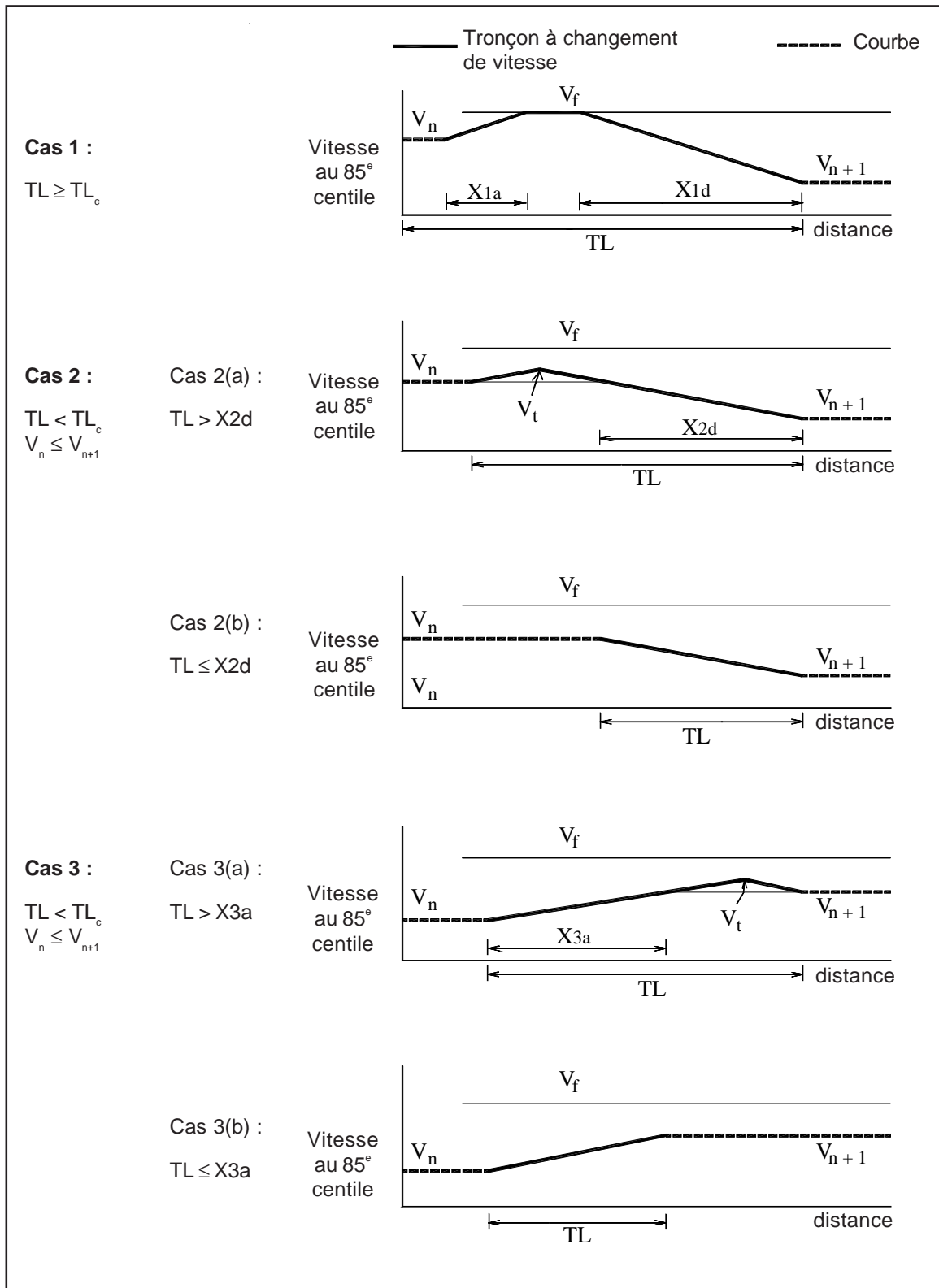


Figure 1.4.3.1 Définitions des variables du modèle de profil de vitesse



**Tableau 1.4.3.1 Équations d'estimation de la vitesse pratiquée dans divers types de courbes à limitation de vitesse<sup>5</sup>**

