

# 7. GÉOMÉTRIE DE LA SECTION TRANSVERSALE

Ce chapitre présente les différentes parties de la section transversale des tunnels bidirectionnels, selon les normes internationales, et les résultats de plusieurs études sur le sujet. Un résumé des questions traitées figure dans le paragraphe consacré aux recommandations.

## 7.1 Largeurs des voies

- En général, les recommandations internationales s'accordent très largement à suggérer une largeur de voie égale ou supérieure à 3,25 m, en recommandant une valeur de 3,50 m dans tous les tunnels supportant un trafic de poids lourds. Cette largeur peut inclure la part proportionnelle de la ligne médiane. En Amérique du Nord, la largeur recommandée pour les voies de circulation est de 3,65 m.
- La ligne médiane doit être double et continue afin d'interdire efficacement les dépassements. La largeur de chaque ligne ne doit pas être inférieure à 15 cm.
- Il est également recommandé que la ligne médiane, à l'intérieur du tunnel, soit rugueuse, pour contribuer à réduire les collisions frontales dues à l'invasion d'une voie par des véhicules arrivant en sens inverse. De bons résultats peuvent également être obtenus en utilisant des catadioptriques pour le marquage routier ou des barrières peu élevées, implantées dans la chaussée, pour mieux guider les conducteurs et réduire le risque d'invasion accidentelle des voies par les véhicules circulant en sens inverse [11].

## 7.2 Largeurs des accotements

Les recommandations des différents pays à cet égard sont extrêmement variées. Cependant, cette diversité devient moins prononcée si l'on prend en compte l'ensemble de l'accotement et des trottoirs, c'est-à-dire toute la zone hors-chaussée.

La zone hors-chaussée comprend les accotements et les trottoirs, s'il y en a. Il faut également prévoir un espace suffisant pour les barrières de sécurité, si elles sont comprises dans le profil. Ces éléments sont illustrés sur les figures 4, 5 et 6, ci-dessous.

- Dans les tunnels bidirectionnels, les largeurs des accotements droit et gauche doivent être égales. Comme il est expliqué plus loin, la seule exception peut être les tunnels à plusieurs voies pour le même sens de circulation.

# 7. GEOMETRIC CROSS SECTION

The points in this section include considerations of the different parts of the cross section of bi-directional tunnels based on international standards, as well as the results of various studies of this aspect. A summary of these considerations is included in the paragraph of recommendations.

## 7.1 Lane Widths

- In general, international recommendations coincide to a very large extent in suggesting that traffic lanes have widths that are equal to or in excess of 3.25 m, with a recommended value of 3.50 m, which should always be used whenever the tunnel carries heavy vehicle traffic. This width may include the proportional part of the traffic lane markings in the centre. In North America, the recommended width for traffic lanes is 3.65 m. (12 feet)
- The traffic lane markings in the centre should be double continuous lines to effectively prohibit any overtaking. The width of each line should not be less than 15 cm.
- It is also recommended that the traffic lane markings in the centre of the tunnel should be painted as rumble strips, in an attempt to reduce head-on accidents by invasion of the traffic lane in the opposite direction. Good results can also be obtained by using cat eyes as road markings or small barriers set into the pavement to improve guidance and reduce the risk of accidental invasion of the lanes with traffic flow in the opposite direction [11].

## 7.2 Hard Clearance Widths

There is considerable diversity between the recommendations of different countries in this regard. However this diversity becomes less pronounced if we take the hard clearance and walkways simultaneously into consideration, that is the total area of the off carriageway.

The off carriageway comprises the hard clearances and the walkways, if present. There should be also space enough for safety barriers, if they are provided in the section. These aspects are illustrated in figures 4, 5 and 6, below.

- In bi-directional tunnels, both left and right hard clearance widths should be equal. The only exception, as explained later, could be the tunnels with more than one lane in the same direction.

- Les fonctions de l'accotement (conçu avec ses dimensions maximales) sont les suivantes :
  - augmenter la capacité des voies ;
  - servir de bande de récupération pour permettre aux conducteurs ayant franchi la ligne de rive de corriger leur trajectoire en toute sécurité ;
  - offrir un espace suffisant pour le stationnement d'un véhicule en panne ;
  - servir de bande d'arrêt d'urgence pour permettre aux services de secours de circuler ;
  - faciliter les opérations d'entretien.
  
- Il est important de respecter le critère de sécurité exigeant une largeur de circulation minimale (voies de circulation + accotement) de 8,50 m. En effet, c'est la largeur nécessaire pour qu'un poids lourd puisse dépasser un autre véhicule à l'arrêt sans interrompre totalement le trafic en sens inverse ( $3 * 2,50 + 4 * 0,25$  m.) La largeur de l'accotement doit donc compléter celle des voies de circulation afin d'atteindre la largeur totale exigée. Toutefois, dans certains pays européens, le dépassement n'est pas autorisé lorsqu'un véhicule est en panne. La largeur exigée est donc inférieure, mais le trafic dans ce sens de circulation est alors arrêté jusqu'à ce que le véhicule soit dépanné.
  
