

VI. ZONE HORS CHAUSSÉE

VI.1. Comparaison des directives

Comme on l'a dit au chapitre 2 (terminologie), les zones situées entre les bords internes des lignes de rive et le revêtement du tunnel sont appelées zones hors chaussée.

Les zones hors chaussée comprennent les accotements et les trottoirs (s'il y en a) et/ou la glissière de sécurité ou la rambarde de protection (s'il y en a), comme l'indiquent les figures 6.1, 6.2 et 6.3.

La principale différence entre les accotements adjacents aux voies de circulation et les accotements adjacents aux voies de dépassement réside dans le fait «qu'habituellement», les premiers sont plus larges, puisque les véhicules en panne stationnent sur ou à côté de la voie de circulation en dehors des tunnels. Les chaussées de type autoroutier comprennent généralement une bande d'arrêt d'urgence. La construction d'accotements dans les tunnels est souvent limitée pour des raisons économiques. Cette limitation peut ne pas permettre à un véhicule en panne de stationner sur l'accotement adjacent à la voie de circulation, sans qu'il occupe une partie de la voie et gêne la circulation.

C'est pourquoi nous présentons deux tableaux indiquant la largeur des zones hors chaussée adjacentes à la voie de circulation. Le premier tableau concerne les tunnels où il est impossible pour un véhicule de stationner sur la chaussée sans entraver la circulation (tableau 6-1). Le deuxième concerne les tunnels où cette manoeuvre est possible (tableau 6-2). On estime que la largeur nécessaire pour qu'un véhicule puisse stationner (voiture particulière) sans gêner la circulation est de 2,00 m depuis le bord interne de la ligne de rive.

Un troisième tableau (6-3) indique la largeur des éléments des zones hors chaussée adjacentes aux voies de dépassement.

Enfin, le tableau 6-4 donne les dimensions des trottoirs employés dans différents pays.

