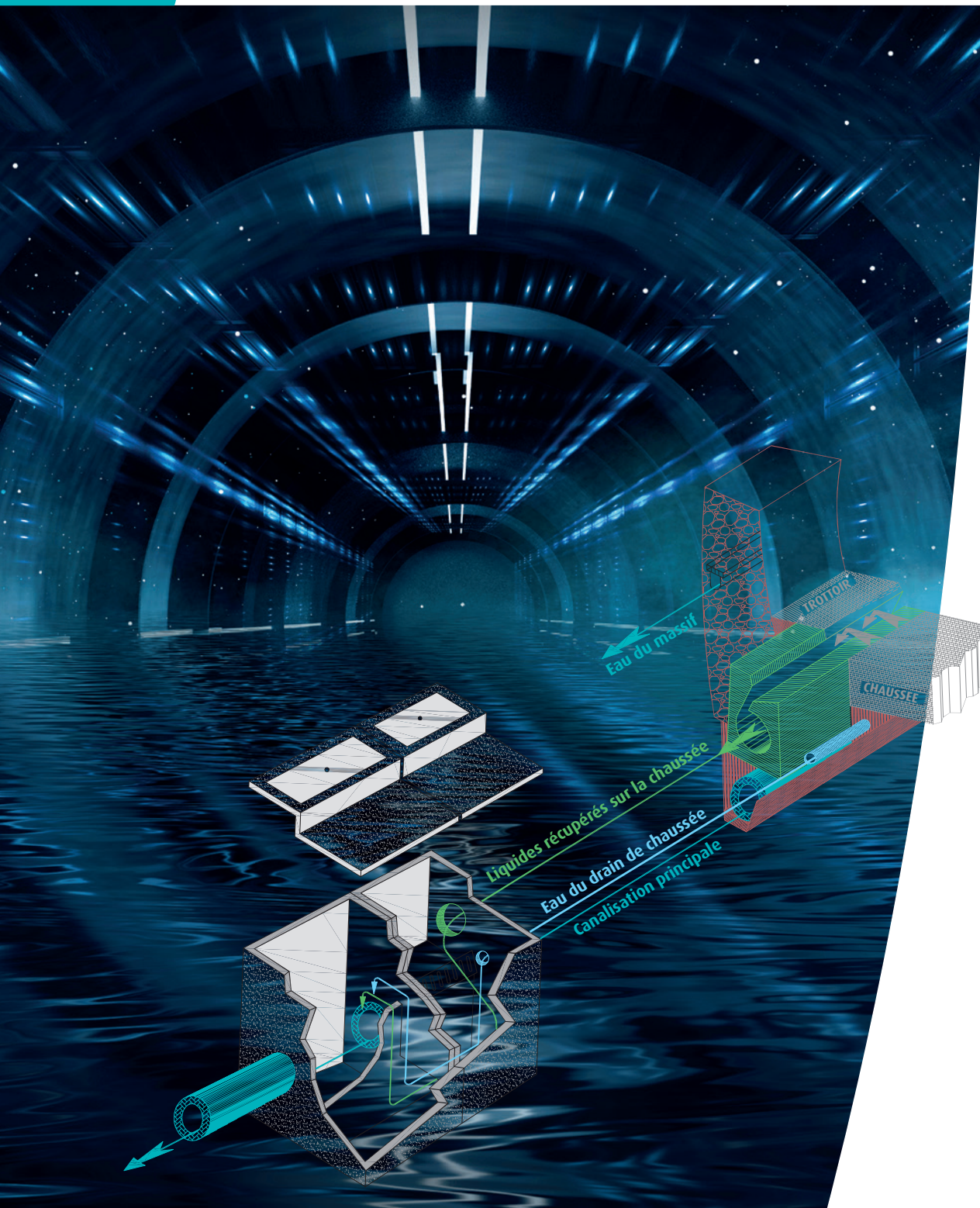


ASSAINISSEMENT DES TUNNELS ROUTIERS DE LA CONCEPTION À LA MAINTENANCE



AVERTISSEMENT

Ce document a pour objet d'aider les acteurs de la réalisation de tunnels dans leur pratique professionnelle. Il n'affranchit pas les lecteurs de leur obligation de vigilance vis-à-vis de l'adaptation du texte aux situations particulières. En conséquence, les acteurs de la réalisation de tunnels gardent la responsabilité des choix qu'ils opèrent lorsqu'ils citent des textes ou des méthodes issus de ce document dans un contrat et ne sauraient opposer aux auteurs les éléments qui y sont présents. Les lecteurs sont par ailleurs prévenus qu'il leur incombe de rester vigilants vis-à-vis de l'exhaustivité des textes cités et de leur actualité, au regard de la date de publication du document.

*CANIVEAUX ET REGARDS DU SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT
DES TUNNELS ROUTIERS AUTORISÉS AUX VÉHICULES
TRANSPORTANT DES MARCHANDISES DANGEREUSES
DE LA CONCEPTION À LA MAINTENANCE*

janvier 2021

Centre d'Études des Tunnels

25, avenue François Mitterrand

69500 BRON – France

Tél. 33 (0)4 72 14 34 00

Fax. 33 (0)4 72 14 34 30

cetu@developpement-durable.gouv.fr

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION	7
1.1 Le contexte	7
1.2 L'objectif du document	7
2 LA CONCEPTION	9
2.1 Préambule	9
2.2 Les obligations réglementaires	9
2.3 Dimensionnement hydraulique	10
2.3.1 Règles générales	10
2.3.2 Prescriptions	10
2.4 Dimensionnement mécanique	10
2.4.1 Préambule	10
2.4.2 Les caniveaux à fente	11
2.4.3 Les regards siphoniques	11
2.5 La conception géométrique	11
2.5.1 Tracé en plan	11
2.5.2 Pente longitudinale	12
2.5.3 Pente transversale et changement de dévers	12
2.5.4 Prescription pour tracé en plan, profil en long et profil en travers	12
2.5.5 Types de systèmes	12
2.5.6 Géométrie détaillée	12
2.6 La conception des points singuliers	13
2.6.1 Préambule	13
2.6.2 Zone de point haut	13
2.6.3 Réseau d'assainissement au droit d'une issue de secours (passage de Personne à Mobilité Réduite)	13
2.6.4 Trottoir franchissable	14
2.6.5 Zone de garage ou galerie de retournement	14
2.6.6 Approche sécurité pour tous les tunnels routiers nouveaux	15
3 NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX	17
4 EXÉCUTION DES TRAVAUX	19
4.1 Mise en œuvre	19
4.1.1 Généralités	19
4.1.2 Condition d'acceptation des produits	19
4.1.3 Condition de manutention et de stockage	19
4.1.4 Exécution des fouilles	19
4.1.5 Pose	19
4.1.6 Construction en place	20
4.1.7 Remblaiement et compactage	20
4.2 Contrôle	20
5 RÉCEPTION DES TRAVAUX	21
5.1 Examens préalables à la réception	21
5.2 Documents à fournir	21
6 EXPLOITATION ET MAINTENANCE	23
6.1 Caniveau à fente	23
6.2 Regards siphoniques et tampons	23
6.3 Vade-mecum de surveillance et d'entretien	23
ANNEXE A – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	25
ANNEXE B – RAYON EN PLAN NON DÉVERSÉ	26

INTRODUCTION

1.1 LE CONTEXTE

Le Groupe d'Étude des Marchés « Ouvrages, travaux et maîtrise d'œuvre » (GEM-OTM) avait la mission d'élaborer des documents destinés à aider les maîtres d'ouvrage à spécifier leurs besoins dans les marchés publics de travaux et de maîtrise d'œuvre. Ces textes devaient être approuvés par l'Observatoire Économique de l'Achat Public (OEAP). Le GEM-OTM est aujourd'hui dissout mais, dans le cadre du projet « Référentiel Génie Civil », il a été décidé de confier au Centre d'Études des Tunnels (CETU) la mise en place d'un référentiel propre au domaine des tunnels.