- Il est également recommandé dans certains pays que l'accotement puisse permettre à un véhicule de stationner sans arrêter ou gêner la circulation en sens inverse. Cela signifie que la largeur recommandée de la voie de circulation plus la largeur de l'accotement dépassent 5,50 mètres, comme indiqué dans la plupart des recommandations internationales pour les tunnels bidirectionnels d'une certaine importance.
  
- L'idéal serait que l'accotement puisse permettre à un véhicule de stationner totalement en dehors de la chaussée, ce qui nécessiterait une largeur minimale de 2,50 m.
  
- Dans certains pays [5], on ménage également un espace pour permettre au conducteur de sortir de son véhicule, ce qui augmente la largeur de l'accotement à 3,00 m.
  
- Une largeur d'accotement comprise entre 0,75 et 2,00 mètres n'est pas recommandée dans certains pays, sauf s'il existe un terre-plein central ou plusieurs voies dans le même sens de circulation. Si la largeur est inférieure à 2,00 m, le conducteur en difficulté devra laisser son véhicule stationné sur une partie de la voie de circulation, accroissant ainsi les risques d'accidents lorsqu'il sera dépassé par les autres véhicules.
  
- Si l'on réserve un espace pour implanter une glissière métallique ou une barrière en béton, sur le bord extérieur de l'accotement ou le long du piédroit lorsqu'il y a un trottoir, il faut augmenter la largeur totale du tunnel pour maintenir les largeurs de l'accotement et du trottoir.

- Hard clearance functions (when provided at a maximum) are:
  - Increase lane capacity.
  - Provide a redress space strip, allowing drivers who cross the edge line to correct their drive surely.
  - Provide space to stop a broken down vehicle.
  - Provide an emergency lane to give access to rescue services.
  - Facilitate maintenance activities.
- It is important to respect the safety criteria that requires a minimum travel width (traffic lanes + hard clearance) of 8 m 50 cm, as this is the distance required for a heavy goods vehicle to overtake another vehicle that is stopped without completely interrupting traffic in the opposite direction. ( $3 * 2.50 + 4 * 0.25$  m.) This criterion should be respected in all cases and so the width of the hard-clearance should complement that of the traffic lanes in order to obtain this total width. In spite of this, there are some European countries where overtaking is not allowed when there is an breakdown; this results in less width required, but traffic in this direction remains stopped till the breakdown is solved.
- Furthermore, it is also recommended in certain countries that the hard clearance enables a vehicle to stop without impeding or restricting traffic flow in the opposite direction. This means that the recommended width of the traffic lane plus the width of the hard clearance should be more than 5 metres 50 cm, as stated in the majority of international recommendations for bi-directional tunnels of some importance.
- The best possible situation would be for the hard clearance to enable a vehicle to be stopped completely off the carriageway and this would require a minimum width of 2.50 m.
- Some countries [5] also consider the space required for the driver to alight from the stopped vehicle increasing the width of the hard clearance to 3.00 m.
- Widths of hard clearance between 0.75 and 2.00 metres are not recommended in certain countries, except in the case of a central median strip or when there is more than one lane of traffic in the same direction. A hard clearance less than 2.00 m could induce vehicles in difficulties to stop partially invading the traffic lane, and hereby create a dangerous hazard when overtaken by following traffic.
- In the case of using safety barriers, both flexible or concrete type, at the outer edge of the hard clearance, or adjacent to the tunnel wall if there is a walkway, the space to place this element should increase the total width of the tunnel, so maintaining the hard clearance and walkway widths.

