou en béton et, par conséquent, on peut dire qu'ils « ne pardonnent pas » dans la mesure où leur capacité à absorber l'énergie est minime. Deux exemples de poteaux dangereux placés le long de la route sont présentés en Figure 50. Sur les deux photos, les poteaux sont situés à moins d'un mètre de la chaussée et ne sont pas protégés.



Figure 50 : Deux exemples de poteaux électriques/téléphoniques dangereux (Source : [A.51][A.51])

Les poteaux sont le deuxième obstacle le plus dangereux le long des routes en termes d'accidents mortels. Une des principales conclusions d'une étude de K.K Mak et R.L. Mason [A.9][A.9] est que les accidents contre des poteaux sont essentiellement un problème urbain avec environ 37 accidents contre des poteaux par 100 miles de route (~161 km) contre 5,2 sur les routes de rase campagne. Ils ont aussi observé que les accidents contre des poteaux en rase campagne sont plus violents qu'en ville. Bien entendu, la gravité du choc dépend de la vitesse à laquelle circule le véhicule, elle est généralement plus élevée sur les routes de rase campagne.

### 8.1.3. Poteaux de signalisation, candélabres et supports

Outre les poteaux électriques/téléphoniques, les structures décrites ici soutiennent des éclairages ou des panneaux de signalisation et de danger. Généralement, elles doivent être placées près de la chaussée et ne peuvent être ni supprimées, ni déplacées. Elles sont dangereuses si elles ne se désolidarisent pas de leur ancrage au moment de l'impact. Les résultats de [A.48][A.48] montrent que les supports de candélabres et de panneaux de signalisation sont à l'origine de 4% des décès lors d'accident contre des objets fixes. La littérature portant sur les analyses approfondies des accidents impliquant les infrastructures est limitée.

Dans le cadre du projet RISER, des lignes directrices provenant de quasiment toutes les régions d'Europe ont été compilées. Ces lignes directrices définissent, pour les différents types de poteaux et supports, un diamètre minimal au-dessus duquel le poteau ou support n'est plus considéré comme sûr. On trouvera des informations supplémentaires dans [A.3][A.3]. La Figure 51 montre deux exemples de poteaux dangereux en bord de route.



Figure 51 : Exemples de panneaux de signalisation dangereux (Source: [A.3][A.3])

### 8.1.4. Culées et entrées de tunnel

Les culées, passages supérieurs, piles de ponts et murs à l'entrée de tunnels sont, pour la plupart, construits en béton rigide et sont considérés comme extrêmement dangereux. Selon RISER [A.3][A.3], de tels objets sont dangereux lorsque le diamètre d'une pile de pont est supérieur à 1 mètre et qu'ils sont placés trop proches de la chaussée ou ne sont pas protégés. Souvent, les entrées de tunnels sont construites de telle sorte qu'un véhicule ne peut pas glisser le long de la structure. Pourtant, les murs et piles de pont sont impliqués dans un pourcentage relativement modeste des accidents mortels par rapport à d'autres obstacles fixes. Des exemples de culée de pont dangereuse et de passage supérieur sont présentés en Figure 52.



Figure 52 : Exemples de culée de pont (gauche) et de passage supérieur (droite) dangereux (Source : [A.2][A.2])

### 8.1.5. Extrémités de glissières de sécurité et raccordements

Les barrières ou glissières de sécurité sont des aménagements routiers qui pardonnent et qui servent à isoler les obstacles dangereux et/ou à empêcher les véhicules de quitter la chaussée. Toutefois, les extrémités et raccordements entre différents types de glissière peuvent être des objets dangereux en bord de route. Les origines et fins de file de glissières de sécurité sont considérées comme dangereuses lorsque l'extrémité n'est pas correctement ancrée dans le sol ou abaissée vers le sol ou lorsqu'elle ne s'écarte pas de la chaussée [A.3][A.3]. La base de

données RISER compte quarante et un accidents dans lesquels les glissières étaient les seuls obstacles impliqués. Dans quatorze cas (c.-à-d. 34,1%), le véhicule a percuté l'extrémité de la glissière. Souvent, lors de collisions contre des extrémités de glissières de sécurité qui ne pardonnent pas, celles-ci pénètrent dans l'habitacle.

Le raccordement que l'on rencontre le plus fréquemment est celui entre l'extrémité d'une glissière de pont et la barrière d'approche. Dans ce cas de figure, le raccordement peut provoquer une décélération brutale et, en ce sens, il « ne pardonne pas ». La Figure 53 montre deux exemples d'extrémités de glissières de sécurité dangereuses. Sur la photographie de droite, il manque un raccord entre la glissière du pont et celle de la chaussée. Aucune des deux extrémités n'est correctement aménagée.



Figure 53 : Exemples d'extrémités de glissières de sécurité dangereuses

### 8.1.6. Roches et rochers

Les roches et rochers individuels sont des obstacles dangereux lorsqu'ils se situent trop près de la chaussée. On trouve surtout des affleurements exposés sur les routes construites dans un environnement rocheux où l'aménagement d'une zone de sécurité est onéreux. Les déblais rocheux le long des routes ont aussi pour inconvénient que des fragments rocheux peuvent dévaler les pentes escarpées et tomber sur la chaussée. La Figure 54 présente des exemples de tels dangers en bord de route.



Figure 54 : Exemples de rochers dangereux (gauche) et de roche (droite) le long de la route (Source : [A.2] et [A.3][A.2][A.3])

### 8.1.7. Ouvrages de drainage

Lorsqu'un véhicule sort de la route, les ouvrages de drainage tels que les ponceaux ou extrémités de ponceau représentent un danger en bordure de route. Ils servent souvent à canaliser un cours d'eau et sont construits en béton, acier ou plastic. Selon [A.48][A.48], 3% de tous les décès lors d'accidents contre un obstacle fixe sont causés par des ponceaux. Les exemples de la Figure 55 montrent des ouvrages de drainage dangereux. Comme on le constate sur la photographie de gauche, ces ouvrages sont souvent construits dans des matériaux rigides qui ne peuvent pas absorber l'énergie du choc.



Figure 55 : Exemples d'ouvrages de drainage dangereux (Source : [A.2][A.2])

### 8.1.8. Autres obstacles ponctuels fixes

Outre les obstacles susmentionnés, d'autres objets le long des routes peuvent être dangereux pour les automobilistes. Les structures ponctuelles rigides telles que des marquages routiers en maçonnerie, des bouches d'eau, des maisons non-protégées, des œuvres d'art etc. sont monnaie courante le long des routes et doivent être traitées efficacement. Au cours des dix dernières années, de nombreux ronds-points ont été réaménagés de façon artistique afin d'embellir la partie centrale du rond-point. Certaines de ces œuvres d'art sont extrêmement dangereuses du fait de leurs structures qui « ne pardonnent pas » et de leurs pièces saillantes. Notamment, les motocyclistes peuvent être grièvement blessés ou tués lorsqu'ils percutent de telles œuvres d'art.

## 8.2. *Obstacles dangereux continus*

Les obstacles dangereux continus sont des objets dispersés d'une longueur considérable, si bien qu'on peut difficilement les supprimer ou les déplacer. Au cours des pages suivantes, plusieurs exemples d'obstacles dangereux continus et de leur impact sur la sécurité des bords de route sont présentés.

### 8.2.1. Talus et pentes (remblais et déblais)

Un remblai est un monticule artificiel de terre ou de pierre qui sert de support à une route ou une voie ferrée. Le terme « talus » couvre tous les types de bas côtés inclinés y compris les déblais et les remblais (voir Figure 56). Un déblai est un talus creusé dans la terre pour abaisser le niveau naturel du sol jusqu'au niveau souhaité pour le tracé de la route. A l'inverse, un remblai

est un talus qui permet de surélever le niveau du tracé de la route par rapport au niveau naturel du sol<sup>3</sup>. La dangerosité d'un tel talus dépend de sa hauteur ou profondeur, de son escarpement et de la distance qui le sépare de la chaussée. Une analyse détaillée des normes qui, dans différents pays, définissent les seuils pour ces paramètres, a été effectuée dans le cadre du projet RISER [A.3][A.3].



Figure 56 : Exemples de déblai (gauche) et remblai (droite) dangereux (Source : [A.2][A.2])

Selon [A.48][A.48], les talus sont heurtés dans 6% des accidents mortels contre des objets fixes. Le risque de retournement du véhicule est élevé lorsqu'il percute un talus surtout si son inclinaison est forte. Cette étude révèle également que presque un tiers de tous les accidents mortels contre des talus est causé par un retournement du véhicule (tonneau). Il s'agit du pourcentage le plus élevé parmi tous les obstacles couverts dans cette analyse.

### 8.2.2. Fossés

Les fossés sont décrits comme étant des ouvrages de drainage construits pour canaliser l'eau. Généralement, ils sont parallèles à la chaussée. Ils sont constitués d'un avers et d'un revers de

<sup>3</sup> Traduction libre des définitions données par le ministère des Forêts du gouvernement de la Colombie Britannique (en anglais)

pende. Les concepteurs des bords de route doivent s'assurer que les fossés sont assez larges pour assurer un drainage adéquat et avoir une capacité de stockage de neige suffisante. Selon [A.20][A.20], un fossé dont la profondeur est supérieure à 1 mètre et la pente de l'avers est supérieure à 4:1, est considéré comme dangereux et doit être traité efficacement.



Figure 57 : Exemples de fossés dangereux en bord de route (Source : [A.26][A.26])

Selon [A.48][A.48], 3% de tous les décès lors d'accidents contre des objets fixes sont causés par des sorties de route dans le fossé. La littérature sur la gravité des blessures subies lors des accidents impliquant un fossé est plutôt indigente.

### 8.2.3. Dispositifs de retenue

Après les arbres et les poteaux électriques/téléphoniques, les dispositifs de retenue (par ex. glissières de sécurité en acier, barrières de sécurité à câble etc.) tiennent la troisième place du palmarès des obstacles les plus dangereux en bord de route [A.48][A.48]. Le plus souvent, ce sont les extrémités des glissières qui sont heurtées, mais les glissières elles-mêmes peuvent aussi être considérées comme dangereuses. La raison d'être d'une barrière de sécurité est d'empêcher les véhicules de quitter la route et de protéger les usagers vulnérables de la circulation. Les glissières de terre-plein central servent à séparer les deux sens de circulation ou les véhicules circulant à des vitesses très différentes.

Les glissières de sécurité doivent être construites de sorte à rediriger sans peine les véhicules qui les heurtent avec un angle d'impact peu élevé [A.20][A.20]. Toutefois, des études accidentologiques ont montré que les véhicules ainsi redirigés interagissent souvent avec d'autres véhicules, ce qui se solde par des accidents graves. De plus, certaines barrières sont fabriquées dans des matériaux rigides ou semi-rigides pour empêcher les sorties de route sur les ponts ou autres environnements de bordure de route dangereux. Certains pays considèrent que les barrières à câbles présentent un danger le long de la route, surtout pour les motards.

De nombreuses recherches ont été effectuées dans ce domaine et rien ou presque rien n'indique que les barrières de sécurité à câbles soient plus dangereuses pour les motards que les glissières en métal Armco classiques. Ce sont les poteaux qui supportent les câbles de sécurité et les glissières Armco qui mettent en péril les motocyclistes. Lorsque les motocyclistes tombent de leur moto, généralement, ils glissent sur la chaussée et c'est alors, que les poteaux représentent le principal danger. Au contraire, les barrières de sécurité à câbles pardonnent beaucoup plus que les barrières en béton ou en métal Armco car elles dévient et absorbent l'énergie de l'impact, tout en retenant le véhicule. En tant que telles, elles ne doivent pas être considérées comme plus dangereuses que n'importe quelle autre barrière de sécurité (voir

Figure 58).

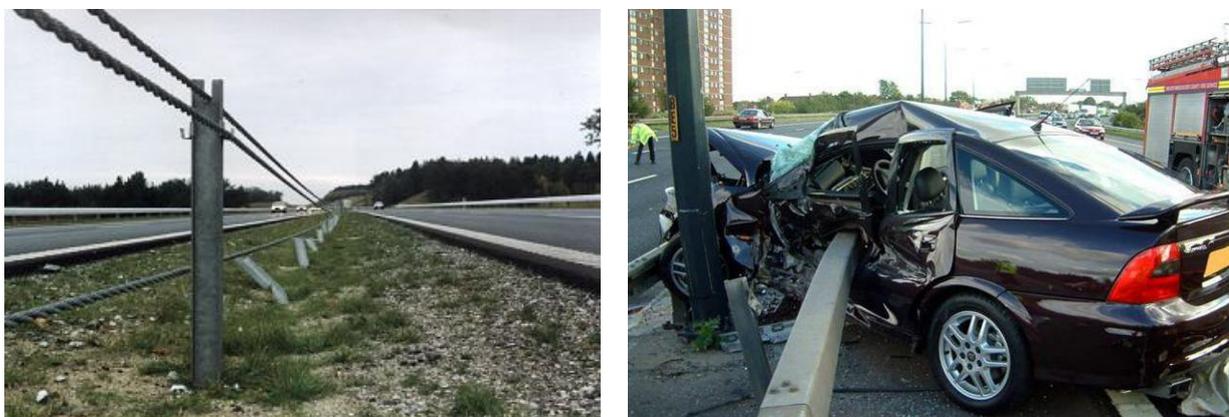


Figure 58 : Exemples de collisions contre des barrières de sécurité (Source : [A.10], [A.49][A.10][A.49])

#### 8.2.4. Bordures

Souvent en milieu urbain, l'aménagement d'un accotement en bord de route n'est pas possible. A la place, on installe généralement des bordures pour éviter les sorties de route. Une bordure est le rebord entre un trottoir et une chaussée et est en béton, en bitume ou est constituée d'un alignement de pierres de bordure. L'un des objectifs est d'empêcher les automobilistes d'empiéter sur le bas-côté, l'autre objectif étant d'assurer un drainage efficace de la chaussée. Notons que les bordures (comme les dispositifs de retenue) sont des traitements qui visent à améliorer la sécurité des bords de route, mais elles peuvent en même temps se révéler dangereuses pour les automobilistes. Une synthèse des aspects sécuritaires des bordures, étudiés dans [A.22], [A.22] indique que les bordures n'ont pas la capacité de rediriger les véhicules en cas d'impact. Le facteur ayant le plus d'influence sur la trajectoire du véhicule est la hauteur de la bordure. Une bordure mal conçue peut être à l'origine d'un impact secondaire contre un autre obstacle, tel que d'autres véhicules, ou avoir un effet de tremplin.

#### 8.2.5. Entités hydrologiques permanentes

Les termes « entités hydrologiques permanentes » décrivent les cours d'eau, lacs, canaux ou petits étangs situés en bord de route. Lorsqu'un véhicule pénètre dans une entité hydrologique, le principal risque est celui de la noyade.

#### 8.2.6. Autres obstacles continus

Pendant la rédaction du présent rapport, nous nous sommes demandés si les forêts devraient faire partie de la catégorie « obstacles continus » ou non. Les lignes directrices RISER font la distinction entre des arbres et un alignement d'arbres, car les traitements les concernant peuvent être différents. Un alignement complet d'arbres, souvent planté pour des raisons esthétiques, n'est pas aussi facile à supprimer ou déplacer qu'un arbre solitaire. C'est pourquoi, l'alignement doit être protégé à l'aide de glissières de sécurité.

Parmi les autres obstacles continus, on peut citer les canalisations non protégées ou les ouvrages rigides tels que les murs ininterrompus. Les affleurements rocheux peuvent également être considérés comme continus.