Type	Description de la courbe	Équation <sup>a</sup>
1	Courbe horizontale avec pente : $-9 \% \leq G < -4 \%$	$V_{85} = 102,10 - \frac{3077.13}{R}$
2	Courbe horizontale avec pente : $-4 \% \leq G < 0 \%$	$V_{85} = 105,98 - \frac{3709.90}{R}$
3	Courbe horizontale avec pente : $0 \% \leq G < 4 \%$	$V_{85} = 104,82 - \frac{3574.51}{R}$
4	Courbe horizontale avec pente : $4 \% \leq G < 9 \%$	$V_{85} = 96,91 - \frac{2752.19}{R}$
5	Courbe horizontale combinée à une courbe verticale en dépression	$V_{85} = 105,32 - \frac{3438.19}{R}$
6	Courbe horizontale combinée avec une courbe verticale en crête où la distance de perception n'est pas limitée	- <sup>b</sup>
7	Courbe horizontale combinée avec une courbe verticale en crête où la distance de perception est limitée (c.-à.-d. $K \leq 43\text{m}/\%$ ) <sup>c</sup>	$V_{85} = 103,24 - \frac{3576.51}{R}$
8	Courbe verticale en crête avec distance de perception limitée (c.-à.-d. $K \leq 43 \text{ m}/\%$ ) sur la tangente horizontale	$V_{85} = 105,08 - \frac{149.69}{K}$

<sup>a</sup>  $V_{85}$  = vitesse au 85<sup>e</sup> centile (km/h) des automobiles, K = taux de courbure verticale, R = rayon de courbure (m), et G = pente (%).

<sup>b</sup> Utilisez la moins élevée des vitesses calculées pour les types 1 ou 2 (pente descendante) et les types 3 ou 4 (pente ascendante).

<sup>c</sup> En outre, vérifiez les vitesses calculées pour les types 1 ou 2 (pente descendante) et les types 3 ou 4 (pente ascendante) et utilisez la vitesse la moins élevée, de manière que la vitesse prévue pour la courbe horizontale combinée à une courbe verticale en crête résulte en une vitesse plus élevée.

Si A est exprimé en mètres, la vitesse v en km/h et c en mètres à la seconde au cube, l'expression devient :

$$A = \frac{0,1464V^{1,5}}{c^{0,5}} \quad (2.1.13)$$

Le taux acceptable de variation de l'accélération centripète varie d'un conducteur à l'autre. Pour fins de conception, la valeur de 0,6 m/s<sup>3</sup> est celle qui procure le degré minimal de confort acceptable. L'expression devient alors :

$$A = \frac{0,1464V^{1,5}}{0,6^{0,5}} \quad (2.1.14)$$

$$A = 0,189V^{1,5} \quad (2.1.15)$$

À l'aide de cette expression, on peut donc calculer le paramètre minimal de spirale selon le critère de confort. Il est à noter que le paramètre de spirale est indépendant du rayon comme le montre la ligne du critère de confort parallèle à l'abscisse dans la figure 2.1.2.7.

#### Paramètre de spirale établi selon la gradation du dévers

Pour la gradation du dévers, la pente relative se définit comme étant la pente du bord extérieur du revêtement par rapport à l'axe de rotation de la chaussée. Les valeurs maximales permises varient en fonction de la vitesse de base et sont présentées au tableau 2.1.2.11.

La longueur minimale de transition, l, est obtenue comme suit :

$$l = \frac{100we}{2s} \quad (2.1.16)$$

où w = la largeur du revêtement (m),

e = le dévers (m/m),

s = la pente relative (%),

l = la longueur minimale de transition (m).

Pour une vitesse et un rayon donnés, on peut connaître le dévers et la pente relative et calculer les longueurs minimales de transition. De la

**Tableau 2.1.2.11 Pente relative maximale entre le bord extérieur du revêtement et l'axe d'une chaussée à deux voies**

vitesse de base (km/h)	pente relative (%)
40	0,70
50	0,65
60	0,60
70	0,55
80	0,51
90	0,47
100	0,44
110	0,41
120	0,38
130	0,36

longueur minimale de transition et du rayon, on peut calculer le paramètre minimal de spirale à l'aide de l'expression suivante :

$$A^2 = RL \quad (2.1.17)$$

#### Paramètre de spirale établi selon l'esthétique

Les spirales courtes manquent d'esthétique. Il est généralement reconnu que la longueur de la courbe de transition devrait correspondre à un temps de parcours d'au moins 2 secondes. Par conséquent, la longueur minimale et le paramètre de spirale minimal en fonction d'un rayon et d'une vitesse donnés se calculent au moyen de l'expression suivante :

$$A^2 = 0,56RV \quad (2.1.18)$$

#### Paramètre de spirale : éléments quantitatifs du domaine de définition

Les valeurs propres au domaine de définition des paramètres de spirale sont présentées aux tableaux 2.1.2.5, 2.1.2.6 et 2.1.2.7 de la section 2.1.2.2 pour un ensemble de vitesses de base. En se servant de ces tableaux, les concepteurs devraient tenir compte des règles heuristiques d'application suivantes.