Les missions principales du Référentiel Tunnels sont :

- organiser l'évaluation périodique et la veille du contenu du référentiel technique au regard des besoins des maîtres d'ouvrage et des autres documents existants par ailleurs ;

- identifier les besoins d'évolution et définir les travaux à engager pour actualiser les documents existants ou en produire de nouveaux ;
- élaborer un programme de travail, en termes de contenu et de délais et rechercher des moyens nécessaires à leur élaboration ;
- proposer un cadre de travail et de suivi et mettre en place les groupes de travail nécessaires.

Compte tenu des enjeux, des objectifs et des responsabilités pour mener à bien cette délégation, le CETU a mis en place une gouvernance du Référentiel Tunnels visant à garantir l'association et la consultation de tous les acteurs concernés par les travaux en souterrain.

Le sujet de l'assainissement des tunnels routiers, objet de ce document a été identifié et validé par son Comité de Pilotage. Un groupe de travail technique regroupant l'ensemble des acteurs a été constitué pour rédiger ce document.

1.2 L'OBJECTIF DU DOCUMENT

Dans un tunnel routier en exploitation, une part importante des désordres observés lors des inspections détaillées du génie civil des ouvrages concerne les systèmes de drainage et d'assainissement.

Ce document traite exclusivement des caniveaux et regards du système d'assainissement des tunnels routiers autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses.

Les tunnels routiers principalement concernés sont les tunnels de plus de 300 mètres soumis aux obligations réglementaires détaillées à l'article 2 ci-après. Cependant, le groupe de travail recommande que tout tunnel routier autorisé aux poids lourds soit équipé d'un système d'assainissement conçu sur les mêmes principes (cf. article 2.6.6). Certains tunnels ferroviaires peuvent aussi être concernés par ces systèmes d'assainissement, leurs concepteurs pourront s'inspirer des recommandations faites ici.

Les systèmes complexes d'assainissement sont des éléments contraignants dans la géométrie des tunnels et doivent être

pris en compte dès le début de la conception. Les défauts de conception ou de réalisation d'un système d'assainissement peuvent compromettre fortement le fonctionnement global de l'ouvrage, engager sa sécurité et mettre en péril sa pérennité.

Le présent document est conçu comme un document de recommandations de la conception à la maintenance, dont le périmètre est limité aux objets suivants : caniveaux à fente, regards siphoniques et collecteurs des systèmes d'assainissement des ouvrages routiers.

Il propose des prescriptions à prendre en compte sur des points spécifiques mais ne constitue en aucun cas un cahier des charges technique exhaustif.

Les clauses repérées au sein du guide par un encadré ont pour vocation à être reprises directement par les rédacteurs de marché au sein des pièces particulières dites « contractualisables » du dossier de consultation des entreprises et du marché de travaux.

LA CONCEPTION

2.1 PRÉAMBULE

Ce chapitre aborde la conception de l'assainissement à travers les aspects suivants :

- dimensionnement hydraulique ;
- dimensionnement mécanique ;
- conception géométrique (pente longitudinale, dévers et changement de dévers, coupe transversale et géométrie détaillée des composants du système d'assainissement) ;
- conception des points singuliers.

Le concepteur doit garder à l'esprit que ces différents aspects sont liés et que des itérations seront nécessaires pour optimiser le projet.

Il doit vérifier également l'adéquation de la conception avec les méthodes de creusement de l'ouvrage souterrain et avec les contraintes d'entretien et de maintenance ultérieure.

Le concepteur doit également prendre en compte les obligations réglementaires relatives à la sécurité des usagers dans les ouvrages souterrains routiers autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses (TMD) dont des extraits sont repris dans le chapitre ci-dessous.

2.2 LES OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES

Les obligations réglementaires relatives à l'assainissement dans les tunnels routiers sont définies dans le Code de la voirie routière, et en particulier l'article R 118-4-5 qui figure parmi les articles transposant la directive européenne 2000-54 du 29 avril 2004 [2].

L'arrêté du 8 novembre 2006 pris en application de l'article sus-cité indique à propos du drainage¹ :

« Le drainage des liquides inflammables et toxiques est assuré par des caniveaux à fente ou d'autres dispositifs permettant d'éviter la propagation du feu dans les tunnels où le transport des marchandises dangereuses est autorisé.

Si, dans les tunnels existants, de telles exigences ne peuvent pas être respectées, ou ne peuvent l'être qu'à un coût disproportionné, il convient d'en tenir compte au moment de décider si le transport des marchandises dangereuses peut être autorisé sur la base des dossiers préliminaires et de sécurité.»

Les dispositions ci-dessus sont applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen de plus de 500 mètres.

De plus, les nouveaux tunnels de plus de 300 mètres du réseau national se doivent d'être conformes aux dispositions de l'annexe 2 à la Circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000 reprise dans la circulaire 2006-20 du 29 mars 2006, relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national [1].

Dans ce dernier texte, les articles 7.2.2 et 7.2.3 prévoient, pour les tunnels autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses :

Concernant les pentes transversales :

« Les pentes transversales des chaussées et des trottoirs devront contribuer à assurer une bonne collecte des liquides dangereux pouvant être répandus lors d'un accident. Une pente transversale minimale de 2 % sera respectée sur la largeur roulable de la chaussée. Les changements de dévers et les profils transversaux en toit seront évités autant qu'il est possible ».

Concernant le système d'assainissement :

« Afin de diminuer la surface, et la durée de présence sur la chaussée, d'une flaque de liquides inflammables ou toxiques répandus suite à un accident, un caniveau à fente continue est obligatoire.

Ce caniveau se déversera dans un collecteur enterré par tronçons indépendants de l'ordre de 50 m. Au droit de chaque raccordement, un siphon sera aménagé entre le caniveau et le collecteur afin d'arrêter les flammes. La présence permanente de liquide sera assurée, afin que les siphons soient toujours en état de remplir cette fonction. Les dispositifs de fermeture des siphons seront aussi étanches que possible. Aucun raccordement ne devra être situé à moins de 10 m d'un appareil d'incendie, d'une niche de sécurité, ou d'un accès vers un aménagement pour l'évacuation et la protection

1. Il s'agit bien ici de l'assainissement des eaux de la chaussée et non du drainage des eaux du massif.

des usagers et l'accès des secours. En cas de profil transversal de la chaussée en toit, on prévoira un caniveau de chaque côté. Chaque tronçon de caniveau devra être capable d'absorber un volume de 5 m^3 en 1 minute. Les siphons et le collecteur devront permettre d'évacuer un débit de 100 l/s.

Tous les liquides récoltés sur la chaussée devront transiter par le collecteur. À chaque point bas et à la sortie du tunnel, le collecteur sera relié à travers un siphon à une fosse de récupération étanche destinée à éviter la pollution de l'environnement. Le système devra permettre de récupérer au minimum un volume total de 200 m^3 (correspondant pour 40 m^3 au volume maximal de liquides dangereux transportés dans un véhicule et pour 160 m^3 au volume d'eau utilisé pour lutter contre le sinistre) ».