### 8.3. *Obstacles dynamiques le long des routes*

Dans [A.22][A.22], on trouve les termes « aménagements dynamiques en bord de route ». Ces termes couvrent :

- Pistes cyclables
- Aménagements pour les piétons
- Stationnements

Contrairement aux risques présentés dans les chapitres 8.18.1 et 8.28.2, les obstacles dynamiques ne sont pas fixes, mais mobiles. Les aménagements dynamiques en bord de route sont plus fréquents en milieu urbain, ce dernier étant généralement plus complexe que les bords de route en rase campagne. Il existe dans la littérature, peu d'articles sur le rapport entre les éléments dynamiques et la sécurité des bords de route. Notons que d'un côté les pistes cyclables et les trottoirs fournissent une zone de sécurité supplémentaire pour les automobilistes. D'un autre côté, les équipements pour vélos, tels que les râteliers, peuvent être potentiellement dangereux pour les automobilistes. Cependant, le risque concerne surtout les piétons qui empruntent le trottoir, plutôt que les automobilistes, ce qui mène à une approche différente en termes de traitement des bords de route, car c'est la personne qui se déplace en bord de route qui doit être protégée. Une étude menée par J.C. Stutts et W.W. Hunter pour la FHWA [A.11][A.11] révèle que 11% de tous les accidents piéton-véhicule enregistrés se produisent en bord de route c'est-à-dire sur un trottoir ou un stationnement.

Dans de nombreux environnements urbains, on ne peut éviter le stationnement dans la rue, ce qui grignote presque 2,4 mètres d'espace en bord de route. Si bien que la voie de circulation devient plus étroite et cela laisse peu de place pour les zones de sécurité. Le risque d'accidents causés par des véhicules tentant d'entrer ou sortir d'une place de stationnement se pose alors et les distances de visibilité sont réduites. Il est nécessaire d'appliquer un traitement afin d'assurer une bonne visibilité et une séparation sûre entre les voies de circulation et le stationnement.

## 9. Traitements rendant plus cléments les abords de la route

Dans le chapitre précédent, de nombreux obstacles potentiels ayant un impact sur la sécurité en bord de route ont été décrits. Le présent chapitre propose des traitements pour limiter ces risques et se base sur trois types de stratégies pour améliorer la sécurité le long des routes :

1. Retrait et déplacement des obstacles (Cf. chapitre 9.19.1)
2. Modification des éléments le long de la route (Cf. chapitre 9.29.2)
3. Protection des obstacles (Cf. chapitre 9.2).

Dans la littérature, on mentionne souvent la délinéation comme traitement lorsque les trois types de mesures susmentionnés sont impraticables. La délinéation peut aider les conducteurs à éviter des obstacles en bord de route. Toutefois, cette mesure ne fait pas ici l'objet d'une présentation séparée car elle appartient au domaine de la lisibilité de la route et non à celui des routes qui pardonnent.

La procédure suivante a été élaborée aux fins du présent rapport sur la base des quatre étapes de traitement des obstacles de bord de route décrites dans [A.23][A.23] :

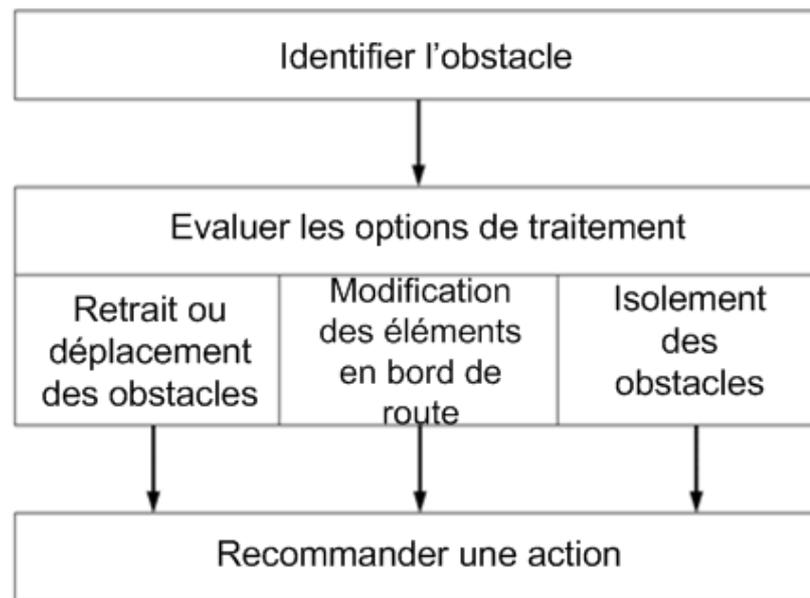


Figure 59 : Procédure pour les traitements routiers qui pardonnent

Les trois étapes de la Figure 59 peuvent être appliquées soit à des routes existantes, soit lors de la phase de planification pour des routes nouvelles. Les dangers potentiels doivent aussi être examinés et pris en compte durant la phase de planification. Le traitement peut consister principalement en l'aménagement d'une zone dégagée (souvent appelée zone de sécurité) le long de la route. Sur les routes existantes, les dangers peuvent être identifiés grâce à des inspections de sécurité routière ou grâce à l'historique en matière d'accidents. De plus, lors de l'identification des dangers, on tiendra compte des volumes de circulation et des vitesses, de la géométrie de la route, des propriétés des surfaces et de la sévérité potentielle des collisions.

Une autre approche présentée dans [A.20][A.20] comprend une étape supplémentaire avant l'identification des obstacles : la détermination de la zone de sécurité souhaitable. On définit les critères pour la zone de sécurité à partir de données telles que la vitesse de référence, la déclivité, le rayon de courbure, la topographie ou les équipements de la route non-amovibles. La décision de retirer ou déplacer des obstacles dépend de la largeur de la zone de sécurité souhaitable. Dans le présent rapport, l'étape de définition des critères de la zone de sécurité est intégrée à la première catégorie de traitement et sera expliquée au chapitre 9.1.19.1.1.

Plusieurs options de traitement, faisant l'objet du présent rapport, sont généralement évaluées grâce à une procédure quantitative et qualitative. L'évaluation des traitements et de leur efficacité sera couverte dans le deuxième volet du projet IRDES et n'est donc pas décrite ici. La phase d'évaluation peut aboutir à diverses options, à partir desquelles il est possible de choisir un traitement. Le résultat est une ou plusieurs actions recommandées en fonction d'un classement des traitements par ordre de priorité.

## 9.1. Retrait et déplacement d'obstacles

### 9.1.1. Concept de zone de sécurité (zone dégagée)

La façon la plus évidente d'améliorer la sécurité en bord de route est d'aménager une zone de sécurité, c.-à-d. une zone dégagée de tout obstacle sur terrain plat et en pente douce. Sur le diagramme ci-dessous, la zone dégagée est appelée « zone de sécurité ». Le retrait d'objets dangereux le long de la route permet de donner aux automobilistes l'espace et les conditions dont ils ont besoin pour reprendre le contrôle de leur véhicule en cas de sortie de chaussée. Les objets qui ne peuvent pas être éliminés doivent être déplacés hors de la zone de sécurité. Ladite zone de sécurité se divise en deux espaces : la zone de récupération (accotements) et la

zone de gravité limitée (voir Figure 60).

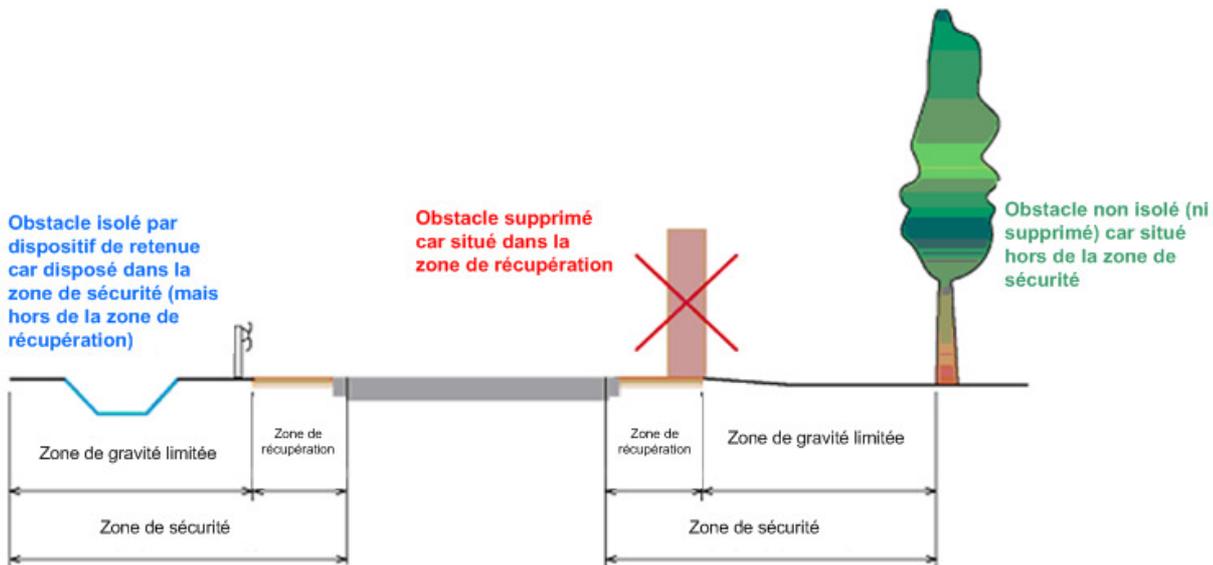


Figure 60 : Définition de la zone de sécurité, telle que décrite dans [A.27] [A.27]

Dans de nombreuses définitions nationales, on ne fait pas de distinction entre ces deux types de zones, on se contente de mentionner la zone de sécurité qui peut comprendre un accotement, un talus de récupération, un talus sans récupération ainsi qu'une zone dégagée de sortie de chaussée. Ces deux concepts seront traités séparément dans le présent rapport.

La largeur des zones de sécurité varie dans le monde en fonction des politiques en vigueur et des aspects pratiques. Les dimensions nationales de la zone de sécurité dans sept pays européens ont été étudiées dans le cadre du projet RISER. Les critères communs utilisés pour établir ces dimensions sont :

- Vitesse de référence
- Pente du talus
- Type de route
- Flux/volume du trafic
- Tracé en plan (routes droites ou en courbe)
- Largeur des voies de circulation
- Pourcentage de poids lourds
- Evaluation des risques personnels et aux tiers

On trouvera un tableau détaillé des cotes en fonction des différents paramètres dans [A.3][A.3]. Généralement, plus la vitesse de référence est élevée, plus la zone de sécurité doit être large. La même corrélation existe avec le rayon de courbure. Selon [A.23][A.23], les zones de sécurité dépendent aussi du volume de circulation. Les largeurs en fonction des limites de vitesse, telles que définies dans cinq pays différents, sont présentées dans le diagramme de la Figure 61. En Suède [A.34][A.34], une zone de sécurité « adéquate » a une largeur allant de 3 m à 14 m, en fonction du rayon de courbure et de la vitesse de référence. La largeur de la zone de sécurité sur l'intérieur des virages est généralement inférieure à celle sur l'extérieur. Une étude australienne indique que la largeur souhaitable pour la zone de sécurité pour les routes en ligne droite à fort volume de trafic dont la vitesse est limitée à 100 km/h, est de 9 m [A.23][A.23].

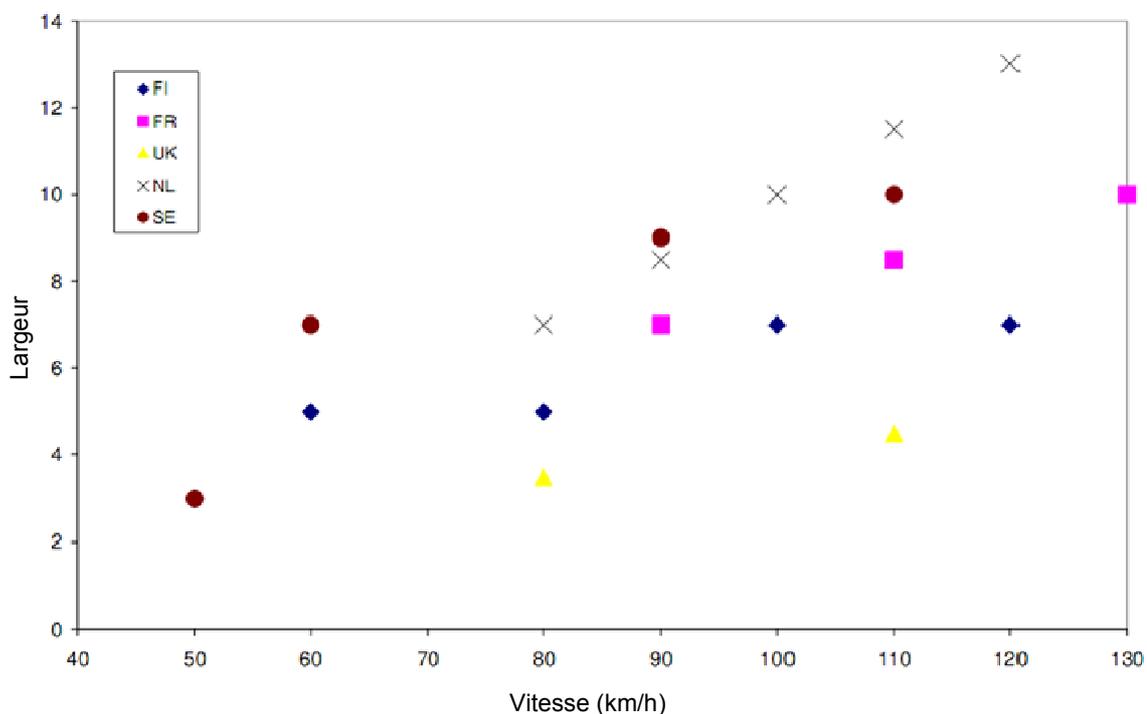


Figure 61 : Largeurs de zones de sécurité en fonction de la limitation de vitesse dans différents pays [A.3][A.3]

La méthode de calcul de la largeur des zones de sécurité fournie par le Manuel de conception des bords de route de l'AASHTO (*Roadside Design Guide*) est la méthode la plus fréquemment utilisée dans le monde. Elle est fonction de la limitation de vitesse, du talus et du volume de trafic. Pour en savoir plus, veuillez consulter [A.19][A.19].

Le gouvernement de l'Australie occidentale (*Western Australia*) propose une méthode qui permet de déterminer la largeur correcte d'une zone de sécurité en trois étapes [A.23] [A.23]:

1. Déterminer la largeur souhaitable (CZ) pour la zone de sécurité d'une route droite basée sur le 85<sup>ème</sup> percentile de la vitesse et le volume de trafic unidirectionnel (voir Figure 62). En général, plus la vitesse et le TMJA sont élevés, plus la zone est large.
2. Multiplier CZ par un coefficient d'ajustement  $F_c$ , qui est fonction de la vitesse maximale réalisable et du rayon de courbure (voir Figure 63). Ce coefficient augmente lorsque la vitesse augmente et le rayon de courbure diminue.
3. Calculer une valeur appelée « largeur effective de zone de sécurité » (ECZ) qui dépend de la pente du talus (voir Figure 64).  $W_B$  est la largeur du talus,  $W_1$  est la largeur de la rive de la voie de circulation jusqu'au talus et  $W_2$  est la largeur à partir du pied du talus.

