

# GUIDE DE L'ENTRETIEN DU GÉNIE CIVIL DES TUNNELS ROUTIERS



## AVERTISSEMENT

Les guides sont l'aboutissement de travaux de synthèse, de réflexion méthodologique, de recherche, de retour d'expérience, menés ou commandités par le CETU. Ils ont vocation à servir de référence pour la conception, la réalisation ou l'exploitation des ouvrages souterrains. Comme tout état de l'art à un moment donné, un guide peut toutefois devenir un jour obsolète, soit du fait de l'évolution des techniques ou des réglementations, soit par la mise au point de méthodes plus performantes.

*GUIDE DE L'ENTRETIEN DU GÉNIE CIVIL  
DES TUNNELS ROUTIERS*

juin 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](mailto:cetu@developpement-durable.gouv.fr)

[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)

# TABLE DES MATIÈRES

<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>7</b>
<b>1 GÉNÉRALITÉS</b>	<b>9</b>
1.1 Contexte et objectifs de l'entretien des tunnels ?	9
1.2 Rappel du contexte réglementaire	9
<b>2 LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN ET LEUR ORGANISATION</b>	<b>11</b>
2.1 Les différents types d'entretien	11
2.2 Organisation du maître d'ouvrage gestionnaire	11
2.2.1 Le niveau décisionnel	11
2.2.2 Le niveau organisationnel	11
2.2.3 Le niveau opérationnel	11
2.3 Organisation des opérations d'entretien	12
2.3.1 Organisation de l'entretien courant	12
2.3.2 Organisation de l'entretien spécialisé	12
2.4 Conditions de réalisation des opérations d'entretien	12
2.4.1 Formalisation d'un programme d'entretien	12
2.4.2 Réalisation du programme d'entretien	13
2.4.3 Conditions de travail	13
<b>3 LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN COURANT</b>	<b>15</b>
3.1 Végétation	15
3.2 Entretien courant des systèmes d'évacuation des eaux	16
3.2.1 Canalisations (collecteurs et caniveaux à fente)	16
3.2.2 Caniveaux	16
3.2.3 Regards, avaloirs et caniveaux à grilles	16
3.2.4 Drains en extradoss ou enterrés	17
3.2.5 Drains en intrados	17
3.2.6 Barbacanes	17
3.2.7 Neige et glace	17
3.3 Entretien courant de la chaussée, des trottoirs et des accès	18
3.3.1 Entretien courant des chaussées	18
3.3.2 Entretien courant des trottoirs	18
3.3.3 Accès à l'ouvrage et aux ouvrages de sécurité	18
3.4 Entretien courant des parties métalliques	18
3.5 Entretien courant des équipements de génie civil	19
3.6 Entretien courant des murs de soutènement et murs tympans	19

<b>4 LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN SPÉCIALISÉ</b>	<b>21</b>
4.1 Entretien spécialisé de la voûte	21
4.1.1 Nettoyage des piédroits	21
4.1.2 Affiches et graffitis	22
4.1.3 Purges des éléments instables	22
4.1.4 Traitement des armatures apparentes	23
4.1.5 Rejointoiements de maçonneries	23
4.2 Entretien spécialisé des systèmes d'évacuation des eaux	23
4.2.1 Curage des drains	23
4.2.2 Curage des réseaux d'assainissement	25
4.2.3 Curage des regards siphoniques	25
4.3 Entretien spécialisé des parties métalliques	25
4.4 Entretien spécialisé des équipements de génie civil	26
4.5 Entretien spécialisé de la chaussée et des trottoirs	26
4.5.1 Entretien spécialisé de la chaussée	26
4.5.2 Entretien spécialisé des trottoirs	27
4.6 Entretien spécialisé des têtes	27
<b>5 PROPOSITION DE FRÉQUENCES D'ENTRETIEN</b>	<b>29</b>
5.1 Entretien courant	29
5.2 Entretien spécialisé	30
<b>6 BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>31</b>
6.1 Textes réglementaires et normatifs	31
6.2 Guides et recommandations	31
6.3 Sites Internet	32
<b>7 ANNEXES</b>	<b>33</b>
7.1 Annexe 1 : Fiche pour le relevé permanent d'événements	33
7.2 Annexe 2 : Cadre de constat de contrôle annuel	35
7.3 Annexe 3 : Définitions	36



# AVANT-PROPOS

Le présent « Guide de l'entretien du génie civil des tunnels routiers » se situe dans le prolongement du « Guide de l'inspection du génie civil des tunnels routiers ».

Complément à vocation opérationnelle du Fascicule 40, ce document a pour objectif de définir les modalités d'organisation et d'exécution des opérations d'entretien dans les tunnels routiers. Il définit ainsi les principales tâches à réaliser pour assurer la pérennité des structures des tunnels. L'entretien des équipements d'exploitation et de sécurité n'est pas abordé dans ce document, tout comme celui des ouvrages annexes liés à l'exploitation (usines de ventilation, locaux techniques, bassin de rétention).

Ce guide se veut pratique et facile d'utilisation ; pour assurer sa compréhension, la définition des éléments constitutifs d'un tunnel est présentée en annexe 3.

La bonne application de ce guide doit contribuer à l'amélioration de l'entretien des tunnels. Il est destiné en premier lieu aux

personnes chargées des divers entretiens du génie civil des tunnels du réseau routier national non concédé. Il s'adresse également aux autres maîtres d'ouvrage gestionnaires de ce type d'ouvrage pour l'établissement de leur propre référentiel d'entretien.

De même, le présent document ne s'applique qu'aux tunnels routiers, mais il peut servir de base pour d'autres ouvrages, dont l'entretien comporte de nombreux points communs avec les tunnels creusés et les tranchées couvertes (tunnels immergés, couvertures acoustiques hors-sol, paravalanches, galeries pare-blocs...).

Ce guide concrétise les enseignements que le Centre d'Études des Tunnels (CETU) a tirés, au cours des trois dernières décennies, des inspections d'ouvrages et des études de travaux de réparations qu'il a effectuées. Il a pour vocation la transmission des connaissances au sein des services et l'information des exploitants de tunnels.





# GÉNÉRALITÉS

## 1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ENTRETIEN DES TUNNELS

L'entretien s'inscrit dans une politique de gestion du patrimoine, en complément des actions de surveillance, d'évaluation de l'état de l'ouvrage et de réparation. Il consiste à intervenir, soit de manière préventive, soit aussi vite que possible lorsqu'une dégradation est amorcée.

Les actions d'entretien d'un tunnel sont nécessaires pour assurer la sécurité des usagers ainsi que la pérennité des ouvrages. Elles aident à maintenir l'état et la valeur du patrimoine.

Toute politique d'entretien doit être fondée sur une connaissance parfaite des ouvrages et donc sur l'analyse des dossiers des ouvrages exécutés (DOE) de la construction et des travaux qui ont suivi, tout particulièrement lorsque des travaux d'amélioration de la sécurité ont été faits suite à l'évolution de la réglementation après les incendies majeurs du début des années 2000.

Pour les tunnels neufs, certaines opérations d'entretien doivent démarrer dès la fin de la construction du génie civil.

## 1.2 RAPPEL DU CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

L'Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA) précise les obligations des gestionnaires du réseau routier national non concédé en matière de surveillance, d'entretien et de réparation.

L'ITSEOA de décembre 2010, qui remplace celle publiée en octobre 1979 et modifiée en décembre 1995, est constituée d'un document de « Dispositions générales applicables à tous les ouvrages d'art » (fascicule 0) et de trois fascicules d'application :

- le fascicule 1 : Dossier d'ouvrage ;
- le fascicule 2 : Généralités sur la surveillance ;
- le fascicule 3 : Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiates ou de sauvegarde.

Sa publication et ses modalités d'application ont fait l'objet d'une circulaire ministérielle le 16 février 2011.

Les autres fascicules qui constituaient la seconde partie de l'ITSEOA ne font plus partie intégrante de l'ITSEOA et ont le statut de guides d'application. C'est le cas du Fascicule 40 qui a fait l'objet d'une refonte publiée en octobre 2012 et s'intitule désormais « Tunnels – Génie civil et équipements ». Il présente les dispositions particulières pour la surveillance et l'entretien des tunnels routiers, tranchées couvertes et ouvrages similaires. Il aborde deux domaines : le génie civil et les équipements d'exploitation et de sécurité.

Si le Fascicule 40 s'adresse aux maîtres d'ouvrages du réseau routier national non concédé, il peut également servir de référence à tout maître d'ouvrage d'une structure du même type. Il en est de même pour les guides qui en découlent.



# LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN ET LEUR ORGANISATION

## 2.1 LES DIFFÉRENTS TYPES D'ENTRETIEN

La pérennité des ouvrages est en bonne partie assurée par la qualité de l'entretien. On distingue communément :

- l'entretien courant, action systématique demandant peu de moyens et peu de technicité ; il doit être réalisé de façon régulière en lien étroit avec la surveillance du réseau ;
- l'entretien spécialisé, opération demandant des moyens particuliers et la mise en œuvre de techniques spéciales ; il peut nécessiter une analyse préalable par un spécialiste et être réalisé en sous-traitance.

Les actions d'entretien, quelles qu'elles soient, doivent être distinguées des actions de réparation qui visent à remédier à des désordres susceptibles de mettre en cause la pérennité et le niveau de service de l'ouvrage ou la sécurité des usagers.

La consistance des actions d'entretien découle généralement des actions de surveillance continue et périodique. La pertinence et l'efficacité des opérations d'entretien courant sont généralement validées à travers ces actions de surveillance, qu'elles soient continues ou périodiques. Par ailleurs, les opérations d'entretien spécialisé vont souvent être déclenchées à la suite de ces actions de surveillance.

## 2.2 ORGANISATION DU MAÎTRE D'OUVRAGE GESTIONNAIRE

Avant de préciser les actions spécifiques à l'entretien d'un tunnel routier, il convient d'évoquer l'organisation générale de la maîtrise d'ouvrage gestionnaire, et les niveaux de responsabilités et de compétences requis pour garantir la qualité de ses missions.

Une organisation structurée, basée sur une bonne utilisation des compétences humaines, est un préalable nécessaire à la définition et à la mise en œuvre d'une politique d'entretien d'un patrimoine de tunnels routiers. Dans ce cadre, il faut garantir de manière systématique la réalisation de chaque intervention d'entretien par des personnes suffisamment qualifiées et informées pour que les résultats soient conformes aux objectifs fixés.

Dans la suite du guide, nous précisons systématiquement les interventions qui nécessitent une compétence particulière afin que chaque maître d'ouvrage puisse s'organiser, en interne ou en faisant appel à des compétences extérieures.

### 2.2.1 Le niveau décisionnel

Le niveau décisionnel est constitué par la direction de la maîtrise d'ouvrage gestionnaire. Garant de la politique de gestion de son patrimoine, il décline la politique définie dans l'ITSEOA en tenant compte des contraintes liées à la sécurité des personnes et à l'exploitation.

En ce qui concerne les actions d'entretien, il doit les prioriser à partir d'une analyse intégrant, en particulier, les priorités techniques, la logique d'itinéraire, les contraintes d'exploitation et la gêne à l'utilisateur. Afin de répondre aux objectifs qu'il a fixés, le niveau décisionnel prévoit les moyens humains et financiers nécessaires à leur bonne réalisation en les adaptant à la valeur et à l'importance de son patrimoine.

