 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 1 sur 9

1. Bases

Directive ASTRA 11005 Dispositifs de retenue de véhicules
 Directive ASTRA 12008 Chocs provenant de véhicules routiers
 Directive ASTRA 13010 Signalisation des dispositifs de sécurité dans les tunnels routiers
 Directive ASTRA 13011 Portes et portes carrossables des tunnels routiers
 Directive ASTRA 13015 Installations d'éclairage
 Directive ASTRA 19004 Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales
 SIA 197 Projets de tunnels – Bases générales
 SIA 197/2 Projets de tunnels – Tunnels routiers
 SN 640 560 Sécurité passive dans l'espace routier – Norme de base
 VSS 40 561 Sécurité passive dans l'espace routier – Dispositifs de retenue des véhicules
 VSS 40 822 Dispositifs de balisage
 EN 1317-1 Dispositifs de retenue routiers – Partie 1: Terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essai
 EN 1317-2 Dispositifs de retenue routiers – Partie 2: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité incluant les barrières de bord d'ouvrage d'art
 EN 1317-3 Dispositifs de retenue routiers – Partie 3: Classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les atténuateurs de choc
 Fiche technique 24 001-10805 Aménagement des portails des tunnels

2. Concepts et définitions


Situés à côté de la chaussée et le plus souvent perpendiculairement au sens de la circulation, les parois frontales des élargissements d'arrêt, les liaisons transversales, les rétrécissements de la section dans les tunnels et les portails de tunnel constituent des obstacles et par conséquent des endroits potentiellement dangereux où un choc est susceptible d'entraîner des accidents graves. Au moment de l'étude du projet, il conviendra donc d'examiner les mesures qui permettent d'éviter de tels accidents ou, à tout le moins, d'en réduire la gravité.

Le tracé horizontal et vertical ainsi que la conception des abords de la route seront planifiés de manière à éviter ces endroits dangereux dans toute la mesure du possible. Lorsqu'un endroit dangereux est inévitable dans un tunnel, ou qu'il est déjà présent, comme dans le cas d'une paroi frontale perpendiculaire au sens de la circulation, il faudra envisager le recours à des dispositifs de protection passifs.

Les dispositifs de protection dans les tunnels qui entrent en ligne de compte sont ceux de retenue de véhicules (par ex. atténuateurs de choc et glissières de sécurité) ainsi que les mesures constructives comme les parapets de sécurité.

Conformément à la norme SN 640 560, un dispositif de retenue de véhicules est un système installé aux abords de la route capable de retenir un véhicule en détresse jusqu'à un niveau de retenue déterminé. Les atténuateurs de choc sont des dispositifs de retenue de véhicules généralement installés devant un obstacle et destinés en premier lieu à amortir les chocs frontaux. Les glissières de sécurité sont des barrières de sécurité de comportement flexible lors d'un choc et destinées à supporter les chocs latéraux.

Les parapets de sécurité sont des constructions de comportement rigide lors d'un choc.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 2 sur 9

3. Élargissements d'arrêt dans les tunnels

Généralités

Aux chiffres 8.8.2.2 et 8.8.3.2, la SIA 197/2 exige que des élargissements d'arrêt soient prévus tous les 600 à 900 m sur les deux côtés, l'un en face de l'autre, dans les tunnels bidirectionnels (élargissements d'arrêt d'urgence). En revanche, dans les tunnels unidirectionnels, ils ne seront prévus qu'au droit de centrales souterraines auxquelles on ne peut accéder directement depuis l'extérieur (élargissement d'entretien).

Les élargissements d'arrêt doivent permettre à un véhicule en panne de s'arrêter, en cas de nécessité, dans le tunnel sans perturber la circulation ; cela vaut également pour le service d'entretien qui accède à une centrale.

