



Société du Havre de Montréal

Quartier Bonaventure – Conception des plans et devis – Infrastructures souterraines et génie routier



Transition Bonaventure / Brennan
Réponse à l'audit de sécurité du 5
novembre 2008

Note technique – Version finale
16 septembre 2009



TECSULT | AECOM



SNC • LAVALIN

N/Réf. de dossier : 05-19358 // 606213



Société du Havre de Montréal

Quartier Bonaventure – Conception des plans et devis Infrastructures souterraines et génie routier

Réponse à l'Audit de sécurité du 5 novembre 2008

16 septembre 2009
Note technique
Version 2 finale

Préparé par :

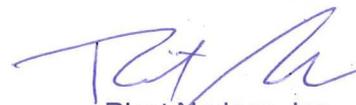


Michel Cardin, ing. M.Sc.A.
Chargé de projet adjoint
SNC-Lavalin

Vérifié et
validé par :



Jean-François Rouillon, ing.
Directeur maintien de la circulation
Tecsult



Ricet Nadeau, ing.
Expert en géométrie routière
GENIVAR



Martin Héту, ing. DESS
Vice-président, Transport,
Ouest du Québec
GENIVAR



André Gingras, ing.,
Spécialiste
SNC-Lavalin



TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. PROBLÉMATIQUE	1
1.1 AVANT-PROJET DÉTAILLÉ	1
1.2 AUDIT DE SÉCURITÉ	1
1.3 RÉPONSE PARTIELLE À L'AUDIT DE SÉCURITÉ	1
2. RÉPONSE À L'AUDIT DE SÉCURITÉ	2
2.1 CONSTAT À VALIDER.....	2
2.1.1 DISTANCE DE VISIBILITÉ.....	2
2.1.2 LONGUEUR DE DÉCÉLÉRATION VERSUS DISTANCE DE VISIBILITÉ	6
2.2 CONSTAT NÉCESSITANT UNE INTERVENTION.....	6
2.2.1 ZONE DE TRANSITION	6
2.3 CONSIDÉRATIONS.....	7
2.4 AUTRES COMMENTAIRES.....	8
3. CONCLUSION	9

ANNEXES

ANNEXE 1 – PLAN ET PROFIL DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSITION – GR 01 À GR-06

ANNEXE 2 – NORMES DE CONCEPTION ROUTIÈRE DU MTQ - VOL 1, CHAPITRES 6, 7 ET 9



1. PROBLÉMATIQUE

1.1 AVANT-PROJET DÉTAILLÉ

Suite aux études d'opportunité, de préfaisabilité et de faisabilité, la SHM a fait préparer en 2008-2009, par le consortium Dessau-Groupe S.M., l'avant-projet détaillé, dont la version finale est datée du 3 mars 2009. Le consortium Tecsum / SNC-Lavalin produira les plans et devis du projet par lot à partir de l'avant-projet définitif.

1.2 AUDIT DE SÉCURITÉ

À l'automne 2008, la firme CIMA+, à la demande de la SHM, a réalisé un audit de sécurité basé sur la version préliminaire du 22 août 2008 du rapport d'avant-projet détaillé.

Ce rapport présente une série de constats dont le bloc « B1 » porte spécifiquement sur la question de la « Transition de l'autoroute Bonaventure au boulevard urbain », de la page 24 à la page 30 inclusivement.

1.3 RÉPONSE PARTIELLE À L'AUDIT DE SÉCURITÉ

Le consortium Tecsum / SNC-Lavalin, en partenariat avec la firme Genivar (Bureau de projet Bonaventure), a été mandaté par la SHM pour répondre aux constats du bloc B1 de l'audit de sécurité et pour proposer toutes pistes d'amélioration possibles pour optimiser le projet tel que présenté dans le rapport d'avant-projet détaillé.



2. RÉPONSE À L'AUDIT DE SÉCURITÉ

Comme mentionné plus haut, le présent document fait suite à l'audit de sécurité sur la partie municipale du projet Bonaventure, effectué par la firme CIMA+, déposé le 5 novembre 2008.

Le présent document a pour objectif de répondre uniquement aux commentaires exprimés dans l'audit de sécurité pour la transition de l'autoroute Bonaventure au boulevard Urbain, soit la section B.1 de l'audit de sécurité.

Sensible aux commentaires de l'audit de sécurité, la SHM a modifié le profil longitudinal de ladite transition.

Les pages qui suivent reprennent chacune des observations relevées dans l'audit et, pour chacune, apportent l'argumentaire et la démarche corrective, s'il y a lieu.

2.1 CONSTAT À VALIDER

2.1.1 Distance de visibilité

Distance de visibilité disponible (90 m) insuffisante, puisqu'il est probable que la vitesse pratiquée soit supérieure à la vitesse de conception choisie de 60 km/h (Réf. – Rapport d'Audit de sécurité, p. 25).

Le concepteur a opté pour une vitesse de conception (vitesse de base V_b) de 60 km/h, ce qui implique une vitesse affichée de 50 km/h. La géométrie proposée et les mesures de mitigation qui y sont associées sont donc adaptées au site propre à la zone de transition d'une autoroute en artères urbaines à l'approche d'un carrefour géré par des feux de circulation.

La configuration actuelle de l'autoroute Bonaventure facilite le dépassement de la vitesse affichée de 70 km/h sur cette artère principale de pénétration au centre ville.

Le concepteur est bien conscient de cette problématique mais il compte utiliser les mesures de mitigation appropriées sur le tronçon de l'autoroute Bonaventure, situé entre le pont Victoria et la pile no 22, située au Nord du canal de Lachine, soit une distance approximative de 1.25 km.

Ces mesures auront pour objectif de réduire progressivement la vitesse des usagers en les informant de la proximité de la fin de l'autoroute à l'approche du centre-ville tout en modifiant la perception de confort de l'utilisateur à l'approche de l'infrastructure pour favoriser l'apaisement de la circulation.



Ces mesures de mitigation seront de quatre (4) ordres :

- des mesures d'aménagement urbain
- des mesures de marquage au sol
- des mesures de signalisation
- des mesures coercitives

Suivent quelques exemples :

a) Mesures d'aménagement urbain

- donner un caractère plus convivial au profil du tronçon autoroutier à l'approche de l'artère urbaine;
- modifier la hauteur et l'espacement des lampadaires;
- aménager le terre-plein central pour renforcer la zone de transition;
- ajouter une plantation d'arbres et d'arbustes dans le terre-plein central, sur les talus et les banquettes pour réduire le champ visuel;
- signaler par un aménagement spécifique (mobilier, aménagement paysager, bannières, œuvres d'art) la porte d'entrée, soit la première intersection marquant le changement dans les conditions routières.

b) Mesures de marquage au sol

- appliquer un marquage en chevrons (couleurs, bandes transversales) en amont de la première intersection;
- introduire des barres optiques au sol signalant un changement d'environnement, ces barres ont la qualité d'être visibles même en hiver;
- colorer l'accotement et/ou l'utilisation de matériaux différents pour réduire la surface de la chaussée.

c) Mesures de signalisation

- mettre des panneaux indiquant la réduction de vitesse permise à l'approche de la fin de l'autoroute, en harmonie avec celle de l'artère urbaine;
- installer des panneaux à messages variables informant les usagers de la vitesse à l'entrée de l'artère urbaine;
- Indiquer une restriction de virages à gauche au carrefour;
- installer deux panneaux «préparez-vous à arrêter», celui le plus en aval sera activé par le feu de la rue Brennan, celui le plus en amont sera activé par la détection de formation de files d'attente sur la pente en amont du carrefour.



d) Mesures coercitives

- Relocaliser et/ou installer de nouveaux photos radars avec émission de contraventions.

A partir du moment où ces mesures seront progressivement installées, la vitesse présentement observée se réduira à un niveau sécuritaire pour une conception à 60 km/h.

Selon les normes actuelles du MTQ, la distance de visibilité à l'arrêt pour une V_b de 60 km/h est de 85 m pour un conducteur dont les yeux se trouvent à 1.05 m au dessus du sol et un objet situé à 380 mm (15 po : hauteur moyenne des feux arrières) au dessus du sol. Il est bien évident que, dans le cas qui nous concerne, l'infrastructure sera éclairée en tout temps et que les véhicules seront perceptibles et pas seulement leurs feux arrières, augmentant ainsi considérablement la distance de visibilité.

De plus, la norme du MTQ qui fixe à 380 mm la hauteur des feux arrières des véhicules est très conservatrice. En effet, une observation sommaire du parc automobile actuel convaincra quiconque que les feux arrières se retrouvent au moins à 600 mm par rapport au sol et encore plus vers 750 mm.

A titre d'exemple, pour le cas qui nous concerne soit la courbe verticale saillante, on obtient les différentes valeurs suivantes de distance de visibilité selon la hauteur de l'obstacle :

H : hauteur obstacle mm	Distance de visibilité disponible (DVD) m
380	86
600	97
1000	117
1500	149

DVA minimum requis 85 m, Normes MTQ – Volume 1 - Chapitre I, page 4

Selon les normes du MTQ, tableau 7.2-1.b, une correction de la distance de visibilité d'arrêt (DVA) doit être appliquée pour considérer la déclivité.

Le tableau 7.2 – 1.b stipule les distances à ajouter ou à soustraire à la distance de visibilité à l'arrêt dans le cas d'une pente descendante ou ascendante.

Ainsi, pour une pente descendante de 3.0%, la DVA doit être augmentée de 0 m et pour 6.0%, elle doit être augmentée de 10 m. On en déduit que pour une pente de 5.0%, la DVA devrait être augmentée de 7 m.

Cependant, il faut bien comprendre que les distances supplémentaires, proposées au tableau 7.2-1b du MTQ, supposent que le phénomène de pente se retrouve tout le long de la section soumise



à une DVA. Donc, ce tableau s'applique lorsque la DVA est soumise à des obstacles horizontaux, puisqu'en pente constante, il n'y a pas de contrainte à la DVA.

Dans le présent cas, il n'y a pas vraiment de contrainte à la DVA horizontale sauf potentiellement au sommet de la zone de transition. Les mesures de mitigations proposées en 2.1.1 compenseront pour cette possibilité.

Une distance de visibilité d'anticipation devrait être considérée selon les normes du MTQ, section 7.5, puisque la transition se situe à la fin d'une autoroute.

L'article 7.5 auquel l'auditeur réfère présente une liste d'endroits typiques critiques où l'adoption de la distance d'anticipation est recommandée. Une fin d'autoroute n'y est par ailleurs pas explicitement mentionnée. Toutefois, pour les fins de notre étude, nous avons considéré le secteur comme étant inhabituel et des mesures de mitigation sont proposées pour suffisamment informer l'usager de la situation à laquelle il fera face dans un court laps de temps.

L'article 7.5 précise également que l'adoption de la distance d'anticipation s'applique dans le cas où la distance de visibilité à l'arrêt "est souvent inadéquate" lorsque les conducteurs doivent prendre des décisions complexes ou instantanées, lorsqu'il leur est difficile de percevoir l'information ou lorsque des manœuvres inattendues et inhabituelles sont requises.

Par ailleurs, le même article mentionne "s'il est impossible de prévoir ces distances (d'anticipation) à cause de la courbure horizontale ou verticale, une attention spéciale est portée à la signalisation ou à tout autre moyen approprié pour permettre de prévenir les conducteurs des conditions qui pourraient être rencontrées".

Dans le cas qui nous concerne surtout si les mesures de mitigations proposées en 2.1.1 sont implantées les notions de décision complexe ou instantanée et de manœuvres inattendues et inhabituelles sont minimisées.

En effet, les seules manœuvres que l'usager aura à faire seront :

- 1.- de réduire sa vitesse;
- 2.- de se positionner dans la bonne voie de circulation à l'intersection avec la rue Brennan;
- 3.- de réaliser que la voie extrême gauche est réservée au transport collectif.

Les mesures de mitigation, énoncées plus avant en 2.1.1 et les mesures STI proposées sont suffisantes pour que le conducteur soit prévenu suffisamment à temps de la majorité des conditions à venir .

Enfin, il faut se rappeler que le tronçon de la Ville de Montréal constitue la première phase du projet Bonaventure qui vise à remplacer l'autoroute Bonaventure par un boulevard à partir de l'axe du boulevard Champlain jusqu'au centre ville.



Dans ce sens, pourquoi adopter une norme qui sera inappropriée quand le projet sera complété en boulevard urbain.

2.1.2 Longueur de décélération versus distance de visibilité

Selon les normes du MTQ, tableaux 9.4.1 et 9.4.2, la longueur requise pour réduire la vitesse, de la vitesse de base à l'arrêt, est supérieure à la DVD (90 m). Par conséquent, il est anticipé que les conducteurs effectueront des manœuvres d'arrêt brusques plutôt que des manœuvres de décélération telles que spécifiées à la section 9.4.11.

Par exemple :

- ***V 60 km/h : DVA = 126 m***
- ***V 70 km/h : DVA = 154 m***
- ***V 80 km/h : DVA = 182 m***

Le chapitre 9 des normes du MTQ, auquel l'auditeur fait référence, traite des normes de conception des carrefours dénivelés desservis par un échangeur comportant des bretelles d'entrée et de sortie.

Les chiffres avancés par l'auditeur proviennent des distances du tableau 9.4.1 pour une vitesse de base de la bretelle de 0 km/h et une vitesse de base de la route à 60, 70 ou 80 km/h. Ces valeurs sont multipliées par un facteur 1.4 qui provient du tableau 9.4.2 qui s'applique pour une voie de décélération de bretelle présentant une pente de 5.0%.

À notre avis, les stipulations du chapitre 9 des Normes du MTQ, Tome 1, n'ont aucune pertinence avec le cas qui nous concerne.

En effet, il nous semble inapproprié de vouloir appliquer des normes de conception de bretelle d'échangeur à un projet de "fin d'autoroute" et encore plus d'ajouter un facteur de majoration de 40% correspondant à une pente uniforme de la voie principale à 5.0% alors que le projet ne présente vraiment pas cette condition.

En conséquence, nous sommes d'avis qu'il n'est pas requis de donner suite à ce constat de l'auditeur.

2.2 CONSTAT NÉCESSITANT UNE INTERVENTION

2.2.1 Zone de transition

Pente de 6% trop abrupte dans la zone de transition et absence d'un plateau à l'approche sud de l'intersection augmentant de façon significative les risques d'accidents. Selon l'ATC, section 2.3.2.3 portant sur la déclivité aux approches d'un carrefour géré par des feux, il est souhaitable de maintenir une déclivité entre 0.5% et 3.0%.



Des pentes de 6.0%, présentées à l'avant projet détaillé sont souvent aménagées dans la conception de projets routiers bien que les pentes conceptuelles, généralement utilisées pour les autoroutes enjambant une voie secondaire et vice versa, sont respectivement de 3.0% et de 5.0%.

Rappelons également que selon le tableau 6.4.1 des normes du MTQ, les pentes maximales descendantes sont de 7.0% pour les autoroutes et de 10.0% pour les routes locales et collectrices.

Précisons enfin que la situation qui prévaut sur l'actuelle sortie Wellington (accès au Terminus centre ville pour tous les autobus en provenance de la rive sud) présente une pente descendante de l'ordre de 11.5%.

Ceci étant dit, le nouveau concept que la SHM a proposé présente une pente descendante maximale de 5.0% et ce, sur une distance de l'ordre de 51 mètres. De plus, on note maintenant l'inclusion d'un plateau d'environ 30 m et une pente variant de -3.0% à -2.0%, à l'approche de l'intersection avec la rue Brennan, ce qui se situe à l'intérieur de la fourchette de l'ATC, mentionnée par l'auditeur.

Aucune mesure précisée pour l'aménagement d'une zone de transition à l'amont de la pile no 22.

Le lecteur réfèrera à l'article 2.1.1 de la présente note dans lequel les mesures de mitigation et de signature à l'approche de la rue Brennan sont mentionnées.

2.3 CONSIDÉRATIONS

Réaliser des relevés de la vitesse pratiquée sur l'autoroute Bonaventure pour déterminer la vitesse de base pour la conception de la transition.

Les aménagements, la signalisation et la signature qui seront réalisés en amont de la pile no 22 et ce, jusqu'au pont Victoria (± 1.25 km), seront suffisants pour convaincre les utilisateurs d'adopter progressivement une vitesse équivalent à celle assumée par le concepteur.

La réalisation de relevés de la vitesse actuellement adoptée sur l'autoroute Bonaventure ne fera que confirmer ce que l'on soupçonne déjà, soit, que la majorité des utilisateurs sont délinquants quant au respect de la vitesse maximale affichée, la géométrie de cet ouvrage favorisant de tels comportements.

En conséquence, il est recommandé d'implanter des photos-radars pour apaiser les conducteurs délinquants.

Respecter des normes plus sévères pour l'aménagement de la zone de transition (pente plus douce, ajout d'un plateau, utilisation d'une distance de visibilité d'anticipation).

Le nouveau concept présenté réduit la pente maximale de la transition et crée un plateau adéquat à l'approche de la rue Brennan.



Pour ce qui est de la distance de visibilité d'anticipation, nous avons démontré au point 2.1.1 qu'elle n'était pas réellement requise en raison des mesures compensatoires proposées

Intégrer dans l'équipe de conception un expert en aménagement de zones de transition. L'utilisation du simulateur de l'Université de Montréal pourrait être considérée pour mieux anticiper le comportement des conducteurs dans cette zone (voir en annexe, les références de deux experts).

La SHM a pris bonne note de cette suggestion et décidera des suites à donner en conséquence.

2.4 AUTRES COMMENTAIRES

Selon un expert externe consulté, une étude réalisée pour le ministère des Transports de l'Ontario sur les transitions autoroutes à artères, il est recommandé d'aménager une zone de transition débutant 2.5 km en amont du premier système de feux de circulation en implantant des mesures reliées à l'éclairage, à la coupe type, à l'aménagement du terre plein central ainsi qu'à la signalisation¹.

Le nouveau concept proposé par la SHM rejoint les recommandations de l'expert.

¹ Dr Alison Smiley, Human Factors North



3. CONCLUSION

Suite au dépôt de l'Audit de sécurité, le 5 novembre 2008, commandé par la Société du Havre de Montréal, des ajustements ont été apportés en priorité à la section de transition entre l'autoroute Bonaventure et le carrefour Brennan.

Étant donné que l'auditeur avait souligné des réserves au niveau du profil de ladite zone de transition soit au niveau de la pente, d'une absence de plateau à l'approche du carrefour Brennan et des distances d'arrêt, des distances de visibilité et d'anticipation, les auteurs de la présente note technique ont revu les normes de conception et les bonnes pratiques en génie routier applicables au projet Bonaventure.

D'entrée de jeu, les spécialistes en génie routier ont élaboré une nouvelle variante en lien avec la pente et l'ajout d'un plateau à l'approche du carrefour Brennan. Cette nouvelle configuration touche uniquement le profil de la section de transition ainsi que celui des rues Brennan et Nazareth respectivement. La géométrie en plan du projet n'a pas été modifiée.

Le nouvel aménagement a donc été soumis à un groupe d'experts techniques qui a analysé la nouvelle configuration en regard de chacun des commentaires émis dans le rapport d'audit de sécurité de 2008.

Le nouveau profil et les mesures proposées de mitigation et d'atténuation de la vitesse répondent adéquatement aux appréhensions légitimes et applicables soulevées par le rapport d'audit de sécurité.

En résumé, la pente a été réduite à 5%. Un plateau a été aménagé à l'intersection Brennan en lien avec les normes de conception, répondant ainsi aux interrogations de l'auditeur.

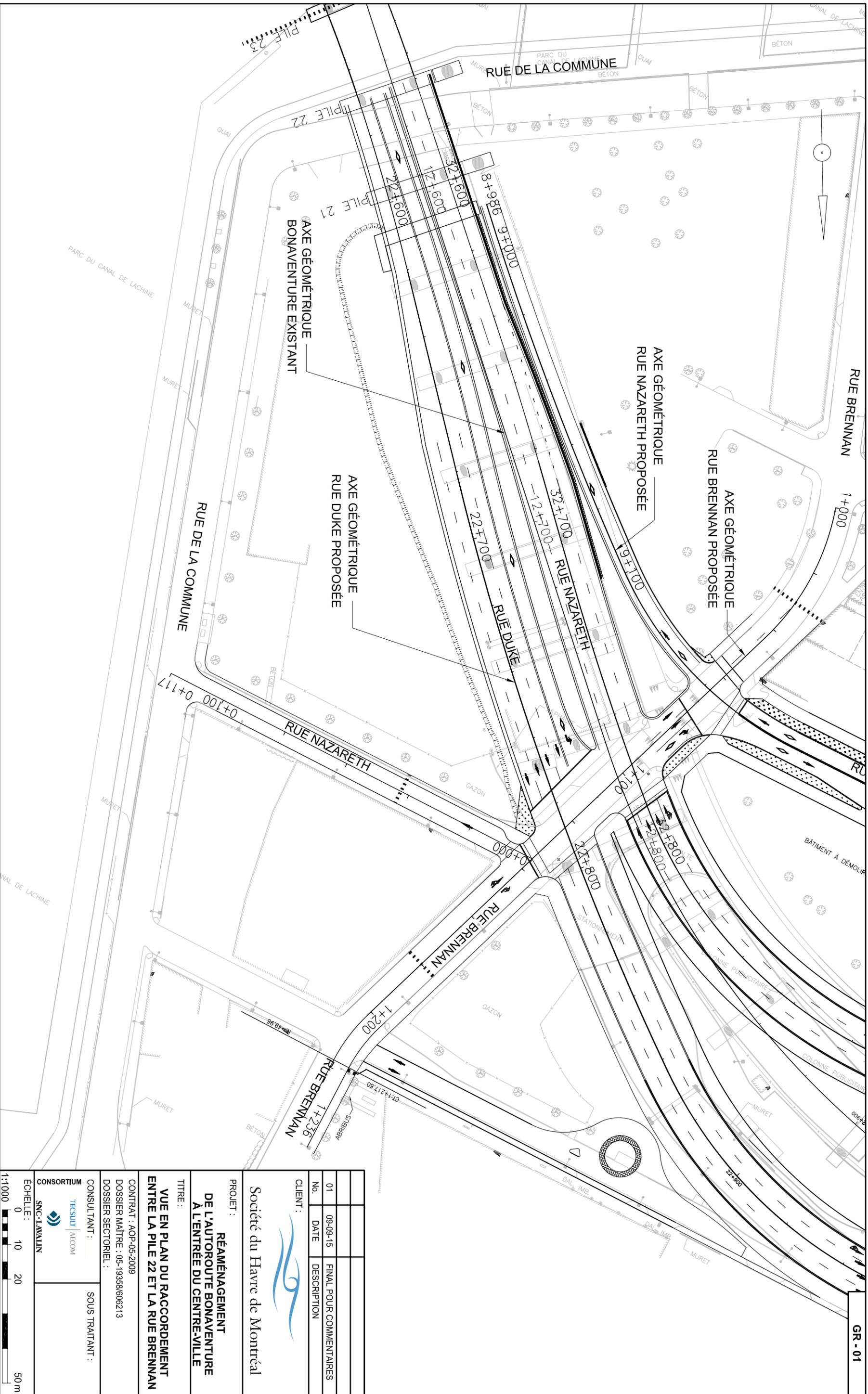
D'autre part, les notions de distance d'arrêt, de visibilité d'arrêt et d'anticipation ont également été considérées en fonction de la situation géographique de l'autoroute. Des mesures de mitigation coercitives telles que l'installation de photos-radars et l'implantation de systèmes de transport intelligents sont proposés pour compenser pour certains écarts aux normes, sécuriser les usagers et pénaliser les délinquants.