### 2.2.2 Le niveau organisationnel

Le niveau organisationnel met en œuvre la politique définie par le niveau décisionnel et propose à ce dernier les amendements qu'il juge utile d'apporter.

En ce qui concerne les actions d'entretien, il élabore des propositions de programmation pluriannuelle. Il définit notamment le programme et pilote des actions d'entretien spécialisé, il contrôle la bonne exécution des actions décidées.

La capitalisation de l'expérience acquise est mise à profit, d'une part, pour l'actualisation des dossiers d'ouvrages et, d'autre part, pour proposer des dispositions constructives pour les nouveaux ouvrages afin de réduire les désordres constatés sur les ouvrages existants.

### 2.2.3 Le niveau opérationnel

Le niveau opérationnel a pour mission d'intervenir sur les ouvrages, notamment pour réaliser ou contrôler les opérations d'entretien. Il organise également les mesures relatives à l'exploitation (restriction de circulation, signalisation temporaire, arrêts de circulation, etc.) afin d'en permettre le bon déroulement et d'assurer la sécurité des personnes.

Il a à sa charge l'organisation et, le plus souvent, la réalisation des opérations d'entretien courant, et rend compte de ces actions. Il assure également le suivi de certaines opérations d'entretien spécialisé.

Toutes les interventions pratiquées sur le terrain doivent se traduire par un constat écrit et daté. Ce constat doit faire l'objet d'un suivi ultérieur quand il conduit à prescrire des actions spécifiques. La synthèse de ces interventions remonte au niveau organisationnel.

## 2.3 ORGANISATION DES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN

### 2.3.1 Organisation de l'entretien courant

Comme indiqué plus haut, l'entretien courant est une action systématique demandant peu de technicité et, généralement, peu de moyens. Il ne concerne que des interventions non structurales.

Il doit être réalisé de façon régulière en liaison étroite avec la surveillance du réseau routier. Il est à réaliser ou à organiser par le service opérationnel.

Il est préférable que l'entretien courant soit assuré préalablement à toute intervention réalisée dans le cadre des opérations de surveillance telles que le contrôle annuel. Le contrôle annuel peut aussi être effectué à l'occasion de l'entretien courant, notamment au cours des opérations de nettoyage de l'ouvrage, de la chaussée et des équipements.

Pour être bien conduit, l'entretien courant doit être effectué :

- par une équipe compétente, habituée à ce genre de travaux, encadrée par un chef d'équipe ayant acquis une bonne connaissance des tunnels par expérience (pratique de contrôles annuels, par exemple) ou suite à des formations spécifiques ;
- par une équipe disposant d'un matériel adapté ;
- suivant un programme préétabli par itinéraire ou par nature d'intervention.

Le nettoyage des ouvrages peut avantageusement trouver sa place en fin d'hiver ou à l'automne, et permettre notamment la vérification des dispositifs d'évacuation d'eau. Il est aussi intéressant de mener certaines opérations (par exemple, des opérations de dévégétalisation) avant les visites de surveillance, telles que les inspections détaillées périodiques.

Les opérations d'entretien courant sont :

- soit programmées sur la base des consignes recommandées pour l'entretien (en principe définies dans le dossier d'ouvrage) ou des constatations faites lors des actions de surveillance ;
- soit réalisées dès que possible, lorsque cela s'avère nécessaire pour garantir les conditions de sécurité et d'exploitation.

Les principaux travaux d'entretien courant sont développés dans le chapitre 3.

### 2.3.2 Organisation de l'entretien spécialisé

Comme indiqué plus haut, l'entretien spécialisé est une opération demandant des moyens particuliers et la mise en œuvre de techniques spéciales.

L'entretien spécialisé porte pour l'essentiel sur les désordres mineurs de la structure qui ne remettent pas en cause la résistance de l'ouvrage.

Les opérations d'entretien spécialisé, contrairement à celles relevant de l'entretien courant :

- nécessitent des moyens particuliers dont ne dispose généralement pas le maître d'ouvrage gestionnaire, tant pour leur exécution que pour la protection du chantier (lavage des piédroits, hydrocurage des réseaux de drainage par exemple) ;
- relèvent de techniques spéciales (traitement d'étanchéité, rejointoiement, scellement de moellons désolidarisés, ragréages limités, etc.) ;
- requièrent souvent une analyse préalable par un spécialiste (définition des purges dans un tunnel non revêtu par exemple).

Concernant les sections de tunnels non revêtues, les opérations d'entretien spécialisé doivent être réalisées avec la plus grande circonspection car elles peuvent conduire à déstabiliser certains éléments structuraux et mettre en cause la sécurité des personnes dans l'ouvrage.

Les opérations d'entretien spécialisé sont généralement prévisibles et doivent faire l'objet de programmes pluriannuels. Elles peuvent également être déclenchées par les interventions liées à la surveillance. Ces opérations sont souvent réalisées par des entreprises spécialisées.

Les principaux travaux d'entretien spécialisé sont développés dans le chapitre 4.

## 2.4 CONDITIONS DE RÉALISATION DES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN

### 2.4.1 Formalisation d'un programme d'entretien

Dans le cadre d'une formalisation d'un programme d'entretien, le service opérationnel (pour l'entretien courant) et le service organisationnel (pour l'entretien spécialisé) doivent notamment spécifier :

- les tâches d'entretien à réaliser en régie ;
- les tâches d'entretien à confier à des entreprises spécialisées ;
- les périodicités ;
- les points d'attention particuliers (objectifs, matériels, contraintes, risques, ...) ;
- les conditions prévisibles d'interventions.

En corollaire, le service décisionnel assure les moyens humains, matériels et financiers nécessaires à la réalisation efficace de ces programmes.

Enfin, le programme d'entretien spécialisé peut être adapté par le service organisationnel en fonction des observations réalisées au cours des divers actes de surveillance. Dans ce cadre, des interventions non programmées initialement peuvent être réalisées suite à l'observation de désordres particuliers nécessitant une intervention urgente (venues d'eau créant une gêne à l'utilisateur, risques de chutes de matériaux sur la chaussée, etc.).

Même les opérations d'importance modeste sont à programmer et à réaliser dans les conditions conformes aux consignes de protection et de sécurité prévues au dossier des interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

Les travaux doivent être préparés et exécutés avec beaucoup de soin, sous couvert d'un plan qualité (PQ) et avec les contrôles inhérents à chaque nature d'intervention. Ces contrôles, même sommaires, s'avèrent nécessaires dans tous les cas.

L'exécution des travaux peut être l'occasion de constater des anomalies qui auraient échappé à la surveillance. Dans ce cas, elles doivent être consignées dans le relevé permanent d'événements.

## 2.4.2 Réalisation du programme d'entretien

Certaines opérations d'entretien peuvent être réalisées en régie, notamment celles qui concernent l'entretien courant, d'autres peuvent être sous-traitées, notamment celles qui concernent l'entretien spécialisé. Si besoin, le maître d'ouvrage gestionnaire peut s'appuyer sur les conseils de spécialistes.

Dans le cas d'une réalisation en régie, rappelons qu'il est fortement recommandé que les interventions soient exécutées par une équipe dirigée par un chef d'équipe compétent ayant une bonne connaissance des tunnels. Dans la mesure du possible, d'une intervention à l'autre, cette équipe doit comprendre les mêmes agents ayant une bonne pratique des travaux couramment exécutés. La composition de l'équipe dépend de la nature et de l'importance des travaux.

Dans le cas d'une sous-traitance, le choix de l'entreprise intervenant se fera généralement dans le cadre d'une consultation donnant l'ensemble des informations relatives à l'état de l'ouvrage et aux conditions d'intervention afin que les réponses des entreprises puissent être appropriées. D'une manière générale, les interventions d'entretien en tunnel doivent être effectuées par des entreprises aux qualifications adaptées et disposant d'expériences sur des interventions similaires. Suivant la nature des interventions, un plan qualité peut être demandé à l'entreprise.

Chaque opération d'entretien doit faire l'objet d'un compte rendu, sous la responsabilité du service opérationnel. Le compte rendu doit permettre aux services opérationnel et organisationnel de s'assurer de la conformité de la réalisation au programme établi, pour vérifier son efficacité et l'adapter le cas échéant.

Le compte rendu comprend les éléments suivants :

- identification de l'ouvrage;
- identification du tronçon ou de la zone ayant fait l'objet de l'intervention d'entretien ;
- date de l'intervention ;
- nature de l'intervention ;
- conditions d'intervention ;
- moyens utilisés (matériel et personnel) ;
- anomalies constatées et conséquences éventuelles.

L'intervention est consignée dans le relevé permanent d'événements quelle que soit la nature de l'entretien ; les opérations d'entretien spécialisé doivent faire, de plus, l'objet d'un constat annexé au dossier d'ouvrage. Ce constat contradictoire peut nécessiter l'intervention d'une personne spécialisée auprès du commanditaire.

## 2.4.3 Conditions de travail

Les interventions en tunnels comportent généralement des dangers supérieurs aux interventions à l'air libre : travail généralement en hauteur, amplification des risques liés au confinement (qualité de l'air, bruit,...), exigüité du poste de travail, travail sous lumière artificielle, conditions d'exploitation, etc.

Les conditions de sécurité à respecter lors des actions d'entretien sont précisées dans l'annexe 1 du Fascicule 40 « conditions de sécurité à respecter lors des actions de surveillance et d'entretien programmées – difficultés spécifiques d'intervention ».

De plus, les dispositions à prévoir et les dispositions légales générales d'hygiène et de sécurité qui régissent la réglementation spécifique mise en place pour réduire les risques d'accidents sont présentées dans l'annexe 7 du fascicule 2 de l'ITSEOA.

Sur la base de ces documents, les points suivants sont à traiter avec attention :

- Conditions d'interventions :  
L'accès à l'ensemble de l'ouvrage, y compris les ouvrages connexes, doit être assuré. Une attention particulière devra être portée aux sujétions de circulation ; les restrictions de circulation (alternat, fermeture, réduction de la vitesse) doivent être accompagnées de la signalisation adéquate. Il est à noter que, lors des opérations d'entretien, et pour des raisons d'hygiène et de sécurité, il est très fortement recommandé que le tube soit totalement fermé à la circulation.  
Par ailleurs, il convient de préparer avec soin toute intervention en co-activité, notamment au travers d'un plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé (PGCSPS).
- Moyens matériels :  
Les moyens matériels et équipements de protection individuels utilisés pour les interventions d'entretien doivent être adaptés aux opérations à réaliser. Ils doivent être conformes à la réglementation et aux normes en vigueur (certifications, contrôles techniques, etc.).



## LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN COURANT

Comme indiqué précédemment, l'entretien courant concerne les actions systématiques demandant peu de moyens et peu de technicité ; il doit être réalisé de façon régulière en lien étroit avec la surveillance de l'itinéraire.

Les indications et les préconisations données ci-après sont issues du guide « Entretien des ouvrages d'art – Guide à l'usage des subdivisions » édité par le SETRA en janvier 2000, du guide technique « Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers » édité par le SETRA en juillet 2011 et du guide édité en 2004 par l'Administration fédérale

des autoroutes des États-Unis d'Amérique (Federal Highway Administration – FHWA) « Highway and Rail Transit Tunnel Maintenance and Rehabilitation Manual ».

Elles sont adaptées au contexte particulier des tunnels et complétées par les connaissances issues des retours d'expérience effectués par le CETU sur l'entretien.

