 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) <b>Fiche technique Eléments de construction</b> Soutènement et revêtement	<b>24 001-10301</b>
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC <b>Office fédéral des routes OFROU</b>	<b>Voussoirs</b>	V2.04 01.07.2019
Division Infrastructure routière I		Page 1 sur 5

## 1 Bases


SIA 197 Projets de tunnels – Bases générales  
 SIA 197/2 Projets de tunnels – Tunnels routiers  
 SIA 198 Constructions souterraines - Exécution  
 SIA 260 Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses  
 SIA 261 Actions sur les structures porteuses  
 SIA 262 Construction en béton  
 SIA 270 Étanchéités et évacuations des eaux – Bases générales et délimitations  
 SIA 272 Étanchéités et drainages d'ouvrages enterrés et souterrains  
 SIA 281 Lés d'étanchéité - Lés d'étanchéité en matière synthétique, bitumineux ou à base d'argile - Essais des produits et des matériaux, désignations de produit  
 SN EN 13369 Règles communes pour les produits préfabriqués en béton  
 SIA Cahier technique 2042 Prévention des désordres dus à la réaction alcalis-granulats (RAG) dans les ouvrages en béton  
 Documentation ASTRA 82013 Réaction alcalis-granulats (RAG)  
 Fiche technique 24 001-10204 Profil normal  
 Fiche technique 24 001-10500 Etanchéités, généralités  
 Fiche technique 24 001-10501 Etanchéité parapluie  
 Fiche technique 24 001-10502 Etanchéité intégrale  
 Fiche technique 24 001-10504 Lés d'étanchéité  
 Fiche technique 24 001-10505 Systèmes d'injection  
 Fiche technique 22 001-14110 Béton (Baustoff)  
 Fiche technique 22 001-15110 Schalung  
 Fiche technique 20 001-00001 Introduction générale

## 2 Généralités

Les voussoirs sont posés en général dans les tunnels excavés au tunnelier (TVM). Au sujet des procédés d'avancement avec l'utilisation de voussoirs l'on trouve de plus amples détails dans l'annexe C de la norme SIA 198. L'espace annulaire entre le massif et l'anneau du tunnel, dépendant du système, est rempli immédiatement après la pose des voussoirs (selon la géologie avec du mortier ou du gravier).

Des conditions géologiques homogènes sont avantageuses pour les procédés d'avancement mécaniques et pour l'optimisation des voussoirs. Des variations de couches entre des roches compactes et des formations meubles, les conditions hydrogéologiques et la composition chimique des eaux souterraines peuvent représenter des défis particuliers à l'avancement, à la pose des voussoirs, à l'étanchéité et au remplissage du vide annulaire.

En rocher, le système peut soit capter l'eau du massif, soit la refouler. Dans le premier cas, les voussoirs ne sont la plus part du temps pas étanches. Selon les besoins, le remplissage du vide

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) <b>Fiche technique Eléments de construction</b> Soutènement et revêtement	<b>24 001-10301</b>
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC <b>Office fédéral des routes OFROU</b>	<b>Voussoirs</b>	V2.04 01.07.2019
Division Infrastructure routière I		Page 2 sur 5

annulaire est réalisé avec du gravier, du gravier injecté ultérieurement ou du mortier. Selon les exigences, les joints des voussoirs peuvent être rendus étanches avec des bandes souples.

Pour éviter que le bouclier respectivement la machine à bouclier ne se coincent et pour qu'ils puissent être dirigés, la tête de forage doit avoir un diamètre supérieur. Pour avancer, le bouclier s'appuie sur l'anneau de voussoirs qui est assemblé dans la queue du bouclier. L'anneau de voussoirs assemblé librement (sans boulonnage) est posé sur le fond de la queue du bouclier. En calotte apparaîtra le vide correspondant.

Dans la plupart des cas en terrains meuble, un avancement confiné est nécessaire avec soutènement du front d'attaque, par boue bentonitique (bouclier à pression de boue), terre (bouclier à pression de terre) ou air comprimé (souvent en combinaison avec le bouclier à pression de boue (voir annexe E SIA 198). Dans ce cas, le bouclier doit être suivi d'un anneau étanche afin que le tunnel ne soit pas inondé par l'eau du massif ou par des éboulements de matériaux terreux respectivement qu'il n'y ait pas de perte de pression d'air.


Fondamentalement l'on peut distinguer les types d'anneaux intérieurs suivants:

- Anneau unique (exclusivement anneau de voussoir qui, au cas où c'est nécessaire, assume également la fonction d'étanchéité).
- Anneau double (l'anneau de voussoirs comme soutènement provisoire et anneau intérieur complet avec étanchéité posée entre les deux).
- Anneau combiné (radier uniquement avec voussoirs, calotte et piédroits idem anneau double ci-dessus ; uniquement possible avec une étanchéité parapluie).
- Radier en voussoirs (permet une mise en charge immédiate).