Situation

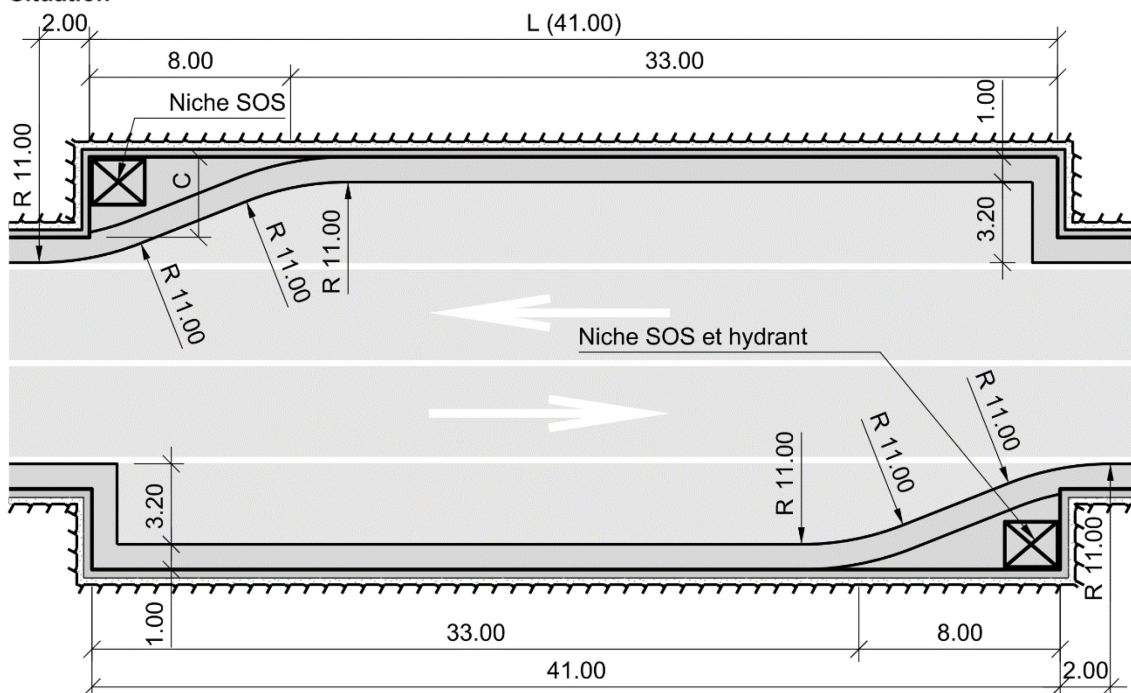



Figure 1: Élargissements d'arrêt cf. figure 3 de la norme SIA 197/2

Les Figure 1 et Figure 2 illustrent deux élargissements d'arrêt situés en vis-à-vis dans un tunnel bidirectionnel dont les parois frontales sont perpendiculaires au sens de la circulation. Par le passé, ce type de paroi frontale était généralement réalisé perpendiculairement pour des raisons de construction.

Dans un tunnel, si la paroi frontale ou le décrochement $c < 0,5$ m, ou que la longueur de l'élargissements d'arrêt $l < 5$ m, le risque de choc d'un véhicule est jugé faible (Figure 1). De manière générale, aucune mesure de protection n'est prise si le risque est faible.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 3 sur 9

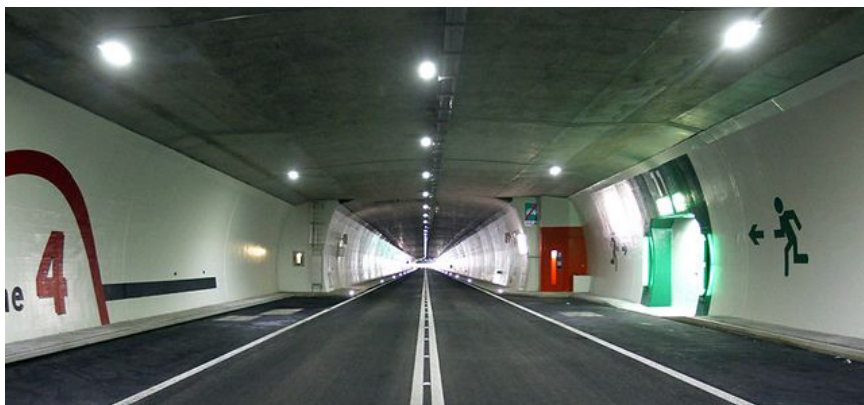


Figure 2: Photo avec élargissements d'arrêt en vis-à-vis

Marquage des parois frontales, des décrochements et des portails de tunnels

Les parois frontales non protégées des élargissements d'arrêt, les portails de tunnel non protégés ainsi que tous les décrochements dont la largeur est supérieure à 0.5m ($c > 0,5$ m) doivent impérativement être signalés par des bandes noires et blanches inclinées vers la chaussée (Figure 3). Dans les tunnels à circulation bidirectionnelle, les bandes de balisage seront prévues sur les parois frontales non protégées des élargissements d'arrêt, par exemple sur le côté gauche. La face avant des atténuateurs de chocs doit également être munie de bandes de balisages noirs et blancs.