Afin de permettre la bonne compréhension des recommandations suivantes, la définition des éléments constitutifs d'un tunnel est présentée en annexe 3 du présent guide.

### 3.1 VÉGÉTATION

La végétation prend naissance dans les endroits encombrés de salissures (terre, sable, boue, etc.). Elle peut alors :

- créer des zones privilégiées de rétention d'humidité ;
- obstruer des évacuations d'eaux ;
- porter atteinte à l'étanchéité ;
- exercer une action chimique d'affaiblissement des liants et des matériaux de revêtement ;
- provoquer des éclatements de béton ou de pierres et la dislocation des parements par l'action des racines ;
- diminuer la visibilité de l'éventuelle signalisation présente aux têtes ;
- empêcher la surveillance de l'ouvrage dans de bonnes conditions.



Illustration 1 : Végétation sur un ouvrage de tête

Il convient donc d'éradiquer régulièrement la végétation présente sur l'ouvrage pour éviter tout risque de dégradation. En ce qui concerne les tunnels, la végétation se développe surtout sur les murs tympan, les fausses têtes servant de chambre

d'éboulis, le long des parois rocheuses des abords et dans les barbacanes des ouvrages de soutènement.

Il faut, par conséquent, ne pas laisser la végétation se développer, en éliminant toute végétation naissante et tout dépôt de matériaux et en procédant, si nécessaire, au dégagement des têtes de boulons des parois renforcées et au débouchage des dispositifs d'évacuation des eaux.

L'éradication de la végétation peut se faire par des moyens, de préférence, mécaniques ou chimiques. Les moyens mécaniques sont les mêmes que ceux employés pour l'entretien des ponts. Ainsi, un nettoyeur à eau sous haute pression peut être utilisé. Il convient toutefois de limiter la pression à 8 MPa lors du nettoyage de maçonnerie de moellons.

L'utilisation de produits phytosanitaires doit être réduite, respectueuse des réglementations en vigueur et limitée à des endroits où le fauchage n'est pas possible.

Pour éviter de recourir à ce type de produit dont les conditions d'utilisation sont contraignantes et très polluantes, il est préférable d'entretenir les zones favorables à l'apparition de la végétation de manière préventive.

Pour effectuer cet entretien dans les meilleures conditions, il est recommandé de procéder à une visite annuelle pendant la période de pleine végétation (fin mai à début septembre) ; cette visite permet par ailleurs de détecter les végétaux dont le développement est préjudiciable à la bonne tenue du tunnel.

Lorsqu'une inspection détaillée de l'ouvrage est programmée, l'intervention d'entretien doit être réalisée au préalable et sera idéalement complétée par un nettoyage haute-pression des parements pour supprimer les mousses et autres lichens qui colonisent les fissures ou joints de maçonnerie. De plus, sur les maçonneries, l'élimination de la végétation parasite peut dégrader les joints et nécessiter une opération de rejointoiement.



## 3.2 ENTRETIEN COURANT DES SYSTÈMES D'ÉVACUATION DES EAUX

### 3.2.1 Canalisations (collecteurs et caniveaux à fente)

Les canalisations sont souvent les lieux où se forment des dépôts. Or, ceux-ci constituent des obstacles à l'écoulement des eaux.



Illustration 2 : Exemple de collecteur encombré

L'entretien courant a donc pour objet de vérifier le bon fonctionnement du système d'évacuation (en déversant de l'eau et en vérifiant que son évacuation s'effectue correctement ou en profitant d'un épisode pluvieux) ; lorsque l'eau présente des difficultés à s'écouler, il convient de vérifier qu'elle est bien collectée dans les avaloirs ou les caniveaux, et que leurs exutoires ne sont pas colmatés.

Il est aussi utile de repérer tous les exutoires, de les maintenir en état par l'enlèvement des dépôts et, éventuellement, par un débroussaillage soigné (si les collecteurs se rejettent dans des bassins ou des fossés filtrants engazonnés). Pour cela, il convient de maintenir ou de créer des facilités d'accès.

En cas de dysfonctionnement, une opération d'entretien spécialisé devra être programmée.

### 3.2.2 Caniveaux

Les caniveaux sont des ouvrages préfabriqués ou maçonnés destinés à recueillir et à écouler les eaux superficielles le long de la chaussée. Ils sont soit indépendants, soit jumelés à une bordure de trottoir.

L'entretien courant consiste à :

- observer leur fonctionnement et repérer les zones avec faible pente longitudinale ;
- nettoyer par balayage en évacuant systématiquement les matériaux.

Selon l'importance, le balayage peut se faire manuellement ou être réalisé à l'aide d'une balayeuse-aspiratrice. Les zones à faible pente doivent faire l'objet d'une fréquence d'entretien plus élevée.

### 3.2.3 Regards, avaloirs et caniveaux à grilles

Les regards, les avaloirs et les caniveaux à grilles sont des ouvrages préfabriqués ou maçonnés ouverts en partie supérieure et recouverts soit d'un tampon, soit d'une grille en fonte ou en béton.

L'entretien courant vise à maintenir et à améliorer toutes les fonctions de ces ouvrages. Il consiste à :

- relever tout désordre pouvant révéler un descellement du couronnement des tampons ;
- dégager les grilles en y enlevant les déchets (végétaux, cailloux, etc.) qui réduisent la surface de passage de l'eau ;
- pour les grilles des caniveaux, veiller à leur orientation (les fentes doivent être perpendiculaires à la circulation afin de réduire le risque pour les deux-roues) ;
- garantir la possibilité d'ouvrir les tampons et dispositifs de fermeture, qu'ils soient verrouillables ou non ;
- nettoyer le fond des regards, des avaloirs ou des caniveaux ;
- surveiller le fonctionnement des avaloirs et des regards en s'assurant que l'eau s'y écoule bien ;
- procéder au nettoyage et à un graissage adapté au type de tampon ;
- verrouiller le tampon des regards et signaler tout dysfonctionnement du dispositif.

Toujours dans le cadre de l'entretien courant, il faut observer régulièrement le fond des ouvrages en procédant à l'enlèvement des dépôts éventuels. La présence fréquente de dépôts, dans un avaloir ou un regard, peut révéler un problème de fonctionnement à l'amont.

De plus, lorsque le tunnel est équipé de regards siphonides, il convient de s'assurer qu'ils sont maintenus « en eau » afin qu'ils assurent leur fonction coupe-feu (vérification ou alimentation régulière).

Selon l'importance des travaux, le nettoyage pourra être effectué soit manuellement (avec une pelle adaptée), soit à l'aide d'une hydrocreuse avec aspiration (il s'agira alors d'une opération d'entretien spécialisé).



Illustration 3 : Nettoyage d'un regard



Par ailleurs, les ouvrages dégradés situés en bordure immédiate de la chaussée doivent être signalés provisoirement dès la constatation du désordre, et leur remise en état doit intervenir dès que possible. Les ouvrages sur chaussée doivent, quant à eux, faire l'objet d'une intervention d'urgence dès la constatation du désordre.

### 3.2.4 Drains en extrados ou enterrés

Les drains, comme leurs regards de visite, sont des lieux potentiels de dépôts de calcite souvent importants. Par définition, ces drains ne sont visibles qu'à leur sortie à l'air libre ou dans un regard. Il faut donc :

- observer le fonctionnement du drain en s'assurant que l'eau s'écoule (soit en permanence, soit après un épisode pluvieux important) et s'évacue correctement ;
- observer la chaussée au droit du drain (affaissement, faïençage...) et l'accotement (trottoir) ;
- vérifier la stabilité des regards et l'état des raccords du drain aux regards ;
- nettoyer les regards selon une fréquence à déterminer par l'observation (par exemple, en surveillant la quantité de calcite et la vitesse à laquelle elle se dépose après un premier nettoyage).

### 3.2.5 Drains en intrados

Ces drains, mis en place à l'intrados, concernent principalement les tunnels conçus sans étanchéité totale en extrados. Ils ont pour rôle de pallier les problèmes liés aux arrivées d'eau qui s'avèrent préjudiciables à l'exploitation. Ils sont mis en place généralement après la construction de l'ouvrage, sur les joints entre anneaux et sur certaines fissures ou désordres ponctuels.

L'entretien courant comprend, dans la mesure du possible :

- l'observation du fonctionnement du drain afin de s'assurer que l'eau s'écoule (soit en permanence, soit après un épisode pluvieux important) et qu'elle s'évacue correctement ;
- la vérification de l'état des raccords du drain aux regards ;
- le nettoyage des regards selon une fréquence à déterminer par l'observation (par exemple, en surveillant la quantité de calcite et la vitesse à laquelle elle se dépose après un premier nettoyage).

### 3.2.6 Barbacanes

Les barbacanes sont des canalisations qui traversent le revêtement. Elles sont souvent mises en place dans les tunnels ne possédant pas de dispositif d'étanchéité en extrados et sont destinées à l'écoulement de l'eau.

Ces barbacanes doivent être maintenues en parfait état de fonctionnement pour éviter toute accumulation d'eau en extrados de l'ouvrage pouvant générer des contraintes et des pressions dommageables pour la structure.

L'entretien courant comprend :

- l'observation régulière du fonctionnement des barbacanes ;
- le nettoyage ponctuel en cas de besoin.

L'entretien courant doit surtout comprendre l'organisation d'un entretien préventif systématique afin de réduire les interventions ponctuelles. Sa fréquence se détermine à partir des observations réalisées sur site mais doit être au moins annuelle. Pour les barbacanes situées en hauteur, l'utilisation d'un moyen de levage sera nécessaire.

Le nettoyage consiste à décoller et à enlever les matériaux à partir de l'aval en dégageant la totalité de la barbacane. Pour cela, une barre à mine ou tout autre outil adapté peut être utilisé, en prenant soin de ne pas abîmer ou percer l'éventuelle protection filtrante (géotextile ou autre). Si des difficultés apparaissent pour retirer les matériaux, l'utilisation d'un nettoyeur à haute pression peut s'avérer nécessaire. Il convient cependant de limiter la pression à 8 MPa (80 bars). Les matériaux doivent être systématiquement évacués.

### 3.2.7 Neige et glace

Dans certains tunnels, des températures très basses peuvent entraîner la formation de glace à proximité ou au droit des venues d'eau actives. Quand la glace présente un danger pour le trafic automobile ou le personnel d'exploitation, il est nécessaire d'intervenir pour limiter les risques (signalisation des désordres, retrait des stalactites de glace). Pendant les périodes de gel, le tunnel doit faire l'objet d'une patrouille quotidienne pour observer les venues d'eau actives et agir si nécessaire.

Dans les régions où la neige et la glace peuvent s'accumuler dans les tunnels, sur une certaine distance depuis les têtes, il est essentiel d'effectuer rapidement toutes les opérations de déneigement et de déverglaçage. Leurs fréquences dépendent des conditions climatiques.



Illustration 4 : Accès impossible aux postes d'appel d'urgence

## 3.3 ENTRETIEN COURANT DE LA CHAUSSÉE, DES TROTTOIRS ET DES ACCÈS

### 3.3.1 Entretien courant des chaussées

La circulation automobile entraîne une salissure importante en tunnel, constituée de suie, d'hydrocarbures imbrûlés provenant des gaz d'échappement, de caoutchouc résultant de l'usure des pneumatiques, de poussières de toutes sortes laissées par les véhicules.