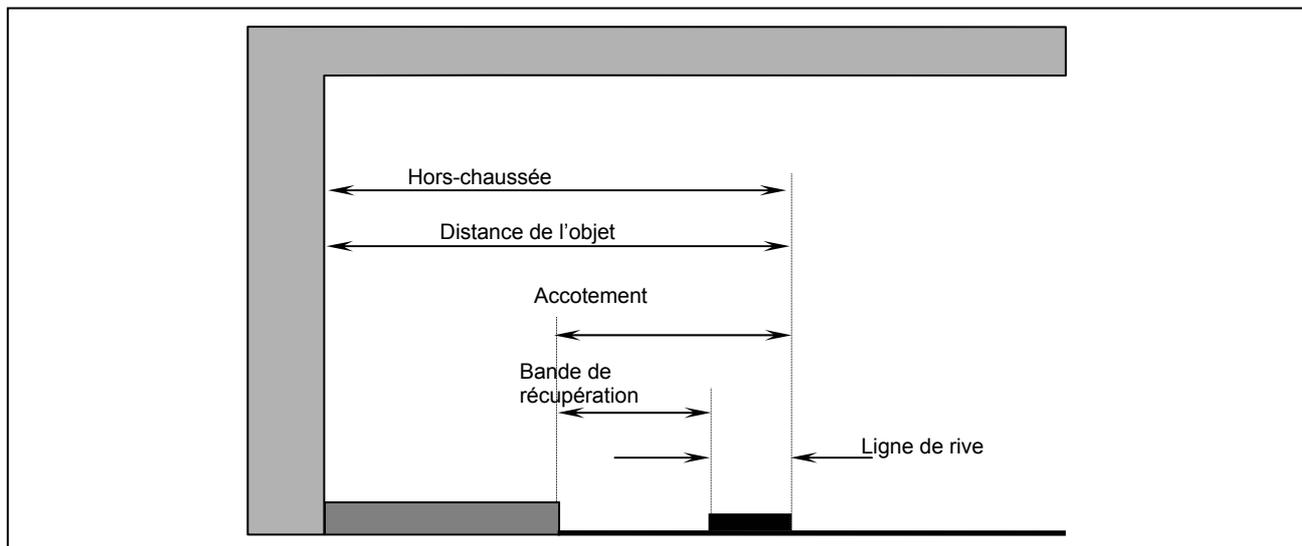


Figure 4 - Éléments et fonctions d'une zone hors-chaussée avec trottoirs

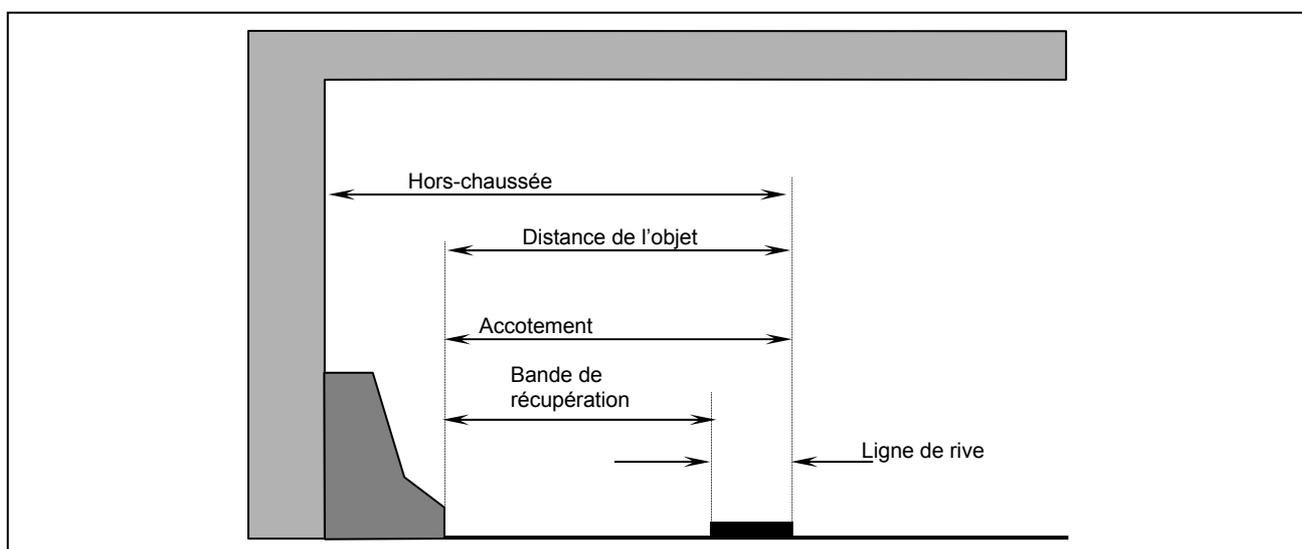


Figure 5 - Éléments et fonctions d'une zone hors-chaussée avec barrières de sécurité