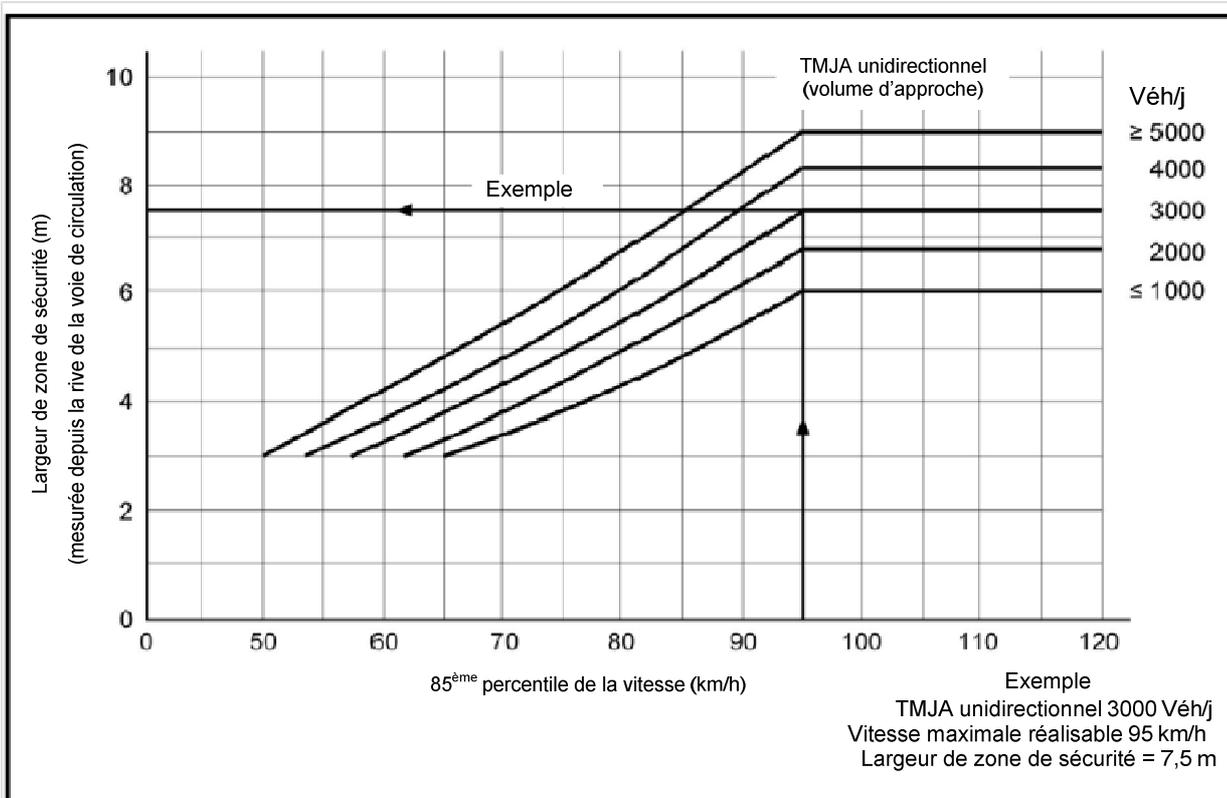
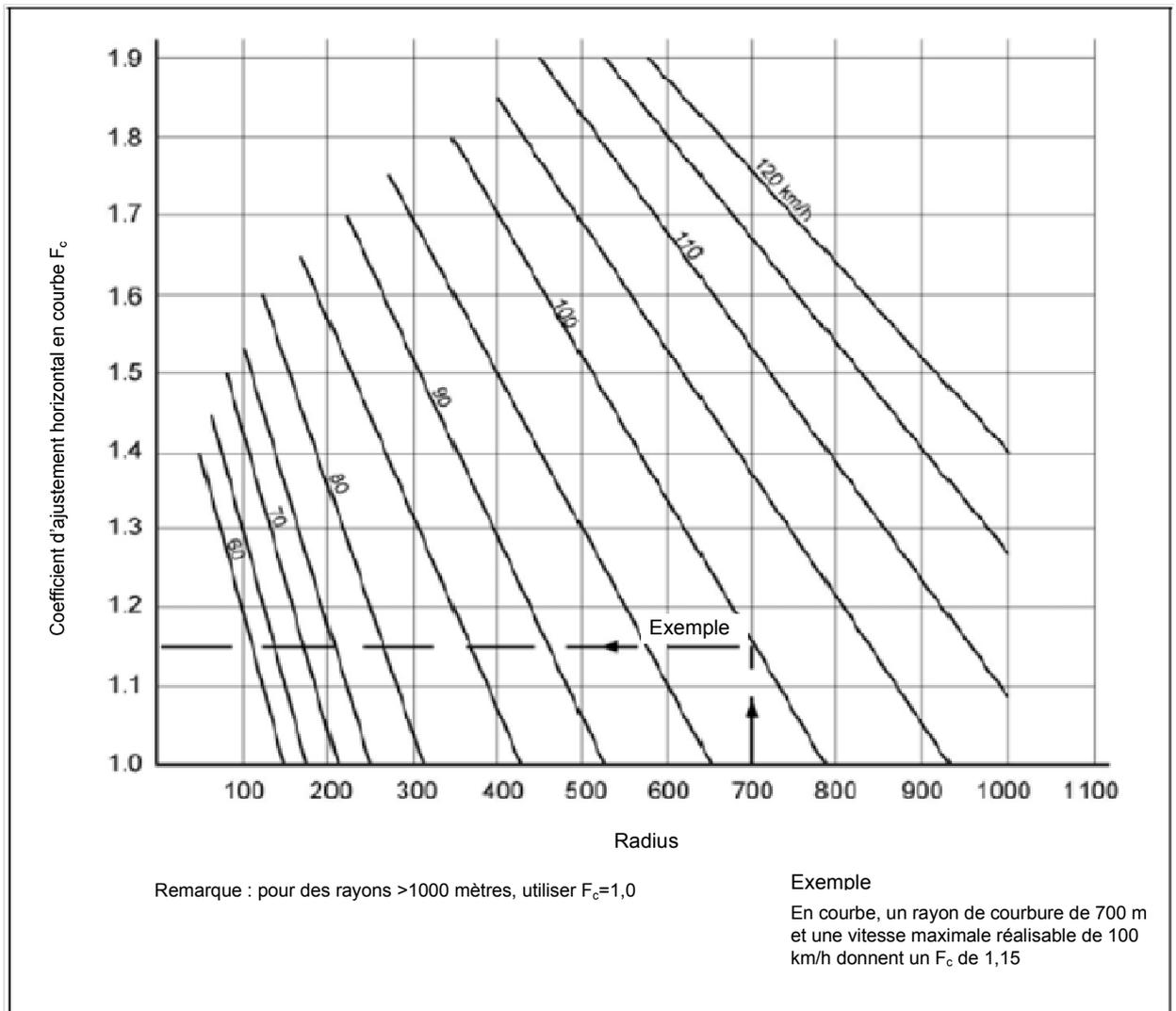


Figure 62 : Largeurs de la zone de sécurité fonction du 85<sup>ème</sup> percentile de la vitesse et du TMJA [A.23]



[A.23]

Figure 63 : Coefficients d'ajustement en courbe à multiplier par la largeur de zone de sécurité [A.23][A.23]

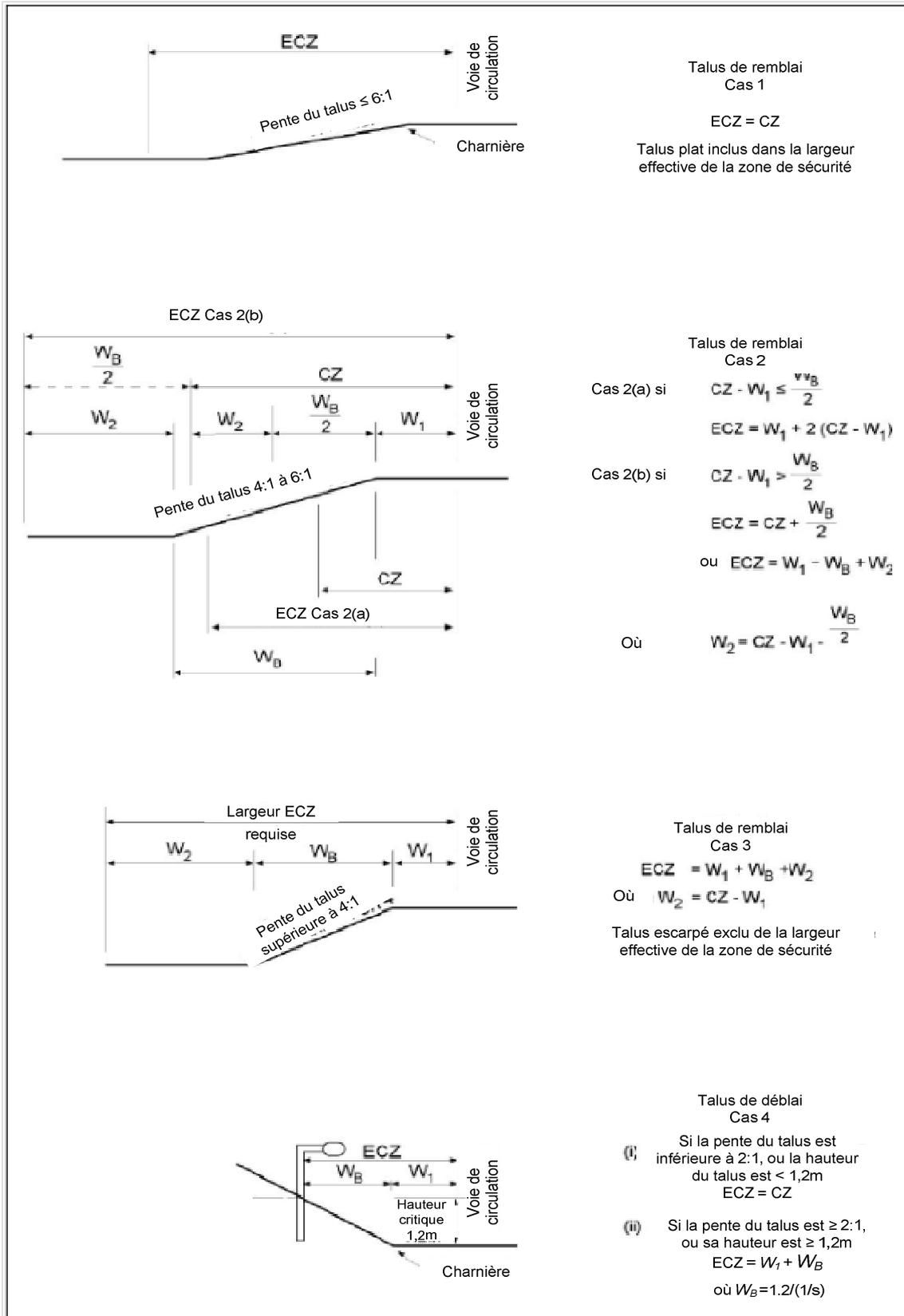


Figure 64 : Calcul de l'ECZ en fonction de la pente du talus [A.23] [A.23]

### **Zone de récupération $W_B W_1 W_1$**

Selon [A.27][A.27], une zone de récupération est une bande latérale adjacente à la chaussée qui permet aux automobilistes d'effectuer des manœuvres simples de récupération. Elle doit être dégagée de tout obstacle afin que les automobilistes puissent revenir sur la voie de circulation ou s'arrêter si nécessaire. La zone de récupération est généralement défini comme étant un accotement stabilisé ou non situé immédiatement après le marquage de rive de la chaussée. En Allemagne, la zone de récupération est définie comme étant un accotement latéral réservé aux services de secours [A.3][A.3]. Toutefois, elle n'est généralement pas considérée séparément et fait partie intégrante de la zone de sécurité. L'aménagement d'une zone de récupération peut comprendre les traitements suivants :

- Construction d'un accotement stabilisé
- Construction d'un accotement non stabilisé
- Amélioration des accotements existants
- Accotements de terre-plein central

Un accotement stabilisé est une surface revêtue qui se situe immédiatement après le marquage de rive de la chaussée. La résistance au dérapage de la surface doit être aussi bonne que celle de la chaussée afin d'éviter les accidents de dérapage. Les accotements stabilisés servent souvent de bande d'arrêt d'urgence, de voie de stationnement et de pistes cyclables et piétonnes. Plusieurs études ont montré les effets positifs qu'ont les accotements stabilisés en termes de sécurité routière. D'après des études réalisées par R. Elvik et T. Vaa [A.12][A.12], les routes de rase campagne avec accotements stabilisés ont un taux d'accidents environ 5% à 10% plus faible que les routes de rase campagne sans accotements. Un autre avantage des accotements est qu'ils confèrent une meilleure distance de visibilité dans les virages.

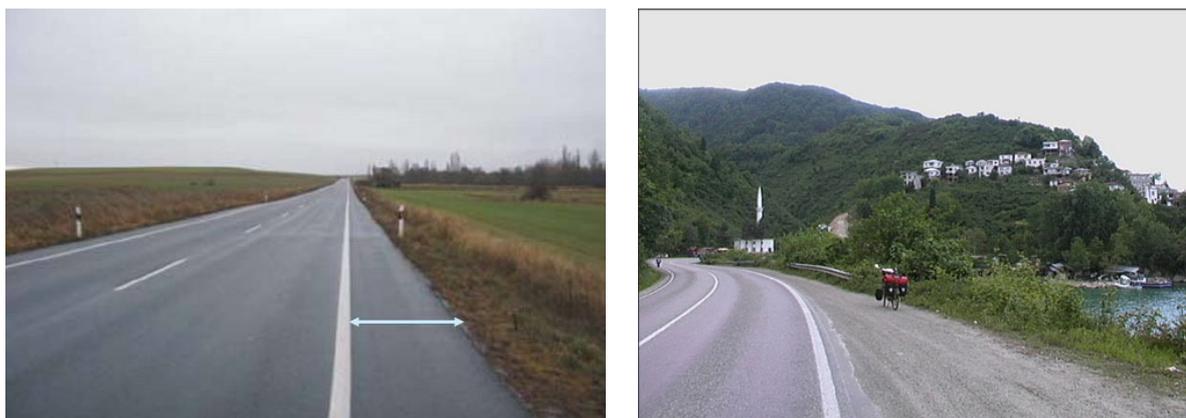


Figure 65 : Exemples d'accotements stabilisé (gauche) et non stabilisé (droite) (Source : [A.4][A.4])

Des exemples d'accotements stabilisé et non stabilisé sont présentés en Figure 65. Contrairement aux accotements stabilisés, les accotements non stabilisés sont des zones non revêtues adjacentes à la chaussée. En Autriche [A.39][A.39], par exemple, la largeur des accotements non revêtus dépend de la largeur des voies de circulation et varie de 0,25 à 0,5 mètres. Il faut éviter les fortes dénivellations entre la surface revêtue et la surface non revêtue, car en cas de sortie de chaussée, elles peuvent être dangereuses. Toutefois, cette approche ne convient pas aux routes avec un volume de trafic élevé, pour lesquelles les accotements non revêtus ne sont pas autorisés. D'autres éléments doivent être pris en compte

tels que la géométrie de la route, l'espace disponible, la taille de l'accotement, la composition du trafic etc.

Les dimensions des accotements ont fait l'objet d'analyses approfondies par les ingénieurs du génie civil et les experts en sécurité. Au lieu de considérer l'aspect sécurité uniquement en termes de largeur de l'accotement, il convient d'analyser les corrélations qui existent entre le nombre de voies et leur largeur. Des accotements plus larges risquent d'encourager les conducteurs à conduire plus vite. Pour les pays où la zone de récupération est clairement abordée comme une question à part entière, les largeurs varient de 0,25 à 4 mètres, en fonction du type de route, de la largeur de la voie de circulation ou de la vitesse de référence. Généralement, plus la vitesse de référence est élevée et plus la zone de récupération est large. En fonction de l'usage qu'on entend faire de la zone de récupération, des largeurs de 1 à 1,5 mètres sont recommandées pour permettre la reprise en main des véhicules en détresse et de 3 à 4 mètres pour les bandes d'arrêt d'urgence.

### ***Zone de gravité limitée***

Certaines lignes directrices distinguent la zone de récupération du reste de la zone de sécurité. La fonction de ce que l'on appelle la « zone de gravité limitée » n'est pas de tenter d'empêcher les véhicules de quitter la route, mais plutôt de minimiser la gravité de l'accident en cas de sortie de chaussée. Elle est définie comme étant la partie de la zone de sécurité qui se situe au-delà de la zone de récupération.