À l'air libre, les parties centrales de la chaussée sont auto-nettoyées par le passage des véhicules, mais en tunnel, à l'abri de la pluie, il se forme des dépôts graisseux qui peuvent, dans certains cas, rendre la chaussée glissante par diminution de l'adhérence. Un balayage est alors insuffisant et il faut utiliser de l'eau sous pression additionnée de détergent.

Dans les zones d'utilisation de sels de déverglaçage, un nettoyage de la chaussée et des trottoirs est recommandé en fin de viabilité hivernale pour enlever les excédents de sels accumulés pendant cette période.

Le nettoyage de la chaussée doit être complété par l'enlèvement des objets qui se trouvent sur les voies de circulation.

En outre, les déchets solides s'accumulent sur les rives de chaussée et peuvent masquer le marquage délimitant les voies. Le marquage routier est alors à nettoyer à l'aide de jets d'eau sous pression additionnée ou non de détergent.

Les arrivées d'eau sur la chaussée peuvent de plus engendrer parfois des dépôts de calcite rendant la chaussée glissante pour l'utilisateur. De l'eau sous pression doit être utilisée pour retirer ces dépôts avant qu'ils ne deviennent trop solides.

Les détergents éventuellement utilisés doivent être biodégradables à court terme ou sans conséquence pour l'environnement. À défaut, les eaux de lavage doivent être collectées, ce qui conduit à prévoir un pompage du bassin de récupération ou, plus simplement, à utiliser une balayeuse-aspiratrice de voirie équipée d'une barre transversale de lavage à haute-pression et d'une lance additionnelle pour les points singuliers. Si la fréquence de lavage est régulière et adaptée à la situation du tunnel (contexte urbain, fort trafic), une pression de 100 bars peut être suffisante pour la barre transversale, mais la lance additionnelle doit permettre de disposer ponctuellement d'une pression supérieure.

### 3.3.2 Entretien courant des trottoirs

Sur les trottoirs, les poussières forment une boue lors du nettoyage des piédroits, pouvant gêner l'évacuation des eaux. Il faut donc enlever les matières solides soit par un balayage manuel, soit avec une balayeuse-aspiratrice si la résistance du trottoir le permet.



Illustration 5 : Exemple de dépôt sur un trottoir

### 3.3.3 Accès à l'ouvrage et aux ouvrages de sécurité

Les ouvrages connexes et ouvrages de sécurité doivent être faciles d'accès, pour assurer leur fonction mais aussi pour pouvoir procéder à leur entretien. Il faut donc veiller à l'entretien régulier des accès.

Pour cela, il est important :

- de ne pas se servir des cheminements comme zone de stockage ;
- d'éviter l'accumulation d'eau ou de glace sur les équipements et le sol afin d'éviter tout risque de chute, et de s'assurer que les sols conservent bien des caractéristiques antidérapantes ;
- de vérifier l'état des portes et des parties métalliques, de s'assurer de l'efficacité de leur protection contre la corrosion, et de les maintenir en état (vérification des systèmes d'ouverture, des joints, etc.) ;
- de s'assurer que toutes les parties métalliques sont isolées et ne créent pas de risque d'électrification.

Le nettoyage se fait principalement par balayage manuel. Les portes sont régulièrement manœuvrées et les gonds et joints éventuels graissés. Les capots métalliques, qui peuvent fermer certaines niches, sont régulièrement démontés et remontés pour éviter le grippage des boulons de fixation.

## 3.4 ENTRETIEN COURANT DES PARTIES MÉTALLIQUES

Les parties métalliques apparentes des ouvrages et de leurs équipements sont soumises à des conditions d'environnement plus ou moins corrosives suivant les tunnels, ainsi qu'aux projections de produits agressifs qui peuvent se trouver sur la chaussée, comme les sels de déverglaçage.

Il convient de ne pas laisser s'accumuler les dépôts de sels qui seront enlevés par lavage lors des opérations générales d'entretien courant du tunnel.

## 3.5 ENTRETIEN COURANT DES ÉQUIPEMENTS DE GÉNIE CIVIL

Les « équipements de génie civil » sont définis au paragraphe 4.2.2. du fascicule 40. Pour mémoire, il s'agit des éléments de génie civil le plus souvent, indissociables de la structure et/ou non remplaçables et destinés à assurer la sécurité et le confort des usagers, faciliter la surveillance et l'entretien des ouvrages, les protéger des agressions extérieures ou en améliorer l'esthétique.

Ils comprennent :

- les éléments architecturaux (corniches, parapets, masques...);
- les dispositifs de sécurité (glissières métalliques ou en béton);
- les gaines de ventilation (c'est-à-dire les dalles, leurs suspentes, leurs appuis ou appareils d'appuis, les cloisons entre gaines);
- les parements rapportés;
- les dispositifs d'assainissement des eaux de ruissellement ou des matières dangereuses.

Par extension, on inclut dans les équipements de génie civil tous les regards et chambre de tirages sur les réseaux électriques ou de communications en multitubulaires.

À cette liste issue du fascicule 40, il convient d'ajouter les éventuels joints de chaussée (lorsque la chaussée est supportée par une dalle).

Au niveau structurel, les éléments de génie civil de second œuvre (dalles, cloisons, suspentes) ne nécessitent un

entretien (courant ou spécialisé) que si cela est mentionné dans le rapport d'inspection. On se conformera alors aux préconisations du rapport.

L'entretien courant des regards et chambres multitubulaires est limité à leurs tampons et systèmes de fermeture. On vérifie l'absence de désordre en surface (descellement, faïençage du couronnement) et on s'assure que l'ouverture du tampon est toujours possible par un nettoyage et un graissage du joint et de l'éventuel dispositif de verrouillage. Lorsque les regards sont équipés d'un système de protection au feu (matelas sur grille ou plaques type Promat® avec joint d'étanchéité), les fournisseurs recommandent en général de ne les manipuler qu'en cas d'absolue nécessité tel qu'un dysfonctionnement des réseaux. Cette intervention relève alors de l'entretien spécialisé dans le cadre de la réparation du dysfonctionnement.

Lorsqu'une dalle de ventilation (ou autre partie de l'ouvrage) est protégée par des protections passives contre l'incendie, on contrôlera visuellement l'intégrité de ces éléments lors des opérations d'entretien courant; les éventuelles opérations de nettoyage suivront les prescriptions du fournisseur.

Pour les joints de chaussée et les appareils d'appui, on se reportera aux recommandations pour les ouvrages d'art, en particulier les guides d'application 13 et 21 de l'ITSEOA. Leur entretien courant consiste essentiellement à nettoyer ces dispositifs et à enlever les éléments risquant de bloquer leur fonctionnement.

## 3.6 ENTRETIEN COURANT DES MURS DE SOUTÈNEMENT ET MURS TYMPANS

L'entretien courant porte sur les opérations suivantes :

- le maintien en bon état de fonctionnement de tous les dispositifs de drainage et d'écoulement des eaux comme les drains, les barbacanes, les canalisations ou les caniveaux (il convient alors de se reporter aux points correspondants à ces éléments);
- le retrait de toute végétation (il convient alors de se reporter au point concernant la végétation); dans le cas

des ouvrages végétalisés, un entretien spécifique et continu des plantations est à mettre en œuvre pour éviter le trop grand développement des végétaux au détriment de la structure (taille régulière et débroussaillage, éventuellement arrachage et remplacement);

- l'enlèvement sur les parements de tous les dépôts dus à la circulation automobile (accumulation de suies) ou à l'activité humaine (affiches notamment) s'ils ne nécessitent pas de moyens spécifiques.



## LES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN SPÉCIALISÉ

Comme indiqué précédemment, l'entretien spécialisé concerne les opérations demandant des moyens particuliers et la mise en œuvre de techniques spéciales. Il peut nécessiter une analyse préalable par un spécialiste et est généralement réalisé en sous-traitance.

Les indications et les préconisations données ci-après sont issues du guide « Entretien des ouvrages d'art – Guide à l'usage des subdivisions » édité par le SETRA en janvier 2000, du guide technique « Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers » édité par le SETRA en juillet 2011 et du guide édité en 2004 par l'Administration fédérale

des autoroutes des États-Unis d'Amérique (Federal Highway Administration – FHWA) « Highway and rail transit tunnel maintenance and rehabilitation manual ».

Elles sont adaptées au contexte particulier des tunnels et complétées par les connaissances issues des retours d'expérience effectués par le CETU sur l'entretien.

Afin de permettre la bonne compréhension des recommandations suivantes, la définition des éléments constitutifs d'un tunnel est présentée en annexe 3 du présent guide.

### 4.1 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DE LA VOÛTE

#### 4.1.1 Nettoyage des piédroits

Les piédroits se recouvrent assez rapidement de particules de poussières. Toutefois, leur nettoyage n'est généralement effectué que si ceux-ci sont peints ou sont couverts par des parements rapportés.

Ces poussières sont le résultat des gaz d'échappement des véhicules, de l'usure des véhicules (pièces métalliques, freins, pneumatiques) et de la chaussée, des huiles et graisses provenant des pièces mécaniques des véhicules. Ces dépôts sont accélérés par les phénomènes de condensation.

Ces poussières sont également constituées d'hydrocarbures et autres espèces minérales (de type sulfates, nitrates) ; cet ensemble constitue une couche grasse et acide qu'il est difficile d'enlever et qui risque de dégrader le revêtement.

L'état de salissure varie avec les caractéristiques du tunnel : longueur, importance des déclivités, trafic moyen journalier et sa nature (pourcentage de véhicules diesel, part des véhicules poids-lourds), circulation mono ou bi-directionnelle, système de ventilation, etc. Dans les tunnels situés en altitude, la salissure est accentuée pendant les périodes hivernales car les véhicules, surtout les poids lourds, entraînent plus de boues lors de leur passage dans l'ouvrage.

Le nettoyage se fait par la pulvérisation d'eau ou d'une solution de produit détersif, associée ou non à un brossage et suivie d'un rinçage à l'eau sous pression. L'usage d'un détergent est souvent indispensable car les dépôts sur les parements sont très difficiles à éliminer. Un produit démoussant doit être utilisé afin de neutraliser la mousse et le produit dégraissant avant l'arrivée des eaux polluées dans les bassins. Tous ces produits doivent être biodégradables et sans conséquence pour l'environnement, ne pas présenter de danger pour le personnel et ne pas être agressifs pour les matériaux.

Lorsque les piédroits sont recouverts de parements rapportés, les zones où ils s'avèrent instables sont, en principe, repérées lors d'une inspection détaillée. Souvent, des éléments tombent ou deviennent instables lors des opérations de lavage : il est donc important d'effectuer un contrôle après le lavage. Les éléments qui présentent un risque de chute sont alors retirés et les nouvelles zones de désordres doivent ensuite être reportées sur un plan.

Une attention particulière doit être portée aux piédroits recouverts d'un dispositif de protection au feu (mortier ou plaques). Leur nettoyage doit être effectué selon les préconisations du fabricant. Certaines protections sont lavables ; d'autres doivent recevoir une protection complémentaire d'étanchéité.



Illustration 6 : Lavage de piédroit

La méthode de nettoyage par l'intermédiaire d'un brossage est plus efficace mais est aussi plus chère. La nature du revêtement des piédroits a une grande influence sur leur facilité de nettoyage. Après le lavage, une balayeuse-aspiratrice brosse les trottoirs et aspire les boues générées par le nettoyage. Il est souvent intéressant de terminer l'intervention par le lavage de la chaussée.