Si les tunnels des collectivités territoriales ne sont pas stricto-sensu soumis à ces exigences, le même référentiel est appliqué en pratique, celui-ci définissant ce qui est communément admis comme le niveau de sécurité acceptable.

L'arrêté du 15/01/07 modifié par l'arrêté du 18/12/12 [3] ajoute une exigence pour ce qui concerne une meilleure accessibilité aux équipements de secours pour les personnes à mobilité réduite. Son article 6-a indique ainsi :

« Les trous ou fentes dans le sol résultant de la présence de grilles ou autres équipements ont un diamètre ou une largeur inférieurs à 2 centimètres ».

2.3 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

2.3.1 Règles générales

La formule de Manning Strickler est utilisée pour le dimensionnement hydraulique des caniveaux à fente et des collecteurs d'assainissement. Les paramètres suivants sont recommandés pour l'application de cette formule :

- coefficient de rugosité $K = 70$ pour les caniveaux à fente ;
- coefficient de rugosité $K = 80$ pour les collecteurs ;
- taux de remplissage maximal des collecteurs de 75%.

Ces valeurs sont celles préconisées par le *Guide Technique Assainissement Routier (GTAR)* [13] et tiennent compte du vieillissement de l'ouvrage et de la présence en fond de réseaux d'éléments constituant des obstacles au bon écoulement des effluents (gravillons, feuilles, détritiques, etc).

Les prescriptions générales ci-dessous sont à rattacher au chapitre 2.5.6 traitant de la géométrie détaillée des éléments constitutifs décrits dans ce document.

2.3.2 Prescriptions

Pour le dimensionnement hydraulique du réseau d'assainissement, les prescriptions suivantes sont à retenir :

- coefficient de rugosité $K = 70$ pour les caniveaux à fente et $K = 80$ pour les collecteurs. Des coefficients de rugosité plus élevés peuvent être admis dans certains cas, sous réserve de ne pas dépasser les valeurs garanties par les fournisseurs après abattement de 10% pour tenir compte du vieillissement ;
- taux de remplissage maximal des collecteurs de 75% ;
- débit de 100 litres/seconde et diamètre du collecteur des eaux d'assainissement et du caniveau à fente au moins égal à 350 mm (ou section supérieure à 900 cm^2) pour permettre l'entretien ultérieur du réseau dans de bonnes conditions ;
- surface utile d'écoulement au droit de la cloison siphonoïde, après neutralisation d'une épaisseur de 5 cm en fond de siphon, au moins égale à 110% de la section utile du caniveau à fente, avec un minimum de $1\,200 \text{ cm}^2$;
- garde minimale de 15 cm au droit de la cloison siphonoïde.

CLAUSES

2.4 DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE

2.4.1 Préambule

Les éléments préfabriqués constitutifs du système d'assainissement font majoritairement l'objet de normes produits. Le concepteur devra privilégier cette approche pour les spécifications prescriptives.

Pour les ouvrages spécifiques ne pouvant être référencés sous une norme produit, des préconisations adaptées sont à définir en ce qui concerne la durabilité et le dimensionnement.

Pour la définition des classes d'exposition environnementales du béton on se référera à la norme NF EN 206/CN [12]

en spécifiant cette classe lors du référencement de la norme produit pour les essais de durabilité spécifique. Les essais de durabilité ne sont pas réalisés de manière systématique.

C'est le cas en particulier des regards siphonoïdes et de certains éléments d'interface des caniveaux à fentes adaptés à la géométrie de l'ouvrage concerné.

Le concepteur doit intégrer ces éléments dans une approche globale, en prenant en compte les prescriptions proposées dans les différents chapitres de ce document, en particulier celles du chapitre conception géométrique.

2.4.2 Les caniveaux à fente

Pour les caniveaux à fente longitudinale préfabriqués, le concepteur utilisera la norme européenne NF EN 1433 [8].

CLAUSES

En application de la norme NF EN 1433, le concepteur doit définir la classe structurelle de résistance. Dans le contexte des ouvrages souterrains, il est préconisé de retenir la classe D400 « pour voies de circulation (y compris les rues piétonnes), accotements stabilisés, aires de stationnement, pour tous types de véhicules routiers ».

En complément à la norme produit, qui réalise des essais centrés sur le caniveau, le concepteur peut demander des essais spécifiques en particulier des essais de charge permettant de tester la résistance spécifique des surfaces haute (coté trottoir) et basse (coté chaussée) du caniveau à fente.

Dans ce cas, le cahier des charges devra préciser les largeurs des poinçons d'essai pour que la charge reste centrée sur la surface appliquée.

Dans le cas d'une dérogation au présent document, pour la réalisation du caniveau à fente coulé en place ou extrudé, s'il ne se réfère pas aux préconisations pour la réalisation de l'essai et des critères de validation, le concepteur devra conduire une réflexion au cas par cas sur la charge d'essai et les critères d'acceptation à demander.

2.4.3 Les regards siphoides

Pour les dispositifs de fermeture et de couronnement, le concepteur utilisera la norme européenne NF EN 124 [9].

CLAUSES

Pour les dispositifs de fermeture et de couronnement, en application de la norme NF EN 124, le concepteur doit définir la classe structurelle de résistance. Dans le contexte des ouvrages souterrains, il est préconisé de retenir la classe D400 « pour voies de circulation (y compris les rues piétonnes), accotements stabilisés, aires de stationnement, pour tous types de véhicules routiers ».

Concernant **la structure du regard siphuide**, il n'existe pas de norme produit spécifique.

Le concepteur doit conduire une réflexion spécifique sur le dimensionnement de l'ouvrage.

Pour tenir compte du caractère circulaire de ce regard qui peut se trouver en partie sous chaussée, les préconisations de charges de dimensionnement peuvent s'inspirer de l'Eurocode 1 (norme NF EN 1991-2) [7] en utilisant le modèle de charge LM 2.

La justification de la pièce peut se faire soit par calcul en utilisant un logiciel adapté, soit par un essai statique.

2.5 LA CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE

Le tunnel s'intègre bien souvent dans la géométrie globale d'un tracé qui peut avoir ses propres contraintes géométriques. Les préconisations de ce chapitre sont formulées pour les projets neufs.

Nota : Ce document n'intègre pas les conceptions spécifiques en lien avec des obligations environnementales (exemple : la sensibilité du milieu peut nécessiter la mise en place d'une membrane étanche de confinement du système d'assainissement).

2.5.1 Tracé en plan

Règles générales

Le respect du rayon en plan non déversé permet de mettre en place un dévers constant dans le tunnel, ce qui est de nature à faciliter grandement la conception (cf article 2.5.3 ci-dessous et annexe B).

Les caractéristiques du tracé en plan sont dictées par les contraintes de l'opération, avec notamment un critère

de visibilité associé à la vitesse de référence qui définit les valeurs minimales des rayons des courbes à prévoir, ceux-ci étant souvent supérieurs aux valeurs du rayon non déversé.

Cette analyse du tracé en plan, préalable à toute étude de génie civil, est indispensable pour bien aborder la conception de l'assainissement en tunnel.

Règles particulières

Les dispositions techniques à prendre pour concevoir l'assainissement dans les tunnels visent à favoriser une évacuation rapide et sûre des effluents en cas d'événement accidentel. En premier lieu, la géométrie globale de la chaussée doit éviter tout point d'accumulation d'eau.