ANNEXES



**ANNEXE 1 – PLAN ET PROFIL DE L'INFRASTRUCTURE DE TRANSITION
GR-01 À GR-06
15 SEPTEMBRE 2009**



GR - 01

No.	DATE	DESCRIPTION
01	09-09-15	FINAL POUR COMMENTAIRES

CLIENT :



Société du Havre de Montréal

PROJET :
**RÉAMÉNAGEMENT
 DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE
 A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE**

TITRE :
**VUE EN PLAN DU RACCORDEMENT
 ENTRE LA PILE 22 ET LA RUE BRENNAN**

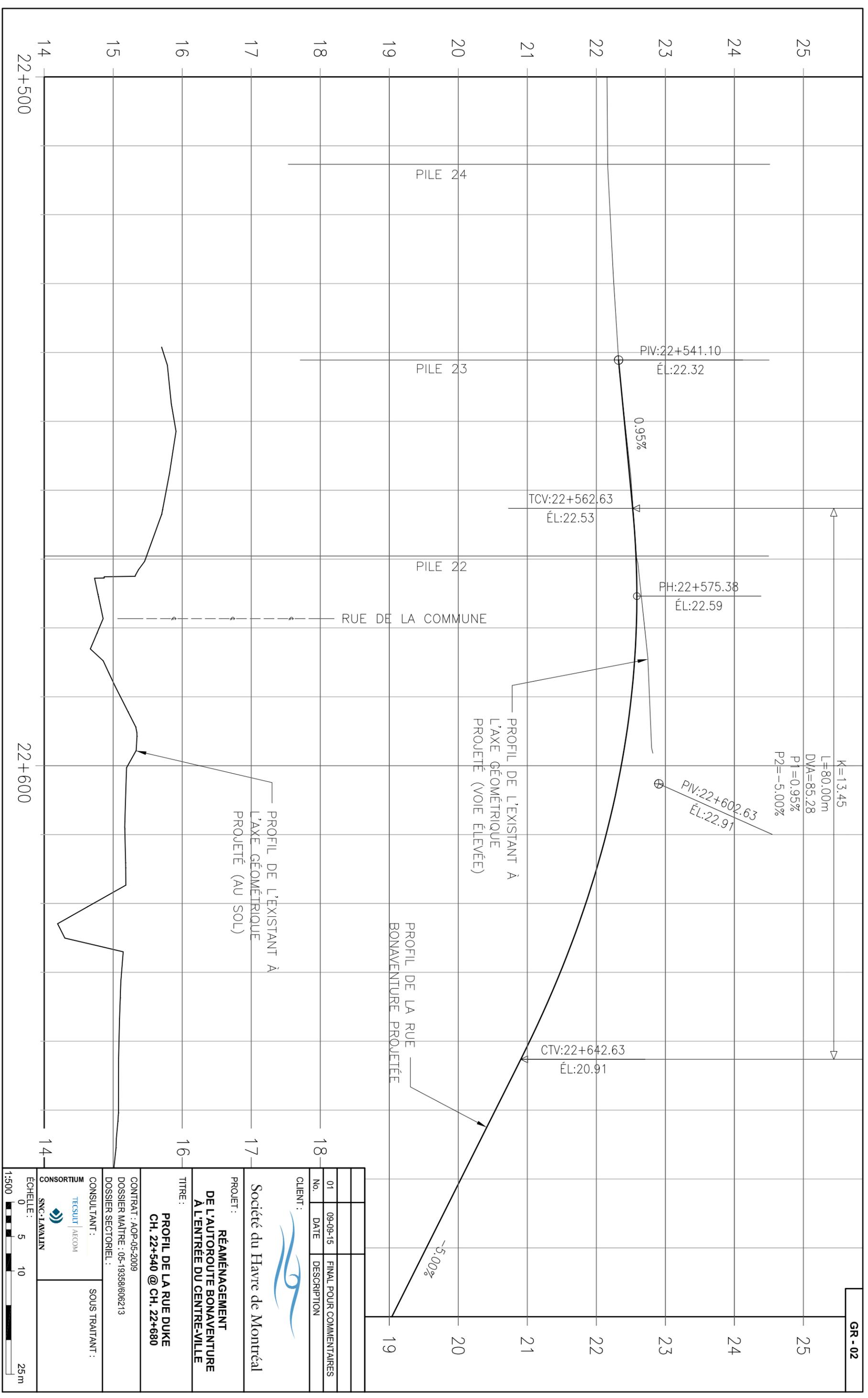
CONTRAT : AOP-05-2009
 DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213
 DOSSIER SECTORIEL :

CONSULTANT :

SOUS TRAITANT :



ECHELLE :
 0 10 20 50 m
 1:1000



$K=13.45$
 $L=80.00m$
 $DVA=85.28$
 $P1=0.95\%$
 $P2=-5.00\%$

PROFIL DE L'EXISTANT À L'AXE GÉOMÉTRIQUE PROJETÉ (AU SOL)

PROFIL DE L'EXISTANT À L'AXE GÉOMÉTRIQUE PROJETÉ (VOIE ÉLEVÉE)

PROFIL DE LA RUE BONAVENTURE PROJETÉE

No.	DATE	FINAL POUR COMMENTAIRES	DESCRIPTION
01	09-09-15		

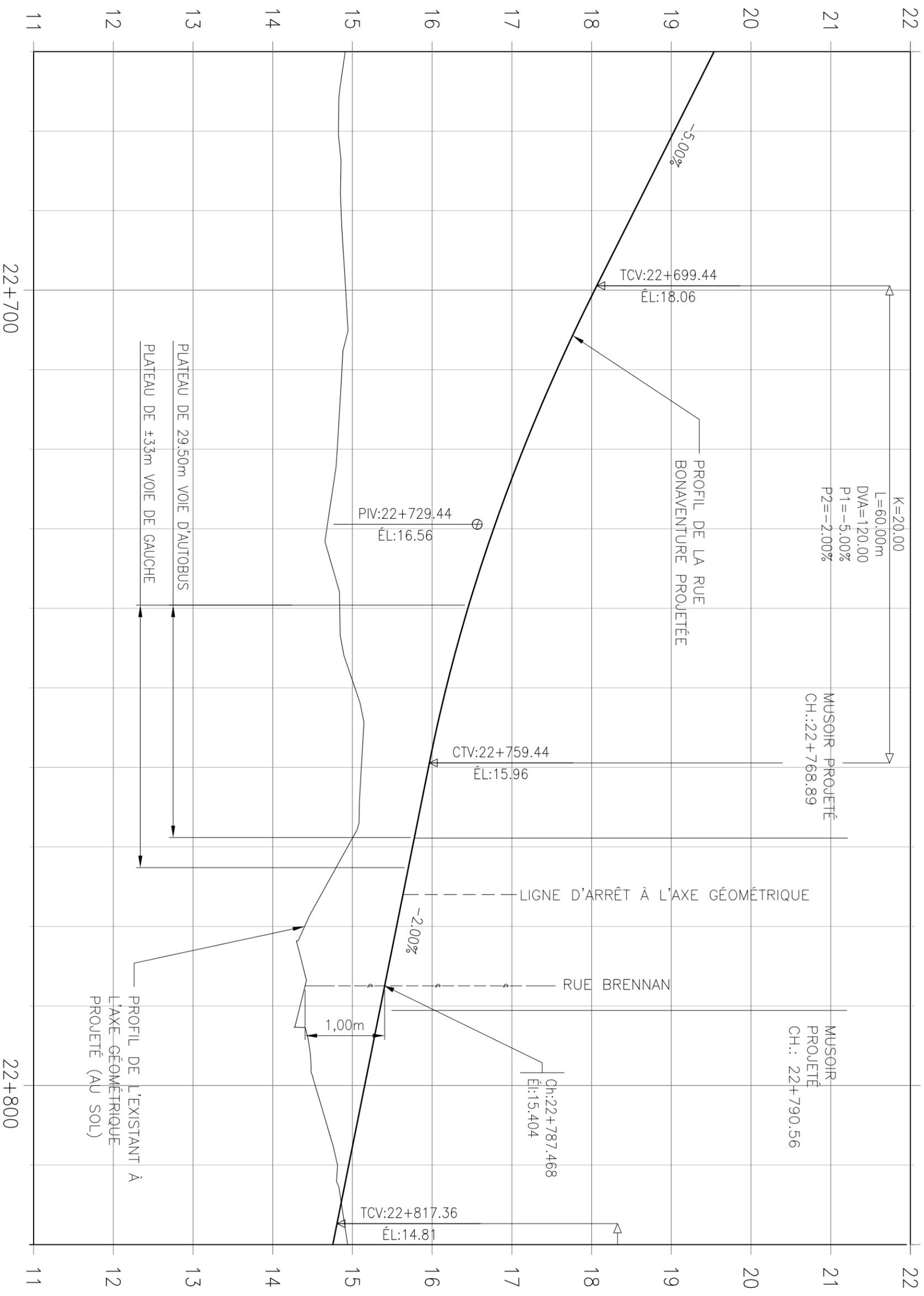


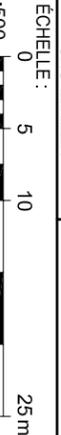
CLIENT : Société du Havre de Montréal
PROJET : RÉAMÉNAGEMENT DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE
TITRE : PROFIL DE LA RUE DUKE CH. 22+540 @ CH. 22+680

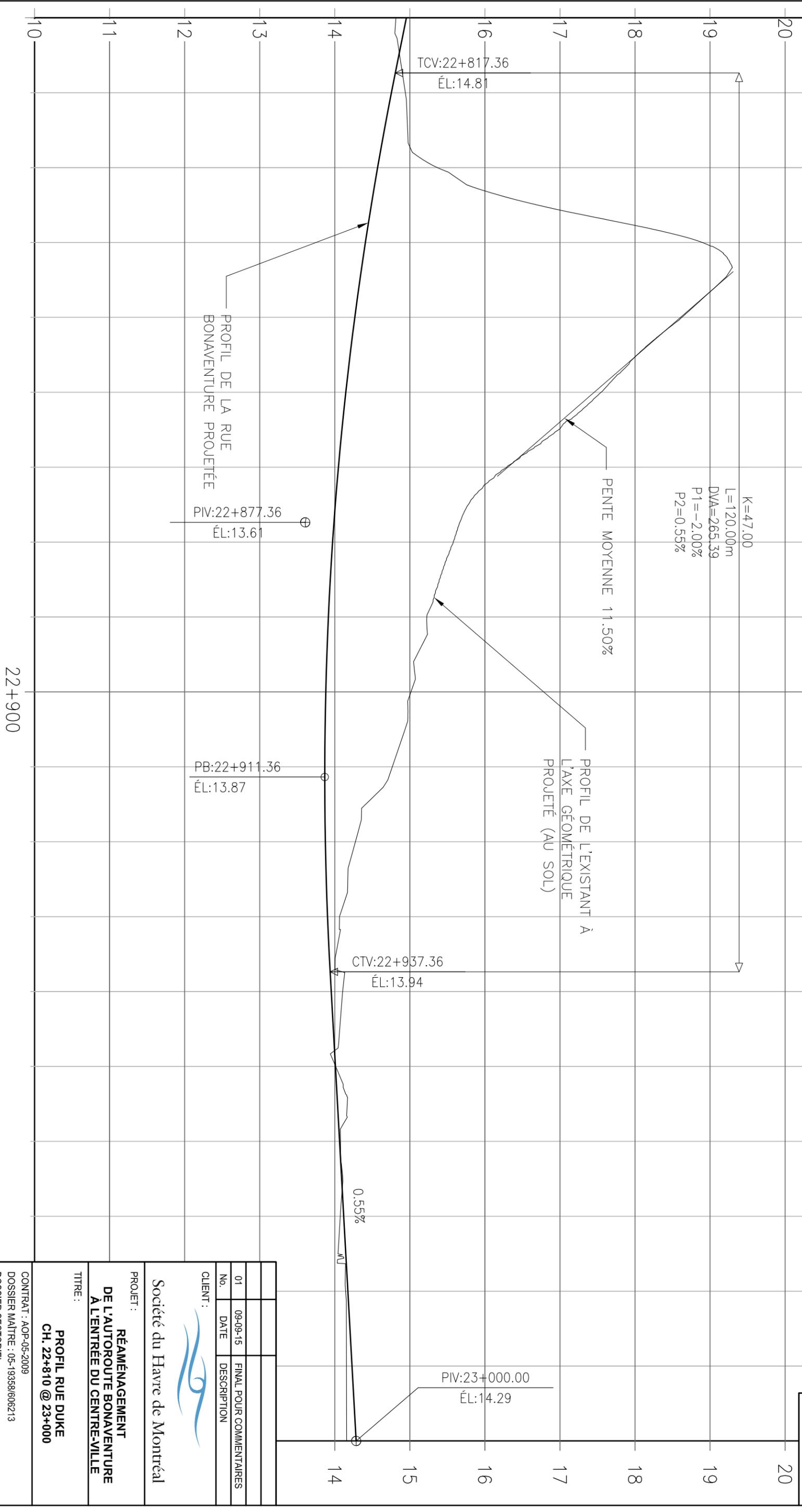
CONTRAT : AOP-05-2009
DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213
DOSSIER SECTORIEL :

CONSULTANT : **SOUS TRAITANT :**
CONSORTIUM SNC-LAVALLIN

ECHELLE : 1:500



CLIENT :  Société du Havre de Montréal	
PROJET : RÉAMÉNAGEMENT DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE	
TITRE : PROFIL DE LA RUE DUKE CH. 22+670 @ CH. 22+820	
CONTRAT : AOP-05-2009 DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213 DOSSIER SECTORIEL :	
CONSULTANT :  SNC-LAVALLIN	SOUS TRAITANT :
ÉCHELLE : 1:500 	



No.	DATE	DESCRIPTION
01	09-09-15	FINAL POUR COMMENTAIRES



CLIENT : Société du Havre de Montréal

PROJET : RÉAMÉNAGEMENT DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE

TITRE : PROFIL RUE DUKE CH. 22+810 @ 23+000

CONTRAT : AOP-05-2009
 DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213
 DOSSIER SECTORIEL :

CONSULTANT : **TECSUIT** | AECOM

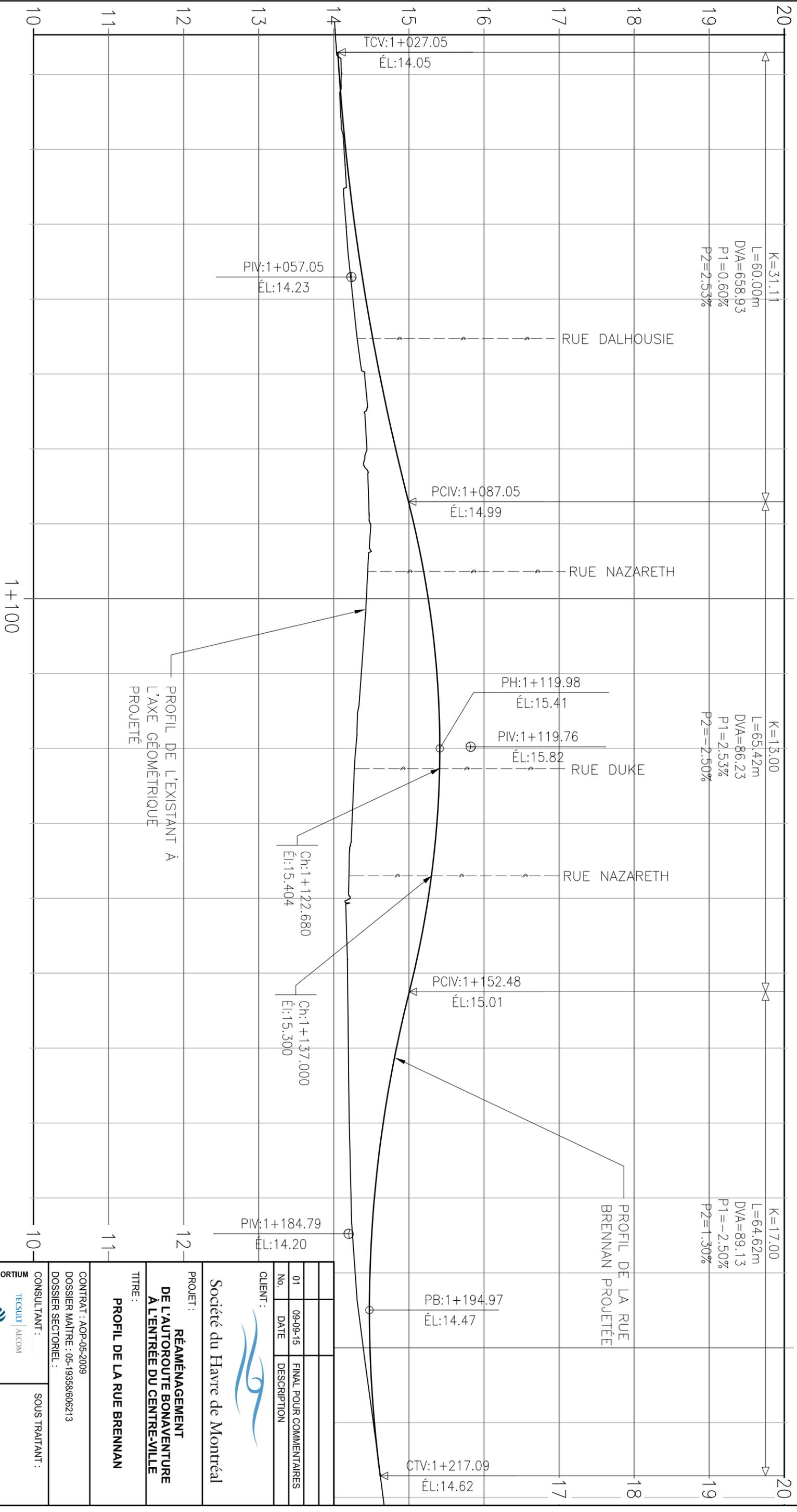
SNC-LAVALLIN

SOUS TRAITANT :

CONSORTIUM

SCHEMELLE : 0 5 10 25 m

1:500



No.	DATE	FINAL POUR COMMENTAIRES	DESCRIPTION
01	09-09-15		



CLIENT : Société du Havre de Montréal

PROJET : RÉAMÉNAGEMENT DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE

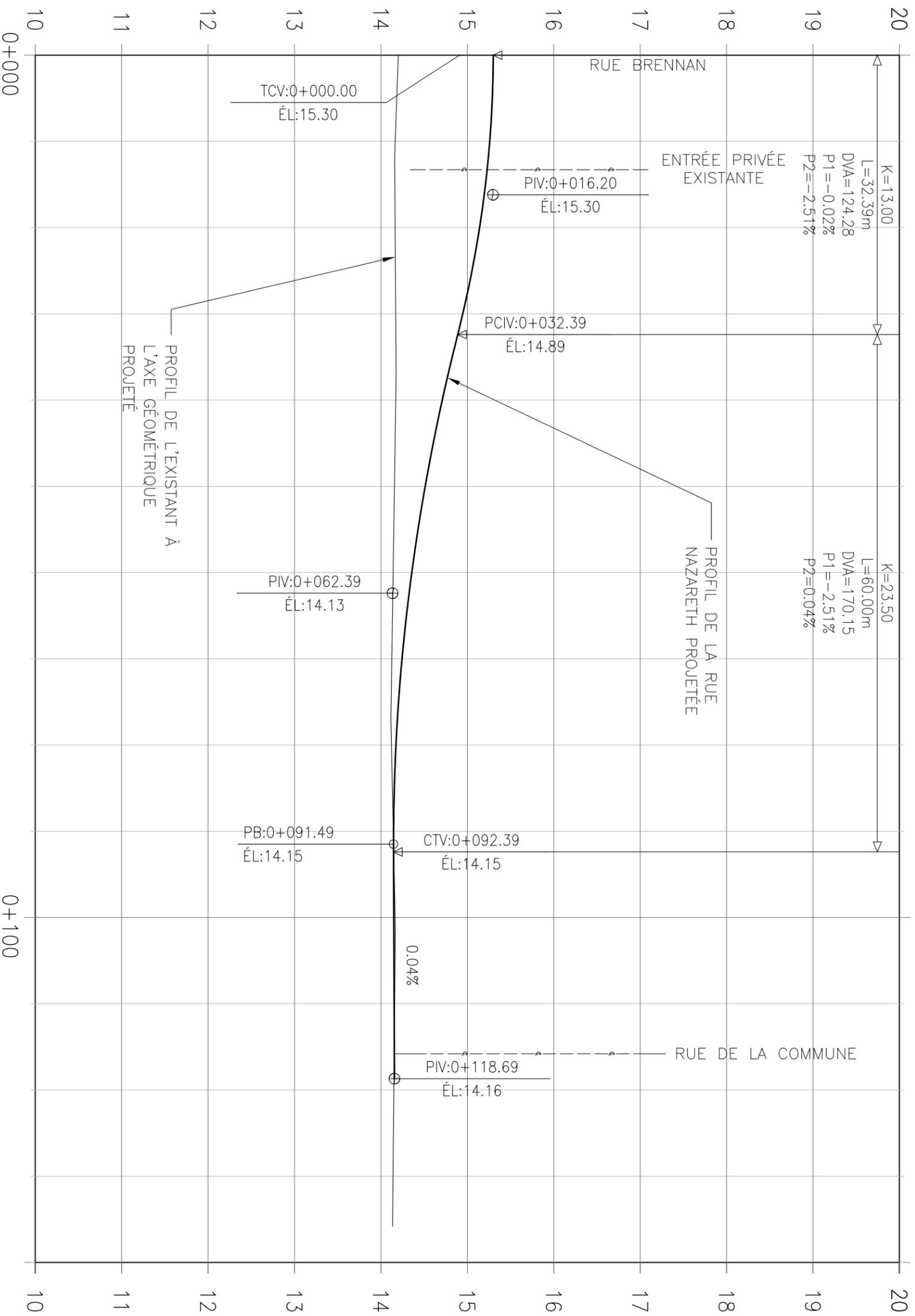
TITRE : PROFIL DE LA RUE BRENNAN

CONTRAT : AOP-05-2009
DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213
DOSSIER SECTORIEL :

CONSULTANT : **TECSUIT** | **AECOM**
SNC-LAVALLIN



SOUS TRAITANT :
Echelle : 1:500
0 5 10 25 m



CLIENT :		Société du Havre de Montréal	
PROJET :		RÉAMÉNAGEMENT DE L'AUTOROUTE BONAVENTURE A L'ENTRÉE DU CENTRE-VILLE	
TITRE :		PROFIL DE LA RUE DE NAZARETH	
CONTRAT : AOP-05-2009			
DOSSIER MAÎTRE : 05-19358/606213			
DOSSIER SECTORIEL :			
CONSULTANT :		SOUS TRAITANT :	
ECHELLE :		25 m	
1:500		0 5 10	



**ANNEXE 2 – NORMES DE CONCEPTION ROUTIÈRE DU MTQ
VOL 1 – CHAPITRES 6, 7 ET 9**

Table des matières

6.1	Note générale	3
6.2	Relation entre le tracé et le profil	3
6.3	Tracé en plan	3
6.3.1	Rayons de courbure	4
6.3.2	La spirale naturelle	6
6.3.3	Dévers	6
6.3.4	Gradation du dévers	10
6.3.4.1	Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale	10
6.3.4.2	Gradation du dévers pour une courbe circulaire sans spirale	10
6.4	Profil en long	12
6.4.1	Pentes	12
6.4.2	Courbes de profil en long	14
6.4.3	Voies auxiliaires pour véhicules lents	14
6.4.3.1	Justification	14
6.4.3.2	Géométrie de la voie auxiliaire	18
6.4.4	Voies auxiliaires pour le dépassement	18
6.4.4.1	Justification	18
6.4.4.2	Critères de localisation	19
6.4.4.3	Configuration	19

Liste des figures

Figure 6.3–1 Dévers de la chaussée et pente d'accotement	7
Figure 6.3–2 Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale – rotation autour de l'axe de la chaussée	10
Figure 6.3–3 Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale – rotation autour du bord intérieur	11
Figure 6.3–4 Gradation du dévers pour une courbe circulaire sans spirale – rotation autour de l'axe de la chaussée	11
Figure 6.4–1 Relation vitesse/distance sur une pente ascendante et descendante pour un camion de 120 g/w (200 lb/hp)	16
Figure 6.4–2 Relation vitesse/distance sur une pente ascendante et descendante pour un camion de 180 g/w (300 lb/hp)	16
Figure 6.4–3 Voie auxiliaire pour circulation lente	17
Figure 6.4–4 Voie auxiliaire pour le dépassement	19
Figure 6.4–5 Configuration des voies de dépassement	20

Liste des tableaux

Tableau 6.3–1 Coefficients de frottement latéral en milieux rural et urbain à haute vitesse	4
Tableau 6.3–2 Coefficients de frottement latéral en milieu urbain à faible vitesse	4
Tableau 6.3–3 Rayons de courbure (en mètres) souhaitables dans le tracé en plan en milieux rural et urbain à haute vitesse	5
Tableau 6.3–4 Dévers et paramètre minimal de spirale, $e_{\max} = 0,06$ m/m en milieux urbain et rural à haute vitesse	8
Tableau 6.3–5 Dévers et longueurs de raccordement pour courbes circulaires, $e_{\max} = 0,06$ m/m en milieux urbain et rural à haute vitesse	9
Tableau 6.4–1 Pentes maximales selon les classes de routes	12
Tableau 6.4–2 Courbure de profil en long minimale pour la distance de visibilité à l'arrêt	13

6.1 Note générale

Les caractéristiques géométriques des routes sont représentées par le tracé en plan, le profil en long ainsi que par le profil en travers qui a été élaboré au chapitre 5 du présent tome.