Les dimensions possibles des bandes sont indiquées dans la norme VSS 40 822 Dispositifs de balisage.

Au sujet de l'éclairage, on se référera à la directive ASTRA 13015 Installations d'éclairage.

Marquage profilé

L'élargissement d'arrêt sera séparé de la voie normale par une ligne de bordure continue avec marquage profilé afin qu'un signal acoustique prévienne les conducteurs qu'ils quittent la voie normale et leur permette de réagir. Le marquage profilé commencera au moins 100 m avant le début de l'élargissement d'arrêt (Figure 6 à Figure 10).

Dans les tunnels bidirectionnels, les voies de circulation de la direction inverse seront séparées par une double ligne de sécurité (cf. norme SIA 197/2, chiffre 9.5.2.1) qui sera entièrement exécutée en marquage profilé. Des plots rétro réfléchissants seront fixés sur le revêtement entre les lignes de sécurité (cf. Figure 2).

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 4 sur 9

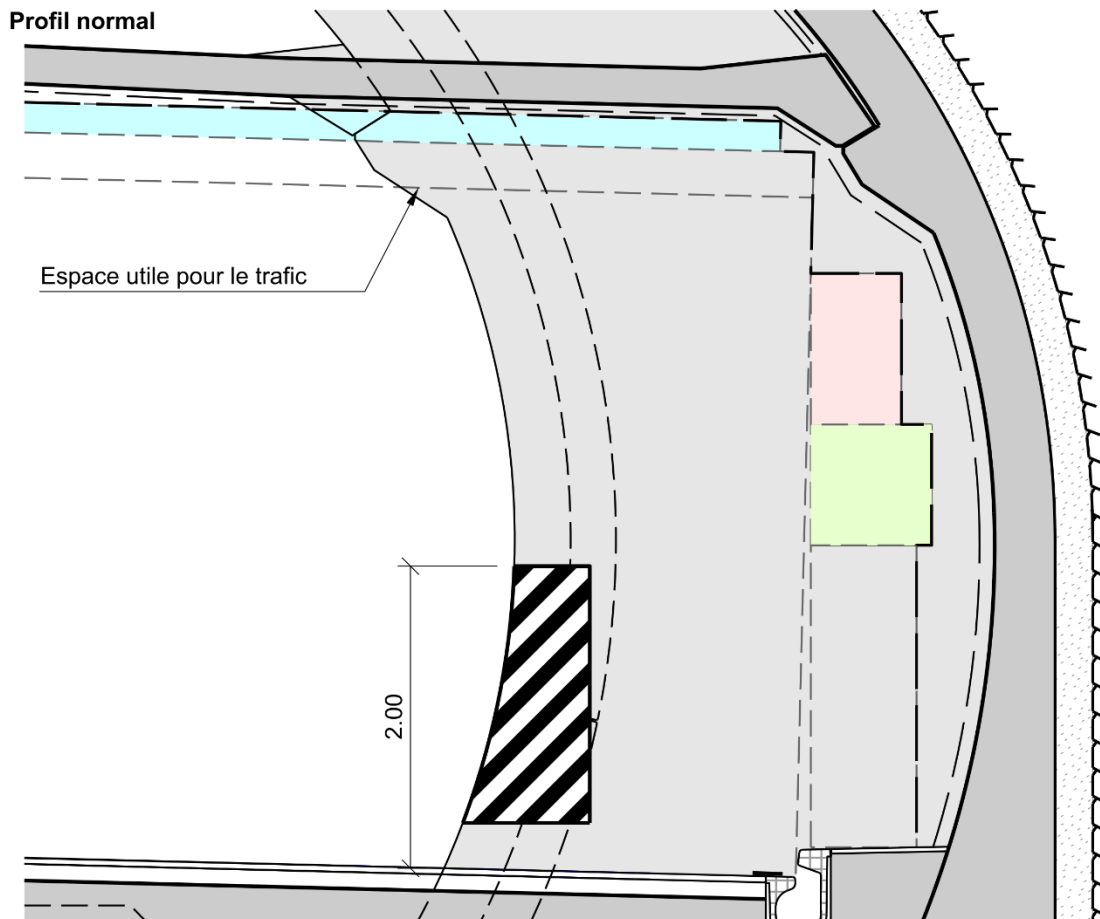


Figure 3: Bandes de balisage sur la paroi frontale non protégées (cf. VSS 40 822, fig. 14, Dispositifs de balisage)