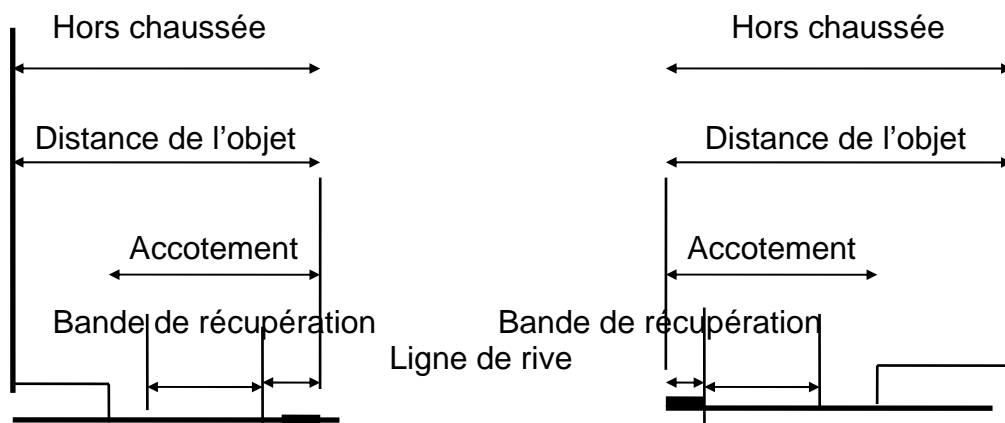


Figure 6-1 : Éléments et fonctions des zones hors-chaussée avec trottoirs

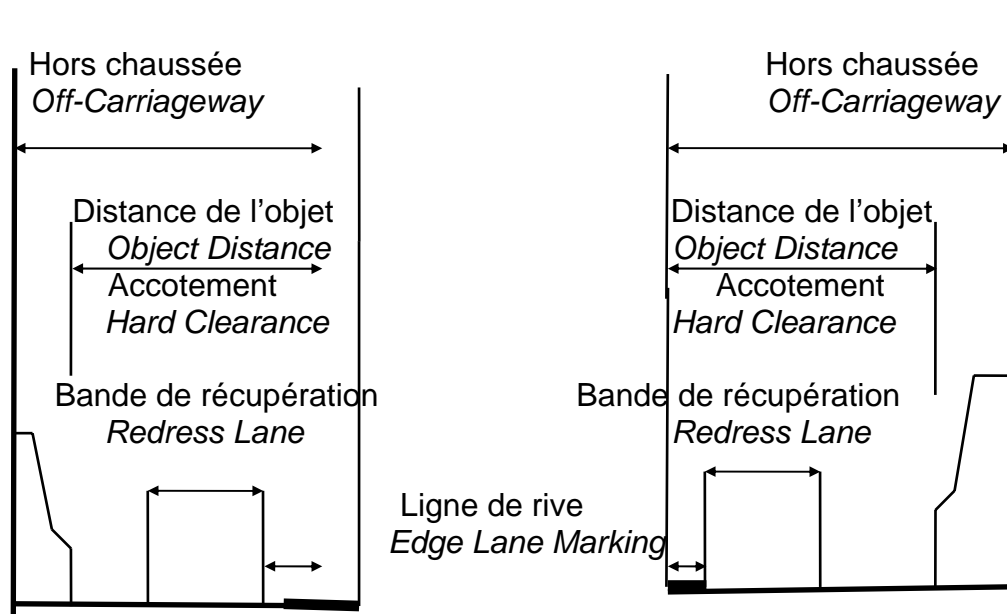


Figure 6-2: Éléments et fonctions des zones hors chaussée avec dispositif de retenue en béton / Elements and functions of off-carriageways in case of safety barriers

Tableau 6-1 : Dimensions des zones hors-chaussée adjacentes à la voie de circulation en l'absence de bandes d'arrêt d'urgence (sections droites)

Pays et nom des directives ou autres sources	Vitesse de base [km/h] (profil nr)	Largueur de l'accotement [m]	Largueur du trottoir [m] ou de la glissière de sécurité (gs)	Largueur de la zone hors chaussée [m]
Autriche RVS 9.232	80 - 100	> 0,25	1,00	> 1,25
Danemark Manuel	90 - 120	0,50	1,00	1,50
France CETU	80 - 100	1,00 0,30 [#]	0,75	1,75 1,05 [#]
Allemagne RABT 94/RAS-Q 1996	70-100 (26 t) 70- 100 (26 Tr)	0,25 1,75 [#]	1,00 1,00	1,25 2,75 [#]
Japon Ordonnance sur les ouvrages routiers	80 - 120 60 - 80	1,00 0,75	0,50 0,25	1,50 1,00
Pays-Bas ROA	120 90	1,50 (0,80) 1,00 (0,50) [*]	gs gs gs gs	1,50 + gs (0,80) [*] + gs 1,00 + gs (0,50) [*] + gs
Norvège Manuel de conception des tunnels routiers	80 - 100	0,30	0,75 ^{**} 1,25 ^{***}	1,05 1,55 ^{***}
Espagne Instruction 3.1	90 - 120	1,00	0,75	1,75
Suède Tunnel 99	70 90 110	2,00 2,00 2,75	gs gs gs	2,00 + gs 2,00 + gs 2,75 + gs
Suisse	80 - 120	-	1,00	1,00
Royaume-Uni TD27 (DMRB 6.1.2)	110	1,00	0,70	1,70
États-Unis AASHTO	n.s.	0 - 1,50	0,50 - 0,70	0,50 - 2,20

[#] : cas exceptionnels

^{*} : couramment employée et autorisée

^{**} : le trottoir surélevé est séparé de la chaussée par une bordure franchissable.

^{***} : tunnels courts (< 500 m)

n.s. : non spécifié

Tableau 6-2 : Dimensions des zones hors chaussée adjacentes à la voie de circulation en présence de bandes d'arrêt d'urgence (sections droites)

Pays et nom des directives ou autres sources	Vitesse de base [km/h] (profil nr)	Largeur de l'accotement [m]	Largeur du trottoir [m] ou de la glissière de sécurité (gs)	Largeur de la zone hors chaussée [m]
Autriche RVS 9.232	80 - 100			
Danemark Manuel	90 - 120	3,00	1,00	4,00
France CETU	100	2,00	gs	2,00 + gs
Allemagne RABT 94/RAS-Q 1996	100 (26 T) 110 (29,5 T) #	2,50 3,25#	1,00 1,00	3,50 4,25#
Japon Ordonnance sur les ouvrages routiers	80 - 120	2,50	-	2,50
Pays-Bas ROA	120 90	3,95 3,95	gs gs	3,95+ gs 3,95+ gs
Norvège Manuel de conception des tunnels routiers	80 - 100	pas de bande d'arrêt d'urgence		pas de bande d'arrêt d'urgence
Espagne Instruction 3.1	90 - 120	2,50	0,75	3,25
Suède Tunnel 99	70 90 110	2,00 2,00 2,75	gs gs gs	2,00+ gs 2,00+ gs 2,75+ gs
Suisse Tunnels rectangulaires	80 - 120	3,00	1,00	4,00
Suisse Tunnels ovales	80 - 120	pas de bande d'arrêt d'urgence		pas de bande d'arrêt d'urgence
Royaume-Uni TD27 (DMRB 6.1.2)	110 (autoroutes urbaines)	3,30 2,00	0,70 (0,10 + 0,60)	4,00 2,70
États-Unis AASHTO	n.s.	3,00	0,70	3,70