Figure 66 : Une large zone de gravité limitée, mais une zone de récupération très étroite [A.27] [A.27]

Dans cette zone, tous les obstacles agressifs doivent être supprimés. Cela inclut la suppression de tout obstacle ponctuel tel que les poteaux, candélabres ou arbres, ainsi que celle des obstacles continus tels que les murs. La zone de gravité limitée n'étant pas explicitement mentionnée dans de nombreuses lignes directrices et normes, ses dimensions ne sont pas toujours fournies. Dans certains pays, la pente du talus latéral est incluse dans la largeur de la zone.

### ***Accotements médians (terre-plein central)***

Le terre-plein central sépare les deux sens de circulation. Dans la plupart des documents, le terre-plein central n'est pas considéré comme faisant partie du bord de route, mais plutôt comme un élément séparé. Nous l'avons cependant pris en compte dans le présent rapport car un terre-plein central peut aider à réduire le nombre d'accidents en sortie de route ou minimiser leur gravité. Un autre avantage des terre-pleins centraux est qu'ils offrent une zone de récupération supplémentaire pour les véhicules en détresse et pour l'arrêt d'urgence. En milieu urbain, les terre-pleins centraux sont souvent utilisés comme refuges piétons et pour installer les appareils de régulation de la circulation. On peut aussi y planter de la végétation afin d'améliorer l'environnement visuel. Par le passé, des études ont révélé trois tendances en matière de

sécurité concernant les terre-pleins centraux [A.14] [A.14]:

1. Les terre-pleins centraux diminuent le nombre de collisions entre véhicules circulant en sens opposé.
2. Au-delà de 30 pieds (9,1 mètres), le nombre d'accidents impliquant le terre-plein central est inversement proportionnel à sa largeur. En-deçà de 30 pieds, le nombre d'accidents augmente proportionnellement à la largeur du terre-plein central.
3. L'effet de la largeur du terre-plein central sur le nombre total d'accidents est discutable.

Les largeurs recommandées varient d'un pays à l'autre car elles dépendent tant de l'espace disponible que de l'utilisation qu'on entend faire du terre-plein central. Selon la norme suédoise [A.34][A.34], les terre-pleins centraux peuvent être classés en plusieurs catégories :

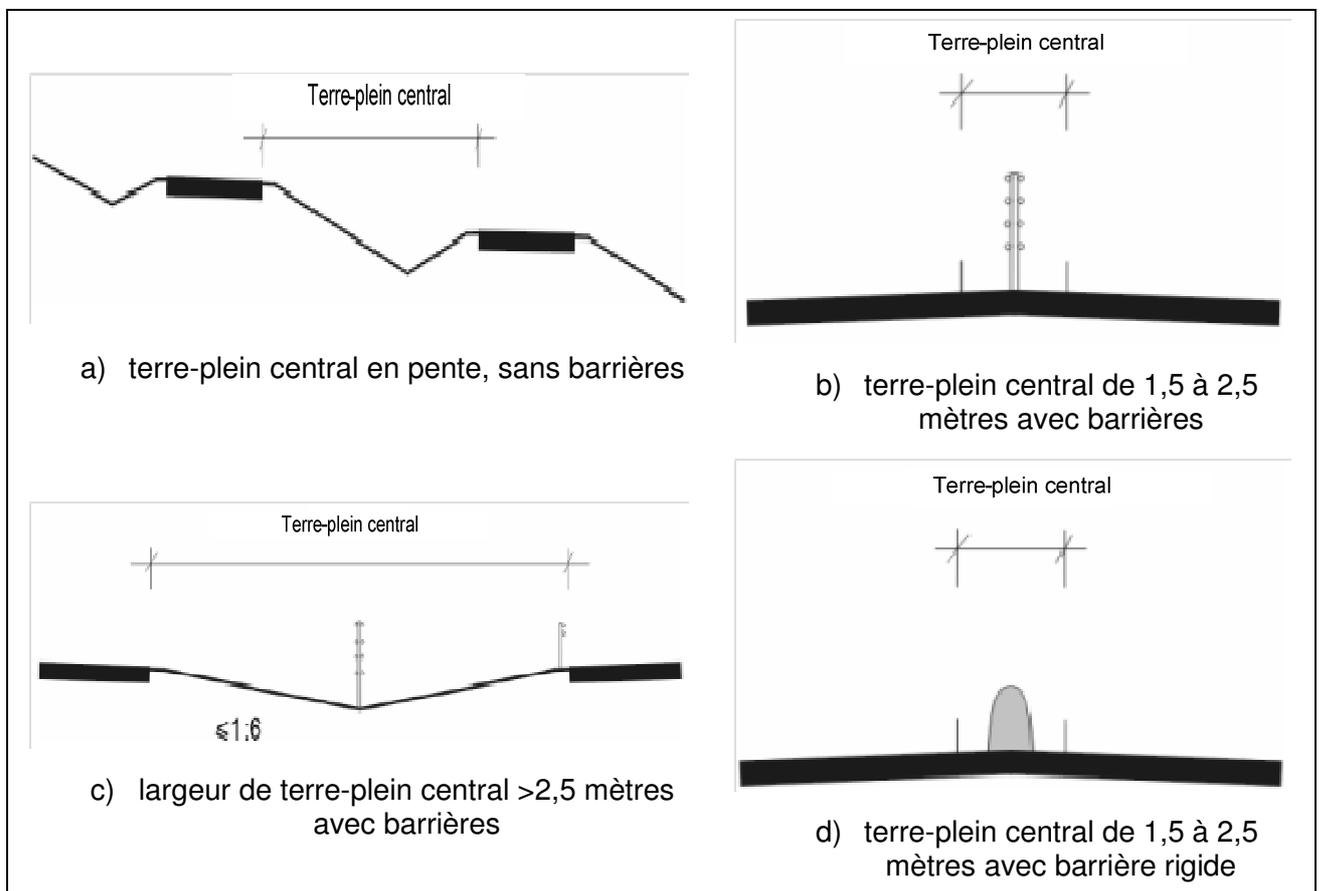


Figure 67 : Différents types de terre-pleins centraux [A.34][A.34]

Lorsque le terre-plein central est conçu en pente (en haut à gauche du tableau, Figure 67a), la largeur peut varier, mais il doit être assez large pour séparer les deux chaussées en plan et en travers. Une zone de sécurité doit être aménagée ou des barrières doivent être installées afin d'éviter les collisions contre des obstacles.

Les Figure 67b et Figure 67d présentent des terre-pleins centraux d'une largeur de 1,5 à 2,5 mètres avec barrières. Les deux chaussées ont le même tracé et le terre-plein central qui les sépare est généralement revêtu.

La Figure 67c montre un terre-plein central supérieur à 2,5 mètres avec une barrière. La surface peut être revêtue ou non; la pente ne doit pas excéder 1:4.

Un mur de tunnel séparant les deux chaussées est un type spécial de terre-plein central. Le mur de tunnel doit répondre aux exigences qui s'appliquent aux zones de sécurité et aux barrières.

### 9.1.2. Lits d'arrêt dans les zones de bifurcation et voies de détresse

Les lits d'arrêt dans les zones de bifurcation sont des aménagements destinés aux véhicules qui ont une défaillance de leur système de freinage. Ils permettent de ralentir et d'arrêter un véhicule qui sort de la route, sans impact contre un atténuateur de choc et sont souvent utilisés sur des routes ayant une longue descente, par ex. en montagne. Ces aménagements peuvent servir de voie de détresse ou de lit d'arrêt pour poids lourds en détresse lorsqu'ils sont conçus de telle sorte à accueillir ce genre de gros véhicules et ce, dans le but d'éviter les accidents en bord de route. Le principal facteur pour l'implantation d'un lit d'arrêt est l'existence d'antécédents d'accidents en sortie de route sur le tronçon concerné. Les voies de détresse sont souvent construites juste avant un changement critique de la courbure de la route ou avant un point singulier nécessitant l'arrêt éventuel des véhicules, tel qu'une intersection dans une zone habitée. La surface du lit d'arrêt est constituée d'un matériau spécifique qui augmente la résistance au roulement et permet au véhicule de décélérer. Les lits d'arrêt et voies de détresse sont souvent constitués d'une couche d'un matériau granulaire d'une classe granulaire adéquate et de forme spécifiquement conçue pour favoriser l'enlèvement des roues du véhicule. Des exemples sont présentés en Figure 68.



Figure 68 : Exemples de voies de détresse [A.50][A.50] et lits d'arrêt

Il n'existe que peu de lignes directrices spécifiques relatives aux critères et à la conception des lits d'arrêt et voies de détresse. Généralement, les statistiques accidentologiques, le rapport entre la vitesse maximale réalisable et la déclivité de la route ou la courbure sont des éléments importants pour la construction d'une voie de détresse. Pour concevoir un lit d'arrêt, il est nécessaire de procéder à une analyse détaillée. Sa longueur variera en fonction de la vitesse et de la pente. L'AASHTO a élaboré une politique sur la conception géométrique des routes et rues qui comprend des principes de conception pour les voies de détresse [A.42][A.42]. La longueur requise pour la voie de détresse peut être calculée grâce à l'équation en Figure 69.

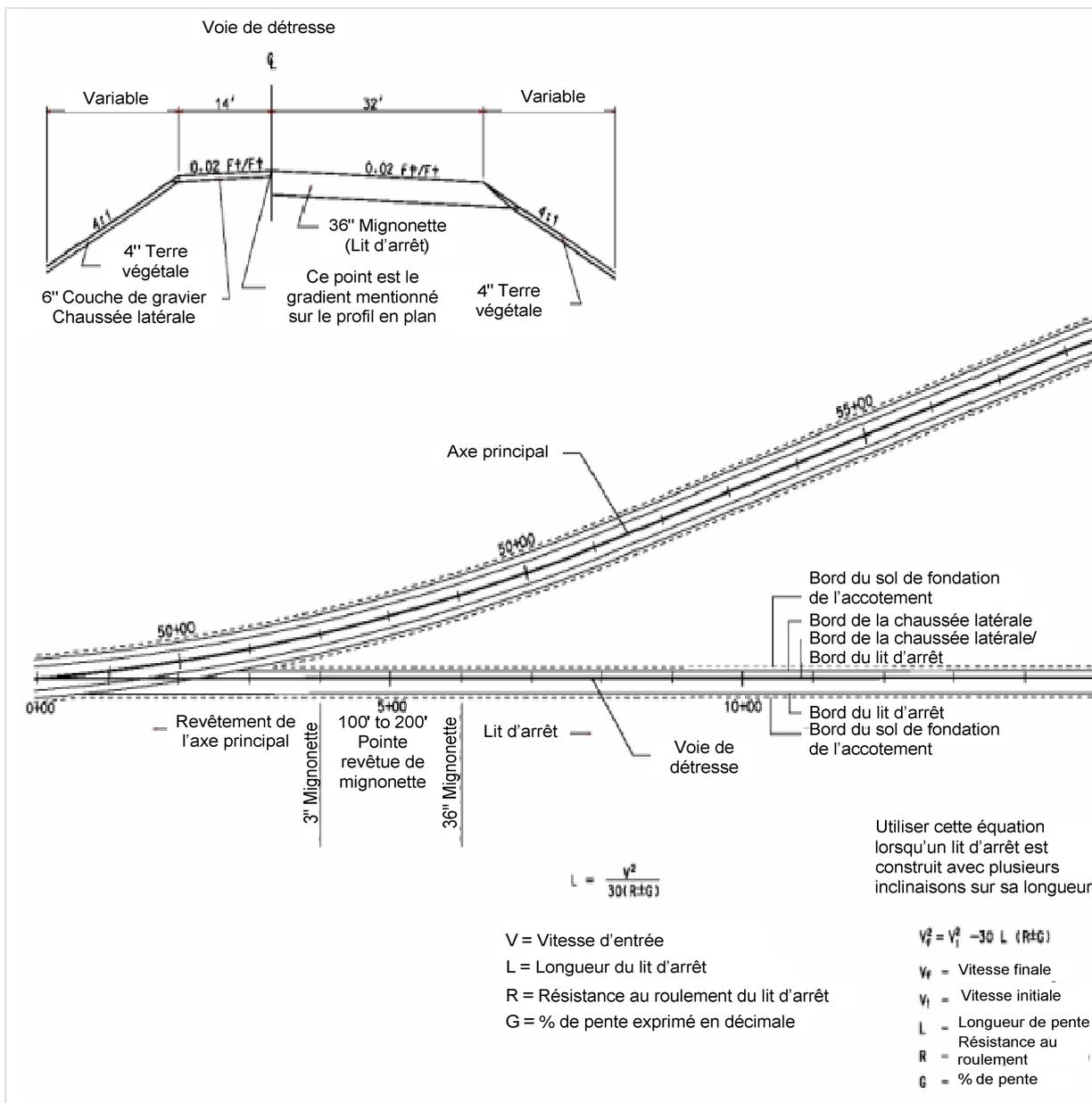


Figure 69 : Tracé d'une voie de détresse [A.42][A.42]

### 9.1.3 Plantations sûres

Conformément au principe de zone de sécurité, les plantes ou arbres dangereux doivent être supprimés de la zone spécifiée en bord de route. L'herbe, les mauvaises herbes, les broussailles et les branches d'arbres peuvent cacher ou empêcher le conducteur de bien voir les appareils de régulation du trafic, les véhicules qui approchent, les animaux, le bétail, les piétons et les cyclistes. Même lorsque des plantes dangereuses ont été retirées du bord de la route, les nouvelles pousses de plantes et d'arbres adultes peuvent devenir de nouveaux obstacles. Par conséquent, maîtriser la végétation aide à réduire les accidents et les blessures. Les exploitants routiers sont encouragés à mettre en place des programmes de gestion de la végétation en bord de route visant à l'éliminer ou la minimiser. La FHWA du ministère américain des Transports a publié une ligne directrice pour le contrôle de la végétation incluant plusieurs traitements tels que la tonte et l'élagage réguliers ou le recours à des herbicides (voir [A.24][A.24]). Le NCHRP a publié un guide pour l'éradication des collisions contre les arbres ou pour minimiser les dégâts provoqués lors de telles collision [A.21][A.21]. L'une des principales

recommandations de ce guide est d'empêcher les arbres de pousser dans des endroits dangereux.

## 9.2. Modification des éléments en bord de route

Parfois, certains obstacles agressifs ne peuvent pas être retirés de la zone de sécurité. Dans ce cas, les obstacles ponctuels et continus doivent être modifiés afin de minimiser les dégâts corporels ou matériels en cas de collision. Il faut les perfectionner en les rendant escamotables ou résistants aux chocs. Les sections suivantes présentent différents traitements permettant de rendre plus cléments des obstacles qu'on ne peut pas déplacer/supprimer.