Variantes de protection contre les chocs au niveau des élargissements d'arrêt

En principe, on pourra envisager les solutions suivantes pour protéger les élargissements d'arrêt dans les tunnels :

- Option 0 : aucune mesure, acceptation de l'état actuel
- Option 1 : fermeture de l'élargissement d'arrêt s'il n'est pas indispensable
- Option 2 : mise en place d'un atténuateur de choc
- Option 3 : mise en place d'une glissière de sécurité ou d'un parapet (les deux en biseau)
- Option 4 : paroi du tunnel avec un biseau > 10:1 (pour les nouvelles constructions)

Les solutions envisageables sont différentes selon qu'il s'agit d'un tunnel existant, d'une nouvelle construction, d'un tunnel unidirectionnel ou d'un tunnel bidirectionnel.

La Figure 4 illustre les mesures qui peuvent être examinées et prises au droit d'un élargissement d'arrêt, en complément aux prescriptions de la norme SIA 197/2. Dans chaque colonne, les options suivent un ordre de priorité décroissante, de haut en bas. Soumis à une estimation des coûts et avantages, le choix de l'option retenue tiendra également compte des besoins en termes de place.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 5 sur 9

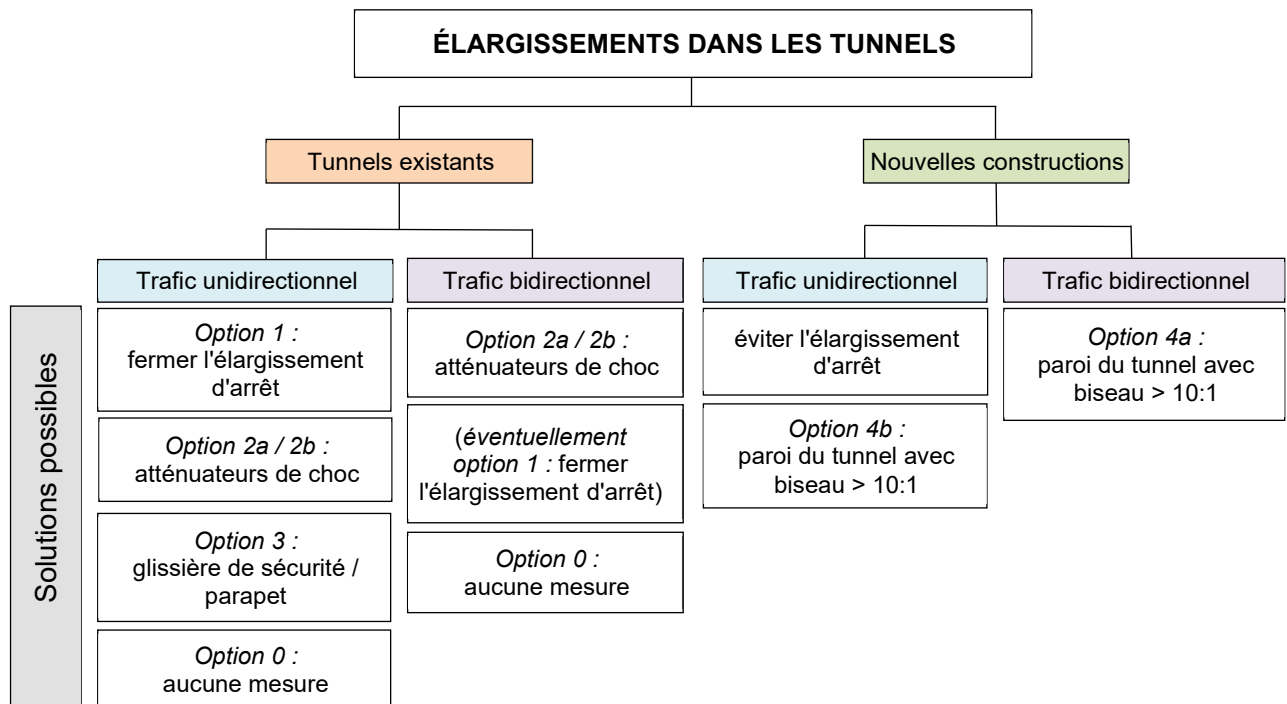



Figure 4: Différentes options pour les élargissements d'arrêt (les priorités sont indiquées par ordre décroissant, de haut en bas)

La longueur effectivement requise pour l'élargissement d'arrêt en trafic bidirectionnel est fonction des dimensions des véhicules actuellement admis à la circulation, y compris leur surface balayée. *Longueur nécessaire* : la longueur minimale pour l'élargissement est de 30 m. (Note : semi-remorque L=16,50 m, camion avec remorque L=18,75 m).