6.2 Relation entre le tracé et le profil

Quel que soit l'endroit où se situe une route, le tracé en plan est toujours combiné avec le profil en long.

À l'occasion de l'étude d'un corridor routier, il faut s'efforcer d'obtenir un tracé en harmonie avec la topographie du terrain et l'environnement, ce qui contribue au confort de l'automobiliste. Compte tenu de la nature et du relief du sol, l'exploitation de sites panoramiques peut donner un attrait à un tronçon de route.

La recherche d'une bonne perspective et d'un équilibre entre le terrassement des déblais et celui des remblais évite des effets disgracieux.

La coordination du tracé en plan et du profil en long a pour objectif principal d'assurer le confort et la sécurité des usagers ainsi qu'un meilleur niveau de service.

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en long, considérés isolément, soient conformes aux normes minimales qui leur sont propres. Il faut aussi que ces caractéristiques fassent l'objet d'une étude d'ensemble assurant l'équilibre de l'ouvrage.

Il faut chercher à intégrer le plus possible les courbes du profil en long à l'intérieur des courbes en plan. L'agencement harmonieux de tous les éléments assure un agencement esthétique, donne aux conducteurs des véhicules une meilleure visibilité au dépassement et contribue à une plus grande capacité.

Le début de la courbe horizontale devrait se situer avant le début de la courbe verticale saillante si les deux coïncident.

6.3 Tracé en plan

Le tracé en plan d'une route se compose d'une série de lignes droites (tangentes) reliées entre elles par des courbes.

Ces dernières sont plus ou moins douces, suivant l'angle formé par la rencontre des tangentes (angle de déflexion) et sont fonction de la vitesse de base choisie.

Recommandations

Voici quelques recommandations à suivre dans l'étude du tracé en plan d'une route :

- A) Les angles formés par l'intersection des droites doivent être les plus petits possible, en tenant compte de la topographie des lieux.
- B) De petits angles permettent l'utilisation de courbes en plan plus douces, augmentant ainsi la sécurité, le confort, et améliorant l'apparence de la route.
- C) À l'occasion de l'agencement des tangentes, il peut survenir que deux courbes puissent être rapprochées l'une de l'autre; deux cas se présentent :
 - deux courbes de même direction doivent être remplacées par une seule;
 - deux courbes inversées ou en « S »; il faut alors augmenter le rayon de la courbe vis-à-vis l'angle de déflexion le plus faible, de façon à l'adoucir le plus possible; le rayon de la courbe vis-à-vis de l'angle de déflexion le plus fort peut correspondre au minimum permis. La longueur de la tangente entre les deux courbes doit tenir compte des longueurs de raccordement nécessaires aux changements de dévers.

D) Les rayons de courbure souhaitables pour divers angles de déflexion sont montrés au tableau 6.3–3.

6.3.1 Rayons de courbure

Les rayons de courbure paraissant dans les tableaux qui suivent sont basés sur un taux de dévers maximum de 0,06.

Pour les déterminer, on prend en considération l'adhérence d'un pneu sur la chaussée pour obtenir ainsi un coefficient de frottement.

Pour plus de sécurité, on recommande l'usage de coefficients de frottement latéral dans des conditions de conduite sur chaussées humides et sur pneus usés tout en laissant une marge de confort et de sécurité suffisante.

Les coefficients de frottement latéral utilisés varient en fonction de la vitesse de base; ces valeurs paraissent au tableau 6.3–1.

Il est généralement admis que, sur les routes urbaines à basse vitesse, les automobilistes ont un degré d'inconfort plus élevé.

Tableau 6.3–1
Coefficients de frottement latéral en milieux rural et urbain à haute vitesse

Vitesse de base (km/h)	Coefficient de frottement
60	0,15
70	0,15
80	0,14
90	0,13
100	0,12
110	0,10
120	0,09

Les valeurs adoptées pour la conception de ces routes à faible vitesse sont plus élevées que celles adoptées pour les routes rurales ou urbaines à vitesse élevée. Elles se fondent sur un degré d'inconfort acceptable et procurent une marge de sécurité satisfaisante contre le dérapage dans des conditions normales de circulation en milieu urbain (tableau 6.3–2).

Tableau 6.3–2
Coefficients de frottement latéral pour rue en milieu urbain à faible vitesse

Vitesse de base (km/h)	Coefficient de frottement
30	0,31
40	0,25
50	0,21
60	0,18
70	0,17

Les rayons de courbure minimums sont tirés de la formule suivante :

$$R = \frac{V^2}{127 (e+f)}$$

où

R = rayon de courbure (m)

V = vitesse de base (km/h)

e = dévers (m/m)

f = coefficient de frottement

Les rayons de courbure établis au moyen de cette dernière formule ont été arrondis pour assurer une plus grande sécurité et s'appliquent aux angles de déflexion les plus forts (tableau 6.3–3).

NORME

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies


Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Tableau 6.3-3

Rayons de courbure (en mètres) souhaitables dans le tracé en plan en milieux rural et urbain à haute vitesse

Angle de déflexion	Vitesse de base en km/h						
	60	70	80	90	100	110	120
0°-00'-0°-30'	Aucune courbe n'est requise						
0°-30'-10°	Utiliser une longueur minimale de courbure de 350 m						
10-15°	1750	1750	1750	1750	1750	2000	2500
15°-20°	1200	1200	1200	1500	1500	1750	2000
20°-25°	1000	1000	1000	1200	1200	1500	1750
25°-30°	800	850	900	1000	1100	1200	1500
30°-35°	700	750	800	850	900	1000	1200
35°-40°	650	675	700	750	800	900	1000
40°-50°	550	575	600	650	700	750	900
50°-60°	450	475	500	550	600	650	$R_{min} = 750$
60°-70°	350	400	450	475	500	$R_{min} = 600$	
70°-80°	300	325	350	400	$R_{min} = 440$		
80°-90°	250	275	300	$R_{min} = 340$			
90°-100°	220	235	$R_{min} = 250$				
100°-130°	200	$R_{min} = 190$					
$R_{min} = 130$							

Rayons minimums en milieux rural et urbain à haute vitesse

Vitesse	f	0.06+f	Rayon (m)
50	0,16	0,22	90
55	0,16	0,22	110
60	0,15	0,21	130
65	0,15	0,21	160
70	0,15	0,21	190
75	0,14	0,20	220
80	0,14	0,20	250
85	0,13	0,19	290
90	0,13	0,19	340
95	0,12	0,18	390
100	0,12	0,18	450
105	0,11	0,17	510
110	0,10	0,16	580

Rayons minimums en milieu urbain à basse vitesse

Vitesse	f	0.06+f	Rayon(m)
30	0,31	0,37	20
35	0,28	0,34	30
40	0,25	0,31	40
45	0,23	0,29	50
50	0,21	0,28	75
55	0,20	0,26	90
60	0,18	0,25	120
65	0,18	0,24	140
70	0,17	0,23	170

Notes

Ces rayons de courbure souhaitables sont basés sur un dévers maximal de 0,06.

Les rayons de courbure souhaitables sont basés sur le temps que prend un véhicule pour parcourir la courbe. Le temps choisi varie entre 18 et 24 secondes. Ces rayons de courbure souhaitables s'appliquent généralement aux routes en milieu rural.

6.3.2 La spirale naturelle

La fonction de la courbe spiralée est de permettre la transition entre un alignement droit et une courbe circulaire. Le virage se fait graduellement, puisque la spirale suit la trajectoire que le conducteur adopterait naturellement. La spirale naturelle donne une longueur sur laquelle on peut amorcer un dévers. La spirale est agréable sur le plan visuel et offre plus de sécurité et de confort.

La courbe spiralée utilisée le plus souvent est la clothoïde. On l'exprime mathématiquement de la façon suivante : la variation du rayon « R » de la spirale est telle qu'en tous les points de la courbe le rayon est inversement proportionnel à la distance « L » de ce point à l'origine de la spirale.

$$R \propto 1/L$$

$$RL = A^2$$

où

R = rayon de courbure (m)

L = longueur de la spirale (m)

A = paramètre de la spirale (m)

Le paramètre de la spirale est une mesure de l'adoucissement de la spirale; plus le paramètre est grand, plus la spirale est douce. Une spirale dont l'une des extrémités a un rayon infini est appelée spirale simple et une spirale dont les rayons à chaque extrémité sont plus petits que l'infini est appelée spirale segmentée. Une spirale simple est définie par son paramètre et le rayon à son extrémité, et

une spirale segmentée par son paramètre et les rayons à ses deux extrémités.

6.3.3 Dévers

Lorsque le tracé en plan est en ligne droite (tangentes) ou dans les courbes les plus douces, la chaussée est en bombement normal. La pente transversale des voies est alors de 0,02 m/m et dirigée vers les côtés de la chaussée (voir figure 6.3-1). Particulièrement en milieu urbain, lorsque le profil en long est plat et que la vitesse est inférieure à 80 km/h, la pente transversale des voies peut être augmentée jusqu'à 0,03 m/m afin de favoriser l'évacuation de l'eau vers l'extérieur de la chaussée. En bombement normal, la pente d'un accotement revêtu est généralement de 0,04 m/m et le point de changement des pentes entre la chaussée et l'accotement est situé à 400 mm au-delà de la ligne de rive. La pente des accotements non revêtus est généralement de 0,06 m/m.

Dans les courbes plus prononcées, les voies doivent être inclinées vers l'intérieur de la courbe afin de combattre l'effet de la force centrifuge. Cette inclinaison de la chaussée constitue le dévers.

Le dévers à appliquer dans les courbes est fonction de la vitesse de base et du rayon de courbure de la route, tel qu'il est indiqué aux tableaux 6.3-4 « Dévers et paramètre minimal de spirale, $e_{\max} = 0,06$ m/m en milieux urbain et rural à haute vitesse » et 6.3-5 « Dévers et longueurs de raccordement pour courbes circulaires, $e_{\max} = 0,06$ m/m en milieux urbain et rural à haute vitesse ».

Dans certains pays, on accepte des dévers allant jusqu'à 0,12 m/m, mais au Québec le dévers maximal est de 0,06 m/m. Cependant, sur les routes existantes où les courbes sont en deçà des normes et là où il existe des contraintes particulières, il est possible d'envisager un dévers maximal de 0,08 m/m. Il faut cependant tenir compte du niveau de service d'entretien d'hiver, de la présence d'accès et de zones d'arrêt.

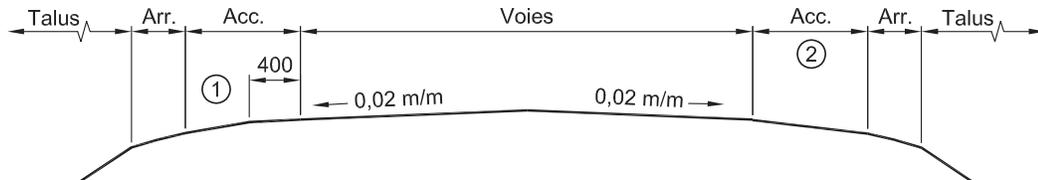


NORME

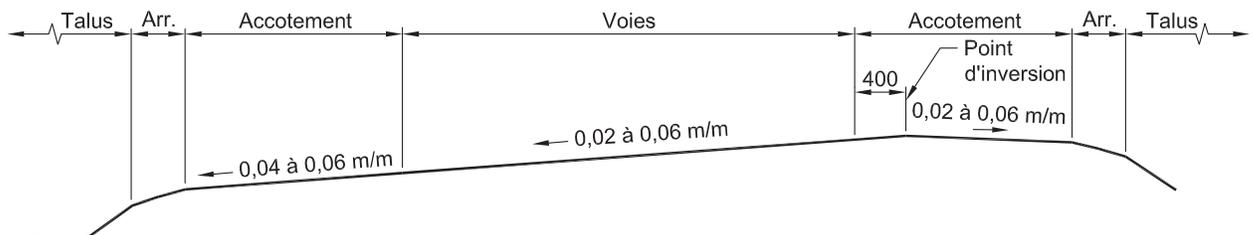
Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

AM Lederc
Anne-Marie Lederc, ing., M. Ing.

ROUTE EN BOMBEMENT NORMAL



ROUTE EN DÉVERS



- ① La pente d'un accotement revêtu est généralement de 0,04 m/m, sauf sur les premiers 400 mm qui conservent la même pente que la voie (0,02 m/m).
- ② La pente d'un accotement non revêtu est généralement de 0,06 m/m.

Notes :

- la différence algébrique des pentes entre le dévers et la pente de l'accotement doit être la plus petite possible, et ce, sur la plus longue distance possible lors de la gradation du dévers, mais elle ne doit pas être inférieure à 0,02 m/m ni supérieure à 0,08 m/m.
- les cotes sont en millimètres.

Figure 6.3-1

Dévers de la chaussée et pente d'accotement

Dans les courbes, la pente de l'accotement varie en fonction du dévers de la chaussée et chaque côté de la route nécessite un traitement particulier.

Du côté intérieur d'une courbe, l'accotement conserve la même pente qu'en bombement normal sur toute la longueur de la courbe, sauf lorsque le dévers de la chaussée devient supérieur à la pente de l'accotement. À partir de ce point, la pente de l'accotement doit être accentuée afin de correspondre au dévers de la chaussée entre les chaînages où celui-ci est supérieur à la pente de l'accotement en bombement normal.

Du côté extérieur d'une courbe, la pente de l'accotement est généralement définie selon les paramètres suivants :

- la pente de l'accotement est opposée à celle du dévers de la chaussée;

- le point d'inversion entre le dévers de la chaussée et la pente de l'accotement est situé à 400 mm au-delà de la ligne de rive;
- la différence algébrique entre la pente de l'accotement et le dévers de la chaussée doit être la plus petite possible, et ce, sur la plus longue distance possible lors de la gradation du dévers, mais elle ne doit pas être inférieure à 0,02 m/m ni supérieure à 0,08 m/m.

Lors de la conception des accotements d'une route, il est souhaitable de procéder à une évaluation globale des contraintes de drainage et environnementales. Pour une route entre bordures, l'accotement intérieur conserve la même pente que le dévers de la chaussée. Pour l'accotement extérieur, lorsque la largeur de l'accotement le permet

TRACÉ ET PROFIL

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Am. Leclerc
Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

NORME

Tableau 6.3-4
Dévers et paramètre minimal de spirale, $e_{\max} = 0,06$ m/m en milieu urbain et rural à haute vitesse

Vitesse de base km/h	40		50		60		70		80		90		100		110		120	
	R	e	A	e	A	e	A	e	A	e	A	e	A	e	A	e	A	
7000	BN																	
5000	BN																	
4000	BN																	
3000	BN																	
2000	BN																	
1500	BN																	
1200	BN																	
1000	BN																	
900	BN																	
800	BN																	
700	BN																	
600	BN																	
500	DM																	
400	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
350	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
300	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
250	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
220	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
200	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
180	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
160	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
140	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
120	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
100	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
90	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
80	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
70	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
60	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
$R_{\text{minimal}} = 55$																		

$e_{\max} = 0,06$

LÉGENDE

- e : dévers (m/m)
- A : paramètre de la spirale (m)
- R : rayon (m)
- L : longueur de spirale (m) = $A^2 \div R$
- BN : bombement normal
- DM : dévers minimal 0,02 m/m

Notes :

- Les paramètres de spirale ont une valeur minimale. On peut utiliser une valeur supérieure.
- Pour une chaussée à 6 voies : au-dessus de la ligne pointillée, utiliser les valeurs données pour 4 voies; sous la ligne pointillée, multiplier par 1,15 les valeurs données pour 4 voies.
- Une route à chaussées séparées dont le terre-plein a moins de 3 m de largeur peut être considérée comme une route à chaussée unique.



TRACÉ ET PROFIL

Tome

I

Chapitre

6

Page

9

Date

2006 06 15

NORME

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Handwritten signature
Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Tableau 6.3-5
Dévers et longueurs de raccordement pour courbes circulaires, $e_{max} = 0,06$ m/m en milieux urbain et rural à haute vitesse

R	40		50		60		70		80		90		100		110		120		
	e	L	e	L	e	L	e	L	e	L	e	L	e	L	e	L	e	L	
7000	BN		BN		BN		BN		BN										
5000	BN		BN		BN		BN		BN										
4000	BN		BN		BN		BN		BN										
3000	BN		BN		BN		BN		BN										
2000	BN		BN		BN		DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
1500	BN		BN		DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
1200	BN		BN		DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
1000	BN		DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
900	BN		DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
800	BN		DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
700	BN		DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
600	BN	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
500	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
400	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
350	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
300	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
250	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
220	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
200	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
180	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
160	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
140	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
120	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
100	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
90	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
80	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
70	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM
60	DM	30	DM	35	DM	35	DM	40	DM	45	DM	50	DM	55	DM	60	DM	65	DM

$e_{max} = 0,06$

LÉGENDE

- e : dévers (m/m)
- R : rayon (m)
- L : longueur de raccordement (m) (60% à l'extérieur de la courbe, 40% à l'intérieur)
- BN : bombement normal
- DM : dévers minimal 0,02 m/m

R minimal = 55

R minimal = 130

R minimal = 190

R minimal = 250

R minimal = 340

R minimal = 440

R minimal = 600

R minimal = 750

(plus large que 1,5 m), on inverse sa pente pour éviter l'apport d'eau sur la chaussée. Cela s'applique aussi à l'accotement central d'une chaussée séparée.

6.3.4 Gradation du dévers

6.3.4.1 Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale

La rotation du revêtement d'une route à deux voies se fait normalement autour de l'axe central de la chaussée. Parfois, lorsque le drainage ou le profil des glissières de sécurité ou des murs de soutènement risquent d'être modifiés, on peut faire exception à cette règle; la rotation se fait alors autour de l'un des bords du revêtement. Les figures 6.3-2 et 6.3-3 illustrent la gradation du dévers. Lorsque des spirales de raccordement sont utilisées, la pente transversale contraire au dévers est ramenée à zéro au début de la spirale par l'aménagement d'une pente longitudinale de 1 : 400 au bord extérieur du revêtement. Les dévers et paramètres de la spirale sont donnés au tableau 6.3-4.

Du commencement de la spirale au commencement de la courbe, c'est le paramètre de spirale et la largeur du revêtement qui déterminent la pente du bord de l'accotement. On utilise des courbes verticales aux changements de déclivité, à la ligne d'accotement, au commencement de la spirale et au commencement de la courbe. Les courbes verticales mesurent entre 20 et 40 m de longueur.

6.3.4.2 Gradation du dévers pour une courbe circulaire sans spirale

La gradation du dévers est réalisée telle qu'elle est illustrée à la figure 6.3-4.

Suivant la vitesse de base de la route et le rayon de courbure choisi, la longueur nécessaire pour le raccordement varie. Le nombre de voies, si elles sont contiguës, influe également sur ces longueurs.

Les dévers et longueurs de raccordement sont montrés au tableau 6.3-5.

Généralement, les longueurs de raccordement s'appliquent dans une proportion de 60-40 : 60 % sur la tangente et 40 % dans la courbe.

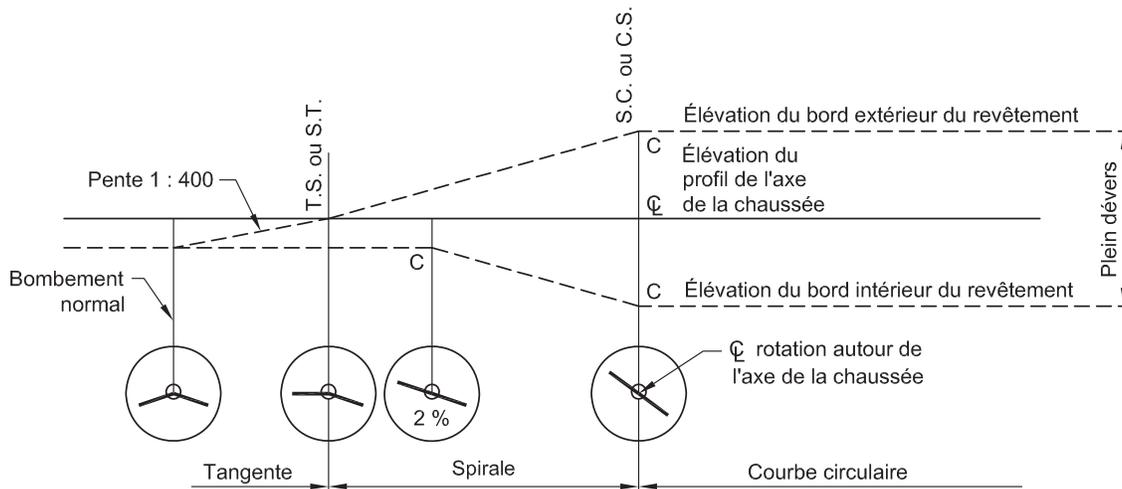


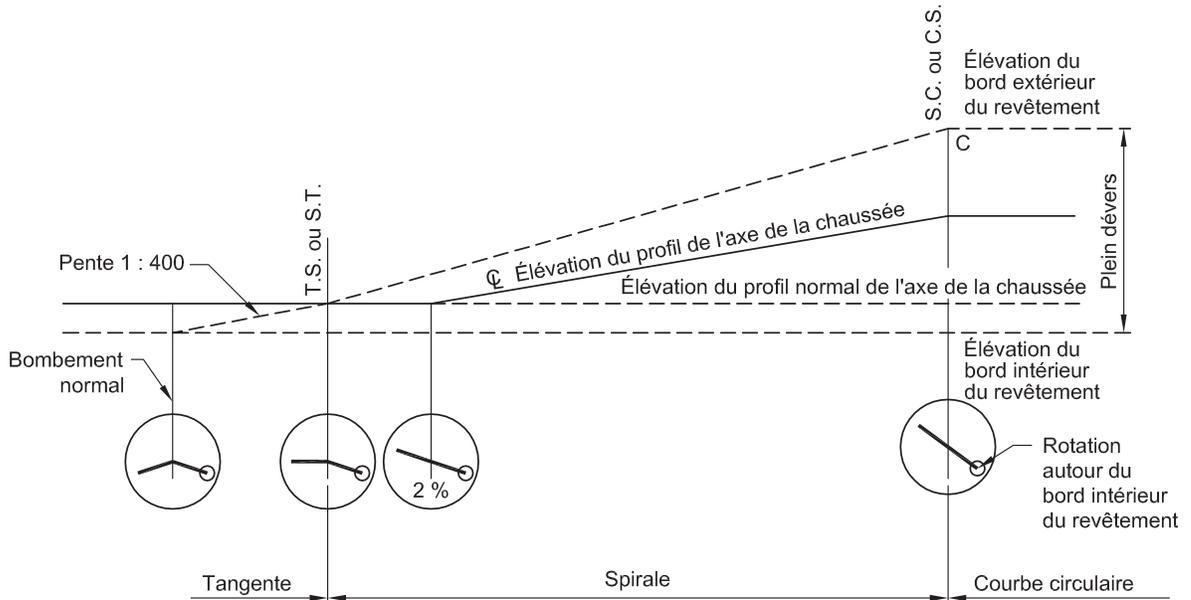
Figure 6.3-2
Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale – rotation autour de l'axe de la chaussée



NORME

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

AM Lederc
Anne-Marie Lederc, ing., M. Ing.