: cas exceptionnels

Tableau 6-3 : Dimensions des zones hors chaussée adjacentes à la voie de dépassement (sections droites)

Pays et nom des directives ou autres sources	Vitesse de base [km/h] (profil nr)	Largeur de l'accotement [m]	Largeur du trottoir [m] ou de la glissière de sécurité (gs)	Largeur de la zone hors chaussée [m]
Autriche RVS 9.232	80 - 100	> 0,25	1,00 (0,30 + 0,70)	> 1,25
Danemark Manuel	90 - 120	0,50	1,00	1,50
France CETU	80 - 100	0,50 0,30 [#]		0,50 0,30 [#]
Allemagne RABT 94/RAS-Q 1996	100 (26T)	0,50	1,00	1,50
	100 (26 Tr)	0,25	1,00	1,25
	70 (26 t)	0,25	1,00	1,25
	110 (29,5 T)	0,75	1,00	1,75
Japon Ordonnance sur les ouvrages routiers	80 - 120	1,00	0,50	1,50
	60 - 80	0,75	n.s.	
Pays-Bas ROA	120	1,50	gs	1,50
	90	(0,80 [*])	gs	(0,80 [*] + gs)
		1,00	gs	1,00 + gs
		(0,50 [*])	gs	(0,50 [*] + gs)
Norvège Manuel de conception des tunnels routiers	100	0,25	0,75	1,00
Espagne Instruction 3.1	90 - 120	1,00 0,50 [#]	0,75	1,75 1,25 [#]
Suède Tunnel 99	70	1,00	gs	1,00+ gs
	90	1,50	gs	1,50+ gs
	110	2,00	gs	2,00+ gs
Suisse Tunnels rectangulaires	80 - 120	-	1,00	1,00
Suisse Tunnels ovales	80 - 120	-	1,00	1,00
Royaume-Uni TD27 (DMRB 6.1.2)	110	0,30	0,70 (0,10 + 0,60)	1,00
États-Unis AASHTO		0 - 1,50	0,50 - 0,70	0,50 - 2,20

[#] : cas exceptionnels

* : plus souvent employée et autorisée

Tableau 6-4 : Comparaison internationale des dimensions des chaussées

Pays et nom des directives ou autres sources	Hauteur du trottoir [m]	Largeur du trottoir [m]	Largeur de la marge de sécurité [m]	Largeur du trottoir [m]
Autriche RVS 9.232	0,18	1,00	0,30	0,70
Danemark Manuel	-	1,00	-	1,00
France CETU	0,25 max.	0,66 min. (au niveau du sol)	0,06	0,60 (au niveau du sol)
Allemagne (RQ26) RABT 94/RAS-Q 1996	0,07	1,00	-	1,00
Japon Ordonnance sur les ouvrages routiers	0,25	0,25 ou 0,50	-	0,25 ou 0,50
Pays-Bas ROA	-	-	-	-
Norvège Manuel de conception des tunnels routiers	0,10	0,75	-	0,75
Espagne Instruction 3.1	0,15 - 0,20	0,75	-	0,75
Suède Tunnel 99	-	1,00	-	1,00
Suisse Tunnels rectangulaires	0,18	1,00 minimum	0,30	0,70
Suisse Tunnels ovales				
Royaume-Uni BD 78	0,075	1,00	-	1,00
États-Unis AASHTO		0,50 - 0,70	-	0,50 - 0,70

VI.2. Aspects fonctionnels des zones hors-chaussée et de l'accotement

Ce paragraphe traite de toutes les fonctions des zones hors chaussée, et en particulier des accotements. Les fonctions des trottoirs sont abordées de façon plus détaillée au chapitre 7.

On écrit d'abord les fonctions potentielles de la zone hors chaussée et de l'accotement adjacents à la voie de dépassement. Les fonctions de la zone hors chaussée et de l'accotement adjacents à la voie de circulation sont généralement les mêmes, mais leur largeur doit être plus importante, en prévision essentiellement des cas d'urgence et de panne.