### 9.2.1. Dispositifs fragilisés

Depuis les années 80, les autorités routières installent des candélabres fragilisés (aussi appelés « escamotables », « déformables », « fusibles » ou « frangibles » en fonction de leurs caractéristiques) en vue d'améliorer la sécurité le long des routes. L'avantage de ces candélabres est que le risque de dégâts matériels et corporels en cas de collision est diminué; l'inconvénient est que le candélabre, lorsqu'il tombe, peut être dangereux pour les autres véhicules, les piétons ou les biens matériels environnants. Les poteaux non-fragilisés sont toujours utilisés en cas de forte circulation de piétons, à proximité de câbles électriques aériens ou lorsque le poteau est monté au dessus d'une barrière de sécurité en béton. Cela étant, on préconise l'utilisation de poteaux fragilisés sur la plupart des zones en bord de route. Il existe plusieurs stratégies pour rendre les poteaux « plus cléments ». A cette fin, on pourra envisager les modifications suivantes :

- *Matériaux utilisés* : la façon la plus évidente d'augmenter le pouvoir amortissant est d'utiliser des matériaux à faible rigidité. On évitera donc les poteaux et mâts en bois. Les poteaux en fibre de verre qui absorbent l'énergie sur toute leur longueur sont un bon compromis entre amortissement et sécurité. Les poteaux se fendent sans avoir de limite de rupture (en anglais : *predetermined breaking point*).
- *Eclissage* : un mauvais calcul de la limite de rupture peut avoir pour conséquence l'accrochage du véhicule ou des pièces qui volent. Pour obtenir une rupture nette, les éclisses doivent être placées près du sol. Selon [A.35][3][3], il faut éviter d'utiliser de multiples éclisses.
- *Poteaux à embase glissante* : une des caractéristiques des poteaux à embase glissante est qu'en cas de choc à une vitesse de circulation normale, ils sont généralement délogés de leur position d'origine. Cela permet au poteau de se détacher à sa base et de tomber en cas de collision.
- *Compartiment de transformateur escamotable* : un compartiment de transformateur, généralement fabriqué en fonte d'aluminium, est boulonné sur une fondation en béton. La semelle inférieure du poteau est boulonnée sur la partie supérieure du compartiment. L'aluminium est traité thermiquement pour le rendre « frangible », afin que le poteau puisse se désolidariser du compartiment lorsqu'il est percuté par un véhicule.
- *Connecteurs escamotables* : lorsqu'on utilise des poteaux escamotables, les conducteurs électriques doivent aussi être frangibles. Pour ce faire, on utilise des porte-fusibles détachables spéciaux (connecteurs frangibles). Dans les poteaux escamotables, le raccordement à la terre doit aussi être équipé d'un tel connecteur frangible mais sans fusible. Les connecteurs frangibles sont des connecteurs avec ou sans fusibles dans la base d'un mât ou poteau.

Le ministère des Transports du Texas a publié un manuel sur l'éclairage des routes (voir [A.52][A.52]) qui comprend des lignes directrices spécifiques sur le positionnement et l'utilisation de dispositifs fragilisés. Selon ce manuel, il faut réfléchir à la zone de chute lorsque l'on choisit

l'emplacement d'un poteau fragilisé. Pour éviter les accidents secondaires causés par la chute d'un poteau, ceux-ci doivent être positionnés de telle sorte à avoir une zone de chute suffisante.

## 9.2.2. Traitement des fossés et talus

Les fossés sont utilisés le long des routes comme dispositifs de drainage. Ils sont généralement constitués d'un avers de pente, du fond du fossé avec ou sans canalisation et d'un revers de pente. Lorsqu'un fossé est considéré comme dangereux, il doit être modifié afin d'améliorer la sécurité. Il existe plusieurs traitements de pointe en fonction de la forme du fossé :

- *Canalisation enterrée* : normalement, la canalisation est nécessaire et donc ne peut être supprimée. Un traitement efficace consiste à combler le fossé avec des matériaux drainant après avoir installé un collecteur. Cela permet d'éliminer de la zone de sécurité toute pente de talus latéral dangereuse.
- *Modification du rapport de pente* : lorsqu'on ne peut pas supprimer un fossé, les pentes de l'avers et du revers doivent être aussi faibles que possible. En général, plus la pente de l'avers ou du revers est raide, plus le risque est élevé pour les conducteurs des véhicules en détresse. Les talus dits « de récupération » permettent au conducteur de reprendre le contrôle de son véhicule. Ces talus de récupération ont un rapport de pente de 4:1 ou encore moins inclinés. Pour des volumes de trafic plus élevés, les talus doivent avoir un rapport de pente de 6:1. Bien que le revers de pente ait généralement moins d'importance que l'avers de pente, on recommande un rapport de pente de 3:1 ou moins incliné [52][52]. Des exemples de fossés ne présentant pas de danger sont illustrés en Figure 70.
- *Modification du fond* : le fond du fossé peut être plat ou en pente. R. Thomson et J. Valtonen [A.17][A.17] ont étudié le comportement des véhicules en détresse dans les fossés en V. Ils ont démontré que le fait d'arrondir le fond permet d'éviter que le véhicule ne se retourne. En conclusion, ils recommandent un fossé à fond arrondi avec un avers de pente de 4:1 et un revers de pente de 2:1. Les fossés doivent être assez larges pour assurer un drainage adéquat et avoir une capacité de stockage de neige suffisante. Pour des raisons de sécurité, la largeur du fond du fossé doit être d'au moins 1 mètre. Dans [A.20][A.20], une largeur minimale de 1,2 mètre est préconisée. Les fonds de fossé larges et très peu profonds peuvent nécessiter un enfouissement supplémentaire des canalisations.
- *Recouvrement du fossé* : un autre traitement couramment rencontré est le recouvrement du fossé par un caniveau ou tout autre système de drainage. Ce traitement est particulièrement recommandé lorsqu'on a besoin d'un fossé profond le long de la route. Des exemples sont fournis en Figure 71.
- *Modification de la maçonnerie du fossé* : les fossés comprennent souvent des ouvrages de drainage, tels que des ponceaux, des bordures ou des barrages de maîtrise, qui sont construits en matériaux rigides n'amortissant pas les chocs. Il convient de modifier la forme de ces ouvrages pour les rendre résistants aux chocs.
- *Isoler les fossés les plus dangereux* : isoler les fossés signifie les protéger des véhicules en détresse. Il faudra donc tenir compte de l'espace requis pour un dispositif de retenue routier adéquat. Ce type de traitement est abordé au chapitre 9.39.3.
- *Faux déblai* : il s'agit d'une forme de talus qui crée une séparation au sol entre la chaussée et l'environnement extérieur de sorte que les automobilistes voient le bord de la route comme un déblai, comme par exemple une colline linéaire artificielle. Ce type de colline artificielle peut également faire écran et protéger les riverains.

Un rapport finlandais sur des essais d'impact et simulations grandeur nature contre fossés et talus a été publié en 2009 [A.18]. [A.18]



Figure 70 : Exemples de conceptions sûres pour les fossés [A.27][A.27]

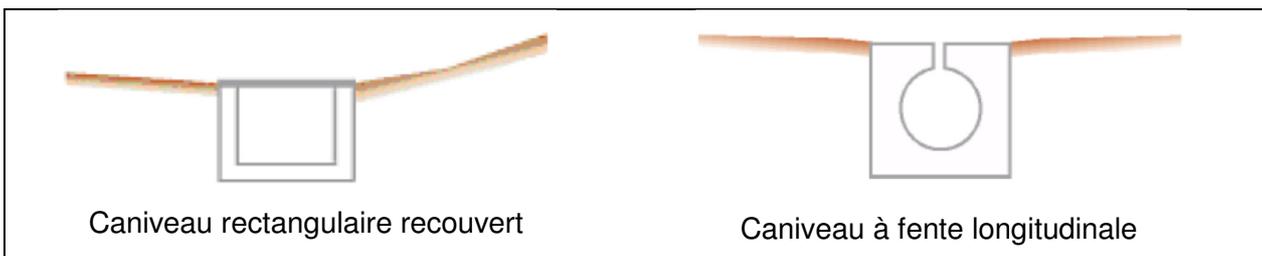


Figure 71 : Exemples de fossés recouverts [A.27][A.27]

### 9.2.3. Ouvrages de maçonnerie résistants aux chocs

On trouve souvent, le long des routes, des ouvrages de maçonnerie tels que les parapets, ponceaux ou bordures, surtout le long des fossés ou des ponts. Généralement, ils ont une capacité d'absorption d'énergie minimale et sont donc des obstacles très dangereux pour les véhicules en détresse. Lorsqu'on ne peut pas les ôter de la zone de sécurité, ces ouvrages doivent être modifiés adéquatement. D'autres ouvrages de maçonnerie, tels que les piles de pont, les murs ou les bâtiments, qui ne peuvent être ôtés ou déplacés, doivent être protégés par un dispositif de retenue routier. Isoler ou protéger les obstacles (stratégie la plus appropriée) sont des méthodes abordées au chapitre 9.39.3. Ce chapitre porte sur les traitements qui visent à modifier les ouvrages de maçonnerie pour les rendre résistants aux chocs.

Lorsqu'un véhicule quitte la route et se retrouve dans le fossé, les extrémités de ponceaux

<sup>4</sup> Dans la littérature, la pente est déterminée de diverses façons. Les plus courantes sont le rapport (par ex. 4:1, 1:4) ou le pourcentage.

peuvent être des obstacles dangereux. Si on ne peut pas les supprimer, il faut envisager des modèles plus sûrs. Le biseautage est un traitement couramment utilisé pour les extrémités de ponceaux (voir Figure 72).



Figure 72 : Extrémité de ponceau biseauté (gauche) et parapet chanfreiné (droite) (Sources : [A.2], [A.27][A.2][A.27])

Les petits parapets, surtout rencontrés sur les ponts pour empêcher les véhicules en détresse de dévaler la pente, sont dangereux du fait de leur rigidité. Dans la mesure du possible, ils doivent être supprimés ou remplacés par des barrières plus légères. Toutefois, dans certains cas, modifier la structure du parapet est un traitement facile et peu onéreux. Lorsque le parapet est trop court pour protéger les véhicules en détresse, il doit être allongé pour atteindre une longueur adéquate. Les extrémités d'un parapet peuvent être chanfreinées pour minimiser leur agressivité en cas de collision (voir Figure 72). Idéalement, les extrémités doivent s'écarter de la chaussée. Ce type de traitement peut s'appliquer à n'importe quel autre ouvrage de maçonnerie ne pouvant pas être retiré de la zone de sécurité.

Dans le présent rapport, les bordures sont aussi considérées comme des ouvrages de maçonnerie. Elles servent à réguler le drainage, à border la chaussée ou à démarquer le trottoir. Comme indiqué dans [A.27][A.27], les bordures ne sont pas considérées comme des obstacles lorsque leur hauteur ne dépasse pas 20 cm. Toutefois, lorsqu'un véhicule en détresse heurte une bordure verticale, celle-ci peut faire effet de tremplin ou le véhicule peut passer par dessus. C'est pourquoi des traitements spécifiques aux bordures peuvent améliorer la sécurité le long de la route. Le *Transportation Research Board* a publié des lignes directrices concernant l'installation de bordures et d'assemblages bordure-barrière [A.46][A.46]. Lorsque des bordures doivent être utilisées le long d'une route à grande vitesse, on choisira la bordure la moins haute

et avec la pente la plus faible possible afin de minimiser le risque de basculement du véhicule lors d'une collision non liée à la trajectoire. La forme de la bordure est un élément important en termes de sécurité et doit dépendre de la vitesse maximale réalisable sur la route concernée. Les bordures verticales doivent être utilisées sur des routes ayant une limitation de vitesse peu élevée, car elles peuvent provoquer le retournement du véhicule en cas d'impact à grande vitesse. Les bordures inclinées sont conçues de telle sorte à permettre à un véhicule de rouler sur la bordure en toute sécurité. Elles empêchent les véhicules d'être redirigés vers le flux de circulation et sont donc la solution recommandée sur les grands axes et voies rapides.



Figure 73 : Bordure verticale (gauche) et bordure inclinée (droite)

Les bordures sont souvent associées à des dispositifs de retenue. La combinaison bordure-barrière a aussi fait l'objet de recherches dans le cadre du présent rapport. L'état de l'art est présenté au chapitre 9.3.69.3.6.

#### 9.2.4. Modifications des accotements

Parmi les aménagements de l'accotement permettant une récupération en toute sécurité, on peut citer l'élargissement de l'accotement, le revêtement de l'accotement et la réduction de la dénivellation en bordure du revêtement. Les accotements ne sont pas toujours au même niveau et dans la continuité de la chaussée. De telles dénivellations du bord de l'accotement peuvent avoir pour origine l'érosion des sols à côté du revêtement, la présence d'ornières dues à l'usure par les pneus ou l'application d'une nouvelle couche de revêtement lorsque du matériau est ajouté sur la chaussée mais pas sur l'accotement adjacent. Ce risque doit être traité en biseautant les bords ou en mettant les revêtements à niveau. Le bord biseauté a souvent une inclinaison de 45° [A.22][A.22].

Lorsque la résistance au dérapage d'un accotement revêtu n'est pas suffisante, il convient d'appliquer un traitement pour augmenter l'adhérence. Toute autre dégradation dangereuse du revêtement de l'accotement, telle que les nids de poule ou les fissures, doit être éliminée.

#### 9.2.5. Modification des murs de soutènement et des déblais rocheux

Selon [A.27][A.27], on peut avoir un mur dans la zone de sécurité s'il remplit les conditions suivantes :

- Il doit rester parallèle ou quasi-parallèle à la route (taux d'évasement  $< 1/40^{\text{ème}}$ );
- Rien de saillant ou aucune bordure susceptible de bloquer un véhicule, voire mieux : il doit être lisse;
- Hauteur  $> 70$  cm;
- Assez robuste pour résister à un impact.

Lorsqu'un mur ou une paroi rocheuse dangereux ne peut être éliminé(e) de la zone de sécurité, ses extrémités doivent être, si possible, traitées ou isolées. Les murs ou roches rugueux doivent permettre aux véhicules de glisser en cas d'impact. Par conséquent, leur surface doit être lissée et les cavités entre aspérités doivent être comblées. Des exemples de traitements de murs sont présentés à la Figure 74.

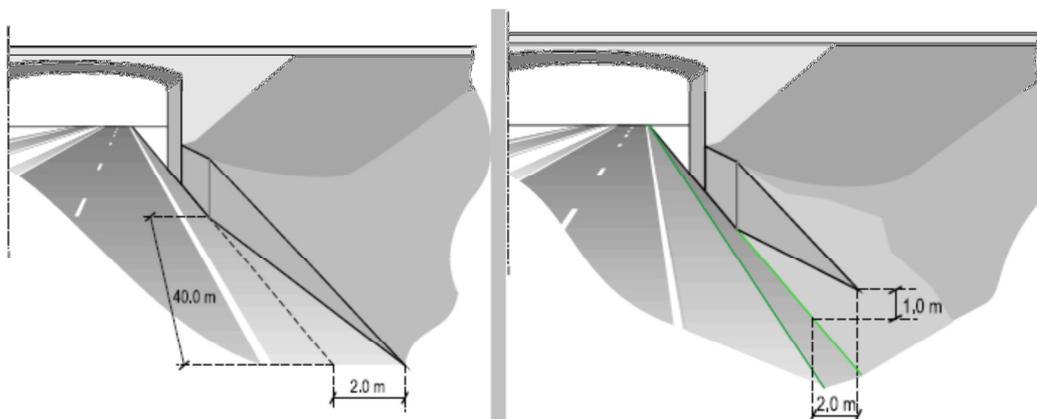


Figure 74: Exemple de conception de l'extrémité d'un mur de soutènement à proximité de la chaussée [A.34][A.34]

### 9.2.6. Extrémités de glissières de sécurité

Les glissières de sécurité appartiennent au groupe des dispositifs de retenue routiers et sont présentées de façon détaillée dans le chapitre 3.3, qui porte sur les mesures visant à isoler les obstacles et lieux dangereux. Dans certains cas, il est nécessaire de modifier les extrémités de glissières de sécurité. Tout d'abord, rappelons qu'il existe deux types d'extrémités qui ont, toutes deux, une fonction différente. Les extrémités peuvent servir à rediriger les véhicules vers leur trajectoire initiale ou à les arrêter immédiatement afin qu'ils ne franchissent pas la barrière [A.2][A.2]. En fonction de la situation, on choisira l'un ou l'autre de ces types d'extrémité. Si l'extrémité vise à arrêter le véhicule, elle doit être traitée comme un dispositif à absorption d'énergie et doit être testée conformément à la prénorme ENV 1317-4 (qui sera remplacée par la nouvelle norme EN 1317-7).