T.S. = tangente à spirale
S.T. = spirale à tangente

S.C. = spirale à courbe circulaire
C.S. = courbe circulaire à spirale

Figure 6.3-3

Gradation du dévers pour une courbe circulaire avec spirale – rotation autour du bord intérieur

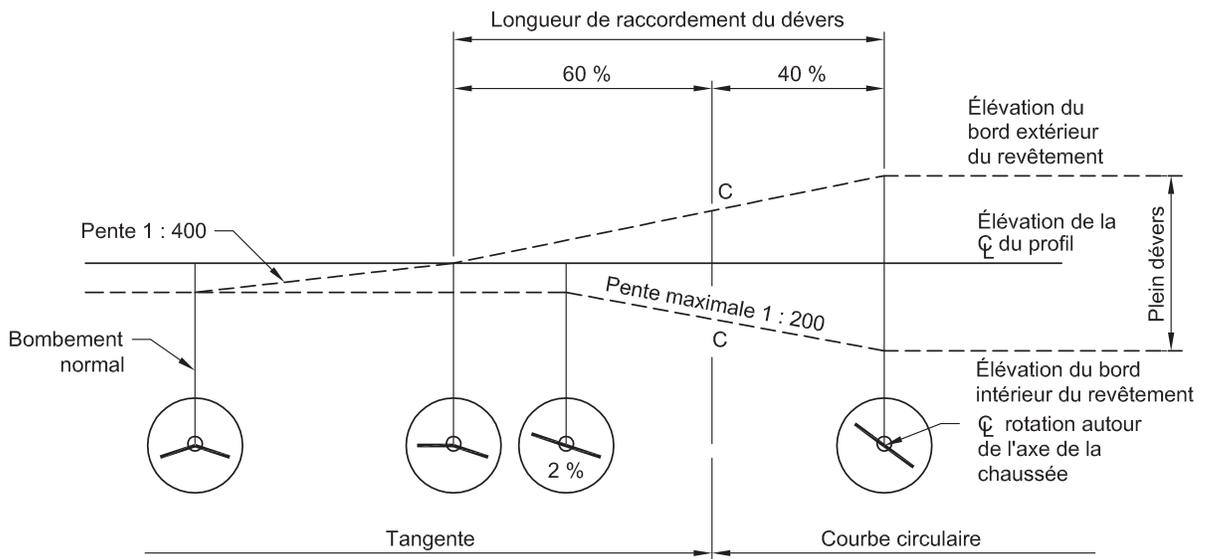


Figure 6.3-4

Gradation du dévers pour une courbe circulaire sans spirale – rotation autour de l'axe de la chaussée

6.4 Profil en long

Le profil en long est la représentation des pentes et des changements de pentes de la chaussée suivant le tracé en plan.

Les tangentes ou les pentes sont reliées entre elles par des courbes.

Le profil en long est soumis à la topographie des lieux traversés par la route.

6.4.1 Pentes

La topographie de la région traversée par la route influence l'alignement horizontal de celle-ci, mais également l'alignement vertical. Il est toujours souhaitable d'opter pour les pentes les plus douces, qui favorisent une plus grande uniformité des caractéristiques opérationnelles et contribuent à réduire la consommation de carburant. Toutefois, selon la topographie, la classe de route, la vitesse affichée et les types de véhicules circulant habituellement, les pentes peuvent être plus ou moins abruptes.

En terrain vallonné, il est possible de conserver des pentes douces, mais les remblais et déblais deviennent plus importants.

En terrain montagneux, même en suivant les contours naturels du terrain, il est souvent difficile, voire impossible, d'obtenir les pentes souhaitables.

Le pourcentage d'une pente et sa longueur sont directement liés, puisque c'est avant tout l'importance de la dénivellation entre deux points de la route qui constitue un obstacle au déplacement des véhicules.

Le tableau 6.4-1 présente, pour des routes où la vitesse affichée est de 90 ou 100 km/h et pour des pentes de longueur moyenne, les pourcentages de pente souhaitables et maximum pour la construction d'une nouvelle route. Le pourcentage de pente est dit souhaitable lorsqu'il ne modifie pas le comportement routier de tous les véhicules (vitesse, accélération, freinage, etc.). Lorsque la pente de la route atteint ou dépasse la pente maximale,

les véhicules lourds ralentissent suffisamment pour diminuer la capacité de la route. Entre alors en jeu une notion plus complète, celle de la «longueur critique» d'une pente, où la longueur de la pente est associée à son pourcentage. Il y a alors un écart de vitesse important entre les véhicules lents et les autres (sécurité), et formation de pelotons derrière eux (capacité et fluidité).

Tableau 6.4-1
Pentes selon les classes de routes

Classe de routes	Pente		
	Souhaitable	Maximale ¹	
Autoroute :	ascendante	3 %	5 %
	descendante	5 %	7 %
Route nationale en milieu rural		4 %	7 %
Route régionale en milieu rural		4 %	7 %
Route locale et collectrice		4 %	10 %

1. Étude de circulation et de sécurité à faire dans le cas de pentes excédant les pentes maximales.

À partir de ces pentes maximales, ascendantes ou descendantes, il faut faire des études complémentaires afin de déterminer si une voie additionnelle pour véhicules lents serait nécessaire pour assurer un niveau de service et de sécurité acceptable, si une aire de vérification des freins serait souhaitable pour permettre l'arrêt des véhicules lourds avant la descente, ou encore si une voie de secours ne permettrait pas de rendre plus sûr un endroit dangereux (courbe, carrefour, agglomération) au pied d'une pente de ce type.

Il existe sur le réseau de multiples configurations : de courtes pentes très fortes, de longues pentes douces, des pentes successives, des ralentissements ou des arrêts au bas d'une pente qui font surchauffer les freins de certains véhicules et constituent le principal facteur d'accidents. Il faut donc toujours



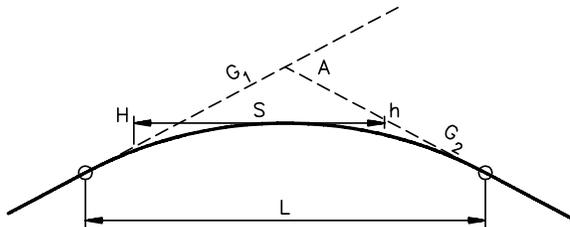
NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Arne Marie Leclerc
Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Tableau 6.4-2

Courbure de profil en long minimale pour la distance de visibilité à l'arrêt



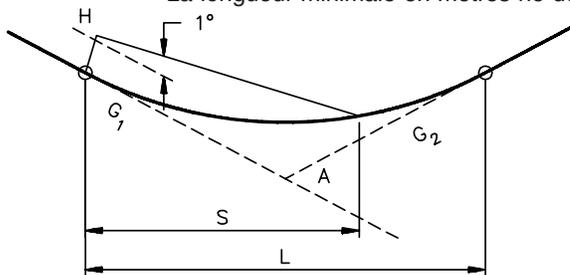
COURBES SAILLANTES (CONVEXES)

- L = longueur minimale de la courbe de profil en long
- A = différence algébrique des pentes : $G_2 - G_1$
- S = distance de visibilité pour arrêt
- H = hauteur de l'oeil : 1,05 m
- h = hauteur de l'objet : 0,38 m
- L = KA
- $$K = \frac{S^2}{100 (\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2}$$

Vitesse de base (km/h)	K	S(m)
40	4	45
50	8	65
60	13	85
70	22	110
80	36	140
90	54	170
100	74	200
110	107	240

Note :

- La longueur minimale en mètres ne doit pas être inférieure à la vitesse de base (km/h).



COURBES RENTRANTES (CONCAVES)

- L = longueur minimale de la courbe de profil en long
- A = différence algébrique des pentes : $G_2 - G_1$
- S = distance de visibilité pour arrêt
- H = hauteur des phares : 0,6 m
- 1° = angle du faisceau lumineux
- L = KA
- $$K = \frac{S^2}{121,9 + 3,5S}$$

Vitesse de base (km/h)	K	S(m)
40	7	45
50	12	65
60	17	85
70	24	110
80	32	140
90	40	170
100	49	200
110	60	240

Note :

- La longueur minimale en mètres ne doit pas être inférieure à la vitesse de base (km/h).

Tome I
Chapitre 6
Page 14
Date 2001 04 15

TRACÉ ET PROFIL

Am Lecterc
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies
Anne-Marie Leclerc, ing. M. Ing.

NORME

porter une attention particulière aux combinaisons de courbes et de pentes, qui représentent un risque accru.

Le pourcentage d'une pente est également fonction de la vitesse affichée sur la route, des débits de circulation et du pourcentage de camions, puisque le ralentissement des véhicules lourds, en montée comme en descente, a moins d'impact sur une route à 50 km/h où le débit est faible. En outre, les pertes de contrôle découlant de la surchauffe des freins sont moins fréquentes à basse vitesse alors que les véhicules circulent en compression.

6.4.2 Courbes de profil en long

Le but de ces courbes est d'amener un changement progressif d'une pente à l'autre. Leur forme est parabolique. Le tableau 6.4-2 montre les minimums à utiliser, en angle saillant (avec crête) ou en angle rentrant (avec creux), pour le profil en long suivant la vitesse de base choisie.

Pour des motifs de sécurité, la dimension des courbes de profil en long doit respecter les conditions minimales de visibilité à l'arrêt et assurer un écoulement normal des eaux de surface de la chaussée. C'est le cas dans une zone convexe, ou en point haut (avec crête). Dans une zone concave, ou en point bas (avec creux), la distance de visibilité produite par le faisceau des phares de l'automobile détermine la courbe la plus adaptée. Cette distance est sensiblement la même que celle de la visibilité à l'arrêt.

Sur une chaussée éclairée, en point bas (avec creux), une longueur de courbe plus courte (environ 75 % de la longueur normale) peut être utilisée tout en procurant la sécurité recherchée.

6.4.3 Voies auxiliaires pour véhicules lents

Ces voies s'ajoutent aux voies normales d'une route aux endroits où la capacité de

cette dernière est diminuée à cause de pentes trop raides ou trop longues occasionnant un ralentissement appréciable de la vitesse des véhicules lourds, particulièrement dans les tronçons de route où la visibilité au dépassement est insuffisante.

On peut parfois, dès le stade de la conception d'une route, pallier à cette solution d'une voie auxiliaire ascendante en recherchant un meilleur tracé en plan ou en améliorant le profil en long de façon à obtenir une meilleure visibilité au dépassement et des pentes plus douces qui ralentissent moins les véhicules lourds.

6.4.3.1 Justification

La justification d'une voie auxiliaire pour véhicules lents est établie par le calcul de la capacité du tronçon de route soumis à l'analyse. Ainsi pour les routes à deux voies (deux sens de circulation) une voie auxiliaire est justifiée si les deux conditions suivantes sont respectées pour l'heure d'analyse :

- 1- Le débit dans le sens de la pente ascendante excède 200 véh./h, incluant 20 camions ou plus.
- 2- Le niveau de service offert dans la pente se situe à «E» ou à «F», ou si le niveau de service est deux niveaux plus bas que celui offert en amont de la pente ou, encore, si la réduction de vitesse d'un camion type est supérieure ou égale à 15 km/h.

On considère généralement qu'une voie auxiliaire est justifiée si le débit horaire de design (D.H.D.) est égal ou plus grand que la capacité de la route à l'endroit de la pente.

Les paramètres de calcul d'une voie auxiliaire sont le débit global de circulation, la proportion du trafic lourd, la possibilité de dépassement et les conditions du profil en long qui influent sur la vitesse des véhicules lourds.

Une étude spécifique doit être effectuée pour chaque cas. Une analyse spécifique de

sécurité peut aussi justifier l'implantation d'une voie auxiliaire pour véhicules lents, tant pour les routes à deux voies que pour les routes à voies multiples.

En général, sur une route à voies multiples, cette voie auxiliaire n'est pas nécessaire parce que les véhicules lourds utilisent de préférence la voie de droite, et les véhicules particuliers empruntent la voie de gauche pour le dépassement. Par conséquent, le problème de visibilité ne se pose pas. Dans certains cas, compte tenu du profil en long en région montagneuse, il se peut qu'une voie auxiliaire soit nécessaire pour les véhicules lents afin de ne pas diminuer la capacité de la route et d'assurer une certaine homogénéité à l'écoulement de la circulation.

Le ralentissement des véhicules lourds, qui crée une accumulation de véhicules sur la route à deux voies contiguës, est causé par la présence de pentes trop longues ou trop raides.

Il existe donc une longueur critique de pente qui est définie comme la longueur maximale pour laquelle il n'y a pas de réduction de vitesse plus grande que 15 km/h pour un camion chargé circulant à une vitesse de 90 km/h sur une route à capacité moyenne de circulation.

La longueur de la section en pente est la distance mesurée entre le point haut et le point bas dans le sens du profil en long de la chaussée.

Généralement, cette pente n'a pas la même inclinaison sur toute sa longueur et le pourcentage moyen de la pente pour une section représente la moyenne des diverses inclinaisons de cette section.

Les relations existant entre la vitesse des véhicules lourds au bas d'une rampe, le pourcentage de la pente et la vitesse atteinte en divers points de la côte peuvent être déterminées par calcul ou extraites des figures 6.4-1 et 6.4-2.

Notes

- La construction d'une voie auxiliaire ascendante peut se faire dans une perspective de sécurité. En effet, plus la vitesse d'un véhicule s'éloigne de celle de l'ensemble du trafic sur la route, plus ce véhicule est susceptible de provoquer un accident.
- Lorsque le DJME est inférieur à 2000 véhicules, il est inutile d'ajouter une voie auxiliaire, sauf si l'on remarque un fort pourcentage de camions (supérieur à 15 %).
- La voie auxiliaire peut être nécessaire aussi bien sur une pente descendante que sur une pente ascendante. Les camions lourdement chargés s'engagent lentement sur une pente descendante prononcée. Cela crée la formation de pelotons au même titre que dans les pentes ascendantes.
- Le profil de la vitesse d'un véhicule lent est déterminé à l'aide des figures 6.4-1 ou 6.4-2. Le profil en long utilisé correspond aux tangentes reliées aux P.I., tel qu'il est illustré sur le croquis au bas des figures 6.4-1 et 6.4-2. Lorsque la différence algébrique entre deux tangentes successives est inférieure à 4 %, le changement de pente se fait directement au P.I. Par contre, si cette différence algébrique est égale ou supérieure à 4 %, il faut alors introduire une droite intermédiaire, centrée au P.I., de pente égale à la moyenne des pentes adjacentes et de longueur égale à la moitié de la longueur de la courbe verticale prévue.
- Lorsqu'on doit construire des voies auxiliaires, il faut subdiviser la courbe verticale si on désire ajuster le plus possible leur longueur au relief. De cette façon, on peut savoir exactement où elles se terminent dans la descente, information très importante, car dans certains cas l'aménagement peut entraîner des coûts.

Figure 6.4-1
Relation vitesse/distance sur une pente ascendante et descendante pour un camion de 120 g/w (200 lb/hp)

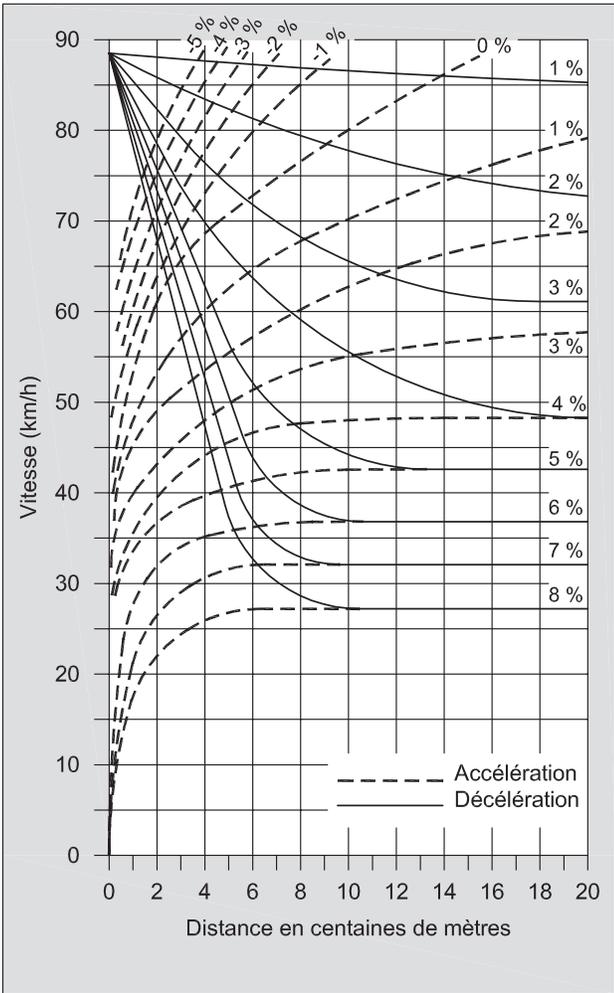
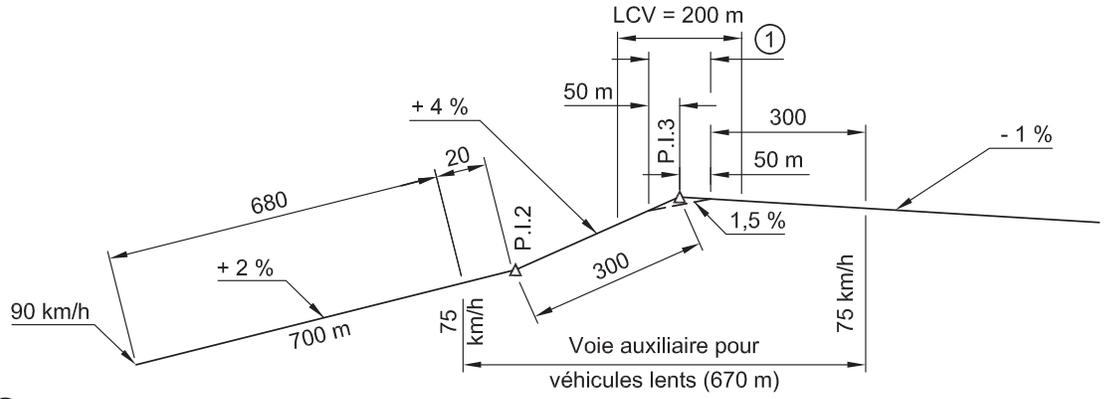
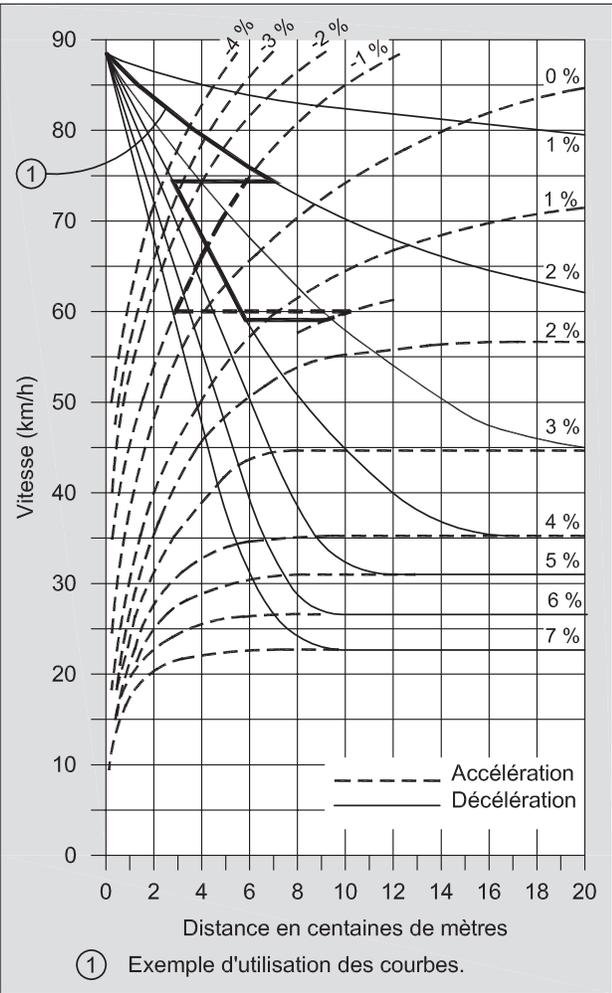


Figure 6.4-2
Relation vitesse/distance sur une pente ascendante et descendante pour un camion de 180 g/w (300 lb/hp)

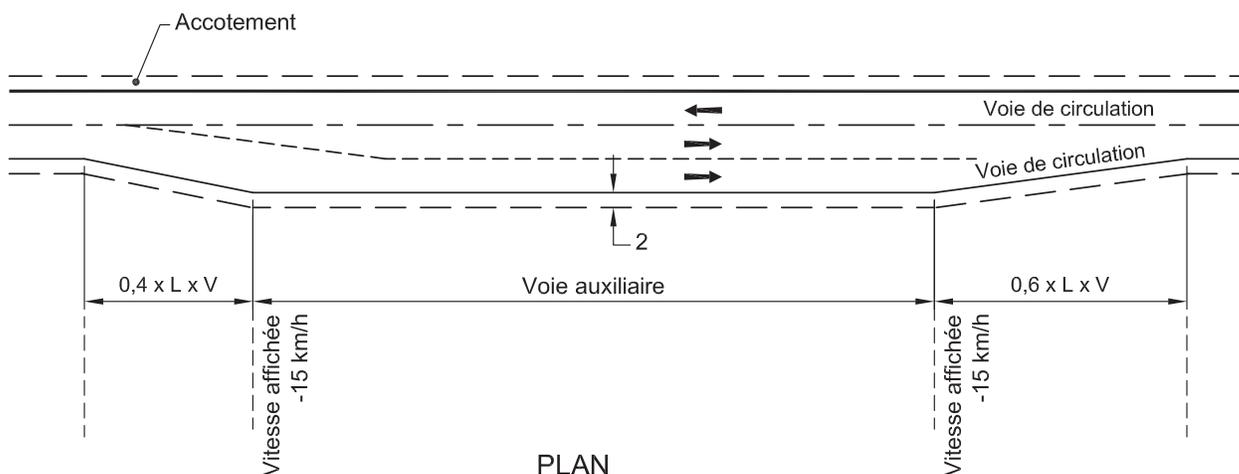


① Égal à 50 % de la longueur de la courbe verticale.