On entend par tunnel unidirectionnel un tunnel majoritairement exploité en trafic unidirectionnel. Les tunnels unidirectionnels sont uniquement équipés d'élargissements d'entretien.

Les différentes options sont détaillées ci-après.

Option 0 Aucune mesure : la proposition de cette option devra être justifiée.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 6 sur 9

Option 1 Fermeture de l'élargissement d'arrêt :

Cette option est envisageable dans les installations existantes si l'élargissement d'arrêt n'est pas obligatoire au sens de la norme SIA 197/2, chiffres 8.8.2.2 et 8.8.3.2, et que les services d'entretien n'en ont pas besoin (Figure 5).

Situation

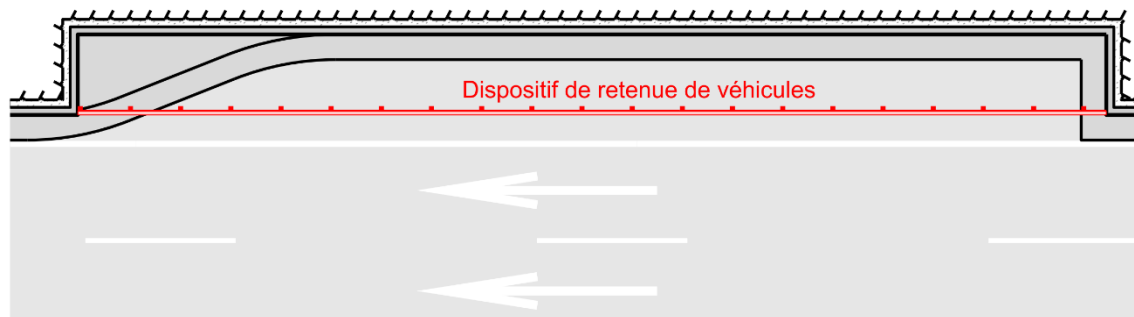


Figure 5: Option 1 - Fermeture de l'élargissement d'arrêt (trafic unidirectionnel)

Option 2a Mise en place d'un atténuateur de choc accolé à la paroi frontale

Un atténuateur de choc est accolé à la paroi frontale de l'élargissement d'arrêt (Figure 6). Conformément à la norme VSS 40 561, les exigences minimales applicables à la classe de performance des atténuateurs de choc sont : 80 / D3 / Z2 / B, type R (NR exclusivement pour les tunnels existants).

On essayera d'assurer une largeur minimale de la tête de l'atténuateur de choc de 2,0 m. La distance maximale entre la paroi du tunnel et l'atténuateur de choc n'excédera pas 1,70 m. Distance entre l'atténuateur de choc et le bord de chaussée 0,80 m (distance minimale 0,50 m).

Dès le stade de l'étude de projet, on prendra en compte les consignes de montage et d'installation spécifiques à chaque système et fournies par les fabricants d'atténuateurs de choc. Une déclaration de performance selon la législation des produits de construction est indispensable.