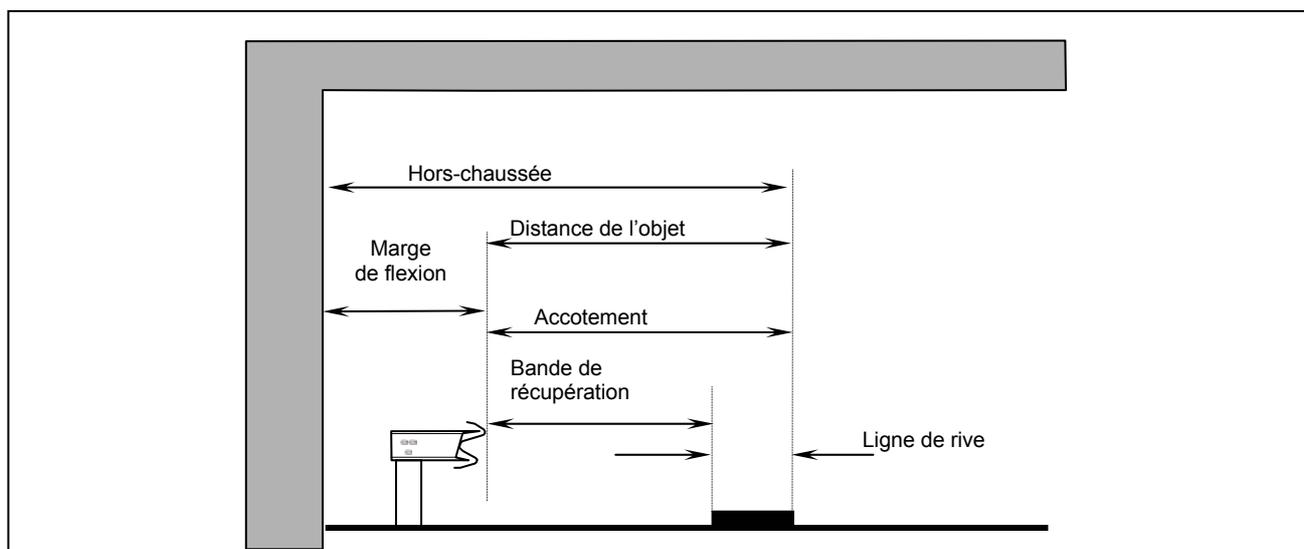
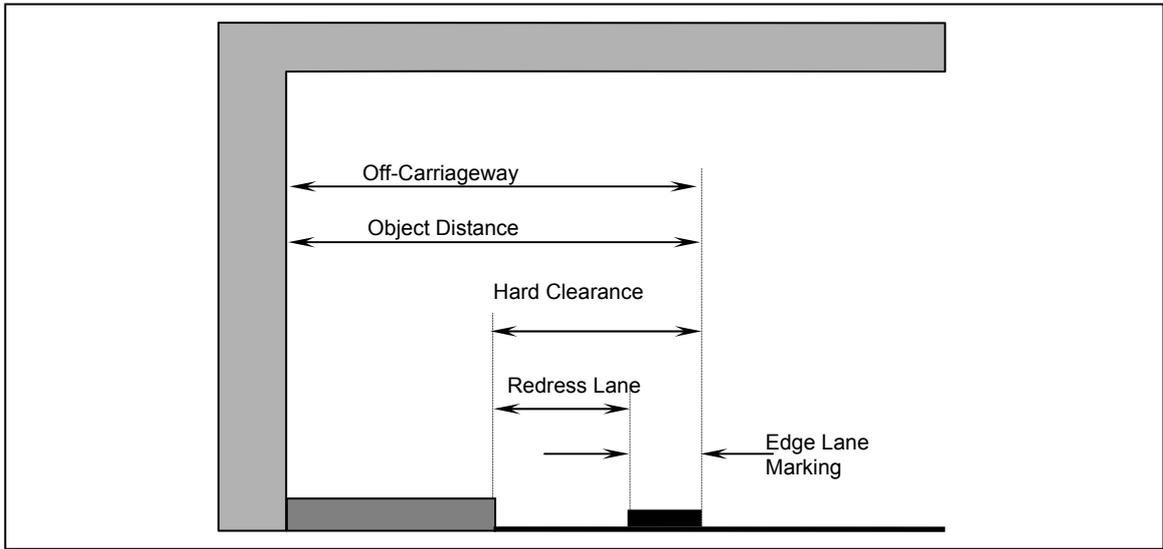
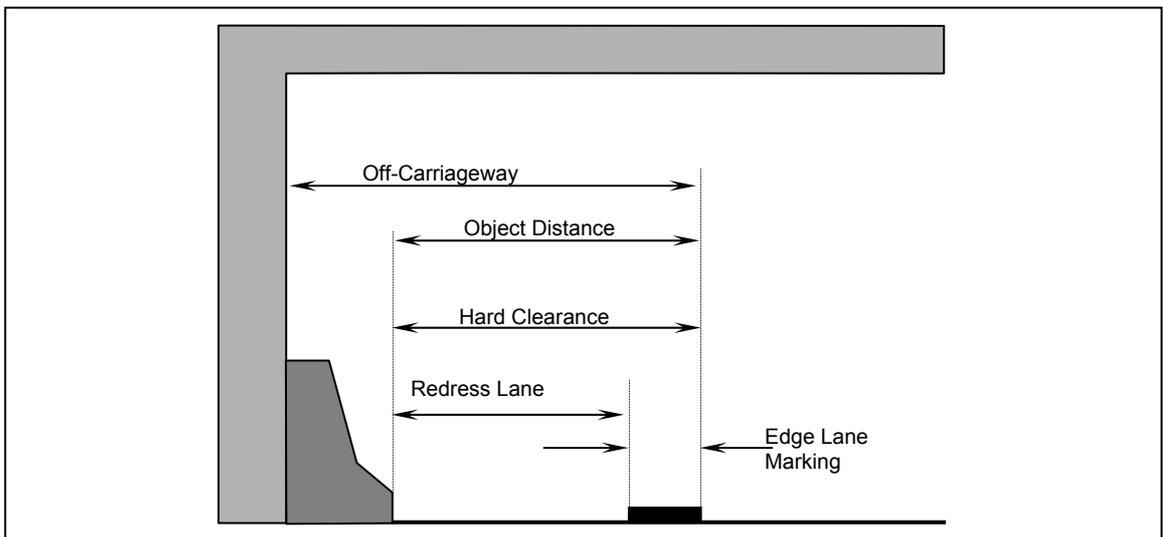