## 3 Exigences


### 3.1 Exigences générales

- Pour les tunnels des routes nationales un anneau unique en voussoirs n'est pas autorisé. Des conduites sont posées dans l'anneau intérieur. De même, l'espace utile pour le trafic et l'anneau intérieur sont protégés contre les infiltrations d'eau par l'étanchéité posée à l'interface.
- Des voussoirs décalés (nids d'abeille) n'ont pas fait leurs preuves et ne sont donc pas admis.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) <b>Fiche technique Eléments de construction</b> Soutènement et revêtement	<b>24 001-10301</b>
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC <b>Office fédéral des routes OFROU</b>	<h1 style="text-align: center;">Voussoirs</h1>	V2.04 01.07.2019
Division Infrastructure routière I		Page 3 sur 5

## 3.2 Conception des voussoirs et construction

- Le choix du système de voussoirs s'effectue sur la base des conditions géologiques et hydrogéologiques prévues. L'auteur du projet doit étudier et déterminer les aspects constructifs et techniques suivants (liste non exhaustive):
  - Forme et dimensions des voussoirs,
  - Propriétés de la surface,
  - Type et forme des joints annulaires (d'anneaux à anneaux), joints longitudinaux (sens longitudinal du tunnel et intersection de joints (joints – T ou X),
  - Type et emplacement des assemblages boulonnés (pour la phase travaux et évent. à l'état final),
  - Type de l'armature du béton (barres d'armature, treillis et/ou fibres),
  - Exigences aux matériaux tels que: béton, acier d'armature, joints, etc.
  - La subdivision des anneaux doit être adaptée aux contraintes du projet, tel que:
    - ° diamètre de l'anneau de voussoirs résultant du profil normal du tunnel,
    - ° répartition et disposition des vérins du tunnelier,
    - ° possibilités de manutentions des voussoirs (érecteur).
- Dimensions des voussoirs (voir aussi l'annexe SIA 198 I.6): La largeur des voussoirs doit entre autres tenir compte de la course de poussage du tunnelier. En outre on tiendra compte des poids et dimensions autorisés pour le transport routier sauf si les voussoirs sont produits sur le chantier.
- Pour pouvoir suivre la géométrie du tunnel (rayons horizontaux et verticaux) et pour pouvoir corriger les déviations par rapport à l'axe théorique, il faut prévoir des anneaux de voussoirs avec une légère forme de cale. On évite ainsi l'ouverture de joints et les défauts d'étanchéité subséquents. En tournant les différents anneaux de voussoir de manière appropriée, il sera possible de suivre l'axe d'un virage.
- Les rainures et raccords des voussoirs doivent être réalisés de telle façon qu'il ne puisse subvenir aucun décalage ou au pire que ceux-ci soient réduits à un minimum de (< 15 mm). Ainsi le danger de détérioration des lés d'étanchéités posés à l'intrados sera réduit.
- Pour éviter des éclatements du béton souvent observés aux intersections en X, des dégâts aux joints d'étanchéité ainsi que des décalages, les anneaux peuvent être montés avec une rotation correspondant à un demi voussoir (joints T).
- Dans la règle, un anneau de voussoirs doit se composer d'au moins cinq éléments de grandeurs identiques et d'une clef de voûte facilement manipulable.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) <b>Fiche technique Eléments de construction</b> Soutènement et revêtement	<b>24 001-10301</b>
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC <b>Office fédéral des routes OFROU</b>	<b>Voussoirs</b>	V2.04 01.07.2019
Division Infrastructure routière I		Page 4 sur 5

### 3.3 Matériaux

- Pour des voussoirs en béton, les normes SIA 198, SIA 262 et SN EN 13369 sont applicables de même que les fiches techniques du manuel technique des ouvrages d'art.
- Pour les voussoirs d'un anneau double, la classe de résistance à la compression du béton d'au moins C35/45 doit être atteinte.
- Les exigences spécifiques à la résistance aux influences chimiques des eaux de ruissellement doivent être respectées au travers de la définition des classes d'exposition correspondantes.

### 3.4 Dimensionnement et calcul

- Pour le projet les normes SIA 197 et SIA 260 à SIA 262 s'appliquent.
- Pour les influences du massif respectivement des terrains encaissants, la norme SIA 197 s'applique.
- Les forces du tunnelier appliquées sur les voussoirs (p.ex. force maximale excentrée des vérins) ainsi que les forces effectives appliquées lors de la fabrication, du transport, du montage et lors du déplacement, doivent être déterminées et prises en compte.
- Pour une limitation des fissures les dispositions des normes SIA 198 et 262 s'appliquent.

### 3.5 Etanchéité

- Le concept d'étanchéité doit être établi selon les fiches techniques 24 001-10500 à 505.

### 3.6 Exécution

#### Tolérances:


- En général les différences et tolérances sont à déterminer spécifiquement par objet. Dans la mesure où cela n'est pas réglé spécifiquement, les exigences selon la norme SIA 198, Annexe – Ecart par rapport aux dimensions théoriques s'appliquent.

#### Coffrage:

- Les exigences des normes SIA 198 et SIA 262 de même que celles de la fiche technique 22 001-15110 s'appliquent.

#### Cure du béton:

- Les exigences des normes SIA 198 et SIA 262 de même que celles de la fiche technique 22 001-14120 s'appliquent.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuel technique Tunnels / Géotechnique (T/G) <b>Fiche technique Eléments de construction</b> Soutènement et revêtement	<b>24 001-10301</b>
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC <b>Office fédéral des routes OFROU</b>	<h1 style="text-align: center;">Voussoirs</h1>	V2.04 01.07.2019
Division Infrastructure routière I		Page 5 sur 5

### Remplissage du vide annulaire:

- Fondamentalement les précisions de la norme SIA 198 Travaux souterrains s'appliquent. Indépendamment du type d'avancement et des conditions hydrogéologiques, il faut exécuter immédiatement le remplissage à refus du vide annulaire avec du gravier dans le rocher respectivement du mortier dans le terrain meuble. En général ce remplissage est fait avec du mortier dans la zone du radier.
- La pérennité du système de drainage ne doit pas être mise en danger lors du remplissage du mortier (dépôts de calcite).

### Essais:

- Pour des éléments préfabriqués en béton les dispositions de la norme SN EN 13369 s'appliquent.
- Pour des examens dans des cas particuliers, les exigences doivent être stipulées de façon spécifique par objet (p.ex. lors d'actions agressives venant du massif resp. du sol encaissant).