Comme expliqué au chapitre 3.3, des contre-mesures sont nécessaires lorsque les extrémités sont dangereuses. Pour les barrières rigides (Cf. chapitre 9.3.19.3.1), la façon la plus évidente de modifier l'extrémité est de la rendre semi-rigide (Cf. chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ainsi, le véhicule percute d'abord une glissière déformable, qui guide le véhicule vers la barrière rigide. Le problème avec ces installations est le raccordement entre les deux types de barrières, qui sera traité au chapitre 9.2.79.2.7. La deuxième solution consiste à utiliser une extrémité escamotable qui se désolidarise et se replie derrière la barrière en cas d'impact [A.40][A.40]. Une déflexion de la voie de circulation vers le bord de la route est aussi une mesure adéquate.

Une autre possibilité pour gérer les extrémités de glissières de sécurité dangereuses est de les protéger séparément par des atténuateurs de chocs (Cf. chapitre 9.3.69.3.6).

### 9.2.7. Raccordements de glissières de sécurité

La transition entre deux glissières de sécurité doit être telle que les véhicules glissent sans heurt le long de la barrière, sans interruption. On trouvera au chapitre 3.3, toutes les informations nécessaires sur les différents types de glissières de sécurité.

Notamment, le raccordement entre une barrière semi-rigide (Cf. chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et une barrière rigide (Cf. chapitre 9.3.19.3.1) doit être assez rigide pour éviter que la glissière la plus déformable ne se plie au point de raccordement entre les deux dispositifs, comme illustré en Figure 75 [A.40][A.40].



Figure 75 : Raccordement entre une barrière semi-rigide et une barrière rigide [A.40][A.40]

Le raccordement entre une barrière souple (Cf. chapitre 9.3.39.3.3) et une barrière semi-rigide est généralement construit avec un chevauchement des deux barrières de telle sorte que la barrière souple passe devant la barrière semi-rigide. Ceci permet aux véhicules de glisser vers la barrière semi-rigide sans heurts. On peut utiliser le même type d'installation lorsque l'on raccorde une barrière souple et une barrière rigide.

### **9.3. Protection des obstacles**

Dans bien des cas, il n'est ni matériellement possible, ni économiquement recommandé de supprimer ou de modifier un obstacle dangereux. Pour éviter les collisions entre les véhicules et ces obstacles, la troisième option est de les isoler à l'aide d'un dispositif de retenue routier (DRR, aussi appelé dispositif de retenue de véhicules DRV). Grâce à ces dispositifs, l'obstacle dangereux est totalement protégé et les véhicules qui quittent leur trajectoire heurtent les DRR ce qui permet de limiter les conséquences des impacts. Cependant, ces dispositifs peuvent, à leur tour, devenir des obstacles dangereux, mais les accidents devraient toutefois être moins graves qu'en l'absence de DRR. Les dispositifs de retenue routiers sont répartis en dispositifs de retenue de véhicules et dispositifs de retenue de piétons comme illustré en Figure 76.

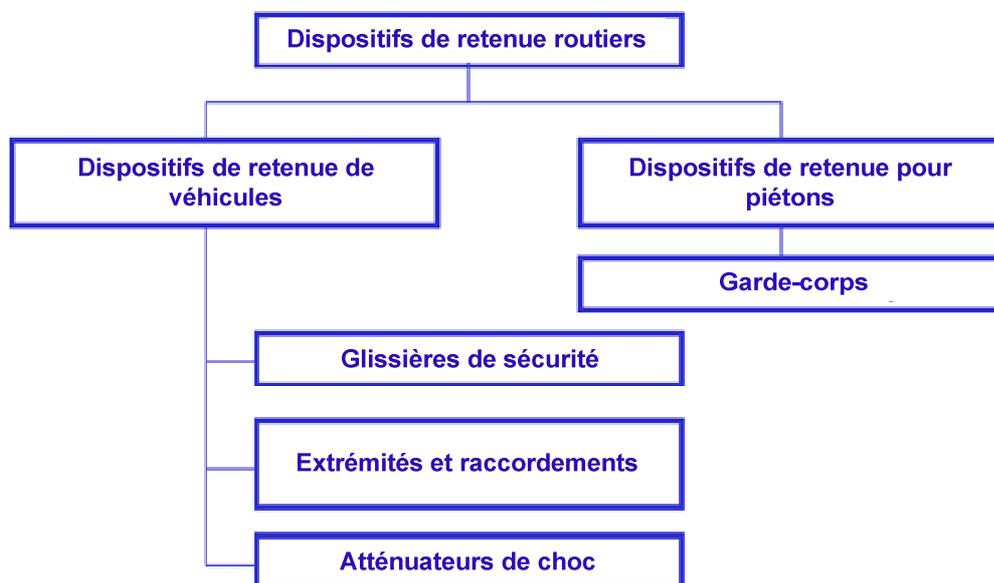


Figure 76 : Classement des dispositifs de retenue [A.13][A.13]

Le type de DRR le plus important est la glissière de sécurité. Celle-ci empêche les véhicules en détresse de sortir de la voie de circulation et donc limite les probabilités de collision contre un obstacle saillant. Les glissières peuvent être implantées soit latéralement le long de la route, soit le long du terre-plein central. Le but d'un DRR est de protéger les conducteurs et passagers des véhicules en détresse et d'empêcher les collisions avec le trafic venant en sens inverse. De plus, elles empêchent les piétons et cyclistes d'entrer sur la chaussée ou de tomber d'une hauteur ou dans l'eau. Outre leur fonction de retenue, elles redirigent également les véhicules vers leur trajectoire initiale afin qu'ils puissent plus facilement poursuivre leur route. L'efficacité des DRR est évaluée en fonction des critères suivants :

- Niveau de retenue du DRR
- Niveau de sévérité du choc
- Déformation exprimée par la largeur de fonctionnement

La fonction d'une glissière de sécurité est d'empêcher les véhicules de la franchir (c.-à-d. par-dessus ou par dessous) et de limiter la gravité des collisions. Pour ce faire, on peut rendre la glissière déformable ou mobile. C'est pourquoi, les glissières de sécurité sont réparties en trois grands groupes en fonction de leur niveau de déflexion (ces groupes seront présentés de façon plus détaillée plus avant) :

- rigide
- semi- rigide
- souple

Les critères de déformation prévoient que les glissières doivent rester intactes après un impact et que les débris éventuels ne doivent pas blesser les passagers du véhicule.

Les exigences détaillées concernant les DRR sont prescrites dans les normes européennes de la série EN 1317. Celle-ci se subdivise en huit parties :

- Partie 1 : Terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essais [A.29]
- Partie 2 : Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essais pour les glissières de sécurité [A.30]

- Partie 3 : Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les atténuateurs de choc [A.37]
- Partie 4 : Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les raccordements des glissières de sécurité (projet) – *subdivision de l'ancienne Partie 4* [A.31]
- Partie 5 : Exigences relatives aux produits, durabilité et évaluation de la conformité des systèmes de retenue de véhicules [A.32]
- Partie 6 : Dispositifs de retenue routiers pour piétons : garde-corps [A.41][A.41]
- Partie 7 : Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les extrémités des glissières de sécurité (projet) – *subdivision de l'ancienne Partie 4* [A.33]
- Partie 8 : Dispositifs de retenue routiers pour motos réduisant la sévérité de choc en cas de collision de motocyclistes avec les barrières de sécurité (projet) [A.36]

Les normes EN 1317 sont des outils qui aident les concepteurs de routes en leur fournissant des comparaisons standardisées des différents DRR. Elles ne donnent pas de conseils sur les DRR à utiliser en fonction de la situation. C'est le rôle des lignes directrices telles que le document RISER [A.2],[A.2] bien qu'actuellement, on manque de lignes directrices harmonisées à l'échelon européen concernant le choix des dispositifs de retenue routiers appropriés. L'usage des glissières de sécurité et autres dispositifs de retenue est généralement soumis à la réglementation et aux normes nationales auxquelles les concepteurs doivent se conformer.

### 9.3.1. Barrières rigides

Les barrières rigides sont généralement en béton. Elles ne se déforment pas et ne bougent pas lorsqu'elles sont heurtées par un véhicule, ce qui donne lieu à des impacts violents. Elles ont un haut niveau de retenue sans aucune déviation après impact. En revanche, l'avantage des barrières rigides est le peu d'espace requis, puisqu'elles ne dévient pas du tout la course des véhicules. Cette caractéristique est particulièrement intéressante pour les terre-pleins centraux où la barrière est proche de la voie de circulation, comme illustré à la Figure 77 (gauche).



Figure 77 : Exemples de barrières rigides le long du terre-plein central [A.40][A.40]

Les barrières rigides sont souvent implantées sur les autoroutes ayant une limitation de vitesse élevée et où une retenue totale est indispensable. Elles ont de bonnes performances en matière de retenue, mais présentent l'inconvénient d'être associées à un risque de blessures plus élevé.

### 9.3.2. Barrières semi-rigides

On utilise le plus souvent des barrières (ou glissières) semi-rigides plutôt que des barrières rigides, car généralement elles causent des accidents moins graves. Elles sont généralement fabriquées en acier. Les barrières semi-rigides ont deux fonctions principales : d'un côté, elles empêchent les véhicules en détresse de les franchir, d'un autre, elles amortissent le choc en se déformant. Ainsi, les accidents sont moins graves et les performances des barrières en termes de redirection sont meilleures. Toutefois, des collisions secondaires avec d'autres véhicules ou obstacles peuvent se produire après redirection du véhicule. Le type de barrière semi-rigide que l'on rencontre le plus souvent est la glissière avec profilé (ou lisse) à double ondulation, illustrée à la Figure 78. Les barrières modulaires en béton pouvant être déformées lorsqu'elles sont percutées par un véhicule sont aussi considérées comme des barrières semi-rigides.



Figure 78 : Glissière classique à double ondulation pour terre-plein central [A.40][A.40]

### 9.3.3. Barrières souples

Les barrières à câbles et les clôtures de sécurité sont des exemples classiques de barrières souples. Les barrières souples causent moins de dégâts aux véhicules et moins de blessure aux passagers du véhicule que les autres types de barrières. Le principal inconvénient des barrières souples est qu'elles nécessitent plus d'espace au-delà de la barrière car elles peuvent avoir une déflexion allant jusqu'à trois mètres. De plus, la pente dans la zone de déflexion doit être assez plate pour assurer une bonne performance redirectionnelle. A l'instar des barrières semi-rigides, les barrières souples peuvent provoquer des accidents lorsqu'un véhicule est dévié de la barrière et percute ensuite un autre véhicule ou obstacle.

### 9.3.4. Barrières de sécurité provisoires

Les barrières provisoires sont surtout utilisées pour protéger les chantiers du trafic et ont donc une durée de vie limitée. Elles sont fabriquées en acier, en béton ou, souvent de nos jours, en polymères plastiques. L'une des principales différences entre les barrières provisoires et permanentes est leur ancrage. Les barrières provisoires doivent être positionnées individuellement car les chantiers ont un espace et une durée limités. C'est pourquoi elles ne peuvent pas être incorporées à l'infrastructure sous forme de barrières permanentes, ce qui nous mène à la seconde différence entre barrières provisoires et permanentes, à savoir qu'elles ne confèrent pas le même niveau de protection. Toutefois, la sécurité des chantiers est principalement déterminée par d'autres facteurs. Premièrement, la vitesse le long d'un chantier est plus faible (par ex. limitation de la vitesse), si bien que les impacts contre des barrières sont moins nombreux. Deuxièmement, généralement, au moins une voie est fermée ce qui entraîne une conduite plus prudente.



Figure 79 : Barrières de sécurité provisoires souvent rencontrées (Sources : [A.40], [A.54][A.40][A.54])

### 9.3.5. Ecrans de sécurité

Les glissières de sécurité en acier augmentent le risque de blessures ou même de décès pour les motards. Le problème est que les motos n'ont pas de zone déformable permettant d'amortir l'impact du véhicule contre la glissière et les motocyclistes, généralement, tombent de leur moto pendant l'accident. Si bien que, lorsque le motard glisse et heurte le dispositif de retenue, les collisions contre les poteaux des glissières sont la cause la plus fréquente de blessures. Les bords supérieur et inférieur de la glissière ainsi qu'une hauteur de montage trop basse sont aussi sources de risque.

En outre, les motocyclistes peuvent glisser sous la glissière et aller percuter un obstacle qui se trouve derrière celle-ci (par ex. arbre ou pente escarpée). Ce que l'on appelle « écran de sécurité » (ou « écran moto » ou « dispositif anti-encastrement ») est un traitement de sécurité qui est monté sur la partie basse de la glissière et empêche le motard de la franchir tout en le protégeant des poteaux et des bords de la glissière [A.38][A.38].



Figure 80 : Exemples d'écrans moto donnant une forme continue (Source : [A.38][A.38])

Tout écran fixé à une glissière de sécurité en modifiera les caractéristiques. Dans des circonstances particulières, ils peuvent diminuer les performances sécuritaires globales du dispositif de retenue. Toute glissière équipée d'un écran moto devra donc être soumise à des essais conformes à la norme EN 1317-8 (le cas échéant) ou à la norme nationale (comme en Italie, Espagne etc.).

### 9.3.6. Assemblage bordure-barrière

Les lignes directrices visant l'utilisation de bordures associées à des barrières ainsi que les recherches portant sur la sécurité de cet assemblage bordure-barrière ont été étudiées dans le cadre du présent rapport. En règle générale, il n'est pas recommandé d'utiliser des barrières et des bordures ensemble. Au lieu d'installer des barrières, il est plutôt recommandé d'aménager des zones de sécurité dégagées de tout obstacle. Lorsque l'assemblage bordure-barrière est mal conçu, les véhicules risquent de passer au-dessus ou au dessous de la barrière. Il convient donc de réfléchir aux propriétés suivantes et à comment elles s'articulent entre elles en vue d'améliorer la sécurité le long de la route :

- Hauteur de la bordure
- Forme ou inclinaison de la bordure
- Déport entre la bordure et la barrière
- Type de barrière
- Hauteur de la barrière

Selon [A.46][A.46], le concepteur des abords de la route doit choisir une bordure d'une hauteur maximale de 100 mm lorsqu'il décide d'implanter aussi une barrière. L'inclinaison de la bordure doit être de 1:3 (vertical:horizontal) ou moins. Les barrières implantées derrière les bordures doivent être situées à au moins 2,5 mètres de la bordure lorsque la vitesse maximale réalisable est supérieure à 60 km/h. Cette distance minimale est indispensable pour permettre à la suspension du véhicule de revenir à son état pré-sortie de trajectoire afin qu'un impact contre la barrière ne renverse pas le véhicule. Toutefois, dans certains pays européens (par ex. l'Autriche), on place souvent une bordure sous la barrière, c.-à-d. la bordure est à ras de la face avant de la barrière. La Figure 81 illustre un diagramme de conception pour les assemblages bordure-barrière. La plupart des lignes directrices de conception des abords de la route recommandent de ne pas associer barrières rigides et bordures.