VI.2.1. Fonctions générales des zones hors chaussée

1. En général, les zones hors chaussée des routes permettent d'augmenter la *capacité des voies*. Comme nous l'avons montré au chapitre 4 (tableau 4-1), la capacité des routes dépend de la largeur des voies et de la distance entre les obstacles et la route, appelée *distance de l'objet*. Selon le Manuel de capacité routière, la distance optimale de l'objet est de 1,80 m. Quand elle est réduite à 0,60 m, la capacité diminue de 2 % à 5 %, et quand elle est réduite à 0,00 m, la capacité diminue de 10 % à 25 %.

Dans le cas des tunnels, il convient de se demander si la distance de l'objet doit être déterminée par la distance entre le bord interne de la ligne de rive et : a) le bord du trottoir, b) la partie avant des barrières en béton ou des glissières de protection, c) le piédroit du tunnel. En cas d'utilisation de trottoirs peu élevés, tous les experts s'accordent à dire que la distance à la paroi du tunnel est une bonne mesure. En l'absence de trottoir, il convient de mesurer la distance à la base ou à la partie inférieure ou supérieure des glissières de sécurité.

Dans les tunnels en particulier, les automobilistes préfèrent maintenir une certaine distance par rapport à la paroi (au trottoir, à la glissière ou à la barrière en béton), car leur angle de vue est plus limité. Lorsque la distance de l'objet est plus petite dans le tunnel que sur la route en rase campagne, l'expérience montre que les automobilistes modifient leur trajectoire pour maintenir une certaine distance par rapport à la paroi du tunnel.

2. Dans de nombreux pays, les zones hors-chaussée comprennent des trottoirs. C'est pourquoi un paragraphe est entièrement consacré aux fonctions des trottoirs.
3. Si les véhicules franchissant la ligne de rive ne redressent pas leur trajectoire à temps, les *conséquences de leur collision contre la paroi doivent être réduites*, à l'aide des barrières en béton ou des glissières. Les premières prennent moins de place que les secondes. Lorsqu'un véhicule heurte une barrière en béton avec un angle faible, il peut être remis dans le sens normal de circulation, ce qui peut éviter un accident grave. Lorsqu'un véhicule heurte une barrière en béton avec un angle important, les conséquences de la collision peuvent être graves. Les glissières métalliques ne sont pas aussi efficaces que les barrières en béton pour corriger ou redresser la trajectoire des véhicules déportés, mais causent moins de dommages en cas de collision avec un angle important. C'est pourquoi les barrières en béton sont préférables sur les accotements étroits, et les glissières métallique sur les accotements larges. En effet, le fonctionnement d'une glissière nécessitant un espace plus important pour sa déformation, le tunnel doit être plus large, ce qui est souvent impossible d'un point de vue financier. En outre, les barrières en béton sont plus performantes à des vitesses réduites et nécessitent moins d'entretien.
4. Bien que ce rapport traite des sections droites des tunnels, il est important de noter qu'il peut être nécessaire d'augmenter la largeur des zones hors chaussée dans les virages, pour offrir une *distance de visibilité* suffisante.

VI.2.2. Autres fonctions des accotements adjacents à la voie de dépassement ou à la voie rapide

1. **Lignes de rive** : elles font partie de l'accotement et leur largeur varie d'un pays à l'autre, de 0,1 m à 0,25 m. Des expériences au Japon et en Espagne ont montré que la ligne de rive est moins souvent franchie si elle est plus visible ou sonore (bande rugueuse).
2. **Bande de récupération** : elle peut être incluse dans l'accotement stabilisé, pour permettre aux automobilistes franchissant par inadvertance la ligne de rive, de corriger leur trajectoire. Des mesures montrent que les lignes de rive des voies étroites sont franchies quatre fois plus souvent que celles des voies d'une largeur normale. Les directives néerlandaises (ROA) spécifient une largeur de bande de récupération de 0,60 m pour une vitesse de base (V_b) de 120 km/h, et de 0,30 m pour $V_b = 90$ km/h.
3. **Fluidité de la circulation** : elle est améliorée par la construction d'accotements plus larges *facilitant le dépassement des véhicules en détresse*, en particulier lorsque ceux-ci se trouvent *sur ou le long de la voie de circulation*. Les tableaux 6.1 et 6.3 montrent que la France, la Suède et le Royaume-Uni prescrivent des accotements adjacents à la voie de circulation plus larges que ceux adjacents à la voie de dépassement. Cela est logique puisque dans la majorité des cas de panne, le véhicule stationnera sur le côté de la voie de circulation. Cependant, en Norvège, dans les tunnels très encombrés, la plupart des automobilistes en difficulté sur la voie rapide n'arrivent pas à changer de voie et tombent en panne sur cette même voie. De plus, pour assurer cette fonction, il faut une chaussée stabilisée. Il n'est pas nécessaire qu'elle soit plane sur toute sa largeur. Par ailleurs, il est possible de construire des bordures peu élevées (7 cm au maximum), pour permettre le stationnement des véhicules en détresse.