### 4.1.2 Affiches et graffitis

Les informations données dans ce paragraphe sont principalement issues du document « Stratégies pour le traitement des tags et graffitis » édité par le SETRA en octobre 2010. Ces préconisations peuvent s'étendre à l'enlèvement des affiches, en particulier à la colle qui les fixe sur les parois du tunnel.

La plupart des graffitis que l'on rencontre sont réalisés avec des produits d'utilisation courante, comme des marqueurs, des feutres indélébiles ou des bombes aérosols pour peinture. Des produits de plus en plus difficiles à traiter sont aussi employés. Les encres et peintures des graffitis (tout comme les colles) vont pénétrer, plus ou moins profondément, dans les supports suivant leur porosité.



Illustration 7 : Graffitis en piédroit d'un tunnel

L'enlèvement des affiches et le traitement des graffitis doivent être mis en œuvre en fonction de la nature des dégradations qu'ils engendrent sur le revêtement ou le parement du tunnel et en fonction des altérations à l'environnement des usagers. En particulier, il faut veiller à faire disparaître très rapidement les inscriptions à caractère diffamatoire.

Après nettoyage, il n'est pas rare que le support garde la mémoire du graffiti sous la forme d'un « spectre » ou « effet fantôme ». Quelle que soit la méthode curative choisie, il faut toujours prêter attention au traitement des « spectres ».

Il existe différentes méthodes de traitement :

- les enlèvements chimiques : le choix du produit doit se faire en fonction des caractéristiques du support ; une action mécanique de rinçage à l'eau, à basse ou haute pression, ainsi que des actions manuelles de brossage ou de raclage sont souvent associées ;
- les enlèvements mécaniques : une projection à basse pression d'un mélange d'eau, d'air et de micro-granulats permet le traitement du support ; une érosion du support peut toutefois être provoquée par un usage fréquent. D'autres méthodes de gommage, à base d'abrasifs d'origine végétale non toxiques et biodégradables (agicides (noyaux et coques de fruits, sciures de bois...), amidon de blé, amidon de maïs...) peuvent être utilisées ;

- le recouvrement des graffitis : des peintures ou des enduits peuvent être mis en œuvre, après la pose de couches d'accrochage. Des remises en peinture de parties homogènes sont conseillées afin d'éviter les effets disgracieux.

### 4.1.3 Purges des éléments instables

Les petits éléments instables identifiés lors des opérations de surveillance doivent être purgés afin d'éviter tout risque de chute et d'assurer la sécurité des usagers.

Cette action peut concerner aussi bien les sections de tunnel revêtues que celles non revêtues. Les purges sont à effectuer avec précautions à l'aide d'un matériel approprié ne dépassant pas la puissance d'un marteau piqueur léger.

Plus particulièrement dans le cas des sections de tunnel non revêtues, outre les opérations de surveillance, le choix d'effectuer des purges doit se baser sur une étude de terrain ; de plus, les purges doivent être réalisées sous la conduite de spécialistes, avec la plus grande circonspection, car elles peuvent conduire à déstabiliser certains éléments structuraux.



Illustration 8 : Écailles à purger dans un joint entre plots



Illustration 9 : Écaille purgée sur fer oxydé

#### 4.1.4 Traitement des armatures apparentes

Le traitement des armatures apparentes ne rentre pas dans le cadre des opérations d'entretien mais dans celui des opérations de réparation. Les désordres étant évolutifs, il est préconisé d'établir sans attendre un projet de réparation. On se reportera pour cela à la norme NF P 95-101 qui présente les étapes de la démarche et les différentes solutions possibles, ainsi qu'au guide du CETU « Retours d'expérience sur la réparation du génie civil de tunnels routiers creusés ».



Illustration 10 : Fers apparents dans le revêtement après purge des éléments instables

#### 4.1.5 Rejointoiements de maçonneries

Les parements en maçonneries de pierre sont parfois disjointoyés<sup>1</sup>, en partie ou en totalité. Les causes en sont multiples : effet des cycles gel/dégel, qualité intrinsèque du mortier, érosion, passage d'eau, etc. Ces dégradations généralisées ou localisées entraînent à terme des éclatements, des déchaussements et des lacunes de moellons voire des cavités. Cela tend à fragiliser la structure du tunnel.



Illustration 11 : Maçonnerie de piédroit disjointoyée

Pour les cas où le disjointoiement est associé à d'autres désordres (ventres, fissures...), il convient de procéder à un diagnostic pour établir l'origine de ces désordres ; les interventions qui seront alors préconisées relèveront d'opérations de réparation et non d'entretien spécialisé.

Avant de procéder au rejointoiement, il faut s'assurer du bon état et de l'efficacité du système de drainage afin de ne pas retenir l'eau derrière les maçonneries rejointoyées. Il faut aussi procéder à l'enlèvement de la végétation et des racines des arbustes plongeant dans la maçonnerie au travers des joints.

Le mortier de rejointoiement doit présenter un faible retrait, une résistance correcte et laisser respirer la maçonnerie. Un mélange chaux-ciment sera préféré à un mortier de ciment pur. Le mortier en fond de joint peut être plus riche en ciment pur alors que la couche extérieure doit être moins riche en ciment pur et dosée avec davantage de chaux pour éviter la fissuration de retrait.

Si l'ensemble des maçonneries est disjointoyé et les moellons en mauvais état, il est préférable de s'orienter vers la technique du béton projeté.

## 4.2 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DES SYSTÈMES D'ÉVACUATION DES EAUX

Les eaux présentes dans un tunnel sont soit les eaux issues du drainage du massif (système de drainage), soit les eaux d'assainissement provenant essentiellement des eaux de chaussées (système d'assainissement). Pour mémoire, l'annexe 3 du présent guide présente la définition de ces éléments.

Il se peut que certaines parties des systèmes d'assainissement et de drainage aient été modifiées voire rendues inaccessibles par certains travaux. En cas de doute, il conviendra de réaliser une opération d'investigation pour fiabiliser la connaissance de ces réseaux.

### 4.2.1 Curage des drains

#### Drains d'extrados

Situés à l'extrados du revêtement, ces drains recueillent les eaux du massif. Ces dernières peuvent être très chargées en calcite suivant la nature du terrain encaissant ; elles transitent également à travers le béton projeté de soutènement, ce qui peut augmenter sensiblement la teneur en calcite en cas de dissolution de la portlandite de la matrice cimentaire.

1. On parle normalement de « disjointoiement » pour désigner l'état d'une maçonnerie dont les joints sont dégradés, le déjointoiement désignant l'action volontaire d'enlèvement des joints avant leur réparation. Le terme déjointoiement est souvent employé également pour désigner les désordres des joints.



La calcite précipite, se dépose et durcit plus ou moins rapidement suivant les conditions locales (l'ordre de grandeur est de quelques mois). Il est donc nécessaire de prévoir régulièrement (en fonction des caractéristiques et du comportement observé de l'ouvrage), un curage de l'ensemble du réseau de drainage. Cette opération comprend :

- l'ouverture des regards et le retrait des dépôts présents en fond d'ouvrage ;
- le nettoyage des drains.



Illustration 12 : Niche d'accès aux drains d'extrados

Les drains sont curés par eau sous pression, par hydrocurage (voir illustration 14). Le nettoyage s'opère tronçon par tronçon (entre deux regards d'accès), en commençant par le tronçon amont ; chaque tronçon est nettoyé du bas vers le haut. Les dépôts retirés doivent être récupérés et évacués vers un centre de traitement (notamment pour séparer les sédiments des métaux lourds).

La tête de curage est munie de jets dirigés vers l'avant et vers l'arrière :

- ceux dirigés vers l'avant permettent la projection de l'eau sous pression pour préparer et faciliter le travail de curage dans le cas de canalisations fortement obstruées ;
- ceux dirigés vers l'arrière assurent l'évacuation des dépôts et le déplacement de la tête par effet de réaction à l'intérieur de la canalisation.

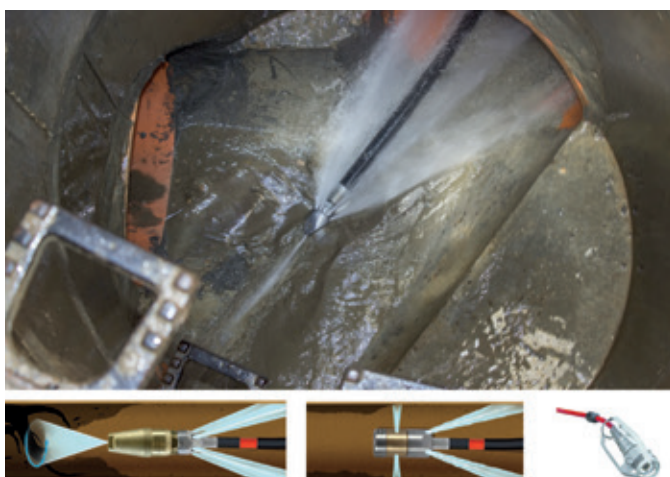


Illustration 13 : Exemples de têtes pour l'hydrocurage des drains



Illustration 14 : Hydrocurage en cours dans un tunnel

Les matériaux retirés ne doivent pas être versés dans le réseau d'assainissement. Il convient de récupérer les eaux de curage par pompage dans les regards, à l'aval de la section traitée, et de les évacuer vers un centre de traitement.

Il existe également des procédés chimiques se présentant sous la forme de « pastilles ». Avant la mise en place de ce type de produit, il est nécessaire de s'assurer qu'il respecte les règles de protection de l'environnement, et de procéder à une étude des quantités et lieux de dépôt des produits dans le réseau ; ce travail est fait par le fournisseur en lien avec le gestionnaire de l'ouvrage. Si, pour la première mise en œuvre, cette technique relève de l'entretien spécialisé, elle peut, par la suite, être intégrée dans les tâches d'entretien courant. Il peut parfois être nécessaire de procéder à des curages complémentaires. Cette méthode a été mise en œuvre avec succès dans le tunnel de Toulon, par exemple.

Des procédés biologiques à base de bactéries sont également disponibles. Nous n'avons actuellement pas de retour d'expérience sur cette méthode.

### Drains d'intrados

Les drains d'intrados, lorsqu'ils existent, doivent faire l'objet des mêmes entretiens que les drains d'extrados. De plus, ils sont plus sensibles au gel ; il est donc important de réaliser les opérations de curage très régulièrement pour éviter toute stagnation d'eau qui pourrait conduire à l'éclatement du drain sous l'effet du gel.



Illustration 15 : Regard d'accès à l'exutoire d'un drain d'intrados



Le nettoyage doit débuter au niveau de l'exutoire aval du drain, au moyen de cannes de curage ou d'un nettoyeur à haute pression, ou d'une hydrocureuse.

Des fuites peuvent être constatées aux abords des saignées drainantes ; elles sont souvent liées à un défaut d'exécution des saignées mais peuvent également provenir d'infiltrations passant à travers la forte porosité du béton en about de coffrage. Dans ce cas, la mise en place de retours confortatifs ou l'élargissement de l'existant relèvent d'opérations de réparation.