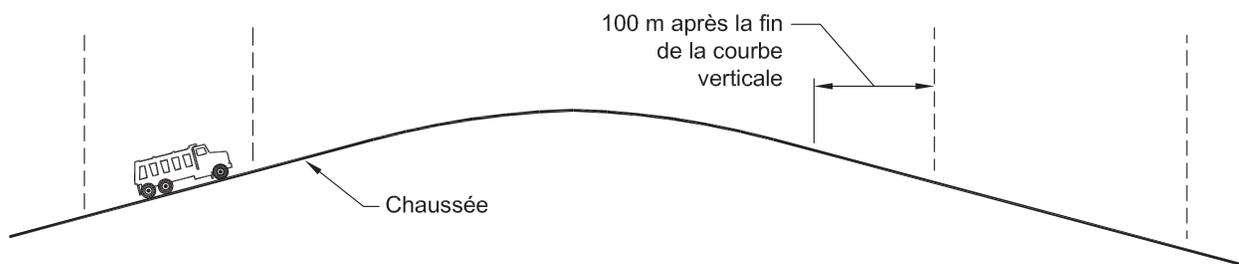
NORME

Autorisé pour publication par :
 Sous-ministre adjointe
 Direction générale des
 infrastructures et des technologies

A. M. Leclerc
 Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.



PLAN



PROFIL

L : largeur de voie (m).
 V : vitesse de base (km).

Note :

– les cotes sont en mètres.

Figure 6.4–3
Voie auxiliaire pour circulation lente

6.4.3.2 Géométrie de la voie auxiliaire

Habituellement, la longueur de la voie auxiliaire est fonction de la distance parcourue par le camion, à régime lent, tant que l'écart de vitesse ne dépasse pas 15 km/h par rapport à la vitesse de départ de 90 km/h.

Si cette voie auxiliaire se situe dans une zone convexe (avec crête), une longueur minimale de 100 m doit dépasser la fin de la courbe de profil en long de façon que l'extrémité de la voie auxiliaire soit entièrement visible pour les automobilistes (figure 6.4-3).

Si cette voie auxiliaire se situe dans une courbe en plan ou à proximité, il faut chercher à la terminer en dehors de cette courbe.

Si des voies auxiliaires sont situées à proximité l'une de l'autre (moins de 600 m entre elles), il est préférable de les relier pour prévenir la formation éventuelle de goulots d'étranglement sur la route.

Pour permettre au véhicule de s'y engager graduellement, le commencement de la voie auxiliaire doit être précédé d'un biseau d'une longueur égale à $0,4 \times L \times V$, où L est la largeur de la voie auxiliaire en mètres et V est la vitesse de base en km/h. De même, la fin de cette voie doit être suivie d'un biseau d'une longueur égale à $0,6 \times L \times V$ pour permettre au véhicule de revenir graduellement sur la voie régulière.

La largeur normale d'une voie auxiliaire est de 3,5 m, mais une largeur de 3,3 m est acceptable si la route comporte des voies de 3,3 m.

La largeur normale de l'accotement adjacent à la voie auxiliaire est de 2 m.

Note

Il ne faut pas prolonger indûment une voie auxiliaire ascendante lorsqu'on atteint une pente très douce. Il s'agit alors de permettre au camion de reprendre une accélération raisonnable pour refermer la voie à un endroit où la visibilité au dépassement est excellente afin

que la fusion avec le trafic de la voie adjacente puisse s'effectuer en toute sécurité.

6.4.4 Voies auxiliaires pour le dépassement

Les voies auxiliaires pour le dépassement sont utilisées lorsque les occasions de dépassement des véhicules lents sont limitées. Le dépassement sur les routes rurales à deux voies peut être restreint dans les situations suivantes :

- sur un tronçon donné, les distances permettant le dépassement sont insuffisantes;
- les débits de circulation sont élevés, ne laissant pas suffisamment de créneaux pour le dépassement;
- la formation de pelotons est fréquente.

6.4.4.1 Justification

La construction de voies auxiliaires pour le dépassement peut être justifiée lorsque :

- le pourcentage de longueur de route sur lequel le dépassement est permis est inférieur aux normes;
- les véhicules sont régulièrement retardés par la présence de pelotons;
- les débits ne sont pas suffisamment élevés pour justifier l'implantation d'une route à voies multiples;
- les débits saisonniers sont fortement supérieurs au DJMA;
- les conditions particulières de sécurité nécessitent la construction de voies auxiliaires pour le dépassement.

L'étude des besoins en matière de voies auxiliaires doit s'étendre sur un segment minimal de 8 km de route.

La longueur et le nombre des voies auxiliaires doivent s'appuyer sur une évaluation des bénéfices et de la réduction des retards en fonction des coûts d'implantation et d'exploitation.



NORME

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

AM Leclerc
Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

6.4.4.2 Critères de localisation

Ces voies permettant le dépassement peuvent être situées de 10 à 15 km l'une de l'autre mais elles peuvent, selon les circonstances, être aussi rapprochées qu'à 5 km l'une de l'autre. Ces distances sont aussi valables entre la fin ou le début d'une route à quatre voies et d'une voie auxiliaire pour le dépassement.

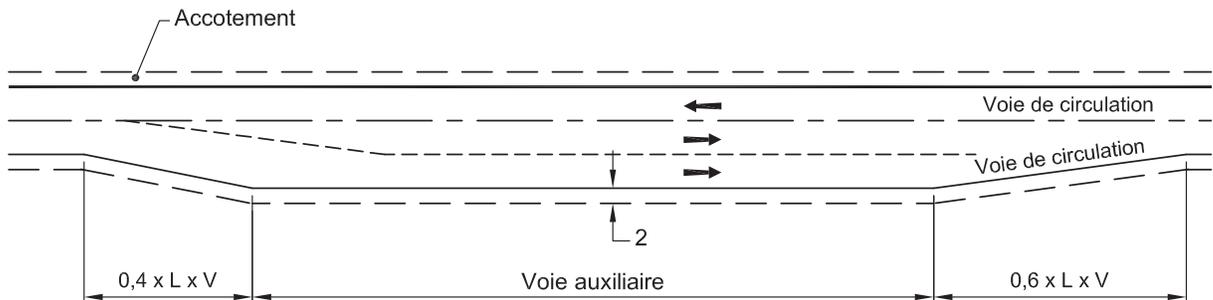
Il faut généralement éviter les intersec-tions à cause du risque potentiel que représentent les mouvements de virage dans une zone où l'on favorise les dépassements (spécialement les mouvements de virage à gauche).

Il faut aussi éviter les secteurs où les courbes horizontales et verticales sont sous les normes établies.

Il faut situer le biseau de fermeture là où la visibilité correspond à celle d'anticipation (mesurée avec un objet de hauteur nulle).

6.4.4.3 Configuration

La géométrie est telle que celle décrite à la figure 6.4-4. Dans le cas où nous sommes en présence de voies auxiliaires de part et d'autre de la route, il est recommandé d'adopter une configuration dite « dos à dos », telle qu'elle est illustrée à la figure 6.4-5, de façon à favoriser la formation de pelotons avant la zone de dépassement. La configuration « face à face » n'est pas recommandée, car elle favorise la formation de pelotons dans une zone de non-dépassement qui se situe alors après la zone où le dépassement est permis.



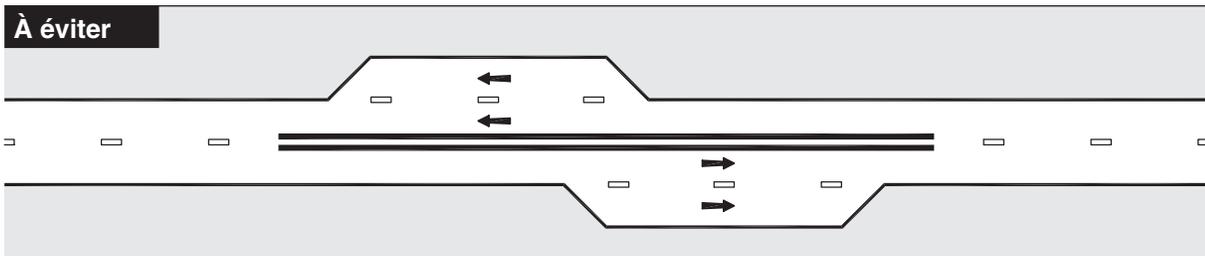
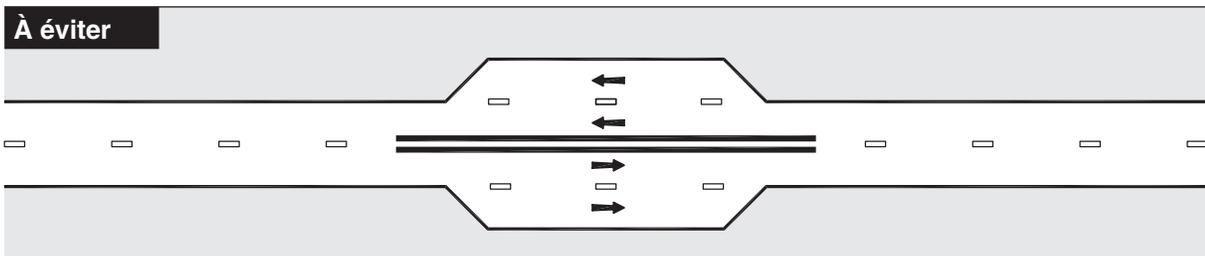
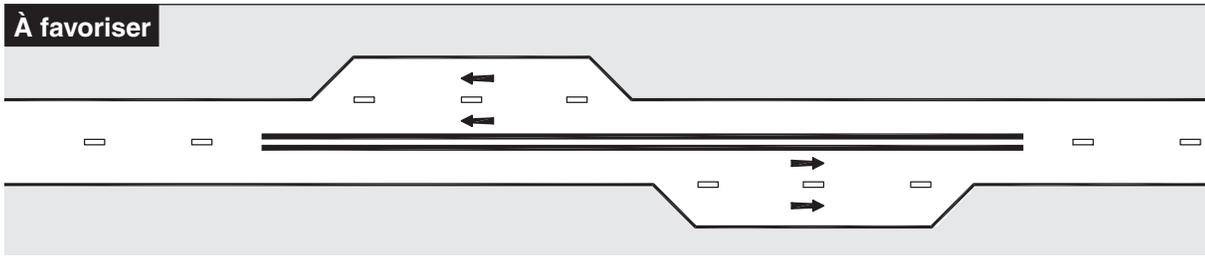
Note :

– les cotes sont en mètres.

Figure 6.4-4

Voie auxiliaire pour le dépassement

Configuration dos à dos



Configuration face à face

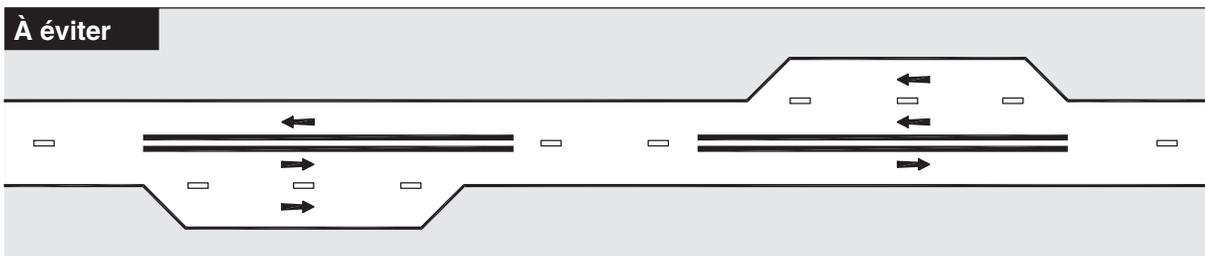


Figure 6.4-5
Configuration des voies de dépassement

Table des matières

7.1	Distance de visibilité	3
7.2	Distance de visibilité d'arrêt	3
7.2.1	Distance de visibilité d'arrêt dans le tracé en plan	5
7.3	Distance de visibilité de dépassement	5
7.4	Distance de visibilité aux carrefours plans	7
7.4.1	Distance de visibilité de traversée	7
7.4.2	Distance de visibilité de virage	11
7.4.2.1	Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route secondaire	11
7.4.2.2	Distance de visibilité de virage à droite à partir de la route secondaire	14
7.4.2.3	Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route principale	16
7.4.3	Passage pour véhicules hors route (VHR)	22
7.4.3.1	Calcul des distances de visibilité requises et détermination de la visibilité au passage	22
7.4.3.2	Mesure de la DVA de la route et de la visibilité au passage	22
7.5	Distance de visibilité d'anticipation	24

DISTANCE DE VISIBILITÉ

Liste des figures

7.2-1	Dégagement latéral en fonction de la distance minimale de visibilité d'arrêt	6
7.3-1	Distance de visibilité au dépassement	6
7.4-1	Distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite (DVVGD)	12
7.4-2	Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route principale (DVVGO)	17
7.4-3	Distance de traversée à un passage pour véhicules hors route (VHR)	23
7.4-4	Exemple de mesure de la DVA et de la visibilité au passage pour VHR	23

Liste des graphiques

7.4-1	Distance de visibilité de traversée en fonction de la vitesse de base	8
7.4-2	Temps d'accélération en fonction de la distance de traversée	9
7.4-3	Vitesse atteinte en fonction de la distance parcourue (A) (véhicule du type P)	13
7.4-4	Temps de parcours (T_P) en fonction de la distance parcourue (véhicule du type P)	13
7.4-5	Coefficient de frottement transversal	18

Liste des tableaux

7.2-1a	Distance de visibilité d'arrêt aux fins de conception (sans l'effet de la déclivité)	4
7.2-1b	Effet de la déclivité sur la distance d'arrêt	4
7.3-2	Distance de visibilité de dépassement en fonction de la vitesse de base	7
7.4-1	Distance de visibilité de traversée (véhicule du type SU)	9
7.4-2	Accélération en montée et en descente par type de véhicule	10
7.4-3	Facteurs de correction pour des pentes spécifiques des approches de la route secondaire	10
7.4-4	Distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite selon diverses situations (véhicule du type P, voies de 3,7 m)	14
7.4-5	Distance de visibilité de virage à droite pour un véhicule venant de la gauche	15
7.4-6	Temps de dégagement t_{tot} pour les virages à gauche dans la circulation opposée	19
7.5-1	Distances de visibilité d'anticipation	26

NORME

Sous-ministre adjointe
 Direction générale des
 infrastructures et des technologies

Arne-Marie Leclerc
 Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

7.1 Distance de visibilité

La distance de visibilité est la distance maximale, mesurée le long de la route en plan et en profil, à partir de laquelle le conducteur d'une automobile peut apercevoir la surface de la route ou un point situé à une hauteur donnée au-dessus de la route, lorsque sa vue n'est pas gênée par la circulation ou par d'autres obstacles latéraux.

7.2 Distance de visibilité d'arrêt

La distance de visibilité d'arrêt est la distance nécessaire au conducteur d'un véhicule roulant à une vitesse donnée pour arrêter son véhicule après avoir aperçu un objet sur la chaussée. Elle comprend la distance parcourue pendant les temps de perception et de réaction et la distance de freinage.

Pour déterminer cette distance de visibilité d'arrêt, nombre de variables entrent en jeu : les dimensions de l'objet, les conditions climatiques, l'état du véhicule, les caractéristiques du profil de la route et le comportement du conducteur.

La norme exige des distances de visibilité qui tiennent compte des conditions défavorables fréquentes, comme l'état mouillé de la chaussée.

La distance de visibilité d'arrêt est basée sur deux phases : la première est le temps de perception physiologique et de réaction et le temps mort mécanique d'entrée en action des freins, évalué à 2,5 secondes, et la deuxième, la distance effective de freinage calculée à l'aide de la formule suivante :

Pente ascendante	Pente descendante
$d = \frac{V^2}{254 (f + p)}$	$d = \frac{V^2}{254 (f - p)}$

où

d : distance de freinage en (m)
 V : vitesse de base en (km/h)

f : coefficient de frottement des pneus qui varie, suivant la vitesse, de 0,36 à 50 km/h à 0,29 à 110 km/h
 p : déclivité en pourcentage divisé par cent
 L'expression générale de la distance de visibilité d'arrêt est :

$$DVA = \frac{2,5V}{3,6} + \frac{V^2}{254 (f \pm p)}$$

La distance de visibilité d'arrêt est la distance mesurée entre la hauteur de l'œil de l'automobiliste (1,05 m) et la hauteur d'un objet situé sur la chaussée.

- Hauteur de l'objet
 La hauteur de 380 mm correspond à la hauteur statistique des feux arrière d'un véhicule personnel (type P).
 Si on s'attend à la présence d'un objet sur la chaussée (pneu, silencieux, arbre, etc.), on doit utiliser un objet de 150 mm de hauteur.
 Si on veut couvrir la présence de trous dans la chaussée ou assurer une visibilité minimale d'éléments particuliers (courbe, perte de voie, etc.), un objet de 0 mm de hauteur doit être utilisé.
- Quand la ligne de visée déborde de l'accotement, il faut vérifier que la présence d'amoncellements de neige le long de la route ne nuit pas à la visibilité dans les cas où il y a combinaison avec une courbe horizontale ou verticale. Il faudra aussi vérifier la présence d'obstacles incluant les talus.

Les valeurs indiquées dans le tableau 7.2-1 proviennent de la constatation que les automobilistes roulent souvent à une vitesse aussi grande sur une surface de roulement mouillée que sur une surface sèche. L'utilisation de ces valeurs est recommandée, mais il est préférable d'utiliser des valeurs plus élevées lorsque cela est possible.

Tableau 7.2-1.a

Distance de visibilité d'arrêt aux fins de conception (sans l'effet de la déclivité)

Vitesse de base (km/h)	Réaction de freinage		Coefficient de frottement ⁽¹⁾ longitudinal	Distance de freinage (m)	Distance minimale de visibilité d'arrêt		Correction en courbe ⁽²⁾ (m)
	temps (s)	distance (m)			calculée (m)	conception (m)	
40	2,5	27,8	0,38	16,6	44,4	45	+5
50	2,5	34,7	0,36	27,3	62,0	65	+5
60	2,5	41,7	0,34	41,6	83,5	85	+5
70	2,5	48,6	0,32	60,2	108,8	110	+5
80	2,5	55,6	0,31	81,2	136,8	140	+10
90	2,5	62,5	0,30	106,2	168,7	170	+10
100	2,5	69,4	0,30	131,1	200,5	200	+10
110 ⁽³⁾	2,5	76,4	0,29	164,3	240,7	240	+10

1. Coefficient sur chaussée mouillée

2. L'augmentation suivante est recommandée lorsque les valeurs moyennes de vitesse de base sont associées à des petits rayons n'excédant pas 110 % du rayon minimal. Dans ces conditions, la distance minimale de visibilité d'arrêt est augmentée de 5 %.

La formule suivante permet de tenir compte des pentes et des courbes :

$$DVA = 0,694V + \frac{V^2}{254 \left(\left[f^2 - \left(\frac{V^2}{127R} - e \right)^2 \right]^{1/2} + p \right)}$$

où f = frottement longitudinal $\cong 1,0371 V^{-0,2729}$

R = rayon de courbe (m)

$$\text{et } \frac{V^2}{127R} - e \geq 0$$

3. Sur autoroute, la visibilité doit être vérifiée à partir de la visibilité d'anticipation à l'arrêt (section 7.5).

Tableau 7.2-1.b

Effet de la déclivité sur la distance d'arrêt

Vitesse de base (km/h)	Correction de la distance d'arrêt (m)							
	Diminution en montée				Augmentation en descente			
	3 %	6 %	9 %	12 %	3 %	6 %	9 %	12 %
40	—	—	—	—	—	—	—	10
50	—	—	5	5	—	5	10	15
60	—	5	5	10	5	10	15	25
70	5	10	10	15	10	15	25	40
80	5	10	15	20	10	20	35	55
90	5	15	20	30	10	30	45	70
100	10	20	30	35	15	30	60	90
110	15	25	35	45	20	45	75	115

Les valeurs de ce tableau doivent être ajoutées ou soustraites des données du tableau 7.2-1.a.

NORME

Sous-ministre adjointe
 Direction générale des
 infrastructures et des technologies

Arne-Marie Leclerc
 Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

7.2.1 Distance de visibilité d'arrêt dans le tracé en plan

Les distances de visibilité d'arrêt s'appliquent autant dans le tracé en plan que dans le profil en long.

Dans le tracé en plan, les obstructions latérales comme les talus dans les déblais, les piles de pont, les murs, les dispositifs de retenue, etc. s'opposent à cette distance de visibilité. En général, les profils en travers sont conçus de façon à pallier ce problème.

Dans une courbe du tracé en plan, les obstacles situés le long des abords de la route doivent avoir un dégagement latéral minimal pour maintenir une distance minimale de visibilité d'arrêt. La formule suivante donne les distances minimales à respecter en fonction de la vitesse de base et du rayon de courbure. Ces distances se mesurent du centre de la voie, côté intérieur de la courbe, jusqu'à l'obstacle.

$$C = R (1 - \cos(28,65 S/R))$$

où

C : dégagement latéral minimal requis (m)

R : rayon (m)

S : distance de visibilité d'arrêt (m)

La figure 7.2-1 montre la façon de mesurer le dégagement latéral sur le terrain.

Note

Il faut toujours chercher à obtenir plus que ces distances minimales.

7.3 Distance de visibilité de dépassement

Sur une route à deux voies contiguës, la distance de visibilité de dépassement est la distance nécessaire à un véhicule roulant à la vitesse de base pour dépasser un autre véhicule roulant à vitesse réduite, en toute

sécurité et sans entraver la circulation venant en sens inverse.

Plus les zones de dépassement sont nombreuses et uniformément réparties, plus le niveau de service sera protégé ou maintenu. Dans un tronçon de route, le pourcentage de la longueur devant permettre le dépassement sans difficulté des véhicules lents est le suivant :

Pour des routes de sections :

Type B : 60 %

Type C : 50 %

Type D : 40 %

Type E : 30 %

Type F : 20 %

La distance totale de visibilité de dépassement (D_t) est la somme des distances suivantes :

$$D_t = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

D_1 : distance représentée par le temps de perception et de réaction et le début de l'accélération

D_2 : distance servant au dépassement (du début à la fin de l'empiètement dans la voie opposée)

D_3 : distance entre le véhicule qui termine sa manœuvre de dépassement et le véhicule qui approche en sens inverse

D_4 : distance que le véhicule en sens inverse parcourt pendant que le véhicule qui dépasse accomplit sa manœuvre (équivalent à 2/3 de D_2)

La figure 7.3-1 montre ces différentes composantes.