Dans le manuel français de conception routière, la largeur de l'accotement le long de la voie de dépassement doit permettre de dépasser un véhicule en panne, et dépend : a) de la vitesse de dépassement souhaitée, b) du volume de trafic et c) du pourcentage de poids lourds dans la circulation.

Le cas des véhicules en détresse est abordé plus en détail dans la partie consacrée aux accotements adjacents aux voies de circulation.

4. **Équipements tels que ventilateurs et panneaux de signalisation** sur les piédroits du tunnel : ils sont protégés des collisions avec les véhicules par l'accotement. De nombreuses directives établissent une marge de sécurité nécessaire entre le bord interne de la ligne de rive et les équipements. En Allemagne, cette distance est de 0,50 m (lorsque la pente transversale est importante, cette distance doit être augmentée).
5. **Entretien du tunnel** : les activités programmées et non programmées peuvent être facilitées par la construction d'un accotement approprié, qui permettra aux gestionnaires de la circulation d'autoriser les véhicules à franchir les lignes de rive, de faciliter la circulation dans les deux sens ou de fermer tout ou partie d'une voie. En cas de travaux d'entretien de courte durée, il est maintenant courant qu'au moins une voie de circulation doive être totalement fermée. En cas de travaux d'entretien de longue durée, il doit être possible, dans l'idéal, d'aménager 4 voies pour les deux sens de circulation (4 voies sur une seule chaussée).

6. **Trottoir** : il peut être prévu sur l'accotement. Il est réservé aux automobilistes en cas d'urgence (panne ou incendie). Il conduit en général à un refuge, une issue de secours, un passage transversal, etc. Les directives suédoises et néerlandaises recommandent des trottoirs au niveau de la chaussée, sans bordure de séparation, considérée comme dangereuse. Les directives françaises n'exigent pas de trottoir lorsque la largeur de l'accotement est égale ou supérieure à 2 m de largeur. Au Royaume-Uni, si la pente transversale le requiert, il est recommandé de construire une bordure peu élevée et un trottoir sur le côté de la voie de dépassement, afin de protéger les piétons d'un éventuel épandage de matières dangereuses. En outre, lorsque l'autre tube du tunnel est le principal abri, il convient de construire une chaussée suffisamment large pour permettre aux piétons de passer malgré les véhicules bloqués sur la voie de dépassement.
7. **Barrières de protection** : des sorties vers des passages transversaux de part et d'autre sont incluses dans l'accotement et sont nécessaires pour éviter les conflits entre les usagers sortant d'un tunnel et ceux circulant dans l'autre tunnel.
8. **Équipements de drainage par gravité** : ils sont parfois prévus dans l'accotement pour permettre l'aménagement de conduites d'arrivée et d'avaloirs. Dans les tunnels où le transport de marchandises est autorisé, la capacité et l'étanchéité des conduites et des canalisations sont particulièrement importantes.

VI.2.3. Autres fonctions des accotements adjacents à la voie de circulation ou à la voie lente

Les fonctions des accotements adjacents à la voie de circulation sont essentiellement les mêmes que celles mentionnées au paragraphe précédent. Sur les routes «en rase campagne» de type autoroutier, on construit généralement une **bande d'arrêt d'urgence** adjacente à la voie de circulation. En raison du coût, l'espace aménagé dans les tunnels pour le stationnement des véhicules en panne est en général moins important. Ce paragraphe présente les politiques adoptées dans différents pays pour remplacer les bandes d'arrêt d'urgence et assurer leurs fonctions.

1. Dans de nombreux pays, en raison des coûts, la largeur de l'accotement est trop étroite pour qu'un **véhicule** puisse y **stationner** de manière appropriée. C'est pourquoi des **emplacements adaptés** sont prévus à intervalles réguliers. Cependant, en Norvège et en Espagne, l'expérience montre que seuls 40 % des véhicules en panne atteignent ou utilisent effectivement ces emplacements. Cela prouve qu'ils ne peuvent pas parfaitement remplacer les bandes d'arrêt d'urgence. Des études ont montré que la construction de bandes d'arrêt d'urgence sur les autoroutes «en rase campagne» permet de réduire les accidents de 10 % à 20 %. Dans ces circonstances, il est intéressant de remarquer que selon une étude allemande [4], la sécurité routière n'est pas modifiée par l'absence d'une bande d'arrêt d'urgence, sur le plan économique. Il a été proposé d'élaborer une directive établissant un profil en travers plus rentable. Les coûts annuels supplémentaires d'un profil en travers avec bande d'arrêt d'urgence par rapport à un profil en travers sans bande d'arrêt d'urgence pour les autorités chargées de la construction peuvent être comparés aux réductions obtenues sur les coûts du trafic. Dans ce cas, on doit prendre en compte non seulement les différentes longueurs de tunnel, les méthodes de construction et les types de difficulté, mais aussi la pente longitudinale moyenne, le trafic moyen journalier et le pourcentage moyen de poids lourds dans la circulation.