#### Cas particulier des profilés caoutchouc compact EPDM de type PRT ou similaire

Ces profilés drainants ont été utilisés dans le cadre de travaux de traitement des venues d'eau en voûte. Ils ont souvent été mis en œuvre au niveau de la jonction entre plots de bétonnage par création de saignées et installation d'un profilé amovible qui assure l'évacuation des eaux drainées.

Une fois installés, ces profilés drainants amovibles peuvent faire l'objet d'un entretien, notamment lorsqu'un dysfonctionnement est constaté. L'entretien vise à faciliter la circulation de l'eau dans la saignée. Il comporte alors :

- la dépose des profilés ;
- le retrait de la calcite présente éventuellement dans les saignées (à l'eau sous pression ou par piquage) ;
- si nécessaire, la remise en état des lèvres (piquage des zones abîmées, ragréage avec une résine) ;
- le nettoyage des profilés et leur repose.

Attention, avant de lancer une telle opération, il faut savoir que la repose de drains anciens est souvent impossible, il faut

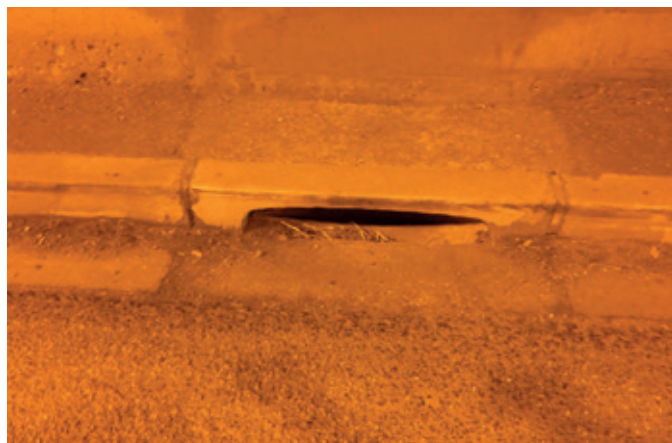


Illustration 16 : Avoir d'un trottoir-caniveau

donc bien vérifier avant dépose si les fuites ne proviennent pas de la porosité des matériaux environnant le joint.

### 4.2.2 Curage des réseaux d'assainissement

Les réseaux d'assainissement doivent faire l'objet des mêmes entretiens spécialisés que les drains d'extrados.

L'accès à ces réseaux diffère selon la constitution du réseau.

### 4.2.3 Curage des regards siphoides

Les regards siphoides recueillent les liquides répandus sur la chaussée grâce aux caniveaux à fente et les dirigent vers un collecteur enterré. Ils disposent d'un dispositif coupe-feu qui permet de limiter la propagation d'un éventuel incendie consécutif à la présence de liquides inflammables sur la chaussée. L'efficacité de ce système est cependant liée à la présence effective d'une garde hydraulique au niveau du siphon.

Même si l'accès aux regards siphoides est parfois difficile (dispositions constructives limitantes, par exemple), l'entretien des regards siphoides doit être effectué régulièrement. Leur nettoyage nécessite l'emploi de matériel adapté pour l'ouverture des regards et pour leur curage (pompe-aspiratrice). Les matériaux retirés doivent être récupérés et évacués vers un centre de traitement.

Après les opérations de curage, il est important de s'assurer que le niveau d'eau dans les regards est suffisant pour assurer leur fonction coupe-feu.



Illustration 17 : Accès aux regards siphoides

## 4.3 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DES PARTIES MÉTALLIQUES

Lorsque les pièces métalliques ne sont pas en acier inoxydable, leur protection contre la corrosion est assurée soit par une galvanisation soit par un système de peinture. Les blessures ponctuelles de ces protections superficielles peuvent être réparées par des peintures anticorrosion. Si l'attaque est plus générale, le remplacement par des pièces en inox peut être une solution plus durable. On privilégiera dans ce cas la nuance 316 L,

plus résistante que la 304L par retours d'expérience. On veillera tout particulièrement à la bonne isolation des pièces entre elles pour éviter la création de couples galvaniques.

L'étape suivante, lorsque l'acier inoxydable n'est pas suffisant pour s'affranchir totalement de la corrosion, en particulier en présence de chlorures, est d'utiliser des aciers duplex austéno-ferritiques ou des alliages nickel-fer-chrome plus résistants.

## 4.4 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DES ÉQUIPEMENTS DE GÉNIE CIVIL

Le maintien de l'étanchéité des gaines de ventilation peut nécessiter des interventions ponctuelles de colmatage. Si les protections passives contre l'incendie sont détériorées, elles doivent être remplacées.

Les interventions nécessaires sur les joints de chaussée et les appareils d'appui dépendent du type d'équipements en place. Elles doivent être définies par des spécialistes.

## 4.5 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DE LA CHAUSSÉE ET DES TROTTOIRS

### 4.5.1 Entretien spécialisé de la chaussée

Les opérations d'entretien spécialisé de la chaussée d'un tunnel sont quasi identiques à celles pratiquées pour les chaussées à l'air libre, à l'exception du nettoyage de la signalisation horizontale, car il n'est pas assuré par la pluie. Il doit donc être effectué régulièrement pour maintenir l'efficacité de la retro-réflexion.

Les actions présentées ci-dessous sont des rappels de celles actuellement conduites sur un réseau routier.

#### Fissures

Les fissures proviennent d'une fatigue ou d'un vieillissement de la chaussée. Elles apparaissent aussi sur les joints de reprise du tapis.

Si les fissures sont larges (plus de 2 mm d'ouverture), une imperméabilisation de surface ou un pontage peut être réalisé. Si un enduit est employé, il faut éviter la circulation immédiate sur le traitement pour attendre le durcissement de l'émulsion. Il faut aussi s'assurer que les gravillons en excès sont balayés et que les évacuations d'eau ne sont pas obstruées et fonctionnent normalement.

Ces opérations peuvent être réalisées en régie si le gestionnaire dispose du matériel adéquat et du personnel qualifié pour ce type de travaux. Dans le cas contraire, le gestionnaire doit faire appel à une entreprise spécialisée.

Si l'ouverture des fissures est très importante (supérieure au centimètre), il convient de faire une étude de la structure du corps de chaussée et du terrain sous-jacent avant de procéder à une réparation.

#### Faïençage

Dans les tunnels, le faïençage est souvent le signe d'une fatigue de la couche de roulement, plus rarement d'une insuffisance de la structure du corps de chaussée.

Si le faïençage est localisé, il faut procéder à l'enlèvement du matériau faïencé et le remplacer. S'il existe des remontées d'argile, il est nécessaire de faire une purge de l'ensemble des matériaux du corps de chaussée et, éventuellement, de renforcer localement sa structure.

Si le faïençage est généralisé, une étude sur le corps de chaussée doit être entreprise afin de procéder à une réparation.

#### Flache

Lorsque le flache est le résultat d'un tassement localisé des matériaux révélant une résistance insuffisante du corps de chaussée, il convient de procéder au découpage du revêtement suivi d'une purge puis de reconstituer la chaussée.

Pour les cas où le flache résulte de problèmes d'instabilités du sous-sol, une étude doit être menée.

#### Orniérage

L'orniérage est une déformation longitudinale de la couche de roulement, et quelquefois aussi de la couche de liaison, qui se produit à l'emplacement des zones de roulement. Il est dû au fluage du revêtement. Il est surtout dangereux pour les motos.

Le rabotage des bourrelets peut être effectué par une entreprise spécialisée. Si l'orniérage est stabilisé, on peut alors procéder, après le rabotage des bourrelets, à un reprofilage éventuel avec un béton bitumineux mince (en veillant au respect de la hauteur libre minimale).

#### Pelade généralisée

La pelade du revêtement se traduit par de petits arrachements généralisés de béton bitumineux. Il convient alors de réaliser un enduit général, ou d'exécuter un tapis mince ou ultra-mince, afin de rétablir l'uni du revêtement et de maintenir l'imperméabilité de la chaussée (en veillant également au respect de la hauteur libre minimale).

Si un enduit est réalisé, il faut veiller à retirer les gravillons en excès et à déboucher les évacuations d'eau après un balayage général.

#### Qualités de la couche de roulement

Les qualités de la couche de roulement telles que l'adhérence, la clarté de la chaussée (chaussées claires) doivent être maintenues.

À moyen terme, l'adhérence peut être régénérée par des techniques de grenailage ou d'hydrocurage. Lorsque la couche de roulement arrive en fin de vie, il convient de retirer l'enrobé périmé et de le remplacer par un neuf ; l'intervention relève alors d'une réparation.

## 4.5.2 Entretien spécialisé des trottoirs

Les bordures de trottoirs canalisent les eaux de ruissellement sur la chaussée. Il est donc nécessaire de réparer ou de remplacer les éléments défectueux pour maintenir le fil d'eau. Le remplacement ou la mise à niveau des bordures affaissées ou décalées peuvent se faire à l'occasion d'autres opérations d'entretien sur la chaussée. Ils doivent cependant être faits dès la constatation du désordre lorsque l'écoulement des eaux ou la sécurité des usagers est en cause.

Les dalles cassées fermant les caniveaux techniques sont le plus souvent le fait d'une circulation de véhicules sur le trottoir. Avant de les remplacer, il convient d'analyser les causes qui ont conduit les usagers à circuler sur les trottoirs et, éventuellement, d'accompagner le remplacement des dalles par un dispositif de séparation entre chaussée et trottoir mieux adapté en veillant à respecter la mise à niveau des trottoirs et des niches. Lorsque cela est possible, il est conseillé de remplacer les dalles et les caniveaux techniques par des fourreaux enterrés sous les trottoirs : ce dispositif est moins fragile.

## 4.6 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ DES TÊTES

L'entretien spécialisé des têtes porte le cas échéant sur le maintien en état de fonctionnement des systèmes de protection contre les chutes de blocs qui sont fréquemment présents dans ces zones.

Il s'agit plus particulièrement :

- de faire vérifier le bon état des dispositifs afin qu'ils assurent leur rôle de protection ;
- de purger, le cas échéant, ces dispositifs des éventuels éléments les encombrant afin que leur fonctionnement reste efficace.

Lorsque une tête est renforcée par boulonnage, le niveau de corrosion des plaques et têtes de boulons doit être surveillé. Un brossage régulier doit être effectué pour éliminer les traces de corrosion. Lorsque celle-ci devient importante, un décapage mécanique suivi de l'application d'une peinture anticorrosion est nécessaire.



Illustration 18 : Grillage de protection à purger



# PROPOSITION DE FRÉQUENCES D'ENTRETIEN

Cette partie propose des fréquences d'intervention selon les opérations d'entretien à réaliser.

**Les fréquences indiquées sont des ordres de grandeur, à adapter à chaque ouvrage.**

## 5.1 ENTRETIEN COURANT

Les opérations d'entretien courant, tout particulièrement celles qui nécessitent des contrôles visuels après les épisodes pluvieux importants, sont généralement effectuées par les patrouilles du réseau routier concerné.

Le tableau suivant propose des fréquences pour exécuter les actions complémentaires nécessaires.