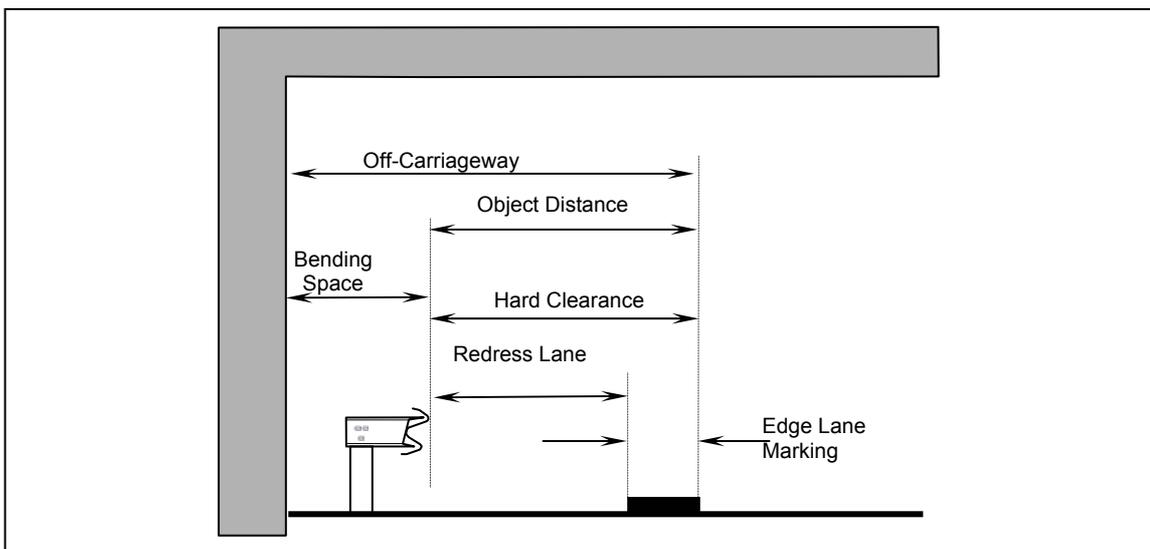
Figure 6 - Éléments et fonctions d'une zone hors-chaussée avec rampes de protection métalliques



**Figure 4 - Elements and functions of off carriageways in case of walkways.**



**Figure 5 - Elements and functions of off carriageways in case of safety barriers.**



**Figure 6 - Elements and functions of off carriageways in case of flexible guard rails.**

### 7.3 Bande médiane centrale

- Une des solutions possibles pour limiter la largeur totale d'un tunnel bidirectionnel sans trop compromettre la sécurité serait de construire une bande ou une voie interdite à la circulation, séparant les deux sens de circulation. Cette bande aurait les fonctions suivantes :
  - séparer les deux sens de circulation, pour améliorer la sécurité dans le tunnel ;
  - remplacer partiellement les accotements pour permettre le dépassement d'un véhicule à l'arrêt sur le côté, sans envahir la voie réservée à la circulation dans le sens opposé ;
  - servir de bande d'arrêt d'urgence, assez large pour permettre l'accès des véhicules de secours.
- Inversement, cette bande centrale peut être dangereuse dans certaines circonstances :
  - Si un véhicule en panne s'arrête sur cet espace central. Cette manœuvre est strictement interdite sauf dans le cas de véhicules de secours équipés des systèmes de signalisation et d'avertissement appropriés. Ce risque peut être sensiblement réduit par un marquage routier, afin que l'espace central soit bien visible et ne puisse pas être confondu avec une voie de circulation ou une zone réservée à l'arrêt ou au stationnement.
  - Si un véhicule s'arrête au bord de l'accotement en un point où la visibilité est mauvaise (courbe à droite dans les pays où l'on roule de ce côté). Dans les zones du tunnel où la visibilité est insuffisante pour s'arrêter à la vitesse moyenne de circulation en raison d'un rayon de courbure limité ou d'un accotement étroit, il peut être dangereux d'aménager un espace central associé à des accotements étroits ou inexistantes. Dans ce cas, il faut prévoir un accotement suffisamment large pour que les véhicules puissent s'arrêter en toute sécurité, même s'il existe un espace central.
- En cas d'aménagement d'une telle bande centrale, celle-ci doit avoir une largeur comprise entre 1,00 et 2,5 mètres et peut permettre une réduction de la largeur des accotements d'au moins 0,50 m, sauf exceptions indiquées ci-dessus.

### 7.4 Trottoirs

- Presque toutes les réglementations internationales recommandent de doter les tunnels de trottoirs réservés au personnel, et en cas d'incident, accessibles aux piétons. Ces trottoirs ont les fonctions suivantes :
  - Augmenter le niveau de service. La largeur du trottoir, ajoutée à la largeur de l'accotement, accroît la capacité de la route. Cependant, cette fonction n'est plus améliorée lorsque la largeur de l'ensemble (accotement + trottoir) dépasse 1,80 m.