Situation

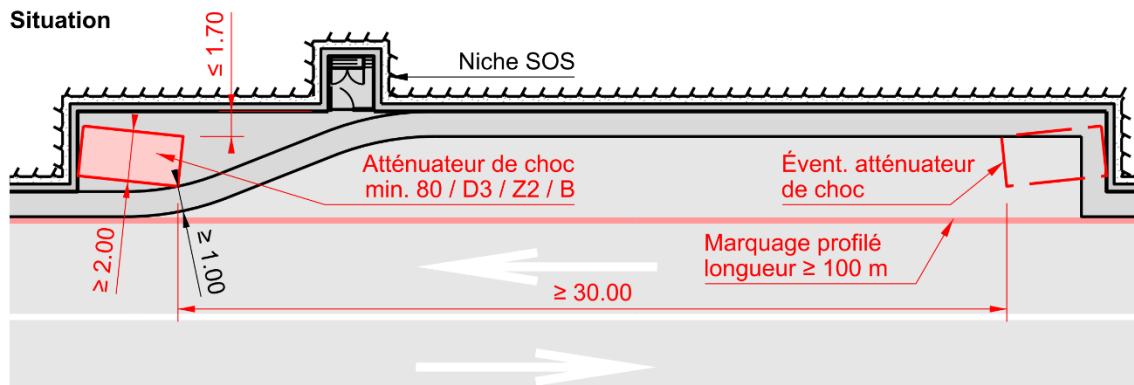



Figure 6: Option 2a - Atténuateurs de choc accolés à la paroi frontale, niche SOS latérale

Pour autant que l'espace disponible le permette, les deux parois frontales seront équipées d'un atténuateur de choc.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 7 sur 9

Option 2b Mise en place d'un atténuateur de choc à distance de la paroi frontale

L'option 2b est analogue à la 2a, mais un passage y est garanti entre la paroi frontale et l'atténuateur de choc (Figure 7). Cette option s'utilise par exemple lorsqu'une niche SOS est placée au niveau de la paroi frontale.

Situation

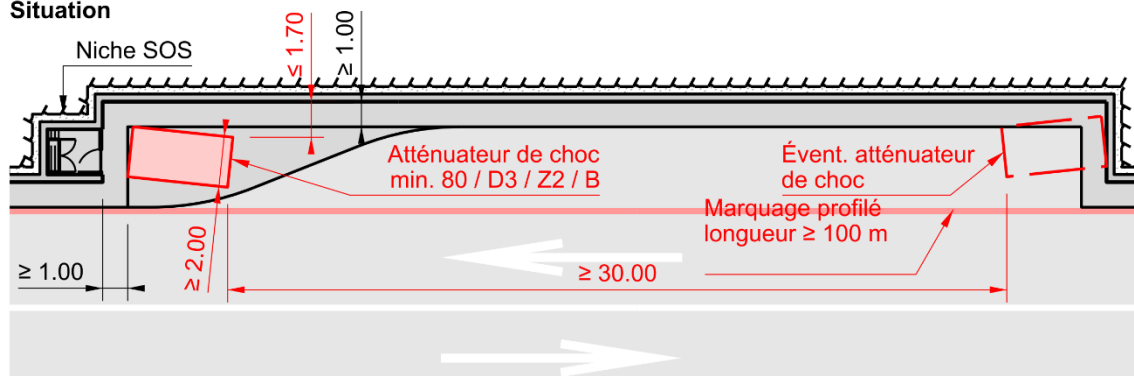


Figure 7: Option 2b - Atténuateur de choc avec passage à l'arrière, niche SOS près de la paroi frontale

La banquette d'une largeur minimale de 1,0 m doit être maintenue comme chemin de fuite. Dès le stade de l'étude de projet, on tiendra compte des consignes de montage et d'installation spécifiques à chaque système et fournies par les fabricants d'atténuateurs de choc. Une déclaration de performance selon la législation des produits de construction est indispensable.

Option 3 Mise en place d'une glissière de sécurité ou d'un parapet en biseau

La transition entre l'élargissement d'arrêt et le profil type du tunnel est réalisée au moyen d'une glissière de sécurité ou d'un parapet (les deux en biseau). Le niveau de retenue H1 au sens de la norme VSS 40 561, avec une hauteur minimale de 1,15 m, sera respecté pour les glissières de sécurité. Si des élargissements d'arrêt sont déjà en place, le biseau en situation devrait être de 5:1 (Figure 8). Un biseau des glissières de sécurité de 3:1 maximum est acceptable pour les élargissements courts.

En revanche, dans le cas d'une nouvelle construction, le biseau de la glissière de sécurité doit être de 10:1.