Opération	Fréquence conseillée
<b>Végétation</b>	
Nettoyage de la végétation	Tous les ans
<b>Systèmes d'évacuation des eaux</b>	
Canalisations (collecteurs et caniveaux à fente)	Tous les six mois
Caniveaux	
Regards, avaloirs et caniveaux à grille	
Drains d'extrados ou enterrés	Tous les six mois (fréquence à adapter suivant les observations sur site)
Drains en intrados	Tous les six mois (dont une intervention avant la saison hivernale)
Barbacanes	Tous les ans
Neige et glace	Dès qu'il y a un risque pour les usagers
<b>Chaussées, trottoirs, accès</b>	
Chaussées	Tous les ans (en plus de l'enlèvement des obstacles sur les voies dès qu'il y a un risque pour les usagers)
Trottoirs	Tous les ans
Accès à l'ouvrage et aux galeries de sécurité	Tous les six mois
<b>Parties métalliques</b>	
Prévention de la corrosion	Tous les ans, de préférence après la période de viabilité hivernale
<b>Équipements de génie civil</b>	
Tampons des regards et chambres de télécommunications	Tous les deux ans ou en cas de désordre
Contrôle d'intégrité des protections passives contre l'incendie	Tous les ans ou en cas de constat de désordre
Joints de chaussée et appareils d'appui	
<b>Têtes</b>	
Murs de soutènement, murs tympans	Tous les ans

## 5.2 ENTRETIEN SPÉCIALISÉ

Opération	Fréquence conseillée
<b>Voûte</b>	
Nettoyage des piédroits	En fonction de l'encrassement, pour les tunnels peints ou avec parements
Affiches et graffitis	Si gênants (caractère diffamatoire)
Purges des éléments instables	Suivant les préconisations du rapport d'inspection détaillée
Traitement des armatures apparentes	
Rejointoiement de maçonneries	
<b>Systèmes d'évacuation des eaux</b>	
Curage des drains	À commencer dès la fin des travaux de génie civil (voire avant en cas de travaux de longue durée) ; fréquence à adapter en fonction de la surveillance (à titre indicatif : tous les ans et dès qu'il y a constat de dysfonctionnement)
Curage des réseaux d'assainissement	À adapter en fonction du trafic (à titre indicatif : tous les ans et dès qu'il y a constat de dysfonctionnement)
Curage des regards siphoides	
Curage des caniveaux à fente	
<b>Parties métalliques</b>	
Traitement de la corrosion	Dès l'apparition de blessures de la protection anticorrosion puis selon l'évolution
<b>Chaussée et trottoirs</b>	
Fissures de la chaussée	Tous les ans (intervention avant la saison hivernale)
Flache sur la chaussée	Dès qu'il y a un risque pour les usagers
Orniérage de la chaussée	
Remplacement ou petite réparation des bordures, dallettes	
Faiçonnage de la chaussée	Dès qu'il y a un risque pour le corps de chaussée
Pelade généralisée de la chaussée	
<b>Équipements de génie civil</b>	
Remplacement des protections passives endommagées	Le cas échéant
Joints de chaussée et appareils d'appui	En fonction des désordres et des préconisations liées au type d'équipements en place
<b>Tête</b>	
Systèmes de protection contre les chutes de blocs	A minima tous les 6 ans et dès qu'il y a accumulation de matériaux
Boulons des parois renforcées	Dès que la corrosion devient importante puis selon l'évolution

## BIBLIOGRAPHIE

### 6.1 TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIFS

*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA) – Dispositions générales applicables à tous les ouvrages (fascicule 0) – Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA), décembre 2010*

*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA) – Dossier d'ouvrage (fascicule 1) – SETRA, mai 2016*

*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA) – Généralités sur la surveillance (fascicule 2) – SETRA, décembre 2010*

*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art (ITSEOA) – Auscultation, surveillance renforcée, haute surveillance, mesures de sécurité immédiate ou de sauvegarde (fascicule 3) – SETRA, décembre 2010*

*Norme NF P 95-101, « Ouvrages d'art - Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie - Reprise du béton dégradé superficiellement - Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés » – juin 2017*

### 6.2 GUIDES ET RECOMMANDATIONS

*Guide technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 40 « Tunnels, Génie civil et équipements » – Centre d'études des tunnels (CETU), octobre 2012 [disponible auprès du CETU ou sur le site internet [www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)]*

*Guide technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 13 « Appareils d'appui » – Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), SETRA, janvier 2003*

*Guide technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 21 « Équipements des ouvrages d'art » – Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), SETRA, novembre 2011*

*Guide technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – Fascicule 30 « Ponts et viaducs en maçonnerie » – Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), SETRA, juin 1981*

*Surveillance et entretien courant des ouvrages d'art routiers – Guide technique à l'usage des communes – SETRA, juillet 2011*

*Stratégies pour le traitement des tags et graffitis – Guide méthodologique – SETRA, octobre 2010*

*Exemple de rédaction de notice d'exploitation (notice d'exploitation du tunnel de Boulc – Conseil Général de la Drôme) – Journée de formation sur le traitement des arrivées d'eau en tunnels routiers – CETU, novembre 2009*

*Tunnels : Inspection, Assessment and Maintenance – Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), 2009*

*Reprise des bétons dégradés (FABEM 1) – Guides STRRES – Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de renforcement de structures (STRRES), juin 2008*

*Traitements des fissures par calfeutrement ou pontage et protection localisée ou création d'un joint de dilatation (FABEM 2) – Guides STRRES – STRRES, 2008*

*Traitements des fissures par injection (FABEM 3) – Guides STRRES – STRRES, 2008*

*Guide de bonnes pratiques pour l'exploitation et l'entretien des tunnels routiers – Association mondiale de la route (AIPCR), 2005*



*Highway and Rail Transit Tunnel Maintenance and Rehabilitation Manual* – U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration and Federal Transit Administration, 2004

*Entretien des ouvrages d'art – Guide à l'attention des subdivisions* – SETRA, janvier 2000

*L'entretien courant de l'assainissement de la route* – SETRA, décembre 1998

*Prévention des pathologies courantes d'ouvrages d'art* – Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC), SETRA, décembre 1998

*Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton – Guide technique* – LCPC, SETRA, août 1996

*Entretien préventif du réseau routier national – Guide technique* – SETRA, avril 1979

## 6.3 SITES INTERNET

Centre d'études des tunnels (CETU) :

[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – Direction Techniques Infrastructures de transport et de matériaux (DteciTM) (ex-SETRA) :

[www.piles.setra.equipement.gouv.fr](http://www.piles.setra.equipement.gouv.fr)

Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) :

[www.aftes.asso.fr](http://www.aftes.asso.fr)

Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de renforcement de structures (STRRES) :

[www.strres.org](http://www.strres.org)



## 7.1 ANNEXE 1 : FICHE POUR LE RELEVÉ PERMANENT D'ÉVÉNEMENTS

FICHE DE RELEVÉ D'ÉVÉNEMENTS	
<b>(fiche à ne remplir qu'en cas d'apparition d'un ou de plusieurs nouveaux désordres – à ne pas compléter avec les désordres existants déjà relevés dans les fiches précédentes)</b>	
Tunnel :	Longueur :
Tube :	N° Ouvrage :
Voie :	P.R. :
Date :	Numéro de la fiche :
Types de désordres	
Désordres aux têtes	
<input type="checkbox"/> Instabilités rocheuses sur les falaises en tête	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
<input type="checkbox"/> Grillages de protection à purger	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
<input type="checkbox"/> Chocs de poids-lourds sur barre de gabarit	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
<input type="checkbox"/> Traces de chocs sur les bandeaux ou corniches aux têtes	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
<input type="checkbox"/> Basculements ou fissures (ouverture centimétrique) sur le mur de tête (ou tympan)	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
<input type="checkbox"/> Végétation importante sur le mur de tête (ou tympan) ou les murs en retour	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest
Désordres d'origine hydraulique	
<input type="checkbox"/> Présences d'eau sur la chaussée en provenance des piédroits	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Présences d'eau sur la chaussée en provenance de la voûte	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Résurgences d'eau sur la chaussée	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Stalactites de glace présentes au-dessus de la chaussée ou des trottoirs	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....

<b>Désordres sur le réseau d'assainissement ou de drainage</b>	
<input type="checkbox"/> Barbacanes * bouchées sur murs de tête * bouchées en section courante	Tête : <input type="checkbox"/> nord <input type="checkbox"/> sud <input type="checkbox"/> est <input type="checkbox"/> ouest Au PM..... Au PM.....
<input type="checkbox"/> Tampons de regard cassés ou manquants	Au PM..... Au PM..... Au PM.....
<input type="checkbox"/> Caniveaux cassés	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Caniveaux colmatés	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Drains abîmés	Au PM..... Au PM..... Au PM.....
<input type="checkbox"/> Tôles-parapluies ou système de captation des eaux associé abîmés ou décrochés	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Présences de cloques sur une résine d'étanchement	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<b>Désordres du revêtement (tunnel revêtu) ou du terrain encaissant (tunnel non revêtu)</b>	
<input type="checkbox"/> Nouvelles zones de fissures (visibles depuis le sol)	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Écaillages de moellons ou de béton (visibles depuis le sol)	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Présences de blocs de roche ou de béton sur la chaussée ou sur les trottoirs	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Traces de frottement sur les piédroits	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Traces de frottement sur l'intrados de la dalle de ventilation	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<b>Désordres des parements rapportés ou des protections</b>	
<input type="checkbox"/> Traces de frottement	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Zones arrachées ou abîmées	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<b>Désordres de la chaussée</b>	
<input type="checkbox"/> Nouvelles zones d'orniérage	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<input type="checkbox"/> Nouvelles zones de faïençage	Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM..... Du PM..... au PM.....
<b>Signatures</b>	
Le contrôleur (ou le patrouilleur) (date) (signature)	Le chef du service opérationnel (le chef du district) (date) (signature)

## 7.2 ANNEXE 2 : CADRE DE CONSTAT DE CONTRÔLE ANNUEL

### CONSTAT DE CONTRÔLE ANNUEL

Date :

Tunnel :	Longueur :
Tube :	N° Ouvrage :
Voie :	P.R. :

#### Actions de surveillance réalisées dans l'année

	Date	Intervenants
Inspection détaillée périodique		
Inspection détaillée exceptionnelle		
Examen sommaire		
Mesures		
Visite spécifique		
Autres		

#### Bilan des anomalies constatées ou signalées (d'après relevé permanent d'événements ou dernier rapport d'inspection détaillée)

Date	PM	Description	Mesures prises

#### Actions entreprises (sécurité, entretien)

Intervenants	Date	Nature

#### Examens sommaires des têtes et abords

Évolutions notées sur les points à surveiller (PS) du dernier rapport d'IDP  
Faits nouveaux

#### Visite de la couverture

Conformité des charges appliquées (si la couverture est faible)  
Faits nouveaux

#### Examens sommaires des autres parties d'ouvrage

Évolutions notées sur les points à surveiller (PS) du dernier rapport d'IDP  
Faits nouveaux

#### Actions à prévoir

Par exemple : demande d'avis, de visite, d'inspection, d'entretien spécialisé, ....

Le chef du service opérationnel  
(date)  
(signature)

Le chef du service organisationnel  
(date)  
(signature)

## 7.3 ANNEXE 3 : DÉFINITIONS

Pour assurer la bonne compréhension des termes spécifiques aux tunnels, cette annexe définit les divers éléments constitutifs d'un tunnel. La connaissance de cette terminologie est importante pour les personnels en charge de l'entretien et permet de localiser, avec les bons termes, les parties d'ouvrages qui doivent faire l'objet d'un entretien.

En complément des éléments qui suivent, le dossier pilote du CETU de 1998 peut utilement être consulté.