La distance minimale pour le calcul des pourcentages permettant le dépassement est :

$$D_{\min} = 2/3 D_2 + D_3 + D_4$$

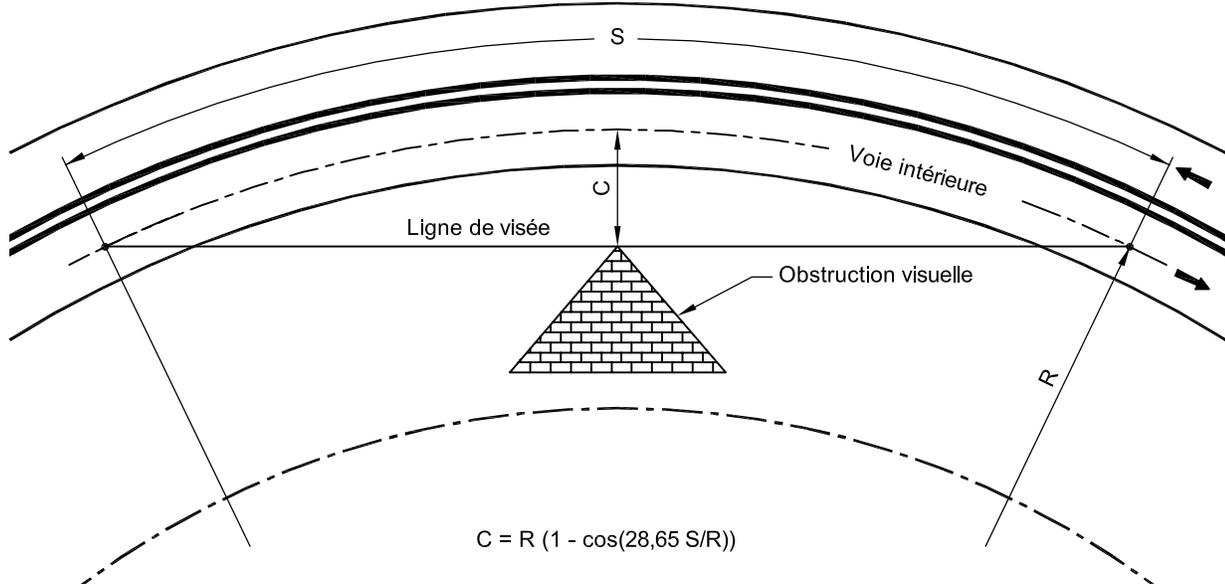
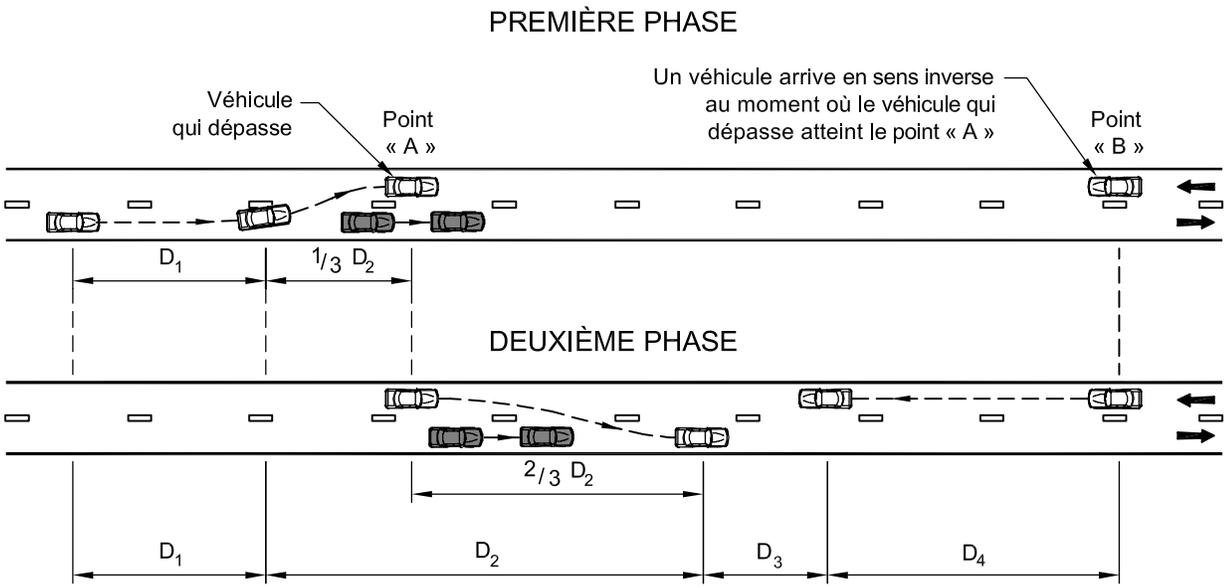


Figure 7.2-1
Dégagement latéral en fonction de la distance minimale de visibilité d'arrêt



Point « A » : point limite où le conducteur peut changer d'avis, interrompre sa manœuvre et revenir en arrière

Figure 7.3-1
Distance de visibilité au dépassement



Pour les besoins de la conception, les longueurs minimales du tableau 7.3–2 doivent être respectées :

Tableau 7.3–2
Distance de visibilité de dépassement en fonction de la vitesse de base

Vitesse de base (km/h)	Distance totale de dépassement D_t (m) $D_1+D_2+D_3+D_4$	Distance minimale de dépassement D_{min} (m) $2/3D_2+D_3+D_4$
50	310	210
60	380	270
70	460	320
80	540	380
90	600	420
100	690	480
110	750	530

La distance de visibilité de dépassement est celle comprise entre la hauteur de l'œil (1,05 m) de l'automobiliste qui veut effectuer un dépassement et la hauteur de visibilité du véhicule correspondant (1,15 m) (soit la hauteur réelle du véhicule – 0,15 m) venant en sens inverse.

7.4 Distance de visibilité aux carrefours plans

Un carrefour plan est une zone de croisement de deux ou plusieurs routes où il n'existe aucune dénivellation des courants. La condition idéale de sécurité pour un carrefour plan consiste en un alignement droit et un profil en long relativement plat.

À l'étape du tracé en plan, s'il faut implanter un carrefour plan dans une courbe, celle-ci doit être la plus douce possible. Dans un profil longitudinal, un carrefour plan devrait toujours, si possible, être localisé en dehors de la zone convexe d'une courbe avec crête. De plus, l'angle de croisement entre les deux

routes doit se rapprocher de l'angle droit. Il ne doit jamais être inférieur à 75°.

La vitesse d'un véhicule qui s'approche sur la route principale et la manœuvre (croisement ou insertion) du véhicule sur la route secondaire déterminent la distance de visibilité nécessaire au conducteur du véhicule en attente sur la route secondaire.

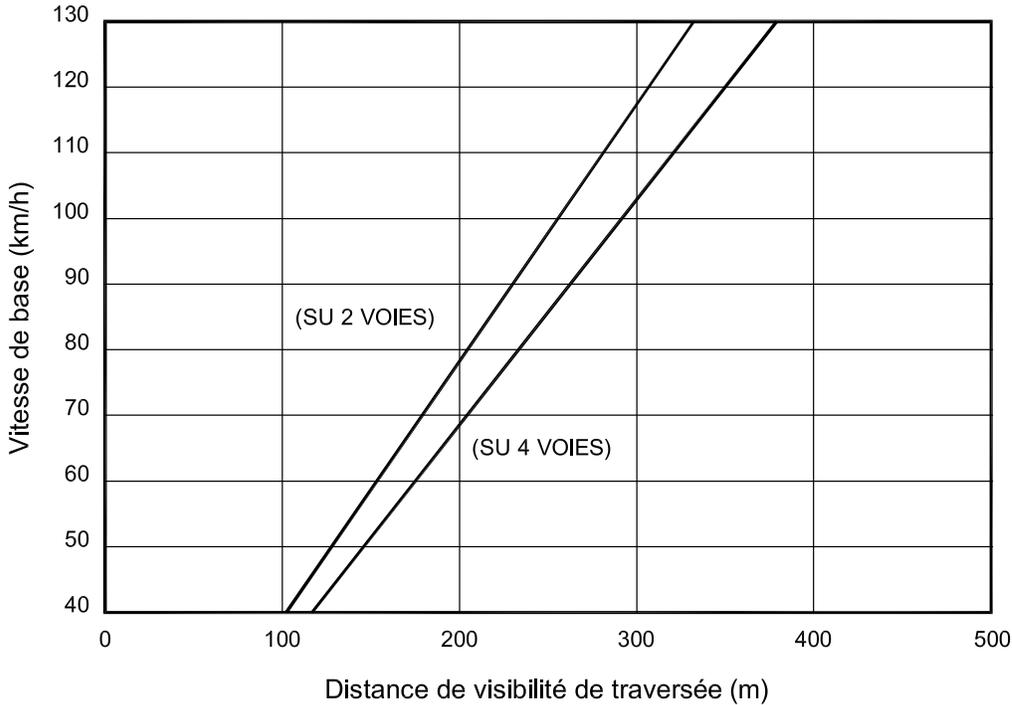
Selon que le véhicule sur la route secondaire traverse la route principale ou qu'il s'insère dans la circulation de la route principale, les distances de visibilité sont différentes. Lorsque les conditions le justifient et que les coûts le permettent, le critère de la distance de visibilité de virage (manœuvre d'insertion) doit être utilisé.

Cependant, en tenant compte des contraintes économiques, les distances de visibilité de traversée d'un véhicule du type SU (autobus et camions de longueur de 9,1 m), qui constituent un minimum pour la conception des carrefours plans, sont utilisées. Le graphique 7.4–1 montre les vitesses de base sur les routes principales en fonction des distances de visibilité de traversée pour des véhicules du type SU.

Dans le cas de la conception d'un nouveau carrefour, la distance de visibilité de virage à gauche devrait toujours être visée. Dans tous les cas, il faut tendre à se rapprocher de cette distance avec, comme minimum, la distance de visibilité de traversée.

7.4.1 Distance de visibilité de traversée

La distance de visibilité de traversée (DVT) est déterminée à partir de la durée totale nécessaire aux conducteurs circulant sur la route secondaire pour traverser la route principale. Cette période de temps comprend une durée de 2 secondes représentant le temps de perception physiologique et de réaction ainsi que le temps nécessaire à l'accélération du véhicule (T_a) à l'occasion de la traversée.



Graphique 7.4-1
Distance de visibilité de traversée en fonction de la vitesse de base

Le temps nécessaire à l'accélération du véhicule est calculé à partir de la distance de traversée (D_T) déterminée par la formule suivante :

$$D_T = A + R + L$$

où

A : 3 m (distance moyenne entre l'avant d'un véhicule arrêté et la voie de circulation)

R : (largeur d'une voie de circulation x nombre de voies) + largeur d'un terre-plein (le cas échéant)

L : longueur du véhicule

P : 5,8 m (voiture personnelle)

SU : 9,1 m (autobus et camion)

WB-15 : 16,7 m (semi-remorque)

À partir de la distance déterminée précédemment, le temps d'accélération (T_a) est

évalué au moyen du graphique 7.4-2. Les modèles de régression suivants offrent aussi une précision suffisante pour être utilisés en remplacement des courbes.

Durée d'accélération T_a (s) en fonction de la distance traversée D_T (m) :

Véhicule du type P $T_a = 1,1263 D_T^{0,5091}$

Véhicule du type SU $T_a = 1,4850 D_T^{0,5328}$

Véhicule du type WB-15 $T_a = 1,6331 D_T^{0,5565}$

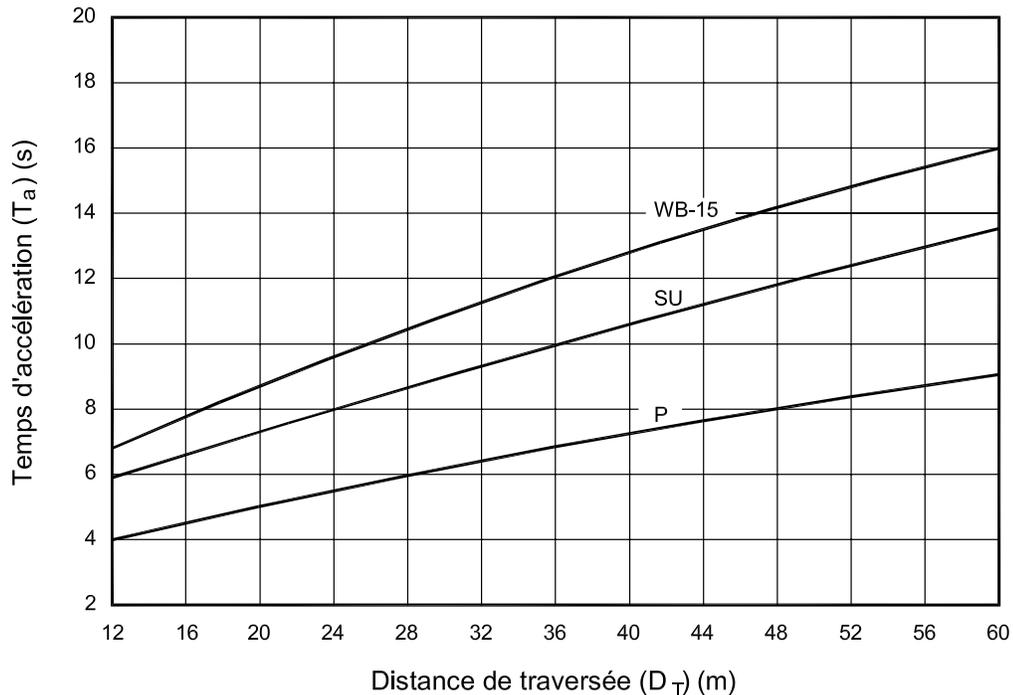
En général, un véhicule du type SU doit être utilisé pour la conception d'un carrefour plan. Cependant, dans certains cas particuliers où l'intersection est utilisée par un grand nombre de semi-remorques, la conception peut être fondée sur les distances de visibilité d'un véhicule du type WB-15.



NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Arne Marie Leclerc
Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.



Graphique 7.4-2
Temps d'accélération en fonction de la distance de traversée

La distance de visibilité de traversée est ensuite calculée en fonction de la vitesse de base de la route principale. Elle est calculée au moyen de l'équation suivante :

$$DVT = V \times (T_a + 2) / 3,6$$

où

DVT : distance de visibilité de traversée (m)

V : vitesse de base de la route principale (km/h)

T_a : temps d'accélération requis du véhicule circulant sur la route secondaire pour traverser la route principale

Le tableau 7.4-1 indique les distances de visibilité de véhicules du type SU pour des routes principales à 2 et à 4 voies et pour des vitesses de 40 à 110 km/h.

Tableau 7.4-1
Distance de visibilité de traversée (véhicule du type SU)

Vitesse de base (km/h)	Traversée	
	2 voies (m)	4 voies (m)
40	105	120
50	130	145
60	155	175
70	180	205
80	205	235
90	230	265
100	255	295
110	285	320

Si la route secondaire est en pente, les temps d'accélération seront augmentés en montée et réduits en descente. Le facteur de

correction suivant est appliqué aux temps d'accélération obtenus en prenant en compte une déclivité nulle.

$$T_a \text{ (déclivité)} = \alpha T_a$$

où

- α : facteur de correction
 - pente ascendante = $1/(1 - gp/a)$
 - pente descendante = $1/(1 + gp/a)$
- g : accélération de la gravité = $9,8 \text{ m/s}^2$
- p : déclivité en pourcentage divisé par 100
- a : accélération du véhicule en m/s^2 (tableau 7.4-2)

Quelques valeurs du facteur de correction sont indiquées au tableau 7.4-3.

La distance de visibilité au carrefour est mesurée à partir de la hauteur de l'œil du

conducteur arrêté à l'intersection (1,05 m) jusqu'à une hauteur conforme au type de véhicule pris en compte pour la traversée. Cette hauteur H_v est déterminée comme suit :

type P	$H_v = 1,30 - 0,15 = 1,15 \text{ m}$
type SU ou WB-15	$H_v = 4,10 - 0,15 = 3,95 \text{ m}$

Note

Quand la ligne de visée déborde de l'accotement, il faut vérifier que la présence d'amoncellements de neige le long de la route ne nuit pas à la visibilité dans les cas où il y a combinaison avec une courbe horizontale ou verticale. Il faudra aussi vérifier la présence d'obstacles, incluant les talus.

Exemple

Déterminer la distance de visibilité de traversée d'un véhicule du type SU; les approches de la route secondaire ont une déclivité de 5 %, la vitesse de base sur la route principale est de 90 km/h, la route principale est à 4 voies de 3,7 m chacune, sans terre-plein.

Solution :

$$A = 3 \text{ m} \quad R = 14,8 \text{ m} \quad L = 9,1 \text{ m} \quad \text{donc } D_T = 26,9 \text{ m}$$

$$T_a = 1,485 D_T^{0,5328} = 1,485 \times (26,9)^{0,5328} = 8,58 \text{ s}$$

$$\alpha = 1/(1 - gp/a) = 1/(1 - 9,81 \times 0,05/1,6) = 1,44$$

$$T_{a(\text{déclivité})} = \alpha T_a = 1,44 \times 8,58 = 12,4 \text{ s}$$

$$DVT = V \times (T_a + 2)/3,6 = 90(2 + 12,4)/3,6 = 360 \text{ m}$$

En utilisant les valeurs du tableau 7.4-3,

$$\alpha = (1,32 + 1,58)/2 = 1,45$$

$$DVT = 361 \text{ m}$$

Tableau 7.4-2
Accélération en montée et en descente par type de véhicule

Type de véhicule	accélération (m/s^2)	
	descente	montée
P	1,2	1,6
SU	1,2	1,6
WB-15	1,2	0,99

Tableau 7.4-3
Facteurs de correction pour des pentes spécifiques des approches de la route secondaire

Type de véhicule	déclivité (%)					
	-6	-4	-2	2	4	6
P	0,67	0,75	0,86	1,14	1,32	1,58
SU	0,67	0,75	0,86	1,14	1,32	1,58
WB-15	0,67	0,75	0,86	1,25	1,66	2,46



7.4.2 Distance de visibilité de virage

7.4.2.1 Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route secondaire

Le conducteur d'un véhicule qui effectue un virage à gauche sur une route principale à partir d'une route secondaire doit en premier lieu disposer d'une distance de visibilité suffisante sur sa gauche pour traverser les voies les plus rapprochées sans nuire aux véhicules engagés sur ces voies. C'est le cas de la distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la gauche (DVVGG).

En second lieu, ce conducteur doit disposer d'une distance de visibilité suffisante sur sa droite pour accélérer et atteindre une vitesse équivalente à 85 % de la vitesse de base de la route principale, sans nuire aux véhicules arrivant à sa droite. C'est le cas de la distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite (DVVGD).

La distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la gauche (DVVGG) se calcule ainsi :

$$DVVGG = 0,28 V (PIEV + T_a)$$

V : vitesse de base sur la route principale en km/h

PIEV : temps de perception - réaction = 2 s

T_a : temps nécessaire pour accélérer et franchir la distance requise pour libérer les voies des véhicules venant de la gauche

La distance nécessaire pour libérer les voies des véhicules venant de la gauche est toujours inférieure à la distance de traversée. Par conséquent, la DVVGG est toujours inférieure à la DVT. Donc, le respect de la DVT assure aussi le respect de la DVVGG.

La distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite (DVVGD) se calcule selon les hypothèses suivantes :

- le véhicule qui effectue le virage parcourt la distance nécessaire pour atteindre une vitesse égale à 85 % de la vitesse de base de la route principale;
- à la fin de la manœuvre, il y a un écart de 2 secondes entre ce véhicule provenant de la route secondaire et le véhicule circulant sur la route principale;
- le temps de perception et de réaction est de 2 secondes pour tous les conducteurs;
- le rayon de virage est égal à 1,5 fois la largeur des voies de la route principale plus 3 m (recul du véhicule au carrefour). La figure 7.4–1 montre ce cas.

La DVVGD se calcule comme suit :

1. La première étape consiste à évaluer la distance (A) parcourue par le véhicule s'engageant sur la route principale, jusqu'à ce qu'il atteigne 85 % de la vitesse de base de la route principale.

Cette évaluation se fait au moyen du graphique 7.4–3. L'équation ci-dessous peut également être utilisée lorsque $V \geq 30$ km/h.

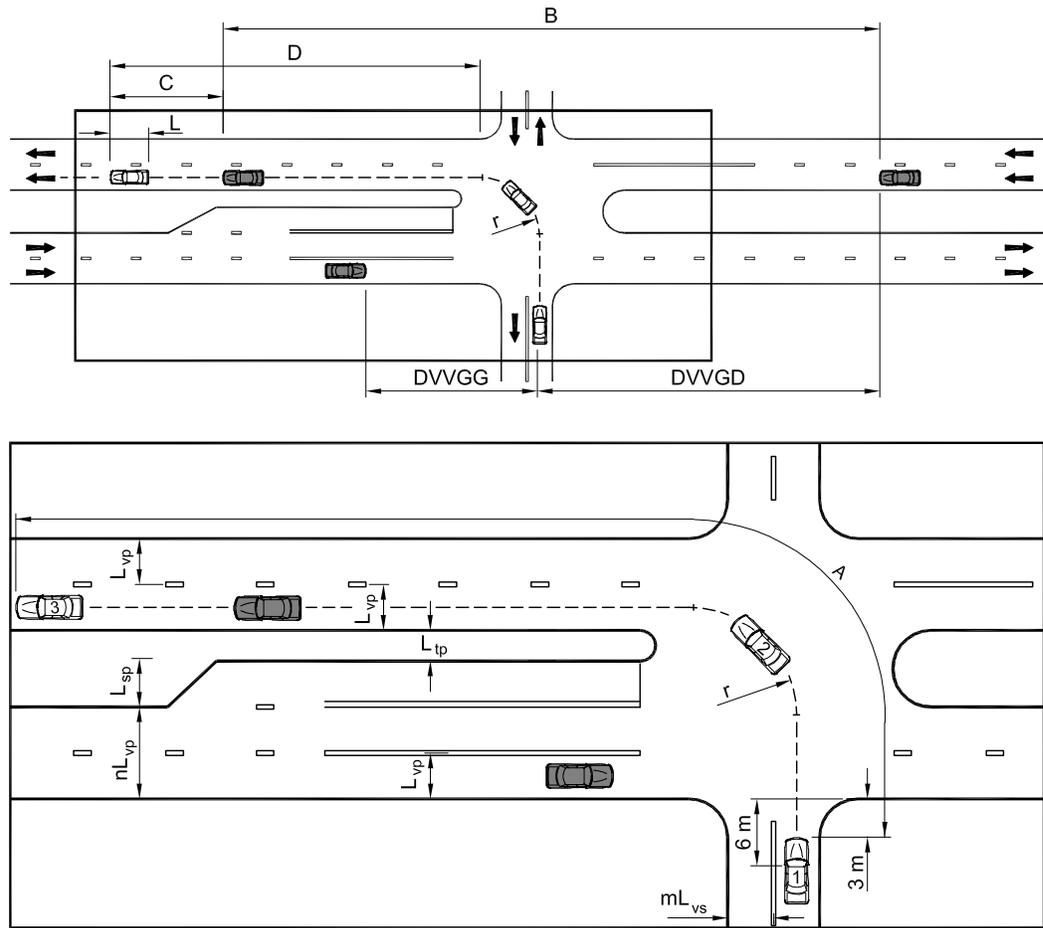
$$A = 0,00002826 V^4 - 0,0062134 V^3 + 0,53821 V^2 - 17,971 V + 230,4$$