1. Pour toute combinaison de vitesse de base et de rayon, c'est toujours la valeur maximale établie selon les méthodes décrites précédemment qui est utilisée pour ces calculs.

2. Les valeurs présentées dans les tableaux sont minimales et, si possible, des valeurs plus élevées devraient être utilisées pour rehausser la sécurité, le confort et l'esthétique.
3. Lors de la conception, il est utile de choisir des valeurs qui font en sorte que le rayon demeure standard et que le ratio A/R soit un nombre rationnel, ce qui permet d'extraire les propriétés de la spirale directement des tableaux.<sup>33</sup>

#### Paramètre de spirale : règles heuristiques d'application du domaine de définition

L'utilisation de la spirale pour des courbes en plan est un problème complexe à multiples variantes. Un certain nombre de règles heuristiques d'application du domaine de définition qui traitent des problèmes les plus courants sont décrites ci-dessous.

1. Une courbe composée d'une courbe circulaire avec spirale simple d'un paramètre d'égale valeur à chaque extrémité est qualifiée de « symétrique ». C'est l'utilisation la plus fréquente que l'on fait des spirales.
2. Les courbes asymétriques sont fréquentes dans les bretelles et les boucles d'échangeur et constituent un sous-ensemble du cas présenté ci-dessus, avec paramètre de spirale différent à chaque extrémité.
3. Il est préférable de raccorder des courbes circulaires successives de même sens mais de rayons différents par une spirale. Ce genre de courbe est qualifié de « spirale segmentée ». Le paramètre minimal à utiliser peut-être trouvé en se référant aux tableaux 2.1.2.5, 2.1.2.6 et 2.1.2.7 et en utilisant le plus petit des deux rayons.
4. Parfois si la différence de rayon n'est pas trop grande, des courbes circulaires successives de rayon différent peuvent se raccorder directement l'une à l'autre. La sous-section 2.1.2.6 donne plus d'information à ce sujet.
5. Les courbes circulaires reliées par un court alignement droit devraient normalement être reliées par une spirale. L'utilisation d'alignements droits pour ce genre de raccords a pour effet de produire un

alignement qualifié de courbe à « dos brisé ». Ce n'est justifié que lorsque d'autres motifs comme les contraintes de propriété ou les coûts de construction l'emportent sur l'esthétique de la route. L'expression « court alignement droit » est très subjective; il en existe plusieurs définitions. L'une d'elles laisse entendre qu'un court alignement droit est celui qui permet à un conducteur sur la première courbe de voir au moins une partie de la seconde. Selon une autre définition, il y a courbe à dos brisé lorsque la longueur de l'alignement (m) est inférieure à quatre fois la vitesse de base. Si possible, il est préférable d'éliminer l'alignement court et d'insérer la courbe circulaire appropriée ou encore mieux une spirale segmentée.

6. Un changement de direction d'un alignement à un autre peut se faire à l'aide de deux spirales consécutives sans segment rectiligne entre les deux. Une telle courbe de raccordement est qualifiée de « symétrique » lorsque les deux paramètres de spirale sont identiques et d'asymétrique lorsque les paramètres sont différents. Le paramètre de spirale minimal permis ne peut être inférieur au minimum indiqué dans les tableaux 2.1.2.5, 2.1.2.6 et 2.1.2.7.
7. Un changement de direction de courbure peut se faire par le biais de deux spirales simples consécutives sans segment rectiligne entre les deux. Les paramètres de spirale doivent correspondre au moins aux paramètres minimaux pour la vitesse de base. Cependant, l'apparence du tracé sera améliorée si on dépasse les valeurs minimales de paramètre de spirale ou si l'on insère un alignement droit entre les deux courbes. Le dévers se fait selon la description présentée à la sous-section 2.1.2.4 et est égal à zéro là où les deux spirales se joignent. Le drainage à cet endroit se fait longitudinalement et on doit donc éviter une spirale en « S » coïncidant avec un profil longitudinal plat.
8. Bien qu'il soit souhaitable que les spirales soient de longueur plus grande que le minimum, il faut être prudent lorsqu'il s'agit de longues spirales (grand paramètre) en terrain plat ce qui peut occasionner de