### 7.3 Central Median Strip

- One possible solution for limiting the total width of the tunnel without excessively compromising safety considerations would be to include a strip or non-usable traffic lane separating the directions of a bi-directional tunnel. This strip would have the following functions:
  - Separate the traffic in both directions, improving the safety of the tunnel.
  - Partially replace the hard clearance on the sides enabling a vehicle stopped to one side of the lane to be overtaken without invading the lane for traffic travelling in the opposite direction.
  - Provide a free emergency lane, wide enough for the access of emergency service vehicles.
- On the other hand, this central strip may be dangerous under certain circumstances:
  - If a vehicle that has broken down stops on this central strip. This is strictly prohibited except in the case of service vehicles with adequate signalling and warning systems. This risk can be considerably reduced by clearly marking the central median strip so that it cannot be confused with a traffic lane nor an area designated for parking or standing.
  - If the vehicle that stops beside the hard clearance does so at a point with poor visibility (curve to the right in right-hand driving countries). In areas of the tunnel where there is insufficient visibility for stopping at the average speed of traffic because of reduced curve radius or small hard clearance, it may prove dangerous to install a central median strip in combination with narrow or non-existent hard clearances. In these cases sufficient lateral hard clearance should be provided for the safe stopping of vehicles without any reduction of width even though there is also a central median strip.
- If it is used, this central strip should enable a width of between 1.0 and 2.5 metres, and could enable a certain reduction in the width of the side hard clearances, with the exception indicated above, to a minimum of 0.50 m.

### 7.4 Walkways

- Almost all international regulations recommend that tunnels include walkways for use by staff and in case of incidents for pedestrian use stating the following purposes:
  - Provide better level of service to traffic. Its width, in addition with hard clearance widths, give greater roadway capacity, although this function is not increased with widths greater than 1.80 m (hard clearance + walkway)

- Guider les conducteurs, grâce à la ligne constituée par le bord du trottoir.
  - Empêcher les véhicules ayant franchi la ligne de rive de heurter le piédroit du tunnel. Mais cette fonction, également attribuée aux barrières de sécurité, ne peut guère être remplie en raison des hauteurs habituelles des trottoirs.
  - Permettre l'ouverture des portes des véhicules à l'arrêt et des équipements du tunnel (issues de secours, niches de sécurité, etc.).
  - Permettre aux usagers de la route qui ont dû arrêter leur véhicule de se rendre en toute sécurité jusqu'aux bornes d'appel d'urgence.
  - Dans certaines circonstances, permettre aux passagers de véhicules en panne ou accidentés d'attendre les équipes de secours dans de meilleures conditions de sécurité.
  - Permettre les opérations d'entretien dans de meilleures conditions de sécurité.
  - Permettre l'installation de conduits, câbles et autres éléments des équipements du tunnel.
- Il existe trois cas de figure :
    - a. Trottoir uniquement utilisé pour les fonctions décrites ci-dessus.  
La largeur minimale doit être de 0,60 m et la largeur recommandée est de 0,75 m. Le trottoir doit avoir une hauteur de 7 à 15 cm par rapport à la chaussée et être doté d'une bordure verticale (non franchissable). La hauteur au-dessus du trottoir doit être de 2,30 m. Il semble nécessaire que tous les tunnels aient au moins ce type de trottoir<sup>2</sup>.
    - b. Trottoir utilisé par un certain nombre de cyclistes et de piétons.
      - En général, cette fonction n'est pas recommandée et ne doit être utilisée qu'en l'absence d'autre solution. Dans la mesure du possible, les piétons et les cyclistes doivent circuler dans un autre tunnel ou dans un tube séparé du tunnel routier.
      - Si le trottoir doit être utilisé dans ce but, il doit avoir une hauteur minimale de 50 cm par rapport à la chaussée et être équipé d'un type quelconque de barrière. Il doit aussi être compatible avec les besoins des autres usagers ; un moyen d'accès depuis les autres voies de circulation doit donc être aménagé.
    - c. Trottoir délimité par une bordure franchissable.
      - Ce type de trottoir doit permettre aux véhicules de stationner en urgence sur une partie de la chaussée.
      - Cette conception permet aux véhicules stationnant en raison d'une panne ou pour toute autre cause d'occuper une moindre partie de la chaussée et de se rapprocher du piédroit du tunnel.

<sup>2</sup> Malgré cela, certains pays préfèrent ne pas construire de bordures dans les tunnels bidirectionnels car ils considèrent qu'elles sont dangereuses pour les usagers handicapés et qu'une collision contre une bordure peut, dans certains cas, renverser le véhicule. Ils font également remarquer qu'une bordure peut gêner un véhicule tentant de faire demi-tour dans le tunnel.

- Give an orientating line to the drivers, marked by the kerbs.
  - Kerbs could also prevent vehicles, which have crossed the edge line, from colliding with the tunnel wall. This function, that is the same that is attributed to the safety barriers, is scarcely effective with the usual heights of the kerbs.
  - Enable door opening, both from the stopped cars and from the equipment of the tunnel (emergency escape doors, SOS station doors etc.)
  - Enables road users who have had to stop their vehicles to proceed safely to the emergency telephone points.
  - Occasionally, they enable users waiting for help after a breakdown or accident to do so in better conditions of safety.
  - Enable maintenance to be done in better conditions of safety
  - Site for the placement of conduits, cables and other elements of the tunnel installations.
- There are three different cases:
    - a. Walkways that only have the uses defined above.  
In this case the minimum width is 0.60 m, and the recommended width is 0.75 m. The walkway should be raised between 7 and 15 cm above the carriageway with a vertical kerb (not roll over), and headroom over the walkway should be 2 m 30 cm. It seems necessary for all tunnels to have at least this type of walkways <sup>2</sup>.
    - b. Walkways for a certain amount of bicycle or pedestrian traffic.
      - In general this solution is not recommended, and should only be applied when there is no other alternative. Whenever possible, the pedestrian and/or bicycle traffic should be in another tunnel or tube separated from the road tunnel.
      - If the walkway must be used for this purpose, it should be raised at least 50 cm above the carriageway and fitted with some kind of barrier. The walkway should also be compatible with the needs of other users and so should be fitted with a means of access from the traffic lanes.
    - c. Walkways demarcated by roll-over kerbs.
      - This type of walkways should facilitate vehicles in emergency to park partly on the walkway.
      - This design enables any vehicles that stop because of a breakdown or other cause to take up less width of the carriageway and get closer to the wall of the tunnel.