2. L'accotement doit permettre aux véhicules en détresse de stationner en dehors de la chaussée. En conséquence, la distance mesurée depuis le bord **externe** de la ligne de rive doit être au moins égale à la largeur d'une voiture particulière (1,75 m) plus une largeur de 0,5 m, afin de permettre à l'automobiliste de descendre du véhicule, ce qui donne un accotement de 2,45 m. Enfin, pour permettre à un poids lourd de stationner en dehors de la chaussée, il faut une largeur de (2,50 + 0,50 + 0,20 =) 3,20 m (NL).
3. Pour qu'un véhicule puisse entrer ou sortir de la bande d'arrêt d'urgence **sans gêner les véhicules** roulant sur la voie de circulation, la bande d'arrêt d'urgence doit mesurer 3,25 m depuis le bord externe de la voie de rive. Telle est la largeur d'une voie à une vitesse de base de 90 km/h. Cela donne une largeur d'accotement de 3,45 m, y compris la ligne de rive (NL). Si l'accotement est adjacent à la bande d'arrêt d'urgence, il faut un dégagement supplémentaire de 0,50 m pour permettre aux passagers de descendre du véhicule, ce qui donne une largeur totale de 3,95 m.
4. Les bandes d'arrêt d'urgence peuvent également être utilisées par les **véhicules de police et de secours** pour éviter de provoquer les bouchons en cas d'incendie ou d'accident. La largeur nécessaire est alors de 3,25 m. Cela donne un accotement de 3,45 m de large. Si les bandes d'arrêt d'urgence sont trop étroites, il peut être impossible pour les véhicules de secours, de remorquage, de pompiers, etc., d'intervenir rapidement.
5. Cependant, dans les ouvrages coûteux, tels que les tunnels creusés ou revêtus, aux Pays-Bas, les accotements larges sont utilisés uniquement en prévision de **l'accroissement du nombre des voies**.
6. Dans le manuel français de conception [11], la largeur de l'accotement des deux côtés doit permettre de **maintenir la fluidité de la circulation**, en fonction de la vitesse souhaitée (dans le cas d'une panne), le volume de trafic et le pourcentage de poids lourds. Ce manuel distingue les vitesses «normale», «prudente» et «lente».

La «**vitesse normale**» est la vitesse adoptée lorsqu'il n'y a pas de véhicule en panne dans le tunnel ou qu'il est souhaitable de maintenir cette vitesse, même lorsqu'il y a un véhicule en panne.

La «**vitesse prudente**» est la vitesse adoptée lorsqu'il y a un véhicule en panne dans le tunnel et qu'il est souhaitable de circuler à une vitesse modérée.

La vitesse «**au pas**» peut être acceptable sur les routes à circulation lente.

Le tableau 6-5 indique les largeurs nécessaires en mètres, pour les types de véhicule et les vitesses considérés :

Tableau 6-5 : Largeur nécessaire en mètres pour chaque type de véhicule aux différentes vitesses établies par les directives françaises

Type de véhicule	Vitesse			
	normale	prudente	au pas	à l'arrêt
Voiture particulière	3,00	2,70	2,30	2,15
Poids lourd	3,50	3,25	3,00	2,85

Sur la dernière colonne de ce tableau figure la largeur nécessaire pour les voitures à l'arrêt. Le choix de la largeur totale de la route dépend de la largeur du véhicule en panne, du type de véhicules sur les autres voies et de la vitesse. La largeur de l'accotement de chaque côté dépend de la largeur des voies (3,50 m) sachant qu'il existe un certain nombre de largeurs normalisées courantes d'accotements (0,30 m, 0,50 m, 1,00 m et 2,00 m).