**Tableau 2.1.2.16 Élargissement de la chaussée dans les courbes pour les trains routiers de type B<sup>2</sup>**

rayon de courbe m	largeur du revêtement 7,4 m										largeur du revêtement 7,0 m										largeur du revêtement 6,6 m																		
	vitesse de base (km/h)										vitesse de base (km/h)										vitesse de base (km/h)																		
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130									
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
750	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
500	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
300	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
200	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
150	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
125	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
100	1,9	1,9	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
80	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
60	3,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
40	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4

Remarques – (1) L'élargissement est calculé en fonction d'un train routier de type B qui circule à la vitesse de base.  
 (2) La gamme des valeurs d'élargissement dans les courbes s'étend jusqu'au rayon de courbure correspondant à environ 20 km/h de moins que la vitesse de base indiquée.

- la distance de visibilité de dépassement,
- la distance de visibilité d'anticipation,
- la distance de visibilité pour le marquage.<sup>34</sup>

Au moment où un objet apparaît dans une courbe saillante (la hauteur de l'objet dépend de la distance de visibilité dont il faut tenir compte), la ligne de visée de l'œil du conducteur jusqu'au sommet de l'objet est tangente à la courbe. La courbe devrait être suffisamment douce pour que la distance entre le conducteur et l'objet soit au moins égale à la distance minimale de visibilité d'arrêt. La figure 2.1.3.1 illustre la relation entre la distance de visibilité (d'arrêt, de dépassement ou d'anticipation), la longueur de la courbe verticale, la hauteur de l'objet, la hauteur de l'œil et la différence algébrique des pentes.

Pour les courbes où la longueur dépasse la distance de visibilité, on calcule K de la façon suivante :

$$K = \frac{S^2}{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad (2.1.24)$$

où S = distance de visibilité (soit d'arrêt, de dépassement ou d'anticipation) (m),

$h_1$  = hauteur de l'œil du conducteur (m),

$h_2$  = hauteur de l'objet.

Pour les courbes dont la longueur est inférieure à la distance de visibilité, on calcule K de la façon suivante :

$$K = \frac{2S}{A} \left[ \frac{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A^2} \right] \quad (2.1.25)$$

où S = distance de visibilité (soit d'arrêt, de dépassement ou d'anticipation) (m),

$h_1$  = hauteur de l'œil du conducteur (m),

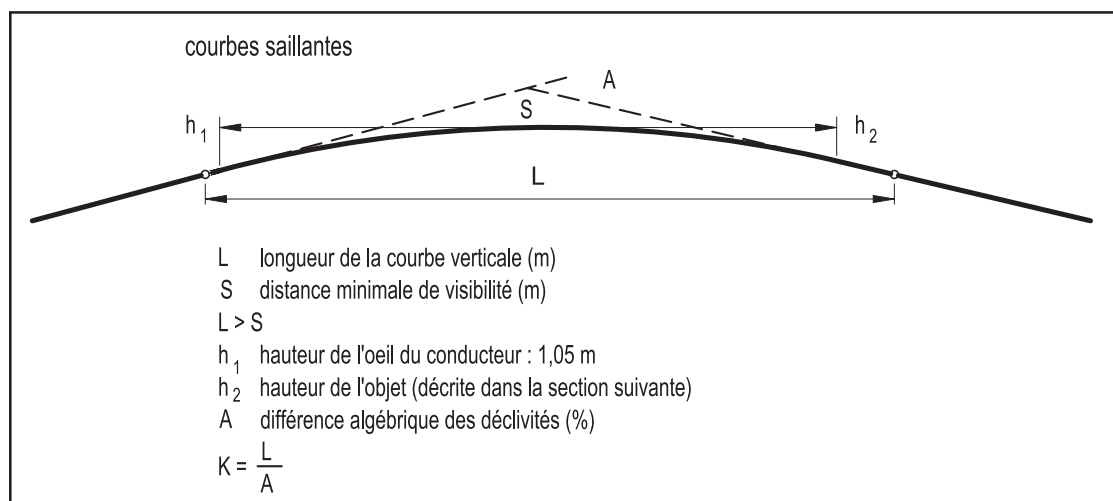
$h_2$  = hauteur de l'objet,

A = différence algébrique des pentes.