Pour cela, il sera méthodiquement procédé à l'analyse conjointe tracé en plan/profil en long de manière à proscrire toute variation de dévers dans les zones à faible pente longitudinale (comme les points hauts ou les points bas du profil en long où la pente instantanée est inférieure à 0,5 cm/m par exemple).

2.5.2 Pente longitudinale

En deçà d'une certaine pente, l'écoulement des eaux n'est plus efficace et les risques de stagnation sont accrus sur la chaussée et dans les collecteurs et caniveaux. Une pente longitudinale minimale de 0,5% doit donc être recherchée pour les ouvrages neufs.

Si cette pente minimale de 0,5% ne peut être atteinte, la conception doit être adaptée pour réduire les risques de stagnation des eaux de chaussées. Pour cela on visera :

- le maintien d'un dévers transversal de 2% sur la chaussée ;
- le sur-dimensionnement des collecteurs pour faciliter leur entretien et leur auto-curage ;
- l'intégration de pentes dans les tronçons de caniveaux à fente.

En cas de point bas inévitable dans le tunnel, il est nécessaire de prévoir dès la conception la place nécessaire pour le dispositif de relevage des eaux. Ce dispositif doit être suffisamment dimensionné et secouru.

2.5.3 Pente transversale et changement de dévers

Le caniveau à fente doit être situé au point bas du profil en travers de la chaussée, avec un dévers minimal de 2%.

En cas de changement de dévers, il est nécessaire de prévoir un caniveau de chaque côté dans la zone de basculement du dévers.

Une mauvaise conception peut entraîner en exploitation la présence d'une flaque sur la chaussée, engendrant des problèmes de sécurité pour l'usager.

2.5.4 Prescription pour tracé en plan, profil en long et profil en travers

CLAUSES

- Pente longitudinale minimale de la chaussée de 0,5% (sauf au voisinage des points hauts) ;
- points bas en tunnel à éviter au maximum ;
- rayon en plan non déversé (Rnd) à retenir en cas de pente longitudinale instantanée inférieure à 0,5%.

Il faut concevoir des ouvrages avec des rayons en plan non déversés de façon à conserver un dévers constant à 2% en tunnel.

Si un changement de dévers est inévitable :

- la pente longitudinale doit être supérieure à 1% dans la zone de changement de dévers ;
- un recouvrement de 50 m minimum des caniveaux à fente est à assurer dans la zone de changement de dévers.

2.5.5 Types de systèmes

Règles générales

Le choix du système de collecte des liquides (séparatif ou unitaire) est un choix de conception important.

Le système séparatif a l'avantage de ne pas mélanger les eaux du massif (eau propre en provenance du massif encaissant) et les eaux de la plate-forme (eau polluée en provenance de la plate-forme routière en situation normale ou accidentelle). C'est le système recommandé.

Ce système séparatif permet aussi d'avoir des bassins de récupération des liquides dangereux dimensionnés et dédiés à ces seuls effluents provenant de l'assainissement de la plateforme.

Dans les cas de mise en conformité de tunnels existants où les contraintes d'espace sont fortes et les marges de manœuvre réduites, la solution d'un dispositif unitaire peut être admise. Dans ce cas la réserve capacitaire du bassin doit être adaptée.

Dans le cas de la traversée d'un massif à l'hydrogéologie complexe (grande profondeur, géo-thermalisme, etc.), il peut s'avérer pertinent de mettre en place un ouvrage complémentaire dédié à la seule gestion des eaux du massif.

Parfois, une galerie succède à une section à l'air libre en pente (trémie d'accès par exemple) ; dans ce cas les eaux issues de l'impluvium correspondant (à l'amont) seront à évacuer en galerie par un ouvrage dédié, dimensionné en débit centennal selon les principes du GTAR.

Prescriptions

CLAUSES

Un système séparatif de collecte des eaux est préconisé, il comprend :

- un ou plusieurs collecteurs dédiés à la récupération des eaux du massif ;
- un ou plusieurs collecteurs dédiés à la récupération des eaux de plate-forme ou de transit.

2.5.6 Géométrie détaillée

Ce chapitre reprend les différentes composantes du système de recueil des eaux d'assainissement.

Les dispositifs d'assainissement en tunnel ont pour objectif de collecter les eaux de ruissellement sur la plateforme et les piédroits, les eaux de lavage du tunnel et les produits déversés accidentellement sur la chaussée, ces derniers pouvant être des marchandises dangereuses.

Le stockage et le traitement des eaux du massif ne sont pas dans le périmètre de ce guide.

La géométrie du tunnel et en particulier la largeur des trottoirs doivent être conçues pour faciliter la mise en place et l'entretien ultérieur des différents éléments du réseau d'assainissement.

Caniveaux à fente et collecteur des eaux usées

Les caniveaux à fente doivent pouvoir absorber les effluents dans un temps très court afin de limiter la surface d'étalement de la nappe sur la chaussée. Ces dispositifs doivent être continus, hors points singuliers.

Les principaux paramètres de dimensionnement géométrique sont :

- ouverture de la fente comprise entre 60 mm et 100 mm ;
- cote de la projection horizontale de l'ouverture ≤ 32 mm.

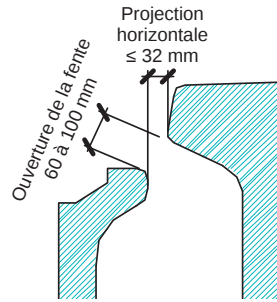


Figure 1 ►
Dimensionnement
des fentes des caniveaux

Diamètres intérieurs des caniveaux à fente et collecteurs eaux usées ≥ 350 mm (ou section hydraulique > 900 cm²) avec une valeur recommandée de 400 mm pour les collecteurs des eaux usées.

Si le caniveau à fente dispose d'une forme de pente intégrée, celle-ci ne doit pas être inférieure à 0,5%.

Des regards de visite doivent être prévus pour l'entretien du collecteur, il est recommandé de les implanter tous les 100 mètres. Ces regards doivent être implantés en dehors des bandes de roulement des véhicules.

Regard siphoné et tampons de fermeture

Afin d'éviter la propagation de l'incendie dans le tunnel, les regards siphonnés doivent constituer des barrières infranchissables pour l'incendie à l'intérieur du système de collecte.

Pour des raisons de sécurité (projection des tampons en cas d'explosion) aucun regard ne doit se trouver à moins de 10 m d'un accès réservé aux usagers et aux services de secours.

Les regards doivent être conçus pour respecter les principes suivants :

- un orifice largement dimensionné pour assurer le transit des corps flottants en évitant toute perte de charge ;
- une surface utile d'écoulement au droit de la cloison siphonnée après neutralisation d'une épaisseur de 5 cm en fond de siphon au moins égale à la plus grande des valeurs suivantes :
 - 110 % de la section du caniveau à fente,
 - 1 200 cm².

La conception des tampons doit permettre l'accès pour l'entretien à toutes les parties du regard, ce qui conduit :

- à prévoir un double tampon ;
- à concevoir des tampons étanches et verrouillables ;
- à concevoir des tailles minimales des ouvertures des tampons d'un diamètre 600 mm ou 600 x 600 mm ;
- à s'assurer d'une garde minimale de 15 cm au droit de la cloison siphonnée.

CLAUSES

CLAUSES

2.6 LA CONCEPTION DES POINTS SINGULIERS

2.6.1 Préambule

Les règles de conception générale à prendre en compte pour les tunnels neufs sont celles décrites ci-dessus. Mais dans certains cas ou dans le cadre de la mise en sécurité des tunnels existants, le concepteur sera confronté à des questions particulières et au traitement de points singuliers.