---

<sup>2</sup> In spite of this, some countries prefer no kerbs in a bi-directional tunnel as they consider kerbs to be dangerous for disabled users, as well as the fact that a collision with a kerb may, in some cases, cause the vehicle to roll over. They also argue that a kerb may make more difficult to execute a U-turn inside a tunnel.

- Certains pensent qu'une déviation ponctuelle de la trajectoire, la cause la plus fréquente d'accidents impliquant un seul véhicule, entraîne des conséquences moins graves en présence de ce type de bordure. Cette question est cependant très controversée et des expériences complémentaires seraient nécessaires pour pouvoir accepter ou rejeter cette hypothèse.

En cas d'aménagement de ce type de trottoir, la configuration normale doit être la suivante :

- La bordure est franchissable, biseautée au maximum à 30° par rapport à l'horizontale. Sa hauteur est habituellement de 7 à 15 cm par rapport à la chaussée.
- Ce type de trottoir doit pouvoir supporter un poids sur l'essieu de 10,5 t, afin qu'un camion ne puisse pas l'endommager ou abîmer les équipements publics souterrains.
- Le dégagement vertical au-dessus du trottoir doit être supérieur à celui indiqué précédemment pour les trottoirs à usage piétonnier, et égal à la hauteur au-dessus de la chaussée.
- La moitié de la largeur doit être considérée comme la largeur de l'accotement et être réduite en conséquence.

## 7.5 Recommandations

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques recommandées pour les tunnels à deux fois une voie. Les dimensions minimales indiquées doivent être adoptées pour tout niveau de trafic ou toute longueur de tunnel. Les dimensions correspondant à une section réduite peuvent être utilisées pour les tunnels d'une certaine importance, mais dans la mesure du possible, il est préférable que la section soit adaptée aux dimensions recommandées.

Ces recommandations se fondent sur les pratiques courantes dans différents pays et sur les opinions des experts du GT4 du comité AIPCR. Toutefois, il peut exister d'autres solutions aux problèmes traités et des normes nationales adoptant des démarches différentes pour faire face aux situations évoquées dans ce rapport.

Résumé des recommandations						
Type de section	Terre-plein central (m)	Voies de circulation (m)	Accotement (m)	Trottoirs (m)	Trottoirs franchissables (m)	Largeur totale entre piliers (m)
Minimale sans trottoirs	-	3,50	0,75	-	-	8,50
Minimale avec trottoirs	-	3,50	0,75	0,60	-	9,70
Minimale avec trottoirs franchissables	-	3,50	0,50	-	0,60	9,20
Réduite avec trottoirs	-	3,50	2,00	0,60	-	12,20
Réduite avec trottoirs franchissables	-	3,50	1,75	-	0,60	11,70
Réduite avec terre-plein central	2,00	3,50	0,50	0,60	-	11,20
Non réduite	-	3,50	2,50	0,60	-	13,20

- There are opinions that maintain that the occasional losses of trajectory of vehicles, which are the most common reason for accidents involving only one vehicle, may have less serious consequences with this type of kerb. There is considerable controversy about this however and further experiments are required before accepting or rejecting this hypothesis.

If this type of kerb is used, the normal layout is:

- The kerb is inclined; roll over type, with maximum inclinations of 30° to the horizontal. The heights are usually between 7 and 15 cm above the carriageway.
- This type of kerbs and walkways must be able to withstand an axle weight of 10.5 t, so that heavy vehicles do not damage the walkway nor any underground service and utility installations.
- When using this type of walkways, the vertical clearance over the walkway should be more than that indicated earlier for pedestrian use, the same as the headroom over the carriageway.
- When this type of walkways is used, half of the width may be considered as the width of the hard clearance and so this width may be reduced accordingly.

## 7.5 Recommendations

The table below summarises the recommended characteristics for bi-directional tunnels with two traffic lanes. The dimensions indicated as minimum should be adopted for any level of traffic or length of tunnel. The dimensions corresponding to the restricted section may be used for tunnels of a certain importance although, whenever possible, the section should be adapted to the recommended dimensions.

These recommendations are based on common practice in various countries, as well as on the opinions of the experts on the PIARC WG4 committee. However, there may be other solutions to the problems discussed here, and national standards could take different approaches to some of the situations dealt with in this report.