Dans le calcul de la valeur de K pour diverses distances de visibilité, la hauteur de l'œil du conducteur est établie à 1,05 m et la hauteur d'un objet (dont on traite plus en détail au chapitre 1.2) s'établit comme suit :

- Dans le cas de la distance de visibilité d'arrêt, l'objet le plus fréquent pour lequel un des véhicules doit s'arrêter est en fait un autre véhicule qui le précède sur la route, ce pourquoi on utilise la hauteur des feux de position. Pour fins de conception, on retient le minimum légal de 0,38 m. D'autres hauteurs d'objet peuvent être utilisées si nécessaire.

**Figure 2.1.3.1 Distance de visibilité dans une courbe verticale saillante<sup>1</sup>**



- Dans le cas de la distance de visibilité d'anticipation, la hauteur d'objet la plus courante est de 0,15 m, bien que d'autres hauteurs ne soient pas rares, y compris la hauteur nulle pour les marques sur la chaussée.
- Pour la distance de visibilité de dépassement, la hauteur d'objet est de 1,30 m, ce qui représente la hauteur d'un véhicule venant en sens contraire.

#### **Courbes verticales saillantes : éléments quantitatifs du domaine de définition**

Selon les hauteurs d'objet les plus courantes mentionnées ci-dessus et les distances de visibilité des tableaux 1.2.5.3 et 1.2.5.5, les valeurs de K pour la distance de visibilité d'arrêt et la distance de visibilité de dépassement sont données aux tableaux 2.1.3.2 et 2.1.3.3 respectivement. On ne présente pas les valeurs de K pour la distance de visibilité d'anticipation parce que la courbe verticale dépend d'une hauteur d'objet qui varie (selon ce que le conducteur doit voir).

Les valeurs calculées de K sont basées sur la longueur de courbe qui dépasse la distance de visibilité et peuvent être utilisées sans erreur significative lorsque la longueur de courbe est inférieure à la distance de visibilité. La différence

est appréciable seulement lorsque A est petit et que le coût marginal d'une courbe verticale plus longue est négligeable ou nul.

Sur les routes à chaussée simple, la distance de visibilité pour le marquage sert à définir le marquage des zones de dépassement interdit<sup>7</sup>. Il est souhaitable d'assurer la distance de visibilité de dépassement partout où c'est possible mais la distance de visibilité pour le marquage est habituellement suffisante pour des dépassements en toute sécurité.

La distance de visibilité pour le marquage est inférieure à la distance de visibilité de dépassement pour toute vitesse de base. Les manœuvres de dépassement peuvent être faites sur une distance moins longue que la distance de visibilité de dépassement à cause du moment d'arrivée des véhicules en sens contraire.

Pour augmenter au maximum les occasions de dépasser, les valeurs de la constante K devraient être choisies pour obtenir au moins la distance de visibilité pour le marquage. Les concepteurs devraient faire en sorte qu'il y ait possibilité de dépassement sur au moins 75 % de la longueur du tronçon de route.

**Tableau 2.1.3.2 Les valeurs de K pour assurer la distance de visibilité d'arrêt dans les courbes verticales saillantes**

vitesse de base (km/h)	vitesse pratiquée supposée (km/h)	distance de visibilité d'arrêt (m)	valeur de la constante (K)	
			calculée	arrondie
30	30	29,6	1,6	2
40	40	44,4	3,7	4
50	47 - 50	57,4 - 62,8	6,1 - 7,3	6 - 7
60	55 - 60	74,3 - 84,6	10,2 - 13,3	10 - 13
70	63 - 70	99,1 - 110,8	16,4 - 22,8	16 - 23
80	70 - 80	112,8 - 139,4	23,6 - 36,1	24 - 36
90	77 - 90	131,2 - 168,7	32,0 - 52,8	32 - 53
100	85 - 100	157,0 - 205,0	45,8 - 78,0	45 - 80
110	91 - 110	179,5 - 246,4	59,8 - 112,7	60 - 110
120	98 - 120	202,9 - 285,6	76,4 - 151,4	75 - 150
130	105 - 130	227,9 - 327,9	96,4 - 199,6	95 - 200

Remarque : Les valeurs ci-dessus sont minimales; utiliser des valeurs de K plus élevées si possible.