L'objectif de ce chapitre est de donner un éclairage sur la conception des points singuliers rencontrés dans certains tunnels routiers.

2.6.2 Zone de point haut

L'écoulement des effluents dans les caniveaux et collecteurs nécessite une pente longitudinale, la pente minimale étant de 0.5%. Au voisinage des points hauts en tunnel, la pente de la voie est quasi nulle. La pente du caniveau qui suit celle de la voie est alors inférieure à la pente nominale prise en compte pour les justifications hydrauliques. Dans cette zone, le débit réglementaire de 100 l/s n'est pas assuré.

Dérogation possible : une pente inférieure à 0.5% est acceptable à condition qu'elle soit limitée à une distance de 50 m de part et d'autre du point haut. Au-delà, la mise en place d'un caniveau à fente avec pente intégrée est nécessaire.

2.6.3 Réseau d'assainissement au droit d'une issue de secours (passage de Personne à Mobilité Réduite)

Le concepteur doit éviter de faire cohabiter un caniveau à fente et un accès à une issue de secours.

Dans les tunnels bitubes, le problème se résout souvent de lui-même car les caniveaux à fente sont généralement situés côté voie lente alors que les issues de secours sont situées côté voie rapide. Il n'y a pas de cohabitation.

Dans les tunnels monotubes, les caniveaux à fente sont souvent du même côté que les issues de secours.

Dérogation possible : au droit des issues de secours, les contraintes d'accessibilité des personnes à mobilité réduite ne permettent pas de conserver un caniveau à fente avec

bordure intégrée. Par dérogation, une interruption de la fente est possible sur une longueur conforme aux prescriptions géométriques de la figure ci-dessous.

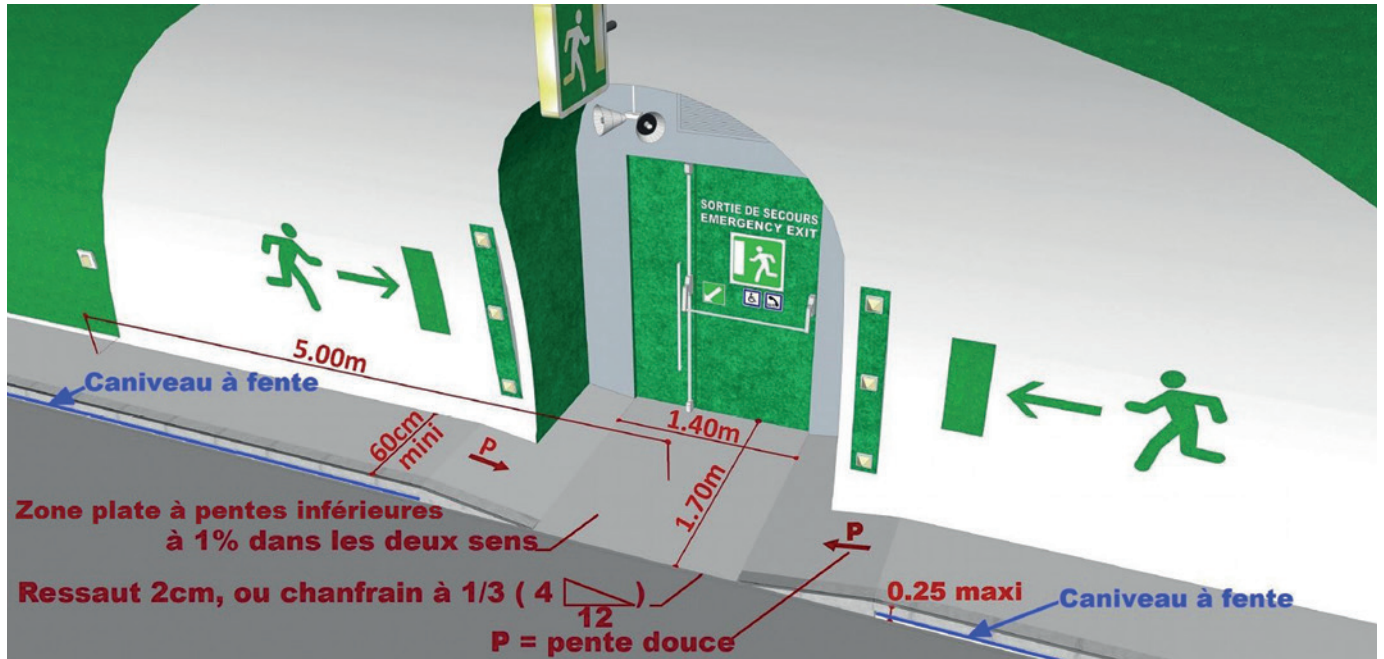


Figure 2 : Conception de caniveaux à fente au droit d'une issue de secours

2.6.4 Trottoir franchissable

Lorsque le tunnel dispose d'un trottoir franchissable, souvent pour permettre l'arrêt d'urgence en combinaison avec la bande dérasée de droite, la conception d'un caniveau de type bordure A2 avec une fente d'absorption verticale est difficile. C'est pourquoi, dans les quelques cas recensés de tunnels combinant le passage des TMD avec un trottoir de type franchissable, les caniveaux sont plutôt conçus avec une fente d'absorption horizontale à la façon des caniveaux mis en place à l'air libre, avec une fente très étroite. Le dimensionnement hydraulique de ce type de caniveau n'est cependant pas conforme aux prescriptions ci-avant.

Un examen au cas par cas est nécessaire pour cette configuration.

2.6.5 Zone de garage ou galerie de retournement

Les zones de garage induisent des surlargeurs en tunnel de 3 m environ sur des linéaires de près de 40 m. Les caniveaux à fente ne peuvent pas « suivre » le trottoir et contourner le garage car les changements de direction et les courbures sont trop importants.

Dans ces zones de garage, notamment pour la mise en conformité d'ouvrages existants, et par dérogation, il est possible de mettre en place un caniveau à fente horizontale au droit du garage dans le prolongement du caniveau en section courante. Cette disposition est illustrée sur la figure 3.

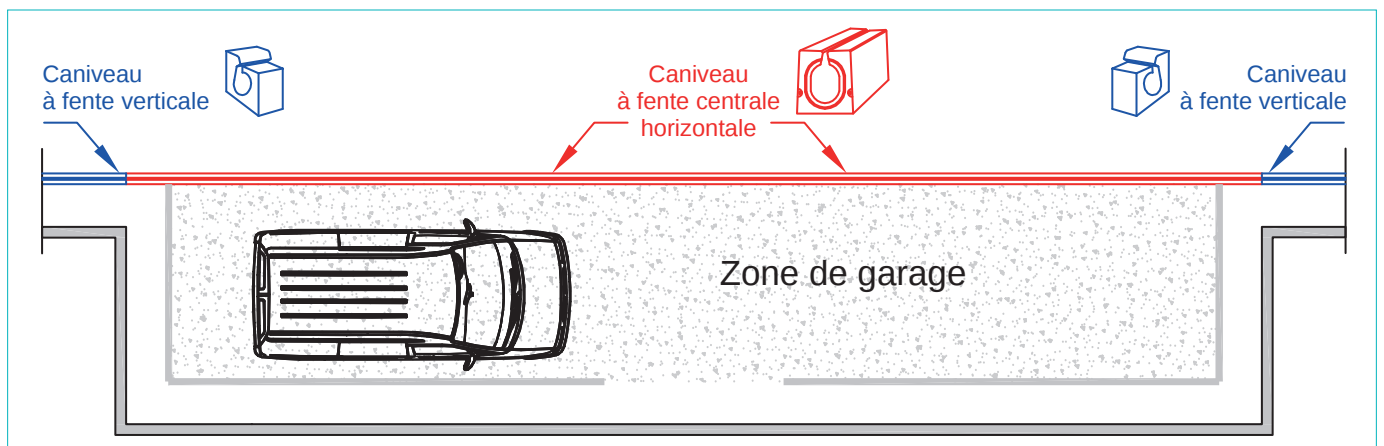


Figure 3 : Aménagement du caniveau au droit de la zone de garage

2.6.6 Approche sécurité pour tous les tunnels routiers nouveaux

Pour les tunnels non autorisés aux TMD et pour les tunnels de moins de 300 mètres autorisés aux TMD, la mise en œuvre de caniveaux à fente et de regards siphoniques n'est pas obligatoire.