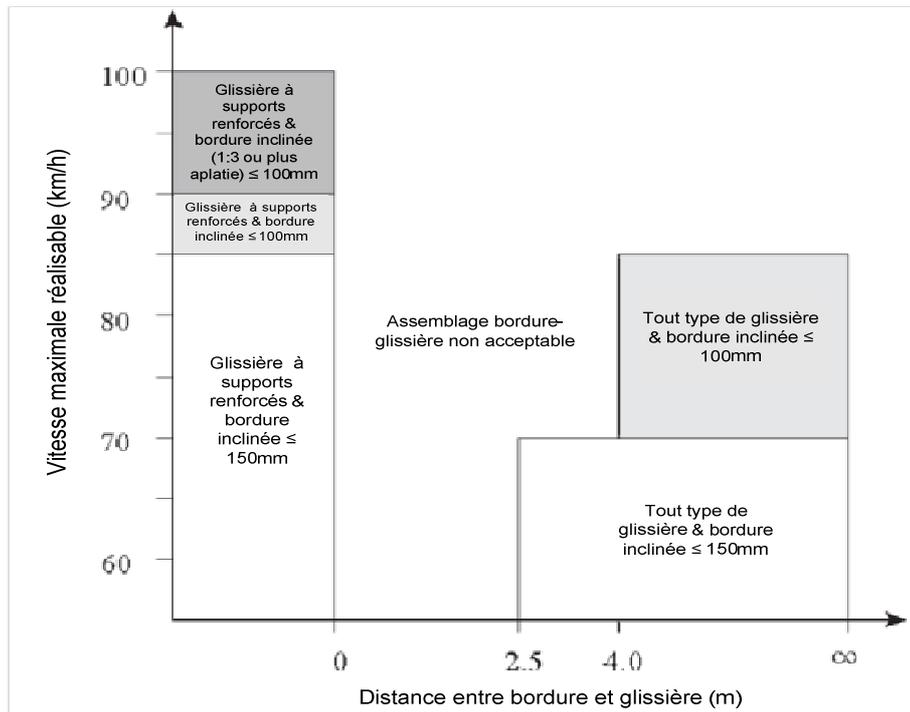


Figure 81 : Assemblage bordure-barrière en fonction de la vitesse maximale réalisable et de la distance entre la bordure et la barrière [A.46]

### 9.3.7. Atténuateurs d'impact

Les atténuateurs d'impact ou atténuateurs de choc, sont des dispositifs de retenue qui permettent d'atténuer les conséquences des collisions contre des obstacles ponctuels. Les extrémités et les raccordements de glissières de sécurité peuvent aussi être traités à l'aide de ces équipements. Ils sont généralement protégés dans tous les sens et sont donc plus adaptables que les glissières. En tout état de cause, on ne doit les utiliser que lorsqu'il n'est absolument pas possible d'implanter une glissière de sécurité ou qu'on ne trouve pas de solution d'implantation adéquate.

Les atténuateurs de choc sont répartis dans les catégories suivantes en fonction de leur méthode d'absorption :

- Multiples caissons en plastique, alourdis de l'intérieur par des sacs remplis de sel, d'eau ou de mousse et reliés par des câbles en acier;
- Dispositifs constitués de sacs en fibres synthétiques contenant des éléments cylindriques remplis d'argile expansée, reliés entre eux et reposant contre des crochets en acier allégé;
- Tubes à valves protégés par des plaques en acier coulissantes et reliés par des câbles en acier.

Des exemples d'atténuateurs d'impact les plus courants sont présentés en Figure 82.



Figure 82 : Exemples d'atténuateurs d'impact (Sources : [A.2][A.2] et [A.51][A.51])

Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lorsque l'on installe des atténuateurs d'impact. L'atténuateur doit être placé sur une surface plane ou sur une inclinaison inférieure à 5%. La surface doit être revêtue (bitume ou béton) sans bordures à proximité de l'atténuateur. L'angle d'orientation dépend de la vitesse de référence ou du tracé de la route.

## 10. Identification des besoins supplémentaires en matière de recherche

Dans la plupart des pays, pour aménager une zone de sécurité d'une largeur suffisante pour permettre aux automobilistes de reprendre le contrôle de leur véhicule en détresse et de revenir sur la voie de circulation ou de s'arrêter, la principale stratégie consiste à supprimer les obstacles. La conception des zones de sécurité doit être abordée dès la phase de planification surtout pour les nouvelles routes. Ces zones doivent être dégagées de tout obstacle et doivent être planes et légèrement en pente.

Les exploitants des routes sont également encouragés à élaborer des programmes de gestion de la végétation le long des routes visant à éliminer ou minimiser la végétation.

Il est recommandé de calculer la largeur de la zone de sécurité en fonction de la vitesse réglementaire, de la pente du talus et du trafic. Toutefois, certaines lignes directrices incluent aussi le rayon de courbure dans leurs équations. Le manuel de conception des abords de la route de l'AASHTO (*Roadside Design Guide*) propose une méthode de calcul pour définir les largeurs de la zone de sécurité. Il s'agit de la méthode de calcul la plus répandue dans le monde. La zone de sécurité comprend la largeur de l'accotement, mais il existe plusieurs normes nationales concernant la largeur de l'accotement et les caractéristiques de sa surface. On manque de normes concernant ce que l'on appelle la « zone de gravité limitée » (la zone au-delà de l'accotement).

Pour empêcher les véhicules de percuter des obstacles, la dernière solution consiste à isoler ces derniers à l'aide de dispositifs de retenue routiers (DRR). La norme européenne (EN) 1317 comprend des exigences détaillées pour les DRR. Cependant, cette norme ne donne aucune indication sur les DRR à utiliser en fonction de la situation. Cet aspect est couvert dans des lignes directrices spécifiques telles que les documents RISER. Or, pour l'instant, en Europe, on manque de lignes directrices harmonisées concernant le choix des dispositifs de retenue routiers appropriés. L'utilisation de glissières de sécurité et autres dispositifs de retenue est généralement régie par la réglementation et les normes nationales auxquelles les concepteurs doivent se conformer.

De futures lignes directrices européennes harmonisées devraient également proposer des recommandations pour l'assemblage bordures-glissières ainsi que pour des dispositifs de retenue assurant la sécurité des motards. Des normes à ces égards sont en cours d'élaboration.

La multiplicité des traitements permettant de rendre les routes plus clémentes démontre l'énorme potentiel de ces dispositifs en termes de sécurité routière. L'harmonisation aide les exploitants et les autorités à prendre les bonnes décisions lorsqu'ils planifient des routes sûres. Des procédures communes de planification routière associées à des audits de sécurité routière ou des inspections de sécurité routière des routes existantes doivent intégrer la dimension « routes qui pardonnent ».

## Annexe A - Références

### Rapports scientifiques et articles issus de la recherche

- [A.1] P. Waugh. Forging Roadsides – A Way Forward. Communication présentée dans *Road Safety: Gearing up for the future*. Perth, WA, août 2001
- [A.2] RISER consortium. *D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads*. RISER deliverable, février 2006
- [A.3] RISER consortium. *D05: Summary of European Design Guidelines for roadside infrastructure*. RISER deliverable, février 2005
- [A.4] G. Dupre et O. Bisson. *Recovery zone*. Séminaire RISER sur la conception de bords de routes plus sûrs (*Safer Roadside Engineering*). Budapest, Hongrie, 30 novembre 2005
- [A.5] S. Matena et al. *Road Design and Environment – Best practice on Self-explaining and Forgiving Roads*. RIPCORDER-ISEREST deliverable D3, 2005
- [A.6] L. Herrstedt. *Self-explaining and Forgiving Roads – Speed management in rural areas*. Article présenté lors de la conférence ARRB, octobre 2006
- [A.7] Roads and Traffic Authority NSW. *Fatal Roadside Object Study in Road Environment Safety Update 20*. New South Wales, Australie, mars 2004
- [A.8] N.J. Bratton et K.L. Wolf. *Trees and Roadside Safety in U.S. Urban Settings*. Dans *Proceedings of the 84<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington D.C., USA, janvier 2005
- [A.9] K.K. Mak et R.L. Mason. *Accident Analysis – Breakaway and Non-Breakaway Poles Including Sign and Light Standards Along Highways*. FHWA, août 1980
- [A.10] FEMA. *Final report of the Motorcyclists & Crash Barriers Project*. Belgique
- [A.11] J.C. Stutts et W.W. Hunter. *Injuries to Pedestrians and Bicyclists: An Analysis Based on Hospital Emergency Department Data*. FHWA, Washington D.C., USA, 1999
- [A.12] R. Elvik et T. Vaa. *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Pub Norvège, 2004
- [A.13] L. Rens. *Brief Overview and Latest Developments concerning EN Standards on Restraint Systems*. Séminaire technique sur les barrières de sécurité en béton à Bruxelles, juin 2009
- [A.14] N. Stamatiadis, J. Pigman. *Impact of Shoulder Width and Median Width on Safety*. In *NCHRP Report 633*. Washington D.C., USA, 2009
- [A.15] G. Camomilla. *Una rivoluzione necessaria: la trasformazione dei bordi laterali stradali 'Le Strade' Magazine 7-8-2008*

- 
- [A.16] AITEC. *Cemento e sicurezza; impieghi stradali* CD. Décembre 2006
- [A.17] R. Thomson, J. Valtonen. Vehicle Impacts in V Ditches. In *Transportation Research Record 1797*. Pages 82-88. 2002
- [A.18] Marko Kelkka. Safety of roadside area. Analysis of full-scale crash tests and simulations. Finnish Road Administration, Central Administration. Finnra reports 10/2009, 161 p. +app. 5 p. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-142-2, TIEH 3201124E-v, Helsinki 2009

## Normes et lignes directrices

- [A.19] AASHTO. Roadside Design Guide. 3<sup>ème</sup> édition, mars 2002
- [A.20] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. Roadside Design Guide. Alberta, Canada, novembre 2007
- [A.21] T.R. Neuman et al. Volume 3: A Guide for Addressing Collisions with Trees in Hazardous Locations. NCHRP Report 500. Washington D.C., USA, 2003
- [A.22] Transportation Research Board. Safe and Aesthetic Design of Urban Roadside Treatments. In NCHRP Report 612. Washington D.C., USA, 2008
- [A.23] Government of Western Australia. Main Roads Western Australia Assessment Of Roadside Hazards. Technology and Environment Directorate. Western Australia, mai 2007
- [A.24] R.W. Eck et H.W. McGee. Vegetation Control for Safety, A Guide for Local Highway and Street Maintenance Personnel. Federal Highway Administration (FHWA). U.S. Department of Transportation, août 2008
- [A.25] W.J. Fitzgerald. W-Beam Guardrail Repair: A Guide for Highway and Street Maintenance Personnel. Federal Highway Administration (FHWA). U.S. Department of Transportation, novembre 2008
- [A.26] H.W. McGee et D. Nabors et T. Baughman. Maintenance of Drainage Features for Safety, A Guide for Local Street and Highway Maintenance Personnel. U.S. Department of Transportation, juillet 2009
- [A.27] L. Patte et al. Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération (*Handling lateral obstacles on main roads in open country*). Guide technique Sétra. novembre 2002. Traduction août 2007
- [A.28] EN 12767, Sécurité passive des structures supports d'équipements de la route – Exigences et méthodes d'essai
- [A.29] EN 1317-1, Dispositifs de retenue routiers - Partie 1: Terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essais
- [A.30] EN 1317-2, Dispositifs de retenue routiers - Partie 2: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité y compris les barrières pour ouvrages d'art

- [A.31] ENV 1317-4, Dispositifs de retenue routiers — Partie 4: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les extrémités et raccordements de glissières de sécurité; prEN 1317-4, Dispositifs de retenue routiers – Partie 4: Classes de performance classes, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les raccordements de glissières de sécurité (en cours de préparation : ce document remplacera ENV 1317-4 pour les clauses portant sur les raccordements)
- [A.32] EN 1317-5, Dispositifs de retenue routiers – Partie 5: Exigences relatives aux produits et évaluation de la conformité des dispositifs de retenue routiers
- [A.33] EN 1317-7, Dispositifs de retenue routiers – Partie 7: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les extrémités de glissières de sécurité (en cours de préparation : ce document remplacera ENV 1317-4 pour les clauses concernant les extrémités)
- [A.34] Văgar och Gators Utforming (VGU). Road and Street Design. 2004
- [A.35] U.S. Department of Transportation. Roadside improvements for local roads and streets. Federal highway administration, USA, octobre 1986
- [A.36] EN 1317-8, Dispositifs de retenue - Partie 8: dispositifs de retenue pour motos réduisant la sévérité de choc en cas de collision de motocyclistes avec les glissières de sécurité (en cours de préparation)
- [A.37] EN 1317-3, Dispositifs de retenue - Part 3: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les atténuateurs de choc
- [A.38] FGSV. Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken (MVMot) R2. Ausgabe 2007, Allemagne
- [A.39] RVS 03.03.31 Querschnittselemente Freilandstraßen, 2005, Autriche
- [A.40] Tasmania Department of Infrastructure, Energy and Resource. Road Hazard Management Guide, 2004
- [A.41] EN 1317-6, Dispositifs de retenue – dispositifs de retenue routiers pour piétons — Partie 6: garde-corps (en préparation)
- [A.42] AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (5<sup>ème</sup> Edition). 2004
- [A.43] Belgian median barrier on National Roads
- [A.44] ANAS - Linee guida per le protezioni di sicurezza passiva Ed. 2010
- [A.45] B.A.S.T. Road Safety Equipment and Steel Barrier Systems
- [A.46] Transportation Research Board. Recommended Guidelines for Curb and Curb-Barrier Installations. In NCHRP Report 537. Washington D.C., USA, 2005
- [A.47] UNI TR 11370 'Dispositivi stradali di sicurezza per motociclisti - Classi di prestazioni, modalità di prova e criteri di accettazione'

## Références Internet

- [A.48] Insurance Institute for Highway Safety. Fatality Facts 2008, Roadside hazards. Trouvé sur [http://www.iihs.org/research/fatality\\_facts\\_2008/roadsidehazards.html](http://www.iihs.org/research/fatality_facts_2008/roadsidehazards.html), consulté le 25/02/2010
- [A.49] <http://www.car-accidents.com/guardrail-accidents.htm>, consulté le 03/03/2010
- [A.50] Wikipedia. Runaway truck ramp. Trouvé sur [http://en.wikipedia.org/wiki/Runaway\\_truck\\_ramp](http://en.wikipedia.org/wiki/Runaway_truck_ramp), consulté le 19/07/2010
- [A.51] CSP Pacific. Trouvé sur [www.csppacific.co.nz](http://www.csppacific.co.nz), consulté le 21/07/2010
- [A.52] Texas Department of Transportation. Highway Illumination Manual. Trouvé sur [http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hwi/manual\\_notice.htm](http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hwi/manual_notice.htm), consulté le 21/07/10
- [A.53] Metropolitan Forestry Consultants, Inc. <http://www.metroforestry.com/resources/RoadsideTrees1.jpg>, consulté le 09/08/2010
- [A.54] [http://intermountain.construction.com/images/2009/07\\_indNews\\_PlasticBarriers.jpg](http://intermountain.construction.com/images/2009/07_indNews_PlasticBarriers.jpg), consulté le 09/08/2010

## Annexe B : Glossaire

### **Accotement**

Partie de la plateforme située entre la chaussée (ou, le cas échéant, la bande dérasée) et les limites de l'emprise de la route. Les accotements peuvent être revêtus (voir « Accotement stabilisé ») ou non (voir « Accotement non stabilisé »).

Note : dans certains pays, l'accotement sert aux arrêts d'urgence. Dans ces pays, il englobe la bande d'arrêt d'urgence dans le cas d'une route à chaussées séparées.

### **Accotement meuble**

Etroite bande de gravier située en bord de route, au-delà de la plateforme (généralement après la bande dérasée/l'accotement).

### **Accotement non revêtu**

Voir « accotement non stabilisé ».

### **Accotement non stabilisé**

Un accotement non stabilisé est une surface de gravier immédiatement adjacente à la chaussée ou, le cas échéant, à la bande dérasée. Dans certains pays, il est une alternative à l'accotement stabilisé.

### **Accotement revêtu**

Voir « Accotement stabilisé ».

### **Accotement stabilisé**

Surface en bitume ou en béton le long de la chaussée. En présence d'une bande dérasée, l'accotement lui est immédiatement adjacent. Autrement, l'accotement est contigu à la chaussée. La surface, l'état et les propriétés d'adhérence de l'accotement doivent être de même qualité que ceux de la chaussée.

### **Angle d'impact**

Pour une barrière de sécurité longitudinale, angle entre l'axe parallèle à l'alignement de la face avant de la barrière et l'axe longitudinal du véhicule au moment de l'impact. Pour un atténuateur de choc, il s'agit de l'angle formé par l'axe de symétrie de l'atténuateur et l'axe longitudinal du véhicule au moment de l'impact.