7. Selon les directives françaises, en règle générale, la largeur de l'accotement le long de la voie de circulation **ne doit pas être comprise entre 1,00 et 2,00 m**, afin de s'assurer que les automobilistes ne prendront pas la zone hors chaussée pour une bande d'arrêt d'urgence sur laquelle on peut s'arrêter en toute sécurité.
8. Dans les directives allemandes relatives au profil en travers avec bandes d'arrêt d'urgence (RQ 26 T), l'accotement adjacent à la voie de circulation a une largeur de 2,50 m dont 2,00 m sont considérés comme bande d'arrêt d'urgence. Les voies font 3,50 m de large et l'accotement adjacent à la voie de dépassement, 0,50 m. En cas de travaux d'entretien ou de réparation nécessitant une gestion de la circulation sur quatre voies, la largeur de l'accotement adjacent à la voie de circulation est de 3,25 m dont 2,50 sont affectés à la fonction de bande d'arrêt d'urgence. Ce profil est le RQ 29,5 T.

Dans le profil en travers minimal sans bande d'arrêt d'urgence (RQ 26 t), la largeur des accotements est uniquement de 0,25 m. Sur ce profil en travers, les véhicules en panne doivent stationner dans les emplacements prévus à cet effet (si la longueur du tunnel dépasse 700 m). En cas d'utilisation d'un tunnelier, une solution serait le profil en travers RQ 26 Tr. L'accotement serait alors de 1,75 m. Ce profil en travers n'a pas encore été utilisé en Allemagne.

9. Dans les tunnels norvégiens, il n'existe pas d'accotement pour le stationnement des véhicules en panne. En revanche, il existe un trottoir séparé par une bordure franchissable.
10. Les directives suédoises disent qu'il convient de prendre en compte l'exploitation du trafic en situation d'accident pour décider de la nécessité des bandes d'arrêt d'urgence.

VI.2.4. Fonctions des trottoirs

Cette partie traite de tous les éléments et fonctions des trottoirs.

1. Les trottoirs sont principalement destinés **aux piétons, dans des circonstances particulières** : employés et personnel d'entretien, usagers du tunnel se dirigeant vers une borne d'appel d'urgence ou un poste de secours. La largeur et la hauteur libre nécessaires à cette fonction (sans prendre en compte les marges de sécurité) sont déterminées par le concepteur à l'aide des directives nationales. La hauteur maximale du trottoir est déterminée par la possibilité d'ouvrir facilement les portes d'une voiture sur le côté (maximum 0,20 m).

N.B. 1. Dans certaines directives, le trottoir surélevé n'est pas nécessaire s'il existe une bande d'arrêt d'urgence (France).

N.B. 2. Lorsqu'on dispose de bons systèmes de surveillance du trafic, de signalisation et de communication, il est possible de réduire les risques pour les piétons en fermant une ou toutes les voies. En outre, en cas de véhicule en panne, la circulation le long des trottoirs est souvent impossible sur certaines longueurs.

N.B. 3. Les trottoirs surélevés (et étroits) ne sont pas accessibles aux fauteuils roulants.

N.B. 4. Pour remplir cette fonction (principale), les trottoirs surélevés (0,50 m ou plus) sont une solution. Les employés et les passagers à l'extérieur ou à l'intérieur de véhicules en panne sont parfaitement protégés de la circulation. Il existe des escaliers de secours tous les 50 ou 100 m. La largeur de la route doit donc être suffisante pour permettre d'ouvrir la porte des véhicules stationnés sur le côté. Cette solution est utilisée dans les tunnels japonais récents.

2. Les trottoirs permettent **d'ouvrir les portes de secours** sans gêner la circulation.
3. Si les bordures des trottoirs sont conçues pour **empêcher les véhicules** de monter le trottoir, elles constituent le bord interne de la marge de sécurité réservée aux piétons (employés du tunnel ou occupants des véhicules en panne). Ces piétons ne sont pas censés utiliser cette marge de sécurité lorsqu'ils circulent sur le trottoir. On calcule la largeur de la marge de sécurité en supposant que les pneus des véhicules frôlent les bords. On prévoit donc la marge de sécurité en fonction des parties saillantes des véhicules (carrosserie, rétroviseurs, écoulement d'air). C'est ainsi que sont déterminées les marges de sécurité en Autriche, en France et en Suisse.

N.B. Lorsqu'il existe une bande d'arrêt d'urgence, il n'est pas nécessaire de prévoir une marge de sécurité (Autriche).