Cependant la commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers (CNESOR) la recommande fortement.

En effet, pour les tunnels courts autorisés aux TMD, le risque d'inflammation de liquides déversés sur la chaussée reste entier.

Pour les autres tunnels non autorisés aux TMD, ce risque existe également puisque les réservoirs des poids lourds peuvent comporter des volumes importants d'hydrocarbures (de l'ordre de 1 500 litres). Le système d'assainissement avec caniveaux à fente et regards siphoniques apporte alors une sécurité vis-à-vis du risque de déversement du contenu d'un réservoir et cela pour un coût marginal qui demeure faible dans le cas d'un tunnel neuf. De plus, la mise en place de caniveaux à fente à la construction facilite l'évolutivité ultérieure du tunnel vers une autorisation éventuelle aux TMD.

NATURE ET QUALITÉ DES MATÉRIAUX

En complément des normes-produits citées ci-avant, il est fait application des fascicules du cahier des clauses techniques générales (CCTG) notamment le fascicule 31 [4] et fascicule 70 titre 1 [6].

Ces dispositions générales doivent tenir compte des exigences réglementaires de l'instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers concernant la réaction au feu des matériaux et en particulier son article 4.1 :

« *Les matériaux de construction des structures principales et de second œuvre du tunnel, exception faite des éléments*

de chaussée, doivent être classés M0 du point de vue de la réaction au feu. Cette classe s'impose aussi pour les matériaux constitutifs des systèmes de drainage, y compris les caniveaux à fente éventuels et les collecteurs».

CLAUSES

Les matériaux de construction des caniveaux à fente et des collecteurs d'assainissement doivent être classés M0 du point de vue de la réaction au feu.

Dans ce cas, les matériaux de type PEHD ou PVC sont exclus.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

4.1 MISE EN ŒUVRE

Il est fait application du fascicule 70 titre 1 du CCTG pour les canalisations et regards et du fascicule 31 du CCTG pour les bordures et caniveaux (y compris à fente) préfabriqués ou coulés en place.

Nota : Le fascicule 31 du CCTG fait référence à la norme NF P98-302 de juin 1982 annulée et remplacée par la norme NF P98-340/CN de mars 2004 [11].

4.1.1 Généralités

Vis-à-vis du management de la qualité et du respect de l'environnement, il est fait application des prescriptions du chapitre 3 du fascicule 70 titre 1 (version de 2019) qui reprend les principes définis dans le « Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents, concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement, à fournir par le titulaire d'un marché de travaux – Version 1.1 du 10 juillet 2014 validée par le GEM OTM » [16].

4.1.2 Condition d'acceptation des produits

Il est fait application des fascicules 31 et 70 titre 1 du CCTG.

Les points particuliers ci-dessous sont à souligner car situés à l'interface entre la conception et l'exécution des travaux.

- Cohérence produits / procédures d'exécution :

Il est important de vérifier la cohérence entre le choix des produits et la méthode de pose qui doit garantir un parfait bétonnage de la pièce préfabriquée.

Par exemple, afin de faciliter la pénétration du béton de remplissage, une forme arrondie des angles en sous face des caniveaux préfabriqués est conseillée.

- Planche d'essais préalables à l'exécution :

Pour certains produits, des planches d'essais préalables à la préfabrication ou des planches d'essais à la rupture sont nécessaires afin de vérifier la méthode de construction.

Par exemple, pour les caniveaux à fente, les nez de bordures des caniveaux à fente demandent beaucoup d'attention, la moindre épaufrure pouvant induire d'importantes conséquences. Cette exigence peut être vérifiée lors des planches d'essais.

En complément de l'article 14.3.b du fascicule 31, il est vivement conseillé de prévoir et rémunérer des planches d'essais.

4.1.3 Condition de manutention et de stockage

Il est fait application des fascicules 31 et 70 titre 1 du CCTG.

Les points particuliers ci-dessous sont à souligner car ils demandent une attention et une vigilance particulières lors des phases d'installation de chantier et de gestion de l'espace en souterrain :

- le stockage des caniveaux à fente est souvent problématique au regard des surfaces de stockage mises à disposition. En effet les stocks peuvent fluctuer fortement, du fait principalement d'une production continue et d'une pose séquencée ;
- la zone de manutention est à définir avec soin ; les caniveaux à fente sont en effet des éléments lourds et volumineux, nécessitant des engins importants pour les manœuvrer. L'atelier de pose de caniveaux à fente neutralise la zone dans laquelle il travaille. Les plans de circulations et les accès des secours doivent intégrer ces contraintes.

4.1.4 Exécution des fouilles

Il est fait application des fascicules du CCTG (F31 article 9.2 et F70-1 article 6.7).

4.1.5 Pose

Pour les caniveaux à fente, il est indispensable :

- de les poser sur des cales avant la mise en œuvre du béton de remplissage ;
- de spécifier le béton de remplissage (classe de consistance S5 au sens de la norme NF EN 206/CN de façon à garantir une bonne circulation autour du caniveau, notamment en dessous ;
- de prévoir un calage en phase chantier si une phase avec circulation de chantier est prévue avant la mise en œuvre de la couche de roulement, afin de tenir compte de l'effort horizontal « accidentel » qui peut s'exercer.

En effet, les caniveaux sont vulnérables pendant cette phase car les pneus de camions peuvent venir buter sur la partie verticale en console et provoquer la rupture longitudinale au niveau du fil d'eau du caniveau ;

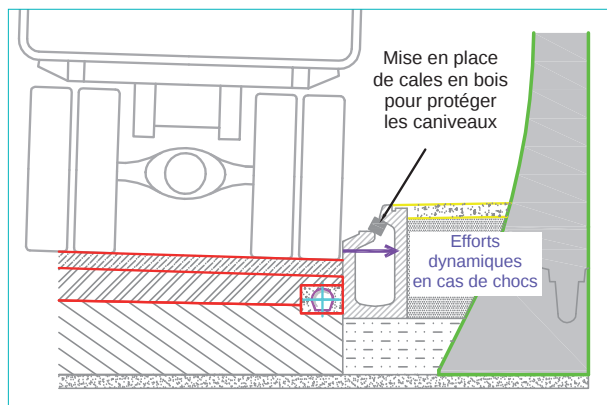


Figure 4 : Protection des CAF en phase chantier

- de nettoyer périodiquement le réseau d'assainissement en phase chantier et immédiatement en cas de coulures de béton pour éviter la formation de croûtes de béton qu'il n'est plus possible de retirer par la suite ;
- d'être vigilant sur la qualité du calage à la pose ; en effet, le risque de décalage du fil d'eau entre deux éléments préfabriqués et d'écart de pose en plan est non négligeable ;
- d'être vigilant pour les caniveaux à fente qui intègrent une bordure, car il est impératif d'être très précis dès la pose des fonds de regards, le respect des profils de voirie en dépend ;
- les tolérances dimensionnelles sont celles de l'article 5.3 (catégories 1) du F31 du CCTG que ce soit pour les éléments préfabriqués et leur pose et pour les éléments coulés en place ;
- le F31 du CCTG art 6.2 précise que les bosses ou flaches ont une amplitude inférieure à 0,5 cm pour les éléments coulés en place.