Table summarising recommendations.						
Type of section	Central median strip (m)	Traffic lanes (m)	Hard clearance (m)	Walkways (m)	Roll over walkways (m)	Total width between walls (m)
Minimum without walkways	-	3.50	0.75	-	-	8.50
Minimum with walkways	-	3.50	0.75	0.60	-	9.70
Minimum with roll over walkways	-	3.50	0.50	-	0.60	9.20
Restricted with walkways	-	3.50	2.00	0.60	-	12.20
Restricted with roll over walkways	-	3.50	1.75	-	0.60	11.70
Restricted with central median strip	2.00	3.50	0.50	0.60	-	11.20
Unrestricted	-	3.50	2.50	0.60	-	13.20

La largeur recommandée de toute voie supplémentaire est de 3,50 m. La largeur de l'accotement dans le sens d'un tunnel à plusieurs voies de circulation ne doit pas être réduite, car le stationnement d'un véhicule obligerait à des manœuvres dangereuses, même dans des conditions de trafic fluide.

Certains pays recommandent une largeur de trottoir supérieure à 0,60 m, et si un espace doit être ménagé pour les fauteuils roulants, ils prévoient une largeur de 1,00 à 1,20 m.

## 7.6. Largeurs de la zone hors-chaussée et distances de visibilité

- On entend par hors-chaussée l'espace total occupé par l'accotement et le trottoir. Cette bande doit remplir les fonctions pour lesquelles ses éléments sont conçus, mais aussi assurer une distance de visibilité suffisante dans toutes les courbes à l'intérieur du tunnel pour qu'un véhicule puisse s'arrêter en toute sécurité, même en présence d'un obstacle.
- Dans la plupart des pays, les normes prennent en compte cet aspect, en associant les distances de visibilité et d'arrêt à la vitesse, au rayon de courbure et à la pente de la route.
- Le tableau ci-dessous montre les distances libres exigées dans la plupart des pays, dans des conditions similaires et pour différentes vitesses de circulation<sup>3</sup>.

Moyenne des vitesses instantanées (km/h)	40	60	80	100	120
Rayon minimal (m)	100	160	260	470	800
Distance d'arrêt de sécurité (m)	40	80	130	180	280
Largeur latérale nécessaire (m)	2,0	4,9	8,0	8,5	12,2
Largeur de la zone hors-chaussée nécessaire, en supposant que le conducteur se trouve à 1,5 m du bord de la voie	0,5	3,4	6,5	7,0	10,7

Remarque : si la voie est descendante, la distance d'arrêt de sécurité doit être augmentée.

- Le tableau ci-dessous montre la distance de visibilité assurée par la zone hors-chaussée selon sa largeur et en fonction du rayon de courbure.

Distance de visibilité assurée (m)					
Hors-chaussée disponible (m)	Rayon de courbure (m)				
	100	160	260	470	800
1	45	57	72	97	127
2	53	67	86	115	150
3	61	76	97	130	170
4	67	85	108	144	188

Remarque : distances indiquées en supposant que le conducteur se trouve à 1,5 m du bord de la voie.

<sup>3</sup> Les distances d'arrêt de sécurité sont calculées en fonction d'une pente de 0 %, d'un temps de perception et de réaction de 2 secondes et d'un coefficient de frottement compris entre 0,35 (90 km/h) et 0,39 (40 km/h).

The recommended width of any additional traffic lanes is 3.50 m. The width of the hard clearance in the direction of a tunnel with more than one traffic lane should not be reduced, as any stationary vehicle would create the need for dangerous manoeuvres even at low levels of traffic.

Some countries recommend walkway widths greater than 0.60 m, and in the case of providing space for wheelchairs consider widths of 1,00 to 1,20 m.

## 7.6. Off-Carriageway Widths and Visibility Distances

- The off-carriageway is understood to be the total space of the hard clearance and the walkway. This strip, apart from providing the design functions of its components, should also provide sufficient visibility distance on any curves inside the tunnel to be able to safely stop a vehicle when should there be any obstacle.
- In the majority of countries the standards include this type of consideration, associating visibility and stopping distances with the speed, radius of the curve and the slope of the roadway.
- The table below shows the free distances required by the majority of countries under similar conditions and at different traffic speeds (3).

Spot speed (km/h)	40	60	80	100	120
Minimum radii (m)	100	160	260	470	800
Safe stopping distance (m)	40	80	130	180	280
Lateral width needed (m)	2.0	4.9	8.0	8.5	12.2
Off-carriageway width required, assuming driver situated 1.5 m from the edge of the lane	0.5	3.4	6.5	7.0	10.7

Note: If lane is downwards, safe stopping distance should be increased.

- The table below shows the visibility distance provided by an off-carriageway of various widths as a function of the radius of the curve.

Visibility distance offered (m)	
Off-carriageway available (m)	Curve radii (m)
	100 160 260 470 800
1	45 57 72 97 127
2	53 67 86 115 150
3	61 76 97 130 170
4	67 85 108 144 188

Note: Distances are shown, supposing driver situated 1.5 m from the edge of the lane.

<sup>3</sup> Safe stopping distances are calculated considering 0% inclination, 2 seconds as perception & reaction time, and friction coefficient varying from 0.35 (90 km/h) to 0.39 (40 km/h)