### **Atténuateur de choc**

Dispositif d'absorption d'énergie du véhicule (dispositif de retenue routier) installé devant un obstacle rigide pour retenir et, soit rediriger (« atténuateur redirectif »), soit immobiliser (« atténuateur non redirectif ») un véhicule qui le percute.

### **Atténuateur d'impact**

Dispositif de bord de route (sécurité passive) permettant de limiter la force d'impact d'un véhicule contre un objet fixe. Les atténuateurs d'impact ralentissent le véhicule en absorbant son énergie et en la transmettant à un autre vecteur. Les atténuateurs de choc et les lits d'arrêt sont des atténuateurs d'impact.

### **Autoroutes**

Route à chaussées séparées destinée uniquement aux véhicules motorisés et qui ne donne accès à aucuns bâtiments ou propriétés riverains. Les accès et les sorties des autoroutes se font uniquement par des intersections dénivelées.

### **Avers de pente (voir Fossé)**

L'avers (de pente) est, dans un fossé, la pente qui descend du bord de la chaussée jusqu'au fond du fossé.

### **Axe routier**

Un axe routier est une route pour la circulation à longue distance. Il peut donc s'agir aussi bien d'une autoroute que d'une route de rase campagne.

### **Bande dérasée**

Bande, dont la largeur n'excède généralement pas 1 mètre, immédiatement adjacente et accolée à la rive de la voie de circulation extérieure d'une chaussée. Cette zone est construite dans le même matériau que la chaussée et son utilité principale est de fournir une surface suffisante pour le marquage de rive et de servir de support latéral à la structure des voies de circulation.

### **Bandes rugueuses**

Voir « Bandes sonores »

### **Bandes sonores (Bandes de rive sonores)**

Marquage transversal thermoplastique ou en fraisât de faible épaisseur, conçu pour avertir l'usager de façon sonore et/ou tactile qu'il quitte sa trajectoire. Les bandes sonores (aussi appelées « bandes rugueuses ») sont généralement disposées sur les accotements stabilisés et sur les voies côté passager. L'objectif est d'empêcher les sorties de route ou d'en limiter les conséquences.

### **Barrière de sécurité (glissière de sécurité)**

Dispositif de retenue routier implanté le long des routes ou du terre-plein central. (Voir « glissière de sécurité »)

### **Barrière pour ouvrage d'art (sur les ponts)**

Barrière de sécurité longitudinale dont la fonction première est d'empêcher un véhicule en détresse de tomber du haut d'un ouvrage d'art. Elle peut être en acier ou en béton.

### **Berme**

Bande non-revêtue à niveau et contiguë à l'accotement. La berme a surtout une fonction de drainage. Elle est parfois légèrement engazonnée. Les équipements de la route, comme les glissières de sécurité ou les panneaux de signalisation, sont généralement implantés sur la berme.

### **Bord de route / Bordure de route / Abords de la route / Bas-côté**

Zone située au-delà et le long de la chaussée.

### **Bordure**

Élément prévu pour séparer différents niveaux de surface et pour créer des délimitations ou retenues physiques.

### ***Chaussée***

La définition de « chaussée » diffère légèrement d'un pays à l'autre. Le bord de la chaussée est délimité par la « ligne de rive » (ou marquage latéral) ou, en son absence, par le bord de la surface revêtue.

### ***Chaussée dédoublée***

Chaussée divisée en deux ayant une ou plusieurs voies de circulation dans chaque sens et où le trafic est physiquement séparé par un terre-plein central ou un dispositif de retenue routier. Voir aussi « Chaussée séparée ».

### ***Chaussée non séparée***

Voir « Route à chaussée unique »

### ***Chaussée séparée***

Chaussée où la circulation dans les deux sens est séparée physiquement par un terre-plein central et/ou par un dispositif de retenue routier. Ce terme est indépendant du nombre de voies dans chaque sens. Voir aussi « Chaussée dédoublée ».

### ***Collecteur de drain (avaloir)***

Ouvrage destiné au recueil des eaux de ruissellement de la chaussée.

### ***Côté conducteur***

Terme utilisé pour décrire le côté de la route par rapport au sens de circulation (que la conduite se fasse à gauche ou à droite). Côté le plus proche de la circulation en sens inverse ou côté terre-plein central.

### ***Côté passager***

Terme utilisé pour décrire le côté de la route par rapport au sens de circulation (que la conduite se fasse à gauche ou à droite). Il s'agit du côté de la route le plus éloigné de la circulation en sens inverse ou du terre-plein central.

### ***Culée***

Appui d'extrémité d'un tablier de pont ou d'un tunnel qui retient, généralement, un remblai.

### ***Dangers dispersés***

Aussi appelés « obstacles continus », ces dangers sont une série d'obstacles le long de la chaussée sur une certaine longueur, comme des remblais, pentes, fossés, déblais rocheux, murs de soutènement, barrières de sécurité non conformes aux normes en vigueur, forêts ou arbres plantés côte à côte.

### ***Déblai***

Talus de terre créé lors du creusement à travers une colline pour la construction d'une route et qui surplombe la chaussée.

### ***Déblai rocheux***

Un déblai rocheux est creusé pour permettre la construction de routes à travers des saillies ou collines rocheuses.

### ***Dégagement***

Zone dégagée située entre la face avant de la barrière de sécurité (du côté de la chaussée) et la face (côté chaussée) d'un obstacle.

### **Déport / Retrait**

Distance latérale entre la chaussée et un objet du bord de route.

### **Dispositif anti-encastrement**

Voir « Ecran de protection »

### **Dispositif de raccordement**

Dispositif de retenue des véhicules effectuant le raccordement entre deux barrières de sécurité de conception et/ou de niveaux de performance différents.

### **Dispositif de retenue pour piétons**

Dispositif installé pour orienter les piétons et classé dans le groupe des dispositifs de retenue sous la rubrique « Dispositifs de retenue routiers ».

### **Dispositif de retenue routier (DRR)**

Nom générique donné à tous « les dispositifs de retenue de véhicules et les dispositifs de retenue pour piétons utilisés sur les routes » (EN 1317).

### **Dispositif de retenue routier des véhicules**

Dispositif destiné à empêcher un véhicule de percuter des objets situés en-dehors de sa trajectoire normale de circulation. Il peut s'agir, par exemple, de barrières de sécurité, d'atténuateurs d'impact etc. Ces éléments font partie du groupe des dispositifs de retenue dans la rubrique « dispositifs de retenue routiers ».

### **Ecran de protection**

Dispositif de protection des motocyclistes installé sur un dispositif de retenue routier afin de réduire la gravité de l'impact d'un voyageur sur un deux-roues motorisé contre un tel dispositif.

### **Ecran moto**

Voir « Ecran de protection »

### **Empiètement**

Expression utilisée lorsqu'un véhicule quitte la chaussée et pénètre dans la zone en bordure de route.

### **Epaisseur**

Epaisseur du bitume telle qu'elle apparaît au-dessus du niveau du sol en bordure du revêtement.

### **Equipement de la route**

Nom générique pour tout équipement lié à l'exploitation du réseau routier et situé sur le bord de route.

### **Extrémité de barrière de sécurité**

Désigne l'extrémité (origine ou fin) qui termine une barrière de sécurité. Ce peut être un équipement à absorption d'énergie ou simplement conçu pour empêcher le véhicule de franchir la barrière.

### **Extrémité de ponceau**

Extrémité de la canalisation ou du conduit. Ouvrage généralement réalisé en béton, en acier ou en plastique.

### ***Fossé***

Les fossés sont des dispositifs de drainage creusés parallèlement à la route. Les fossés creusés sont composés d'un avers (pente entre la route et le fond du fossé) et d'un revers (pente remontant après le fond du fossé)

### ***Frangible***

Une structure qui se brise d'un coup ou facilement sous un impact (voir aussi « Support fragilisé », « Support fusible » et « Support escamotable »).

### ***Glissière de sécurité***

Autre nom pour les montants en métal et les barrières de sécurité (voir ce terme).

### ***Ligne de délimitation de voie***

Marquage situé entre les voies sur les chaussées comprenant plusieurs voies de circulation.

### ***Ligne de rive***

Marquage situé en bordure de la chaussée ou, le cas échéant, sur la bande dérasée qui la borde.

### ***Lisibilité de la route***

Concept selon lequel une route dotée de certains éléments ou équipements peut être facilement interprétée et comprise par les automobilistes. Cela représente un gain en sécurité car l'utilisateur comprend clairement la nature de la route sur laquelle il circule, il peut donc prévoir son état et les conditions de circulation, ce qui lui permet d'adapter sa conduite en conséquence. (cf. Ripcord-Iserest, Rapport D3, 2008).

### ***Lit d'arrêt***

Aire adjacente à la route revêtue d'un matériau permettant de ralentir et arrêter les véhicules en détresse; généralement située dans de longues descentes à forte pente.

### ***Longueur nécessaire***

Longueur totale d'une barrière de sécurité longitudinale, nécessaire à la protection d'une zone dangereuse.

### ***Marquage latéral***

Voir « Ligne de rive »

### ***Mât de vidéosurveillance***

Mât sur lequel est montée une caméra de télévision en circuit fermé à des fins de surveillance du trafic.

### ***Mobilier de la route***

Voir « Equipement de la route ».

### ***Mur de soutènement***

Mur construit pour résister à la pression latérale, en particulier lorsqu'il a pour but d'empêcher une masse de terre d'avancer.

### ***Niveau de retenue***

Description du niveau de protection conférée aux véhicules par le dispositif de retenue routier. Autrement dit, il s'agit des exigences en termes de niveau de retenue définies conformément à la norme EN 1317 pour la fabrication du dispositif et les essais.

### **Obstacle agressif**

Voir « Obstacle (dangereux) ponctuel » et « Obstacle saillant »

### ***Obstacle (dangereux) ponctuel***

Élément étroit situé en bord de route et qui pourrait être heurté lors d'une collision : arbre, pile de pont, candélabre, poteau électrique ou de signalisation.

### ***Obstacles en bords de route***

Objets ou ouvrages fixes pouvant mettre en danger un véhicule en détresse quittant sa trajectoire normale. Ces dangers peuvent être continus ou ponctuels, naturels ou artificiels. Parmi les risques associés à ces obstacles, on peut citer d'éventuelles décélérations brutales pour les occupants du véhicule ou le renversement du véhicule.

### ***Obstacle saillant***

Voir « Obstacle (dangereux) ponctuel » et « Obstacle agressif ».

### ***Passage inférieur***

Ouvrage, y compris ses accès, permettant de faire passer une route ou un passage piétonnier sous une autre route (ou un obstacle).

### ***Passage supérieur***

Ouvrage, y compris ses accès, permettant à une route de passer au-dessus d'une autre route (ou d'un obstacle).

### ***Pente***

Terme générique pour les talus. Pour exprimer la déclivité d'un talus en fraction ou en pourcentage, on utilisera le terme « pente ». La pente peut être négative (avers) ou positive (revers), elle peut être parallèle ou en travers, par rapport au sens de la circulation.

### ***Pile***

Appui intermédiaire d'un pont.

### ***Plateforme***

La plateforme inclut la chaussée et, le cas échéant, les bandes d'arrêt et les accotements

### ***Ponceau***

Ouvrage d'art utilisé pour canaliser un écoulement d'eau. Il peut être en béton, en acier ou en plastique.

### ***Remblai***

Amas de terre compacté lors d'une opération de terrassement pour réaliser la plateforme de la route. Il est généralement en pente descendante depuis le niveau de la chaussée.

### ***Revers de pente (voir fossé)***

Pente d'un fossé remontant du fond du fossé et située à l'opposé de la rive de la chaussée.

### ***Rocher***

Masse rocheuse arrondie généralement tombée de son lieu d'origine et reposant sur la chaussée ou encastrée dans le sol en bordure de route

***Route à chaussée unique***

Route sans séparation physique des deux sens de circulation. Aussi appelée « route à deux sens de circulation », « route bidirectionnelle » ou « chaussée non séparée ».

***Route à deux sens de circulation***

Voir « Route à chaussée unique ».

***Route bidirectionnelle***

Voir « Route à chaussée unique ».

***Route clémente***

Voir « Route qui pardonne ».

***Routes de rase campagne (routes hors agglomération)***

Toutes les routes situées en dehors d'une zone urbaine, hormis les autoroutes.

***Route explicite***

Routes conçues conformément au concept de lisibilité de la route (voir ce terme).

***Routes hors agglomération***

Voir « Routes de rase campagne »

***Route qui pardonne***

Une route qui pardonne (ou « route clémente ») atténue les conséquences des accidents de type sortie de route pour limiter le nombre de morts et de blessés graves.

***Structure amortissant les chocs***

Voir « Structure à absorption d'énergie »

***Structure à absorption d'énergie***

Tout type de structure ayant la propriété d'absorber l'énergie d'un véhicule qui la heurte, afin de réduire sa vitesse et la gravité de l'impact.

***Support à sécurité passive***

Voir « Support fragilisé », « Support fusible », « Support escamotable » et « Support frangible »

***Support escamotable***

Voir « Support fragilisé ».

***Support fragilisé***

Support de panneau de signalisation, de feux de circulation ou d'éclairage conçu pour fléchir ou casser lorsqu'il est percuté par un véhicule. (Voir aussi « Support à sécurité passive », « Support fusible », « Support escamotable » et « Support frangible »)

***Support fusible***

Voir « Support fragilisé », « Support frangible » et « Support escamotable »

***Surface non revêtue***

Type de surface qui n'est pas recouverte de bitume, d'enduit ou de béton (par exemple : herbe, gravier, terre etc.).

### **Talus**

Terme générique pour toute pente située en bordure de chaussée, y compris les talus de déblai et les talus de remblai (voir ces termes).

### **Terre-plein central**

Zone séparant les deux sens de circulation d'une chaussée dédoublée.

### **Tracé du profil en long**

Description géométrique de la chaussée sur un plan vertical.

### **Tracé en plan**

Projection d'une route - en particulier de son axe - sur un plan horizontal.

### **Traitement**

Actions spécifiques dont le but est de sécuriser un élément ou un obstacle en bord de route.

### **Véhicule ayant rebondi**

Véhicule qui, ayant percuté un dispositif de retenue routier, revient sur la chaussée principale.

### **Véhicule retenu**

Véhicule qui entre en contact avec un dispositif de retenue routier et ne va pas au-delà des limites de ce dispositif de sécurité.

### **Vitesse de base/vitesse de référence**

Vitesse qui détermine le tracé en plan d'une nouvelle route et pour laquelle la route est conçue, en tenant compte de la vitesse prévisible des véhicules sur cette route.

### **Vitesse de référence**

Voir « Vitesse de base ».

### **Voie de circulation**

Partie de la chaussée sur laquelle circulent les véhicules.

### **Voie de roulement**

Voir « Voie de circulation ».

### **Zone dégagée**

Voir « Zone de sécurité »

### **Zone de gravité limitée**

Zone située au-delà de la zone de récupération et dégagée de tout obstacle, de façon à limiter les dégâts en cas de sortie de route.

### **Zone de récupération**

Zone située en bordure des voies de circulation permettant les manœuvres d'évitement et de récupération pour les véhicules en détresse.

### **Zone de sécurité**

Zone sans obstacles située en bordure de chaussée. Cette zone peut éventuellement comprendre aucun, un ou plusieurs des éléments suivants : bande dérasée, accotement, talus de récupération, talus sans possibilité de récupération et/ou une zone de sortie de route dégagée. La largeur souhaitable dépend du volume du trafic, de la vitesse et des caractéristiques géométriques des bas-côtés. (Voir « Zone dégagée »)

ISBN : 979-10-93321-03-5



La Grande Arche, Sud 19<sup>e</sup>  
FR – 92055 PARIS – LA DEFENSE  
Tel: + 33 (0) 1 40 81 36 87 Fax: + 33 (0) 1 40 81 99 16