CLAUSES

Les principales prescriptions sont les suivantes :

- décalage du fil d'eau $\pm 0,5$ cm maximum entre deux éléments préfabriqués (cf. F31 art 9.3) ;
- tolérances en altitude et alignement :
 - par rapport aux cotes projet : le F31 donne une valeur de ± 2 cm (art 9.3),
 - pour les tolérances d'exécution, les bosses ou flaches ont une amplitude inférieure à 0,5 cm.

Pour les regards siphoides, il est indispensable :

- de poser le premier élément (embase) sur cales réglées sur du mortier ou béton et de vérifier l'implantation en X, Y et Z avant la pose des tuyaux (prévoir un point d'arrêt). L'alignement des bordures du caniveau à fente dépend de la pose de cet élément ;
- d'assurer l'étanchéité entre le tuyau béton et l'embase du regard.

4.1.6 Construction en place

Si une mise en œuvre de caniveaux extrudés est exceptionnellement autorisée, il est recommandé de conserver les prescriptions édictées par les articles 12 et 14 du F31.

Les prescriptions des articles 6.8.4 et 6.9 du F70-1 sont applicables pour les regards de visite et regards siphoides, respectivement préfabriqués et coulés en place.

Il pourra être nécessaire d'ajouter un revêtement intérieur pour les regards confectionnés de manière traditionnelle pour satisfaire aux obligations d'étanchéité.

4.1.7 Remblaiement et compactage

Il est fait application du fascicule 70-1 article 6.13 du CCTG.

4.2 CONTRÔLE

Il est fait application des fascicules du CCTG, notamment l'article 7.1 du F70-1 pour les caniveaux à fente et les réseaux.

Points d'arrêt à prévoir :

- contrôle topographique en XYZ du regard siphoides ;
- absence de contre-pente ;
- respect des tolérances des F31 et F70-1 ;
- étanchéité (cf chapitre 5.1 ci-après).

CLAUSES

Le fascicule 70 titre 1 du CCTG est à appliquer pour les réseaux et regards.

Le fascicule 31 du CCTG est applicable pour ce qui concerne les bordures et caniveaux que ce soit en éléments préfabriqués ou coulés en place, y compris extrudés.

Pour ce qui concerne l'organisation de la qualité, l'environnement, ou les documents d'exécution, le marché incorporera les préceptes définis par le « Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents, concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement, à fournir par le titulaire d'un marché de travaux – Version 1.1 du 10 juillet 2014 validée par le GEM OTM » et des prescriptions du chapitre 3 du fascicule 70 titre 1 (version de 2019).

RÉCEPTION DES TRAVAUX

5.1 EXAMENS PRÉALABLES À LA RÉCEPTION

Les ouvrages d'assainissement des tunnels routiers font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage.

Après un nettoyage complet des ouvrages d'assainissement, l'objectif des examens préalables à la réception est de s'assurer :

- des bonnes conditions d'écoulement ;
- du respect des contraintes géométriques ;
- du respect des objectifs d'étanchéité des ouvrages.

La nécessaire étanchéité des regards siphoniques doit correspondre au maintien en eau du siphon pendant un mois minimum.

Les examens préalables à la réception comprennent au minimum les clauses suivantes :

L'objectif du passage de caméra est de vérifier l'absence de dépôt supérieur à 0,05 m (plus grande dimension admise) et de s'assurer de la présence d'une section théorique de passage assurée de 95 %.

Le prestataire en charge de la pose des réseaux effectue généralement un passage caméra immédiatement après pose afin de dégager sa responsabilité vis-à-vis de dégradations ultérieures en phase chantier. Ce passage caméra ne remplace pas le passage caméra exigé dans le cadre des opérations préalables à la réception.

Suivant le phasage de construction du réseau d'assainissement (caniveaux à fente et regards siphoniques) et en fonction de l'accessibilité du collecteur, le passage de caméra juste avant les opérations préalables à la réception doit être réalisé par tronçons d'ouvrage.

CLAUSES

Le titulaire doit réaliser :

- un nettoyage complet et final des ouvrages ;
- un contrôle visuel ou vidéo par passage caméra ; celui-ci doit être réalisé sur 100 % du réseau pour détecter les anomalies (cf. CCTG n°70 titre 1 - article 7.1.4).

Le passage vidéo doit-être réalisé sur tout le linéaire des caniveaux à fente et des collecteurs des eaux d'assainissement. La liste d'anomalie pour les canalisations est étendue pour les branchements et les caniveaux à fente ; la liste d'anomalie pour les regards de visites est étendue pour les regards siphoniques.

Pour ces derniers est ajouté le contrôle visuel d'anomalie d'exécution sur les éléments constitutifs du siphon, la vérification des conditions d'entretien de ces siphons et des autres parties du réseau à partir de ces siphons ;

- une vérification du verrouillage et du déverrouillage des tampons ;
- une épreuve d'étanchéité de chaque regard siphonique par un test d'étanchéité par remplissage à l'eau conformément au CCTG n° 70 titre 1 article 7.1.6 et à la norme NF EN 1610 ; cette épreuve est effectuée dans les conditions suivantes :
Pour l'application de l'article 13.3.2 de la norme, la durée d'imprégnation est portée à 24h, un nouveau remplissage est effectué en fin d'imprégnation.
Pour l'application de l'article 13.3.3 de la norme, la variation du volume d'eau doit-être inférieure à 0,025 l/m² pendant 30 minutes.
Pour l'application de l'article 13.3.4 de la norme, la durée de l'essai est de 2h.

5.2 DOCUMENTS À FOURNIR

CLAUSES

Pour le dossier de récolement, il est fait application de l'article 7.3 du fascicule 70 titre 1 du CCTG.

En complément, le dossier comprend une notice descriptive de chaque ouvrage du réseau et de son fonctionnement en situation normale et exceptionnelle, en vue de la prise en main dès la mise en service par l'exploitant. Les relevés et les plans de repérage vidéo sont à fournir.

Il comprend une notice d'utilisation des ouvrages décrivant l'organisation et les matériels requis permettant d'assurer la maintenance.

Les référentiels sont précisés : type de logiciel, planimétrie de référence, format des fichiers.

EXPLOITATION ET MAINTENANCE

Au-delà de l'organisation de la surveillance, le Guide d'application de l'ITSEOA, Fascicule 40-Tunnels, génie civil et équipements dans son annexe C, précise l'objectif des interventions de maintenance préventive.

Même si le fascicule 40 ne traite pas spécifiquement des éléments d'assainissement, l'entretien du système global de l'assainissement du tunnel est indispensable pour préserver le potentiel de sécurité apporté par le système.

Les conséquences d'un dysfonctionnement du réseau d'assainissement seraient surtout critiques en cas d'accident.

La prévention passe d'abord par une surveillance régulière et organisée des installations.