Situation

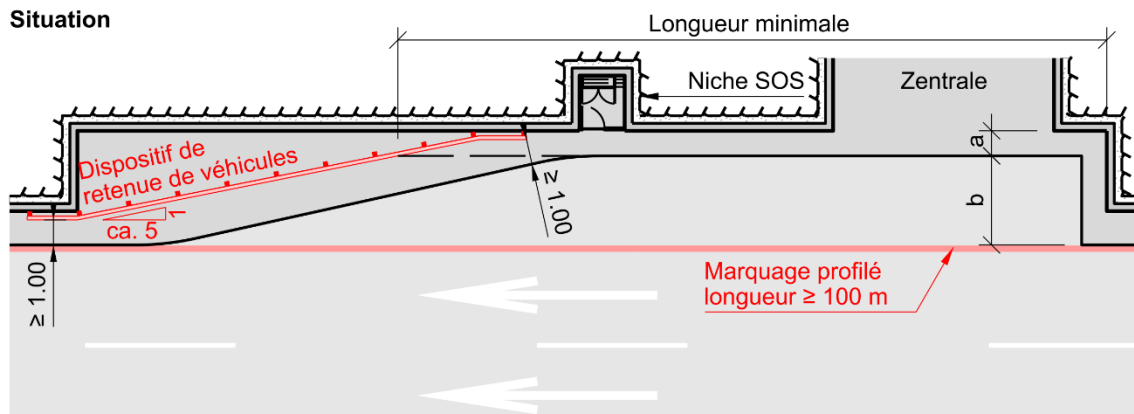



Figure 8: Option 3 - Mise en place d'une glissière de sécurité (élargissement d'entretien)

Le chemin de fuite d'une largeur de 1,0 m doit être maintenu.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 8 sur 9

Option 4a Parois en double biseau latéral dans un tunnel bidirectionnel (nouvelle construction)

La transition entre l'élargissement d'arrêt et le profil normal du tunnel est réalisée avec des parois en biseau qui présentent en situation un rapport d'au moins 10:1 avec l'axe de la voie de circulation (Figure 9).

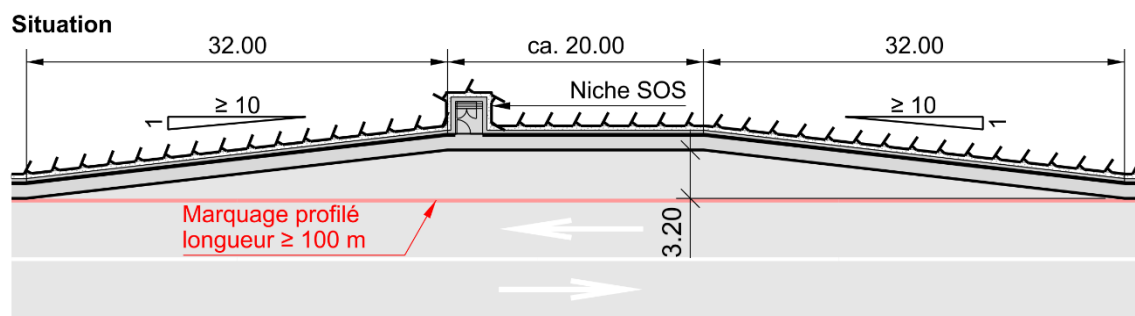


Figure 9: Option 4a - Parois en double biseau latéral dans un tunnel bidirectionnel (nouvelle construction)

Option 4b Paroi en biseau dans un tunnel unidirectionnel (nouvelle construction)

Cette option sera uniquement choisie dans le cas d'un local technique souterrain auquel il est impossible d'accéder depuis l'extérieur (cf. norme SIA 197/2, chiffre 8.10.2.3).

La transition entre l'élargissement d'arrêt et le profil normal du tunnel est réalisée avec une paroi en biseau qui présente en situation un rapport d'au moins 10:1 avec l'axe de la voie de circulation (Figure 10). En revanche, la paroi frontale arrière est perpendiculaire au sens de la circulation.