V : vitesse en km/h

2. Le temps de parcours t_p requis pour franchir la distance A est déterminé au moyen du graphique 7.4–4 ou de l'équation suivante :

$$t_p = 0,9723 A^{0,5443}$$

3. La distance (B) parcourue par un autre véhicule circulant sur la route principale



DÉTAIL

- $DVVGD = B + C - (D + r)$
(distance de visibilité de virage à gauche lorsque le véhicule circulant sur la route principale vient de la droite (m))
- A** = distance parcourue par le véhicule s'engageant sur la route principale, jusqu'à ce qu'il atteigne 85 % de la vitesse de base de la route principale (m) (positions 1 à 3)
- B** = distance parcourue par le véhicule circulant sur la route principale lorsqu'il n'est plus qu'à un écart de 2 s avec le véhicule qui vient de s'engager sur la route principale (m)
- C** = espacement entre le véhicule qui vient de s'engager sur la route principale et celui qui vient de sa droite (m)
- D** = distance parcourue par le véhicule s'engageant sur la route principale pour atteindre sa vitesse de croisière (m)
- L** = longueur du véhicule (m)
- n** = nombre de voies continues de la route principale par sens de circulation
- m** = nombre de voies continues de la route secondaire par sens de circulation
- L_{vp}** = largeur des voies de la route principale (m)
- L_{vs}** = largeur de la voie secondaire (m)
- L_{tp}** = largeur du terre-plein de la route principale (m)
- L_{sp}** = largeur de la voie de stockage de la route principale qu'il faut traverser (cette voie est sur la chaussée opposée au véhicule qui vient de la droite) (m)
- r** = rayon correspondant à $1,5 L_{vp} + 3$
- t_p** = temps de parcours t_p requis pour franchir la distance **A** (s)
- V** = vitesse de base de la route principale (km/h)

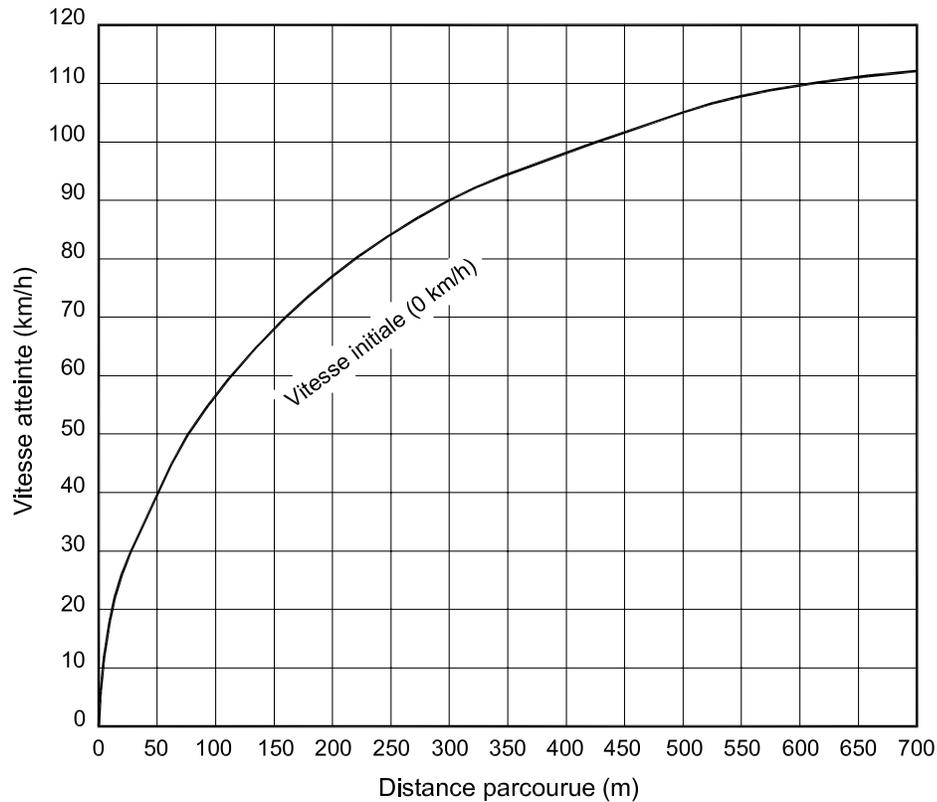
Figure 7.4-1
Distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite (DVVGD)



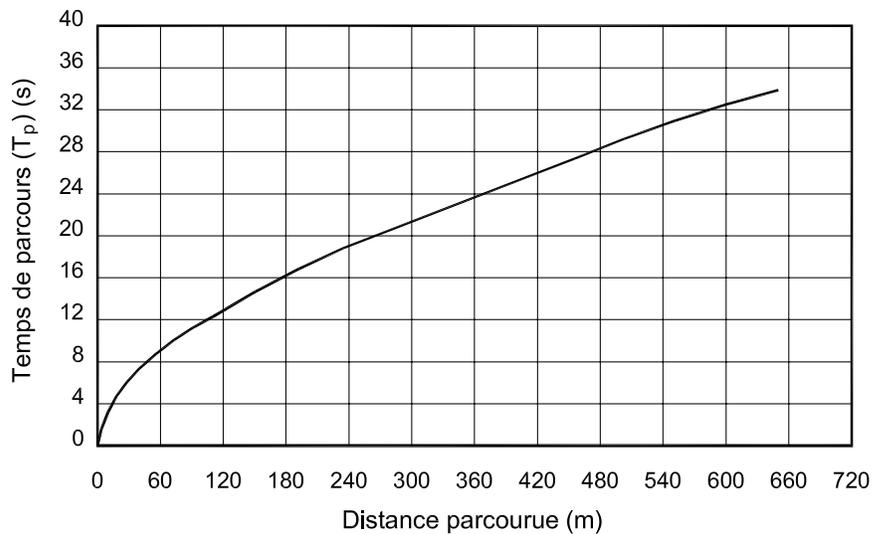
NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Arne-Marie Leclerc
Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.



Graphique 7.4-3
Vitesse atteinte en fonction de la distance parcourue (A)
(véhicule du type P)



Graphique 7.4-4
Temps de parcours (t_p) en fonction de la distance parcourue
(véhicule du type P)

tient compte du temps de perception et de réaction du conducteur (2 s), puis d'une décélération constante permettant de passer de la vitesse de base à 85 % de celle-ci pendant le temps de parcours t_p requis pour franchir la distance A. Cette distance B se calcule comme suit :

$$B = (0,925 t_p + 2)V / 3,6$$

4. L'espacement de sécurité (C) entre les véhicules se calcule comme suit :

$$C = L + 2 \times 0,85V / 3,6 = L + 0,472V$$

où

L : longueur du véhicule.

5. La distance parcourue (D) sur la voie principale par le véhicule tournant à gauche avant d'atteindre sa vitesse de croisière.

$$D + r = A - [(n - 0,1438) L_{vp} + L_{tp} + L_{sp} + 1,7]$$

où

r : rayon de courbure dans la trajectoire du véhicule.

6. La distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule qui vient de la droite est donc

$$DVVGD = B + C - (D + r),$$

ce qui donne

$$DVVGD = B + C - A + [(n - 0,1438) L_{vp} + L_{tp} + L_{sp} + 1,7]$$

La DVVGD est calculée pour un véhicule de type P, car la prise en considération des véhicules lourds donne des distances irréalistes par rapport à la capacité visuelle des conducteurs.

Le tableau 7.4-4 indique les DVVGD pour certaines situations.

Les exemples (1) et (2) montrent des calculs de la DVVGD.

7.4.2.2 Distance de visibilité de virage à droite à partir de la route secondaire

Il s'agit de la distance de visibilité de virage à droite pour un véhicule venant de la gauche (DVVDG). Elle se calcule en formulant les mêmes hypothèses que pour la DVVGD, sauf que le rayon est fixé à 7,6 m et que le virage à droite s'effectue sur la voie la plus rapprochée.

Donc,

$$DVVDG = B + C - A + 4,3$$

Les valeurs des DVVDG sont indiquées au tableau 7.4-5.

L'observation des tableaux 7.4-4 et 7.4-5 permet de constater que la DVVDG est inférieure ou égale à la DVVGD.

Tableau 7.4-4

Distance de visibilité de virage à gauche pour un véhicule venant de la droite selon diverses situations (véhicule du type P, voies de 3,7 m)

	Vitesse (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
route à 2 voies, 2 sens	85	115	155	200	245	305	370	440	515
route à 4 voies contiguës	90	120	160	200	250	310	370	440	520
route à 4 voies divisées (terre-plein de 0,7 m) et voie de stockage de 3 m	95	125	160	205	255	310	370	445	520

NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies


Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Tableau 7.4-5

Distance de visibilité de virage à droite pour un véhicule venant de la gauche

	Vitesse (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
toutes routes	85	115	155	195	245	305	365	440	515

Exemple 1

Route principale à 2 voies, circulation dans les 2 sens

Détermination de la DVVGD pour un véhicule de type P, une route à deux voies de 3,7 m chacune et une vitesse de base de 90 km/h

1. Au moyen du graphique ou de l'équation, pour une vitesse de 77 km/h (85 % V_b), la valeur obtenue est $A = 200$ m
2. Le temps de parcours correspondant (graphique 7.4-4 ou équation) = 17,2 s
3. $B = (0,925t_p + 2) V/3,6 = (0,925 \times 17,2 + 2) 90/3,6 = 447,8$ m
4. $C = L + 2 \times 0,85V/3,6 = 5,8 + 0,472 \times 90 = 48,3$ m
5. $(n - 0,1438) L_{vp} + L_{tp} + L_{sp} + 1,7 = 0,8562 \times 3,7 + 1,7 = 4,9$ m
6. $DVVGD = 447,8 + 48,3 - 200,0 + 4,9 = 301,0$ m $\cong 305$ m

Exemple 2

Route principale à 4 voies divisées par un terre-plein et avec voies de stockage

Détermination de la DVVGD pour un véhicule de type P; les voies ont 3,7 m de largeur, la voie de stockage a 3 m de largeur, le terre-plein 0,7 m de largeur et la vitesse de base est de 90 km/h

1. Au moyen du graphique ou de l'équation, la valeur obtenue est $A = 200$ m
2. Le temps de parcours correspondant (graphique 7.4-4 ou équation) = 17,2 s
3. $B = (0,925t_p + 2) V/3,6 = (0,925 \times 17,2 + 2) 90/3,6 = 447,8$ m
4. $C = L + 2 \times 0,85V/3,6 = 5,8 + 0,472 \times 90 = 48,3$ m
5. $(n - 0,1438) L_{vp} + L_{tp} + L_{sp} + 1,7 = 1,8562 \times 3,7 + 0,7 + 3,0 + 1,71 = 12,3$ m
6. $DVVGD = 447,8 + 48,3 - 200,0 + 12,3 = 308,4$ m $\cong 310$ m

Tome I
Chapitre 7
Page 16
Date 2003 04 15

7.4.2.3 Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route principale

Cette norme concerne seulement le cas d'un véhicule arrêté avant d'effectuer un virage à gauche dans le courant opposé. Il est considéré que le décalage des voies de virage à gauche permet au conducteur du véhicule tournant de disposer de la distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route principale, malgré la présence de véhicules en attente pour tourner à gauche à l'approche opposée.

Le conducteur d'un véhicule qui tourne à gauche doit disposer de suffisamment de temps pour effectuer sa manœuvre en toute sécurité. Il doit donc avoir libéré la route avant que le véhicule conflictuel sur cette route atteigne la voie sur laquelle il termine son virage. La figure 7.4-2 montre la situation en question.

Trois hypothèses sont prises en considération pour développer le modèle de calcul (voir détail figure 7.4-2) :

1. Le mouvement de virage est amorcé à partir de la ligne d'arrêt.
2. Le conducteur utilise le rayon lui permettant d'effectuer sa manœuvre le plus rapidement possible.
3. Le véhicule accélère et atteint une vitesse maximale qui n'excède pas la vitesse sécuritaire permise par le rayon. Par la suite, le véhicule continue à cette vitesse jusqu'à ce qu'il atteigne la fin de la courbe, après quoi il accélère à nouveau.

Le rayon R est le minimum de :

$$[(n + 0,5) L_{vc} + L_{tc} + L]$$

ou

$$[3 + (m + 0,5) L_{vt} + L_{tt}]$$

L_{vc} : largeur des voies de la route en question

L_{tc} : largeur du terre-plein central de la route en question

L : longueur du véhicule

L_{vt} : largeur des voies de la route transversale

L_{tt} : largeur du terre-plein central de la route transversale

La longueur D de la trajectoire est :

$$D = 3 + (m + 0,5) L_{vt} + L_{tt} + (n + 0,5) L_{vc} + L_{tc} + L - 2R + \pi R/2$$

En retenant l'hypothèse d'un dévers nul au carrefour, la vitesse maximale de virage obtenue est déterminée par l'équation :

$$V_{max} = \sqrt{127 R f}$$

où

V_{max} : vitesse en km/h

f : coefficient de friction transversal montré au graphique 7.4-5 ou calculé au moyen de l'équation suivante :

$$f = 0,8744 - 0,1749 \ln(V_{max})$$

Les deux équations précédentes permettent de déterminer itérativement V_{max} .

L'équation qui suit permet d'obtenir directement (c'est-à-dire sans itération) la valeur de V_{max} :

$$V_{max}^2 + 22,21 R \ln(V_{max}) - 111 R = 0$$

La distance « s » parcourue pour atteindre V_{max} est déterminée par la relation :

$$s = 0,01815V_{max}^{2,1352}$$

La différence entre la distance parcourue pour atteindre la fin de la courbe et la distance « s » donne la distance parcourue à vitesse constante D_c .

La distance parcourue pour atteindre la fin de la courbe est déterminée comme suit :

$$3 + (m + 0,5) L_{vt} + L_{tt} - R + \pi R/2$$

Ce qui équivaut à $\pi R/2$ lorsque

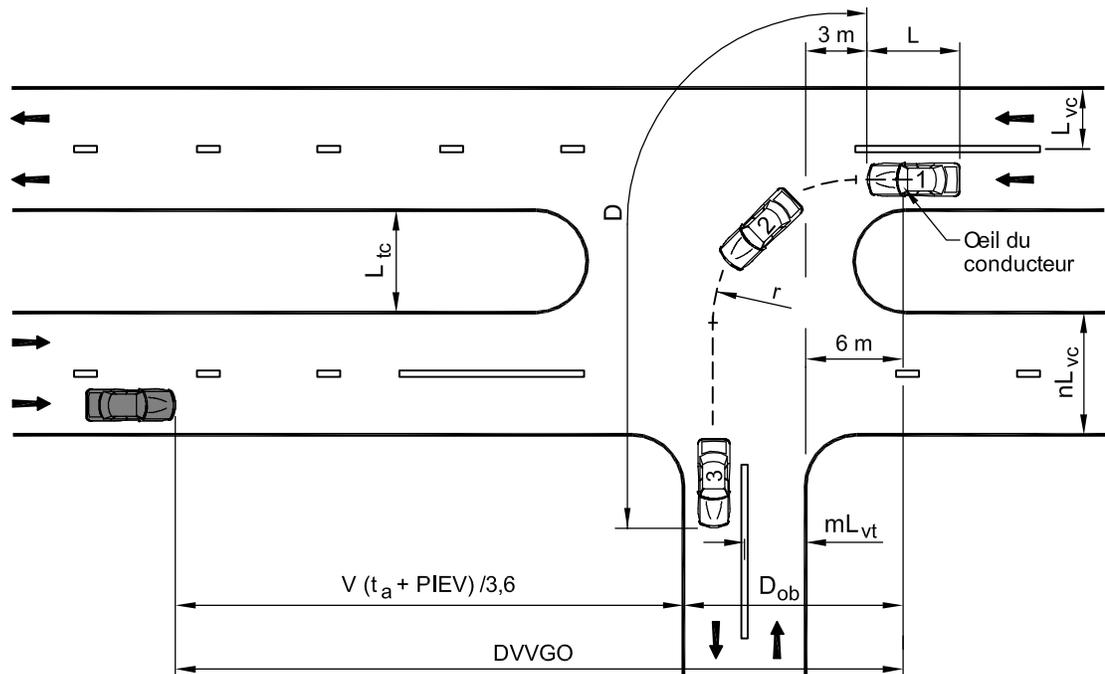
$$R = 3 + (m + 0,5) L_{vt} + L_{tt}$$



NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

Arne-M. Leclerc
Arne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.



La distance de visibilité est donc : $DVVGO = D_{ob} + V (0,925t_{tot} + PIEV) / 3,6$

DVVGO = distance de visibilité pour virage à gauche à partir de la route principale

V = vitesse de base en km/h

D = distance parcourue par le véhicule tournant pour libérer le carrefour (positions 1 à 3)

t_a = temps nécessaire pour qu'un véhicule venant en sens opposé franchisse la distance de visibilité avant l'intersection

t_{tot} = temps nécessaire pour parcourir la distance D (voir tableau 7.4-6)

PIEV = durée de perception-réaction = 2 s

D_{ob} = distance entre l'œil du conducteur et la prolongation de la fin de la voie de la route sur laquelle aboutit le véhicule tournant

L_v = largeur des voies de la route

L_t = largeur du terre-plein de la route

L = longueur du véhicule

c = route d'où commence le virage (par exemple, L_{vc} désigne la largeur des voies d'où commence le virage)

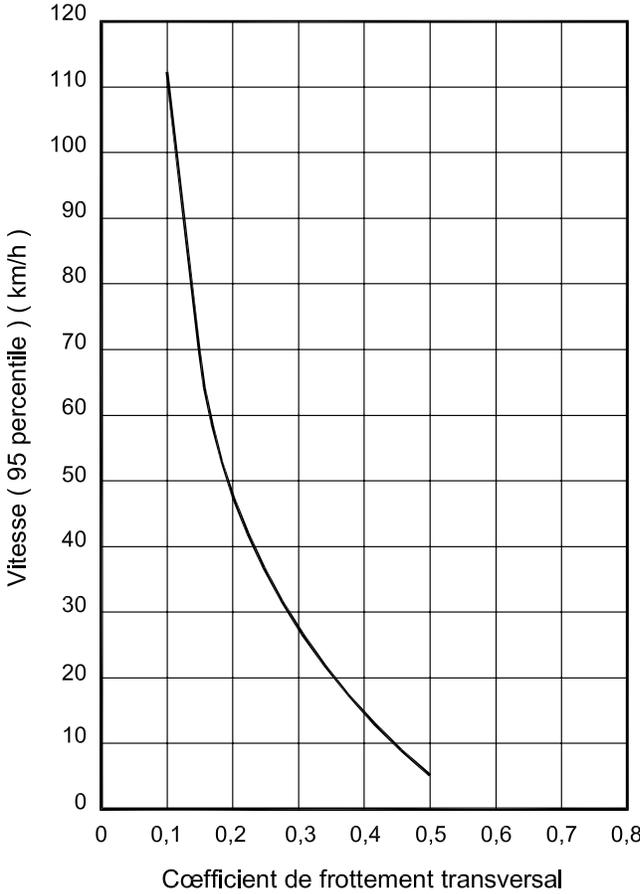
t = route transversale

n = nombre de voies sur la chaussée à gauche du véhicule tournant sur la route d'où commence le virage

m = nombre de voies de la route transversale sur la chaussée à gauche du véhicule tournant

Figure 7.4-2

Distance de visibilité de virage à gauche à partir de la route principale (DVVGO)



Graphique 7.4-5
Coefficient de frottement transversal

et à D lorsque
 $R = (n + 0,5) L_{vc} + L_{tc} + L$

Le reste du parcours est fait en accélérant. La distance ainsi parcourue en accélérant est la suivante :
 $D_a = D - D_c$

L'équation $t_a = 1,1263 D_a^{0,5091}$ donne le temps écoulé durant ce parcours.
Le temps nécessaire pour parcourir la distance D_c est donné par $t_c = 3,6 D_c / V_{max}$.
Le temps nécessaire (t_{tot}) pour parcourir la distance D est la somme du t_a et du t_c .

L'application de cette méthode vise à satisfaire aux cas suivants :

1. Les cas spécifiés au tableau 7.4-6.
2. Dans le cas des carrefours à feux, les situations de virage à gauche dans le trafic opposé, à la fin du feu vert.
3. Le cas de l'accès à une entrée privée.

La détermination de la distance de visibilité est alors directe car :

$$DVVGO = D_{ob} + V(0,925t_{tot} + 2)/3,6$$

où

$$D_{ob} = 6 + mL_{vt} + L_{tt}$$

NORME

Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies


Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Tableau 7.4-6

Temps de dégagement t_{tot} pour les virages à gauche dans la circulation opposée

Description	Largeur des voies de la route où commence le virage	
	3,7 m	3 m
Route à 2 x 1 voies		
– sans terre-plein	4,75 s	4,57 s
– avec terre-plein de 2,5 m	5,13 s	4,97 s
Route à 2 x 2 voies		
– sans terre-plein	5,31 s	5,05 s
– avec terre-plein de 2,5 m	5,65 s	5,41 s
Route à 2 x 3 voies		
– sans terre-plein	5,81 s	5,48 s
– avec terre-plein de 2,5 m	6,13 s	5,82 s

Note :

- la route transversale est à deux voies contiguës de 3 à 3,7 m de largeur chacune.

$D_{ob} = 6 + 2 \times 3,7 = 13,4$ m
si la route transversale
possède des voies de 3,7 m
de largeur

et $D_{ob} = 12$ m
si la route transversale
possède des voies de 3 m
de largeur

Pour une route à 2 x 2 voies avec terre-plein de 2,5 m, avec une vitesse de base de 100 km/h, la DVVGO sera :

$$DVVGO = 13,4 \text{ m} + 100 \times (0,925 \times 5,65 + 2) / 3,6 = 214,1 \text{ m} \approx 215 \text{ m}$$

Les cas non couverts par le tableau doivent être résolus indépendamment de celui-ci.

Les exemples 3 et 4 permettent de se familiariser avec toute la procédure.

Tome I
Chapitre 7
Page 20
Date 2003 04 15

DISTANCE DE VISIBILITÉ

AM Leclerc
Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

NORME

Exemple 3

Cas d'un virage à gauche effectué à partir d'une route à 2 voies séparées par un terre-plein de 2,5 m, vers une route transversale à 2 voies contiguës

$$n = m = 1, \quad L_{vc} = L_{vt} = 3,7 \text{ m}, \quad L_{tc} = 2,5 \text{ m}, \quad L_{tt} = 0 \quad L = 5,8 \text{ m}$$

Solution

R est le minimum entre :

- $(n + 0,5)L_{vc} + L_{tc} + L = 1,5 \times 3,7 + 2,5 + 5,8 = 13,85 \text{ m}$
- $3 + (m + 0,5)L_{vt} + L_{tt} = 3 + 1,5 \times 3,7 = 8,55 \text{ m}$

$$R = \min\{13,85; 8,55\} = 8,55 \text{ m}$$

La distance $D = 3 + (m + 0,5)L_{vt} + L_{tt} + (n + 0,5)L_{vc} + L_{tc} + L - 2R + \pi R/2$

$$D = 8,55 + 13,85 - 2 \times 8,55 + \pi 8,55/2 = 18,73 \text{ m}$$

$$V_{\max} = \sqrt{127Rf}$$

$$V_{\max} = \sqrt{127 \times 8,55 \times f} \quad \text{avec } f = 0,8744 - 0,1749 \ln(V)$$

La résolution de l'équation $V_{\max}^2 + 22,21R \ln(V_{\max}) - 111,0R = 0$ donne $V_{\max} = 19,6 \text{ km/h}$

La distance parcourue pour atteindre la vitesse maximale est

$$s = 0,01815 V_{\max}^{2,1352}$$

$$s = 0,01815 \times 19,6^{2,1352} = 10,43 \text{ m}$$

La distance parcourue pour atteindre la fin de la courbe est

$$8,55 - 8,55 + \pi 8,55/2 = 13,43 \text{ m}$$

$$D_c = 13,43 - 10,43 = 3 \text{ m}$$

$$D_a = 18,73 - 3 = 15,73 \text{ m}$$

$$t_a = 1,1263 \times 15,73^{0,5091} = 4,58 \text{ s}$$

$$t_c = 3 \times 3,6/19,6 = 0,55 \text{ s}$$

$t_{\text{tot}} = 4,58 + 0,55 = 5,13 \text{ s}$, ce qui correspond à la valeur indiquée au tableau 7.4-6

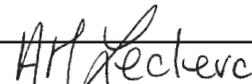
$$D_{\text{ob}} = 6 + 2 \times 3,7 = 13,4 \text{ m}$$

$$DVVGO = 13,4 + (0,925 \times 5,13 + 2)V/3,6$$

V = vitesse de base en km/h

NORME

Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies


Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

Exemple 4

Cas d'un virage à gauche effectué à partir d'une route à 2 voies contiguës, vers une route transversale à 4 voies divisées avec une voie exclusive de virages à gauche. La largeur du terre-plein est de 2,5 m à l'approche du carrefour.

$$n = 1, m = 3, \quad L_{vc} = L_{vt} = 3,7 \text{ m}, \quad L_{tt} = 2,5 \text{ m} \quad L = 5,8 \text{ m}$$

Solution

- $(n + 0,5)L_{vc} + L_{tc} + L = 1,5 \times 3,7 + 0 + 5,8 = 11,35 \text{ m}$
 - $3 + (m + 0,5)L_{vt} + L_{tt} = 3 + 3,5 \times 3,7 + 2,5 = 18,45 \text{ m}$
- $$R = \min \{11,35; 18,45\} = 11,35 \text{ m}$$

$$\text{La distance } D = 18,45 + 11,35 - 2 \times 11,35 + \pi 11,35/2 = 24,92 \text{ m}$$

$$V_{\max} = \sqrt{127 \times 11,35 \times f} \text{ avec } f = 0,8744 - 0,1749 \ln(V)$$

$$\text{La résolution de l'équation } V_{\max}^2 + 22,21R \ln(V_{\max}) - 111,0R = 0 \text{ donne } V_{\max} = 21,94 \text{ km/h}$$

$$s = 0,01815 \times 21,94^{2,1352} = 13,26 \text{ m}$$

La distance parcourue pour atteindre la fin de la courbe (D) égale 24,92 m, car à la différence de l'exemple 1 la courbe se termine, ici, à la fin de la trajectoire du véhicule.