Dans l'esprit du Fascicule 40, le présent guide (cf. tableau 1 ci-après) propose une périodicité d'intervention et les différents types d'intervention (visuel, mécanique, etc.) possibles pour chaque composant du système d'assainissement.

6.1 CANIVEAU À FENTE

Pour garantir la propreté des écoulements, l'action devant être mise en œuvre en priorité est le nettoyage « manuel » : enlèvement des déchets, canettes, bouteilles, branches, paille, cartons, etc.

Si nécessaire, une ou deux fois par an un hydro-curage est réalisé. Cette méthode consiste à faire circuler dans les canalisations des têtes sous pression d'eau pour décoller et évacuer les dépôts.

Elle ne peut être mise en œuvre que par des entreprises spécialisées.

Lors de cette opération, l'hydro-cureuse (avec jet haute pression et/ou furet haute pression) est passée à contre-pente avec une aspiratrice au point haut de chaque élément du réseau d'assainissement.

6.2 REGARDS SIPHOÏDES ET TAMPONS

Pour garantir le fonctionnement optimal du regard siphon, une surveillance régulière est primordiale afin de s'assurer de la propreté de celui-ci. Elle doit s'attacher à vérifier :

- le remplissage en eau des siphons ;
- la propreté des regards (nettoyage des zones coupe-feu) ;
- l'étanchéité des couvercles des regards ;
- l'efficacité de verrouillage et déverrouillage des tampons.

Le remplissage en eau des siphons est un point important. Si les regards ne sont pas alimentés en eau de façon continue par un drain, l'exploitant devra assurer l'alimentation par un autre moyen : soit par apport à la tonne à eau, soit par manœuvre du réseau incendie (lors des vérifications de fonctionnement de celui-ci) complété si besoin par apports ponctuels.

6.3 VADE-MECUM DE SURVEILLANCE ET D'ENTRETIEN

Les mesures qui suivent visent à s'assurer que l'ensemble du système répond aux objectifs de la réglementation.

« Chaque tronçon de caniveau devra être capable d'absorber un volume de 5 m³ en 1 minute. Les siphons et le collecteur devront permettre d'évacuer un débit de 100 l/s ».

Équipement	Contrôles visuels	Nettoyage	Intervention sur équipement
Caniveau à fente	1/mois	En fonction des besoins	
		1/an Hydro-curage	
Siphons	1/semestre	En fonction des besoins	Remplissage 1 fois par mois à définir si défaut d'étanchéité
		1/an Hydro-curage	
Tampons	1/semestre		Efficacité verrouillage déverrouillage Changement joint d'étanchéité si besoin
Collecteurs eaux usées	1/3 ans par caméra	En fonction des besoins	

Tableau 1 : Proposition de périodicités d'intervention

ANNEXE A – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Documents réglementaires

- [1] Annexe 2 de la circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000 reprise dans la circulaire 2006-20 du 29 mars 2006 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national.
- [2] Code de la voirie routière, et en particulier l'article R 118-4-5 qui figure parmi les articles transposant la directive européenne 2000-54 du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen.
- [3] Arrêté du 15/01/07 modifié par l'arrêté du 18/12/12 : Exigences liées à l'accessibilité PMR.

Fascicules du CCTG

Les cahiers des clauses techniques générales (CCTG) fixent les dispositions techniques applicables aux catégories de marchés précisées par l'arrêté du 28 mai 2018. Le pouvoir adjudicateur peut décider ou non de se référer à un CCTG. Il est recommandé de faire référence aux normes indiquées dans ces documents qui constituent des spécifications techniques au sens du Code de la commande publique.

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2018/5/28/ECOM1803102A/jo/texte>

- [4] Fascicule 31 : Bordures et caniveaux en pierre naturelle ou en béton et dispositifs de retenue en béton.
- [5] Fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton.

Concernant le F70 titre 1, version approuvée par le COPIL "Eau-assainissement" du Référentiel Génie Civil :

- [6] Fascicule 70-1 : Ouvrages d'assainissement (Fourniture, pose et réhabilitation de canalisations d'eaux à écoulement à surface libre) version 3.2 de 2019 disponible sous <https://www.astee.org/coin-lecture>.

Normes

- [7] NF EN 1991-2 de mars 2008 : Eurocode 1 Actions sur les structures - Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic.
- [8] NF EN 1433 de 2003 (modifiée par la norme 1433/A1 de 2005-Application française) : Caniveaux hydrauliques pour les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules.
- [9] NF EN 124 de octobre 2015 : Dispositifs de couronnement et de fermeture pour les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules.
- [10] NF EN 1610 d'octobre 2015 : Mise en œuvre et essai des branchements et canalisation d'assainissement.
- [11] NF P98-340/CN de mars 2004 : Éléments pour bordures de trottoir en béton, prescriptions et méthodes d'essai, complément national à la NF EN 1340.
- [12] NF EN 206/CN de décembre 2014 : Béton - Spécification, performance, production et conformité.

Guides techniques

- [13] Guide Technique Assainissement Routier – GTAR-Setra – octobre 2006.
- [14] Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'arts (ITSEOA) F40.
- [15] Dossier pilote Génie Civil Section 7 « Assainissement, drainage et réseaux divers » CETU, juillet 1998.
- [16] Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement – version 1.1 de juillet 2014 : <http://www.economie.gouv.fr/daj/guide-harmonisation-clauses-techniques-doc-qual-env>

Les textes de références relatifs aux tunnels sont disponibles à l'adresse suivante : <http://cet-tunnels.fr/referentieltunnel/>

ANNEXE B – RAYON EN PLAN NON DÉVERSÉ

Les caractéristiques du tracé en plan sont définies au moment de la conception générale de l'opération ; c'est souvent le critère de visibilité associé à la vitesse de référence qui définit les valeurs minimales des rayons en plan du tracé en tunnel.

Toutefois, l'utilisation d'un rayon de courbure en plan supérieur au « rayon minimal non déversé » conduit à une géométrie plus simple avec un dévers transversal constant.

Cette analyse du tracé en plan, préalable à toute étude de conception de tunnel, est indispensable pour bien aborder la problématique de l'assainissement en tunnel.

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, en fonction des référentiels techniques, des « rayons non déversés » en fonction de la vitesse de référence.

Vitesse de référence en km/h		60	80	100	120
ICTAAL				650 m	1 000 m
ARP		600 m	900 m	1 300 m ^a	
VSA			370 m	650 m	

a. Catégorie T 100 inusitée actuellement.

CONTRIBUTEURS

Ont participé à l'élaboration de ce document :

Frédéric AUDIBERT, EIFFAGE
Sébastien BOUTEILLE, CETU
Edward CLAYTON, SETEC ALS
Gilles HAMAIDE, CETU
Olivier MARTINETTO, EGIS

François PAILLETTE, CETU
Mickaël POTIER, CETU
Bruno VACHIN, DIR MC
Odile VANNIERE, CETU (Coordinatrice)
Serge ZAPPELLI, CETU

Sont remerciés pour leur relecture :

Didier BRAZILLIER, DIR Centre Est
Alain CHABERT, TELT
Michel DEFFAYET, CETU
Pascal DESMAISON, DIR Centre Est
Hugues JULIEN, Société STRADAL

Rémy KIENER, Société ACO
Roland MISTRAL, CD Savoie
Michel PRE, SETEC TPI
Florent ROBERT, CETU

Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand
69500 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)4 72 14 34 00
Fax. +33 (0)4 72 14 34 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Ce document appartient au :

 **RÉFÉRENTIEL
TUNNELS**