4. Sur le plan de la gestion de la circulation et de la sécurité routière, les trottoirs, et en particulier leurs bordures, peuvent être considérés comme des **guides** pour les automobilistes. Étant en relief, ils attirent mieux l'attention de ces derniers que les lignes de rive. On peut obtenir les mêmes résultats en utilisant des lignes de rive rugueuses et/ou réfléchissantes et/ou des réflecteurs.
5. Les bordures des trottoirs peuvent **empêcher les véhicules** ayant franchi la ligne de rive de **heurter les parois** du tunnel. Il s'agit de la même fonction que celle attribuée aux barrières de sécurité en béton et aux glissières métalliques. Cependant, les performances des bordures de trottoirs sont inférieures. Lorsque les trottoirs sont principalement utilisés pour cette fonction, les directives de certains pays (France, Japon) recommandent une largeur de 0,25 m et des bordures d'une hauteur de 0,25 m ou plus.
6. La présence de trottoirs peut **réduire la vitesse de circulation** à 90 km/h lorsque l'accotement entre les voies et les trottoirs est très étroit.
7. Les trottoirs peuvent également être utilisés pour le **stationnement** des véhicules en panne, aussi près possible du bord de la plate-forme afin de maintenir la fluidité de la circulation. Dans ce cas, les bordures doivent être franchissables ou ne pas avoir plus de 0,15 m de haut.
8. Les **équipes de secours** peuvent également utiliser les trottoirs à bordures franchissables en cas de bouchon.
9. Si l'on considère que les bordures empêchent les véhicules d'empiéter sur le trottoir, leur bord interne joue le rôle d'une marge de sécurité destinée à **protéger l'équipement du tunnel** (capteurs, panneaux de signalisation, ventilateurs). Cette marge de sécurité délimite l'espace du profil en travers du tunnel dans lequel cet équipement ne peut pas être installé. Il faut également prendre en compte que les poids lourds peuvent «déborder » s'il y a une pente transversale.
10. Les trottoirs ont souvent une autre fonction non associée à la circulation puisqu'ils permettent **d'installer des câbles et conduites** en dehors de la route. Cette fonction détermine souvent la largeur du trottoir. Mais cette utilisation des trottoirs présente un inconvénient : pour assurer la sécurité du personnel, la circulation est interdite sur une ou même deux voies, en cas de travaux d'entretien des câbles et conduites. C'est pourquoi certaines directives conseillent d'installer les câbles et conduites dans les canalisations accessibles mais séparées du tube réservé à la circulation.
11. Il est également possible d'encastrier dans les bordures des trottoirs **des conduites** pour le drainage des écoulements ou de l'eau de nettoyage, et en particulier pour la collecte des liquides dangereux (cette fonction peut aussi être assurée par d'autres moyens).
12. En Suède, le trottoir fait partie de l'accotement, ce qui permet aux **personnes en fauteuil** d'accéder aux sorties de secours.

VI.3. Conclusion

- La largeur des zones hors chaussée varie largement d'un pays à l'autre.
- Les bandes d'arrêt d'urgence sont controversées. De nombreuses directives établissent qu'elles doivent être prolongées à l'intérieur des tunnels. En raison des coûts, leur largeur est généralement réduite.
- Les directives n'abordent pas toujours les possibilités de gestion de la circulation (par exemple, les questions associées à la circulation alternée ou à double sens dans les tunnels qui sont normalement à circulation unidirectionnelle).
- De nombreuses fonctions peuvent être dévolues aux trottoirs. Il ressort que les directives nationales n'évaluent pas de la même façon l'intérêt de ces différentes fonctions.
- Il n'existe pas d'arguments scientifiques convaincants en faveur d'une conception de trottoirs «meilleure » que les autres (c'est-à-dire plus sûre).

VI.4. Recommandations

- Le paragraphe VI.2 présente des listes détaillées des fonctions et des données de l'étude. Il est recommandé au concepteur du profil en travers d'un tunnel donné d'examiner et d'évaluer tous ces éléments pour justifier et exposer ses choix. Ce document devra ensuite être validé par les autorités responsables.
- Dans les tunnels très encombrés (en ville, par exemple), les zones hors chaussée adjacentes à la voie de dépassement doivent être assez larges pour permettre aux véhicules en panne de stationner en toute sécurité.
- Il est recommandé d'éviter une modification brutale des caractéristiques routières à l'entrée du tunnel. Si des changements sont nécessaires, il est préférable de les faire à 150 m au moins de la tête du tunnel.
- Lors de travaux d'entretien dans un tube à circulation unidirectionnelle, il est recommandé de fermer au moins une voie de circulation adjacente au chantier. Cette mesure est meilleure que les trottoirs pour la sécurité des travailleurs.
- Il est recommandé, autant que possible, d'installer câbles et conduites à l'extérieur du tube du tunnel. En particulier, les installations auxquelles il est souvent nécessaire d'accéder doivent être séparées de la zone de circulation. Cela réduit la nécessité de fermer des voies pendant les travaux d'entretien.