La distance à parcourir à la vitesse maximale est donc :

$$D_c = 24,92 - 13,26 = 11,66 \text{ m}$$

$$D_a = s = 13,26 \text{ m}$$

$$t_a = 1,1263 \times 13,26^{0,5091} = 4,20 \text{ s}$$

$$t_c = 11,66 \times 3,6/21,94 = 1,91 \text{ s}$$

$$t_{\text{tot}} = 6,11 \text{ s}$$

Ce cas n'est pas au tableau 7.4-6. Toutefois, il est constaté que le temps de dégagement obtenu est légèrement inférieur à celui calculé au tableau 7.4-6 pour le cas d'un virage effectué à partir d'une route à 2 x 3 voies de 3,7 m avec terre-plein de 2,5 m vers une route à 2 voies contiguës.

$$D_{\text{ob}} = 4 \times 3,7 + 2,5 + 6 = 23,3 \text{ m}$$

$$DVVGO = 23,3 + (0,925 \times 6,11 + 2)V/3,6$$

7.4.3 Passage pour véhicules hors route (VHR)

Un passage pour véhicules hors route (VHR) désigne l'endroit sur un chemin public permettant à un VHR de traverser complètement ce chemin. À un passage pour VHR, la visibilité au passage (distance de visibilité nécessaire pour permettre au VHR de traverser complètement le chemin public) et la distance de visibilité d'arrêt (DVA) sur la route à l'endroit du passage (section 7.2 du présent chapitre) doivent être mesurées de part et d'autre du passage dans les deux directions de la route à l'approche du passage pour VHR.

Détermination de la visibilité au passage

Pour déterminer la visibilité au passage, la distance de visibilité d'arrêt requise (DVA) (section 7.2 du présent chapitre) et la distance de visibilité de traversée requise (DVT) doivent être calculées. La distance de visibilité la plus grande entre la distance de visibilité d'arrêt requise et la distance de visibilité de traversée requise représente la visibilité au passage pour VHR requise, donc :

(max|DVT requise, DVA requise| = visibilité au passage requise).

7.4.3.1 Calcul des distances de visibilité requises et détermination de la visibilité au passage

Distance de visibilité d'arrêt requise à l'endroit du passage

La distance de visibilité d'arrêt requise à l'endroit du passage est déterminée tel qu'il est indiqué à la section 7.2 du présent chapitre.

Distance de visibilité de traversée requise

La distance de visibilité de traversée requise est obtenue à partir de la formule suivante :

$$DVT_{\text{requis}} = \frac{V((1,177393(D_T)^{0,548725}) + 2)}{3,6}$$

où

V : vitesse de base de la route (vitesse affichée + 10 km/h)

D_T : distance de traversée (m)

et

$$D_T = A_1 + A_2 + R + L$$

où

A : largeur de l'accotement (la largeur de l'accotement est celle qui est mesurée sur le terrain. Elle ne doit cependant pas être inférieure à 1,0 m ni supérieure à 3 m ($3 \text{ m} \geq A \geq 1 \text{ m}$)).

R : largeur de la chaussée + largeur du terre-plein central, le cas échéant.

L : longueur du véhicule = 3,05 m pour les VHR.

La figure 7.4–3 présente la détermination de la distance de traversée.

7.4.3.2 Mesure de la DVA de la route et de la visibilité au passage

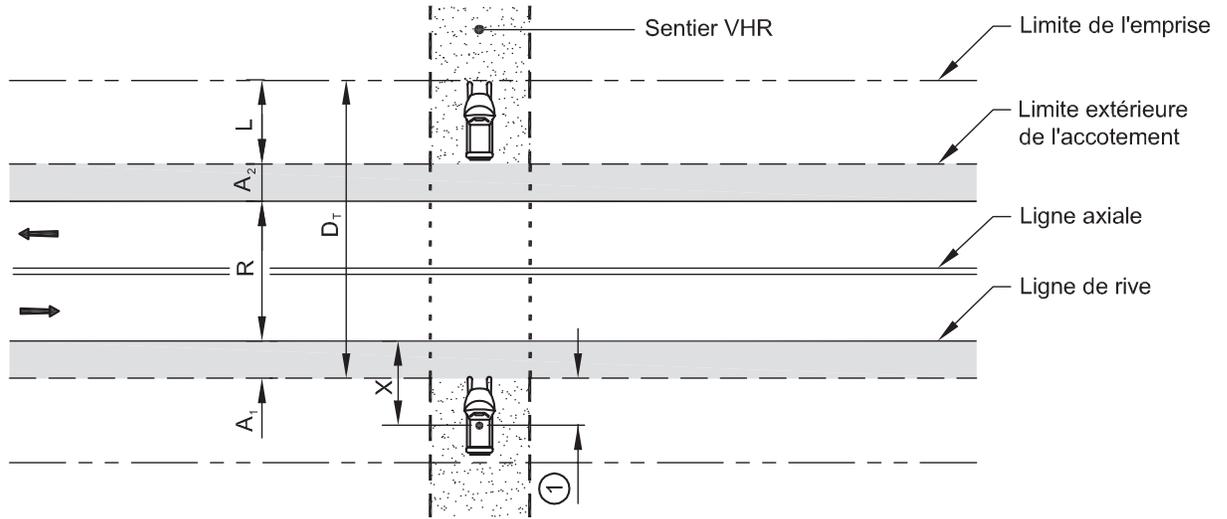
Au moment de la mesure de la DVA et de la visibilité au passage, la ligne de visée ne doit jamais être obstruée par la présence d'amoncellements de neige, de talus ou d'autres obstacles et ne doit jamais dépasser la limite extérieure de l'emprise. La figure 7.4–4 présente un exemple de la mesure de la DVA et de la visibilité au passage à l'endroit du passage pour VHR.



NORME

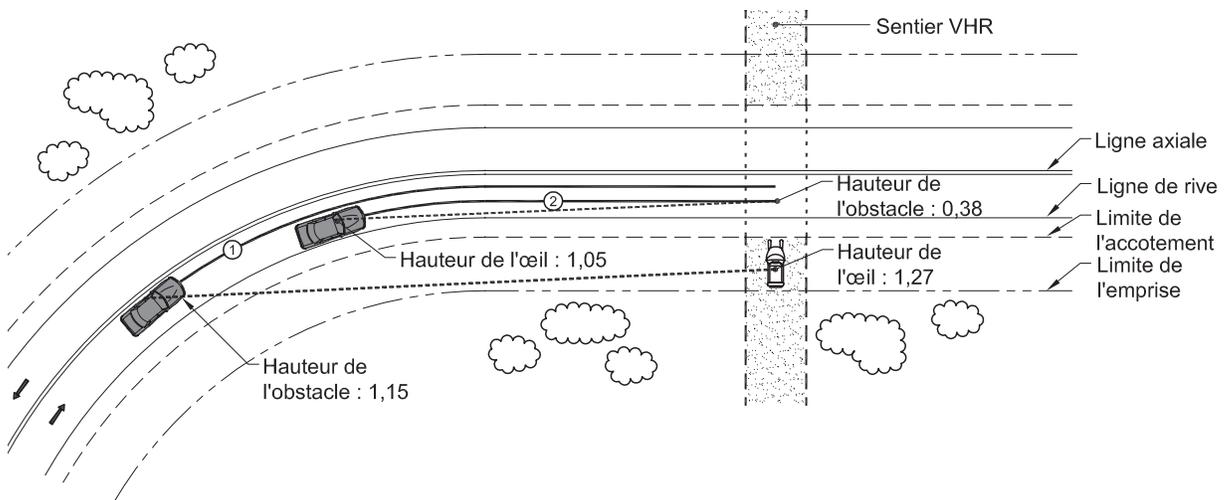
Autorisé pour publication par :
Sous-ministre adjointe
Direction générale des
infrastructures et des technologies

AM Lederc
Anne-Marie Lederc, ing., M. Ing.



① Distance entre l'oeil du conducteur de VHR et l'avant du VHR : 1,82 m.

Figure 7.4-3
Distance de traversée à un passage pour véhicules hors route (VHR)



① Longueur de la visibilité au passage.

② Longueur de la DVA.

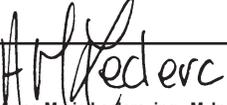
Note :

- les cotes sont en mètres.

Figure 7.4-4
Exemple de mesure de la DVA et de la visibilité au passage pour VHR

Tome I
Chapitre 7
Page 24
Date 2006 06 15

DISTANCE DE VISIBILITÉ


 Autorisé pour publication par :
 Sous-ministre adjointe
 Direction générale des
 infrastructures et des technologies
 Anne-Marie Leclerc, ing., M. Ing.

NORME

Repères

La détermination de la distance de visibilité d'arrêt se fait à l'aide d'un repère de 0,38 m pour la hauteur de l'obstacle et de 1,05 m pour celle de l'œil du conducteur de véhicule automobile.

Pour déterminer la visibilité au passage, un repère de 1,27 m de hauteur doit être utilisé pour représenter l'œil du conducteur de VHR arrêté au passage. Le toit du véhicule automobile utilisé pour effectuer les mesures doit être à une hauteur de 1,15 m.

La position du repère représentant l'emplacement du VHR en attente (repère de 1,27 m) au moment de la mesure de la visibilité au passage est déterminée comme suit :

$$X = A + 1,82 \text{ m}$$

où

X : distance séparant le repère de la voie de circulation (de la ligne de rive).

1,82 m : distance entre les yeux du conducteur et l'avant de son véhicule.

La largeur de l'accotement est celle qui est mesurée sur le terrain. Elle ne doit cependant pas être inférieure à 1 m ni supérieure à 3 m ($3 \text{ m} \geq A \geq 1 \text{ m}$).

La figure 7.4–3 illustre la position du repère de 1,27 m représentant le VHR en attente au passage.

Critères d'acceptation d'un passage pour VHR

Le passage pour VHR peut être accepté si les trois conditions suivantes sont respectées :

1. Visibilité au passage pour VHR $\geq (\max|DVT, DVA| = \text{visibilité au passage requise})$;
2. DVA de la route à l'endroit du passage $\geq \text{DVA requise}$;

3. L'aménagement des abords du passage doit être adéquat et permettre l'arrivée sécuritaire des VHR au passage.

Maintien des distances de visibilité

Il faut s'assurer que la visibilité est toujours maintenue durant la période d'utilisation du passage. À titre d'exemple, l'abaissement de l'amoncellement de neige en hiver et l'émondage d'arbres ou d'arbustes durant l'été permettent de conserver la visibilité requise pour assurer la sécurité au passage pour VHR.

7.5 Distance de visibilité d'anticipation

La distance minimale de visibilité d'arrêt est normalement suffisante pour permettre à un conducteur d'arrêter précipitamment dans des circonstances normales. Par contre, cette distance est souvent inadéquate lorsque les conducteurs doivent prendre des décisions complexes ou instantanées, lorsqu'il leur est difficile de percevoir l'information ou lorsque des manœuvres inattendues ou inhabituelles sont requises. Il est évident qu'il y a plusieurs endroits où il serait prudent de prévoir une distance de visibilité plus longue. Dans ces cas, l'utilisation de la distance de visibilité d'anticipation au lieu de la distance minimale de visibilité d'arrêt fournit la marge nécessaire au conducteur.

La distance de visibilité d'anticipation est la distance requise pour permettre à un conducteur de détecter une source d'information ou de danger difficile à percevoir sur une route aux abords encombrés, de la reconnaître, de choisir l'action appropriée et de compléter la manœuvre en sécurité et avec efficacité. La distance de visibilité d'anticipation est de beaucoup supérieure à la distance minimale de visibilité d'arrêt. Elle donne au conducteur une marge de manœuvre supplémentaire et une longueur suffisante pour maintenir la même vitesse ou ralentir plutôt que de simplement arrêter.

Cette distance de visibilité d'anticipation est nécessaire chaque fois qu'il y a une possibilité d'erreur, que ce soit pour la perception de l'information, la prise de décision ou l'exécution de la manœuvre par le conducteur. Voici des endroits critiques où de telles erreurs peuvent se produire et où il est recommandé de prévoir cette distance de visibilité d'anticipation :

- les carrefours présentant des situations particulières de danger;
- les endroits qui requièrent des manœuvres inhabituelles ou inattendues;
- les changements de section en travers tels que les postes de péage et les interruptions de voies;
- les endroits où plusieurs sources d'information (par exemple les éléments de la route, la circulation, la signalisation et les panneaux publicitaires) se font concurrence;
- à l'approche d'un croisement à niveau d'un chemin de fer;
- aux approches d'un passage étroit;
- aux approches des sorties d'une autoroute, surtout si c'est une sortie à gauche;
- sur une autoroute et sur toute route à quatre voies et plus;
- aux approches des couloirs de migration de la grande faune.

Les distances de visibilité d'anticipation présentées au tableau 7.5–1 sont appropriées aux endroits mentionnés précédemment. En raison de la sécurité et de la manœuvrabilité accrues que nécessitent ces tronçons, des distances de visibilité d'anticipation sont prévues au lieu des distances minimales de visibilité d'arrêt. S'il est impossible de prévoir ces distances à cause de la courbure horizontale ou verticale, une attention spéciale est accordée à la signalisation ou à tout autre moyen approprié pour permettre de prévenir les conducteurs des conditions qui pourraient être rencontrées.

Le tableau 7.5–1 contient une échelle des distances de visibilité d'anticipation pouvant s'appliquer à la plupart des situations. Elle tient compte du degré de complexité des manœuvres aux différents endroits.

Pour mesurer la distance de visibilité d'anticipation, la hauteur de l'œil à 1,05 m et une hauteur d'obstacle appropriée sont requises, en tenant compte des conditions prévues (référence section 7.2, voir hauteur de l'obstacle). Dans les cas où le conducteur doit voir la surface de la route, la hauteur de l'obstacle est nulle (par exemple aux carrefours, là où il y a une perte de voies, là où il y a des musoirs, etc.).

Tableau 7.5-1
Distances de visibilité d'anticipation

V _{base} (km/h)	Distance d'anticipation (m)				
	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
40	50	125	110	135	160
50	70	155	140	165	190
60	90	190	170	200	230
70	120	240	200	235	270
80	155	300	230	270	310
90	180	360	280	320	360
100	210	400	300	345	390
110	255	450	330	380	430

Notes :

- les zones en gris correspondent à des cas exigeant un traitement inhabituel. À cause de l'importance des distances nécessaires, d'autres moyens doivent être envisagés (signalisation, etc.);
- en présence d'une pente, pour le type A, la distance de visibilité d'anticipation devrait toujours être supérieure à la distance de visibilité d'arrêt corrigée selon la pente. Si ce n'est pas le cas, il faut utiliser la distance de visibilité d'arrêt corrigée selon la pente;
- pour les types B, C, D et E, la distance de visibilité d'anticipation doit toujours être supérieure à la distance de visibilité d'arrêt corrigée selon la pente. Si ce n'est pas le cas, il est essentiel de réaliser une étude complète portant sur la sécurité.

Le choix se fait selon le milieu et le type de manœuvre anticipée.

Type A : distance d'anticipation d'arrêt en milieu rural

Type B : distance d'anticipation d'arrêt en milieu urbain/périurbain

Type C : distance d'anticipation exigeant un changement de vitesse, de voie ou de direction en milieu rural

Type D : distance d'anticipation exigeant un changement de vitesse, de voie ou de direction en milieu périurbain

Type E : distance d'anticipation exigeant un changement de vitesse, de voie ou de direction en milieu urbain

Tome I
Chapitre 9
Page 8
Date 95 03 02

CARREFOURS DÉNIVELÉS

Directeur général adjoint
Infrastructures et technologies



Jean-Pierre Tremblay, ing.

NORME

tes principales ou de grands boulevards urbains; les mêmes caractéristiques s'appliquent bien que les vitesses de référence soient généralement plus basses que sur les autoroutes.

Les figures 9.3–1 à 9.3–11 illustrent quelques exemples de carrefours dénivelés mineurs parmi les plus courants.

9.3.2 Carrefours dénivelés majeurs

Le croisement de deux autoroutes nécessite un aménagement plus fonctionnel des mouvements d'échange de la circulation entre ces dernières. Au niveau des carrefours dénivelés majeurs, les mouvements de virage se font généralement sur des bretelles directes ou semi-directes. Toutefois, pour des considérations autres qu'opérationnelles, des boucles doivent être utilisées là où la vitesse et les débits sont plus bas. Les entrées et les sorties doivent être du côté droit et les zones d'entrecroisement doivent se situer sur des voies latérales.

Les figures 9.3–12 à 9.3–17 fournissent des exemples de carrefours dénivelés majeurs entre deux autoroutes.

9.4 Éléments géométriques d'un carrefour dénivelé

9.4.1 Entrée et sortie d'autoroute

La portion située entre la voie rapide et la bretelle est communément désignée sous l'appellation entrée et sortie d'autoroute. Les voies de décélération facilitent l'écoulement de la circulation de la voie principale vers la bretelle tandis que les voies d'accélération remplissent le rôle inverse. On utilise deux formes d'entrée et de sortie, soit en biseau et en parallèle. La forme en biseau est celle qui épouse le plus la trajectoire naturelle d'un véhicule qui entre ou sort de l'autoroute. Toutefois, des conditions particulières, telles des courbes, des pentes ou un fort débit de circu-

lation, favorisent un aménagement de forme parallèle.

9.4.1.1 Voies de décélération

La longueur d'une voie de décélération dépend des trois facteurs suivants :

- la vitesse du véhicule lorsqu'il aborde la voie de décélération;
- la vitesse à laquelle le véhicule doit circuler lorsqu'il entre dans la courbe de référence de la bretelle;
- la façon de décélérer.

(voir figure 9.4–1)

On décrit généralement le mouvement du véhicule de la façon suivante : le véhicule circule à la vitesse de base de l'autoroute au début de la voie de décélération, ralentit sans freiner pendant trois secondes puis freine à un taux confortable jusqu'à ce qu'il atteigne la vitesse de base de la courbe de référence de la bretelle. Afin de créer une habitude chez les conducteurs et de régulariser les mouvements de sortie de l'autoroute, la forme de la voie de décélération en biseau est généralement la suivante : une courbe circulaire de rayon égal à 3500 m et d'une longueur de 305 m. Pour les cas particuliers, on peut se référer au tableau 9.4–1 qui donne les valeurs de référence pour les longueurs des voies de décélération.

Lorsque les voies de décélération ont une déclivité supérieure à 3 %, on doit corriger la valeur montrée au tableau 9.4–1 en la multipliant par le facteur de correction indiqué au tableau 9.4–2.

Les dessins normalisés 001, 003, 005 et 007 illustrent différents types de voies de décélération.

Tableau 9.4-1
Longueurs de voies de changement de vitesse

		VITESSE DE BASE DE LA BRETELLE (km/h)							
		Arrêt	20	30	40	50	60	70	80
Vitesse de base de la route (km/h)	Longueur du biseau (m)	Longueur totale de la voie de décélération (à l'exclusion du biseau) (m)							
60	55	90	85	80	70	55	—	—	—
70	65	110	105	100	90	75	60	—	—
80	70	130	120	115	105	95	80	—	—
90	80	150	140	135	125	115	100	80	—
100	85	170	160	155	145	135	120	100	—
110	90	185	175	170	160	150	140	120	100
120	95	200	190	185	180	170	155	135	120
130	100	215	205	200	190	180	170	150	135
140	110	225	220	215	205	195	185	165	150
Vitesse de base de la route (km/h)	Longueur du biseau (m)	Longueur totale de la voie d'accélération (à l'exclusion du biseau) (m)							
60	55	105	95	80	60	20	—	—	—
70	65	165	150	135	105	70	20	—	—
80	70	235	220	205	175	135	85	—	—
90	80	300	290	270	240	205	150	70	—
100	85	380	365	350	330	285	230	150	70
110	90	465	455	440	410	380	330	245	165
120	95	545	540	525	500	470	425	350	280
130	100	610	610	595	570	550	520	455	380
140	110	675	670	660	640	625	600	565	510

NORME

Directeur général adjoint
Infrastructures et technologies


Jean-Pierre Tremblay, ing.

Tableau 9.4-2

Corrections aux voies de changement de vitesse en déclivité

VOIES DE DÉCÉLÉRATION						
Pente (1)	Vitesse de base de la route (km/h)	Facteur de correction (2) pour toutes vitesses de base de la bretelle				
+ 5 %	TOUTES	0,8				
+ 3 % à + 5 %		0,9				
- 3 % à + 3 %		1,0				
- 5 % à - 3 %		1,2				
- 5 %		1,4				
VOIES D'ACCÉLÉRATION						
Pente	Vitesse de base de la route (km/h)	Facteur de correction (2) pour les vitesses de base (km/h) de la bretelle				
		40	50	60	70	80
+ 5 %	60	1,5	1,5			
	70	1,5	1,6	1,8		
	80	1,6	1,7	1,9	2,0	
	90	1,7	1,8	2,0	2,2	
	100	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6
+ 3 % à + 5 %	110	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9
	60	1,3	1,3			
	70	1,3	1,4	1,4		
	80	1,4	1,4	1,4	1,5	
	90	1,4	1,5	1,5	1,5	
- 3 % à + 3 %	100	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
	110	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8
		Facteur de correction (2) pour toutes vitesses de base de la bretelle				
- 3 % à + 3 %	TOUTES	1,0				
- 5 % à - 3 %	60	0,7				
	70	0,7				
	80	0,65				
	90	0,6				
	100	0,6				
- 5 %	110	0,6				
	60	0,6				
	70	0,6				
	80	0,55				
	90	0,5				
	100	0,5				
	110	0,5				

Notes :

1. Le signe + indique une pente ascendante
2. Le facteur de correction s'applique aux valeurs du tableau 9.4-1.