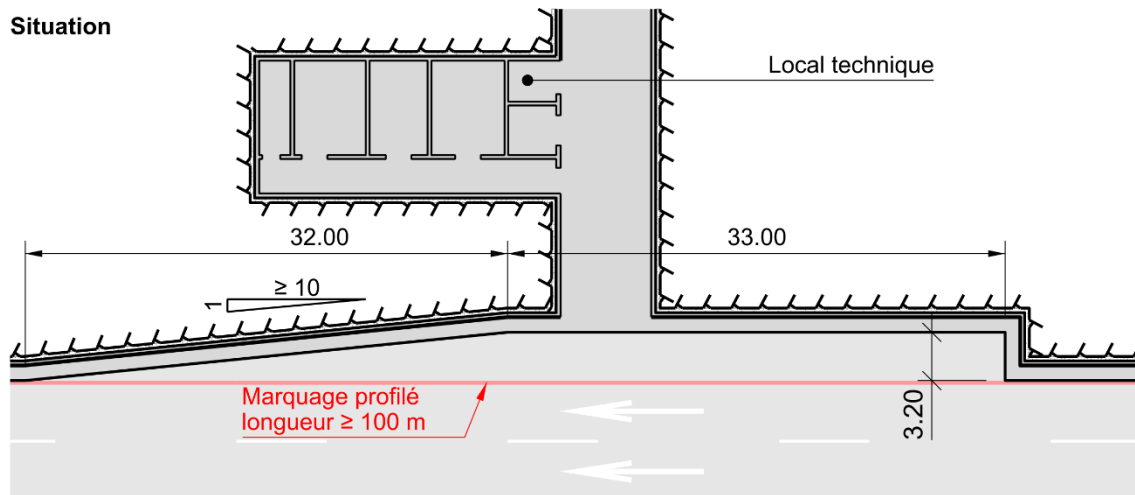



Figure 10: Option 4b - Paroi frontale en biseau dans un tunnel unidirectionnel (nouvelle construction)

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) Fiche technique Eléments de construction pour la sécurité	24 001-10709
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC Office fédéral des routes OFROU	Protection contre les chocs dans les tunnels	V1.04 01.07.2023
Division Infrastructure routière I		Page 9 sur 9

4. Liaisons transversales dans les tunnels

Protection contre les chocs

Les liaisons transversales dans les tunnels à double tube et les liaisons vers une galerie de sécurité constituent également des endroits potentiellement dangereux lors d'un choc de véhicule.

Lorsque la longueur de l'élargissement d'arrêt (autrement dit, l'ouverture dans la paroi du tunnel) $l < 5$ m, le risque de choc d'un véhicule est considéré comme léger et on ne prévoira aucune mesure de protection.

Signalisation

Les issues de secours dans les tunnels doivent être signalisées conformément aux directives ASTRA 13010 et 13011.

5. Portails des tunnels

Aménagement de la zone d'approche des portails et protection contre les chocs

Dans la définition des mesures à l'avant des portails des tunnels, il convient de faire une distinction entre les tunnels existants et les nouvelles constructions. Le choix des options (cf. *fig. 4*) et les indications figurant au point 3, Élargissements d'arrêt dans les tunnels, s'appliqueront par analogie aux portails des tunnels.

Nouvelle construction : on réalisera la zone devant l'entrée du tunnel de manière à exclure tout choc frontal contre le portail (tant à gauche que droite) du tunnel. Si aucune prolongation de la bande d'arrêt d'urgence dans le tunnel n'est prévue, cette dernière sera réduite progressivement dans la zone d'approche du portail et la glissière de sécurité latérale ou le parapet latéral doivent être mis en place de manière à assurer le raccord avec la paroi du tunnel. On privilégiera à cet effet des barrières de sécurité en acier, d'un niveau de retenue H2 ou H1 au sens de la norme VSS 40 561 et d'une hauteur minimale de 1,15 m. Lorsque des amortisseurs de chocs sont nécessaires, ils doivent être prévus pour $v_p = 80$ km/h avec la classe de performance 80 / D3 / Z2 / A (type R) et pour $v_p = 100$ km/h avec la classe de performance 100 / D3 / Z2 / A (type R). Ces classes de performance sont considérées comme des exigences minimales.

Pour les **tunnels existants**, il faudra en premier lieu contrôler si la zone d'approche du portail présente des risques de sécurité et si elle doit être réaménagée. S'il est impossible de procéder à un réaménagement avec la glissière de sécurité décrite ci-dessus (H1/H2, hauteur $> 1,15$ m), il faudra alors installer un atténuateur de choc de la classe de performance minimale de 80 / D3 / Z2 / B (type R ou exceptionnellement NR) pour une vitesse de $v_p = 80$ km/h, et un atténuateur de choc (type R ou NR) de la classe de performance minimale de 100 / D3 / Z2 / B pour une vitesse de $v_p = 100$ km/h.

Autres indications

Avant l'entrée du tunnel, la ligne de bordure est réalisée sous forme de marquage profilé sur une longueur de 100 m au minimum, lequel vise à avertir les conducteurs par un signal acoustique qu'ils quittent la voie normale.

On garantira l'accessibilité aux dispositifs de sécurité selon SIA 197/2, tels que les hydrants, les installations téléphoniques de secours, les sorties de secours et les armoires SOS à proximité des portails.