### A) Tunnel routier

Au sens du code de la voirie routière (art. R119-1-1), « un tunnel désigne toute route ou chaussée située sous un ouvrage de couverture qui, quel que soit son mode de construction, crée un espace confiné. Une section de route ou de chaussée située sous un ouvrage de couverture n'est pas un espace confiné, dès lors que l'ouvrage de couverture comporte des ouvertures vers l'extérieur dont la surface est égale ou supérieure à un mètre carré par voie de circulation et par mètre de chaussée ».

Un tunnel se compose d'un ou plusieurs tubes contenant chacun une ou plusieurs voies de circulation. Chaque tube comporte deux extrémités appelées têtes. Le tunnel peut aussi comporter des galeries inter-tubes.

Les tunnels routiers contiennent des aménagements destinés à assurer leur exploitation, la protection et l'évacuation des usagers en cas d'accident ou d'incendie, ainsi que l'intervention des services de secours. Pour les tunnels de longueur inférieure à 300 m, ce sont au minimum des niches de sécurité. Pour les tunnels plus longs, des abris et des cheminements d'évacuation sont réalisés.

Suivant le type de ventilation adopté, certains tunnels sont pourvus de gaines d'insufflation d'air frais et de gaines de désenfumage. Ces gaines peuvent être situées au-dessus des voies et séparées de la partie circulée par une dalle (ou plafond), ou, plus rarement, sous la chaussée.

De plus, du point de vue des services gestionnaires, le tunnel inclut l'ensemble des ouvrages attenants (stations de ventilation, immeuble, ...) en continuité du passage souterrain.

Chacun de ces espaces doit faire l'objet d'un entretien adapté à sa destination. Il est donc important, pour des tunnels complexes, de définir précisément les limites de ces différentes structures car leur entretien pourra faire appel à des spécialistes différents.

### B) Les différents éléments constitutifs d'un tube

#### B.1) Les têtes

Ce terme a deux significations :

- spatiale : il désigne les points d'entrée en souterrain ou de sortie ;
- structurelle : il désigne aussi les éventuels ouvrages spécifiques construits aux extrémités du tube.

#### Tête « naturelle »

Dans de nombreux tunnels creusés anciens, l'entrée en souterrain se fait directement dans le front rocheux. Bien que celui-ci ait été plus ou moins remanié lors du percement, il n'y a aucun aménagement construit au droit de l'entrée.

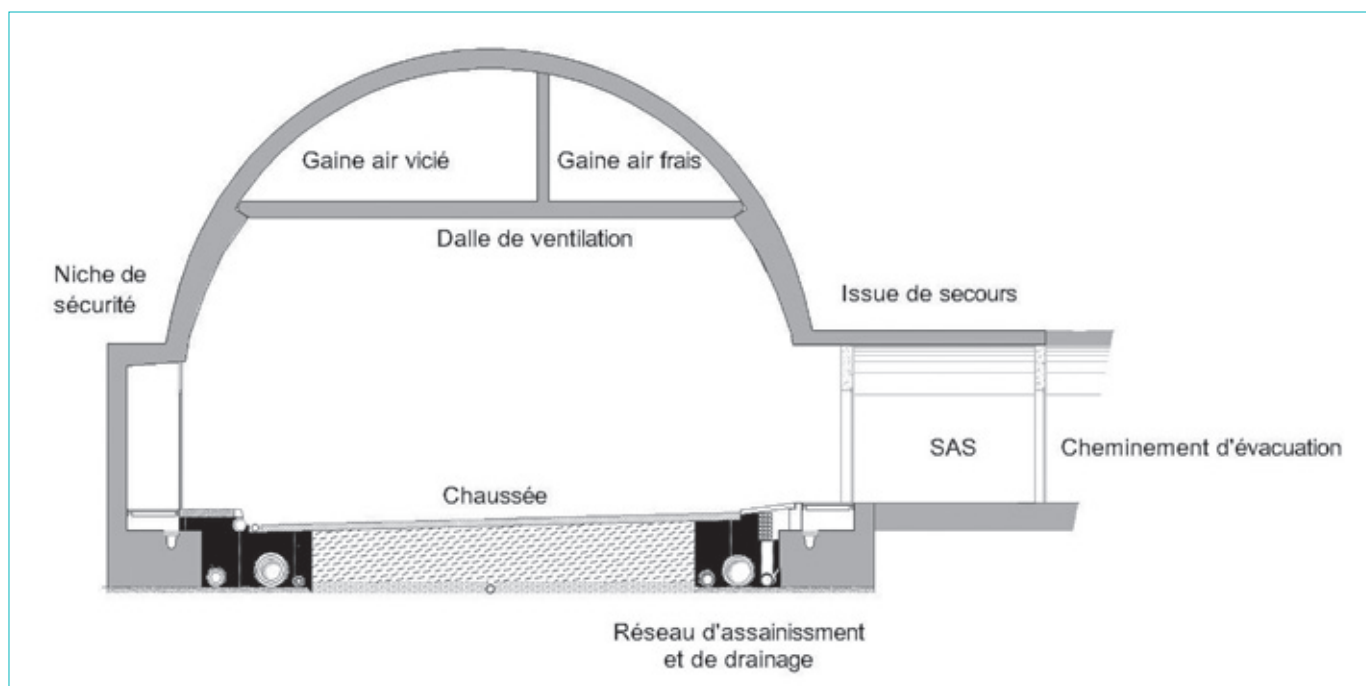


Figure 1 : Coupe schématique d'un tunnel routier



Ces zones, souvent mal définies géométriquement, peuvent générer des dangers pour les usagers (chutes de blocs).



Figure 2 : Tête naturelle

### Ouvrage de tête ou « Fausse tête »

Pour supprimer les dangers que peuvent présenter les têtes « naturelles » des tunnels creusés, des constructions particulières sont souvent édifiées aux entrées, afin de consolider le front rocheux et protéger les usagers contre les risques de chutes de pierres. Leur longueur à l'air libre est très variable, allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, depuis le simple mur tympan plaqué au rocher jusqu'à la fausse tête de plusieurs mètres prolongée par des murs en ailes.

L'ouvrage de tête, ou la « fausse tête », répond à des contraintes de sécurité et d'exploitation mais aussi à des considérations architecturales ou d'aménagement de surface (en milieu urbain). Il peut être laissé sans couverture ou remblayé. L'aspect de l'ouvrage conduit parfois à le dénommer également « casquette », en référence à la visière de cette dernière.

L'extrémité des tranchées d'accès aux tunnels peut parfois être intégrée à l'ouvrage de tête (en maçonnerie ou béton).



Figure 3a : Fausse-tête d'un tunnel en maçonnerie



Figure 3b : Ouvrage de tête architectural



Figure 3c : Ouvrage de tête remblayé et supportant une route



Figure 3d : Tête d'ouvrage précédée d'une trémie d'accès avec des murs antibruit



### Ouvrages connexes

Il s'agit de stations de ventilation, de passages supérieurs ou de tout type d'ouvrages qui, souvent, prolongent les tunnels de grande longueur. Il peut aussi s'agir de puits de ventilation, de galeries parallèles (techniques, d'évacuation...), de certaines stations de ventilation intermédiaires construites à partir de la surface jusqu'au niveau du tunnel, etc.



Figure 4a : PC de surveillance en tête de tunnel



Figure 4b : Usine de ventilation en tête de tunnel

### B.2) La section courante

Par opposition à la tête, il s'agit de l'intérieur du tunnel au sens strict. Le terme fait référence au profil en travers prépondérant dans l'ouvrage.

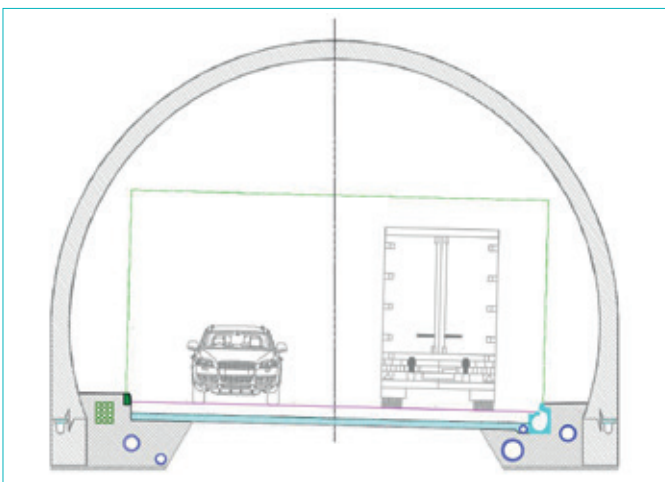


Figure 5 : Exemple de profil en travers d'un tunnel

Des sections non courantes existent au droit d'aménagements particuliers, comme les galeries de retournement, les garages, les niches, les abris, etc.

### Limites de la section courante

En l'absence de données précises, on considère que les extrémités des derniers anneaux coulés entièrement en souterrain constituent les limites de la section courante du tube.

Les limites entre la section courante et les diverses structures qui peuvent la prolonger (casquettes, fausses têtes, murs anti-recyclage des fumées, locaux techniques, etc.) sont toujours marquées par des joints, souvent identifiables.

### Dévers

Le dévers désigne l'inclinaison de la chaussée suivant le profil en travers du tube. Il s'exprime en pourcentage.

Dans les tunnels, qu'ils soient unidirectionnels ou bidirectionnels et si les caractéristiques géométriques le permettent, le profil en travers présente un dévers unique qui permet d'implanter le dispositif de collecte des eaux de ruissellement d'un seul côté. On évite ainsi tout changement de côté qui serait trop contraignant pour le passage sous chaussée des réseaux.

### Tunnel non revêtu

La surface creusée est laissée à l'air libre. Certains tronçons ont pu faire l'objet de renforcements localisés (boulonnage).



Figure 6 : Tunnel non revêtu



## Tunnel revêtu – Revêtement

Le revêtement est l'ensemble des constructions venant en complément des éléments de soutènement immédiat et placés à l'intrados de ceux-ci pour assurer la stabilité définitive de l'ouvrage souterrain.

Un revêtement peut être mis en place, sur tout ou partie du tunnel, au contact du terrain ou du soutènement immédiat. Les figures 8a à 8f illustrent quelques types de revêtement existant sur les réseaux routiers.

Le revêtement peut être constitué de maçonnerie de briques ou de moellons de pierre, de béton projeté, de béton coffré coulé en place ou préfabriqué, armé ou non.

Dans le cas de tunnels anciens « parés en pierres assisées » (pierres de tailles assises dans du mortier), le revêtement peut être aussi appelé parement.

Les éléments préfabriqués de forme galbée, dont l'assemblage constitue le revêtement de certains tunnels creusés au tunnelier sont appelés « voussoirs ». Ils sont généralement en béton renforcé d'armatures ou de fibres structurales (il existe quelques cas de voussoirs en acier, en fonte ou en fonte ductile). Les voussoirs de clé permettent la fermeture (le clavage) de l'anneau de revêtement et le blocage par compression des autres voussoirs. Malgré leur nom, les voussoirs de clé ne sont pas obligatoirement situés au point le plus haut de la voûte et leur position varie d'un anneau à l'autre.



Figure 7a : Revêtement en béton non armé [tunnel creusé]



Figure 7c : Revêtement en béton projeté fibré [tunnel creusé]



Figure 7b : Revêtement en moellons [tunnel creusé]



Figure 7d : Revêtement en béton armé [tranchée couverte]

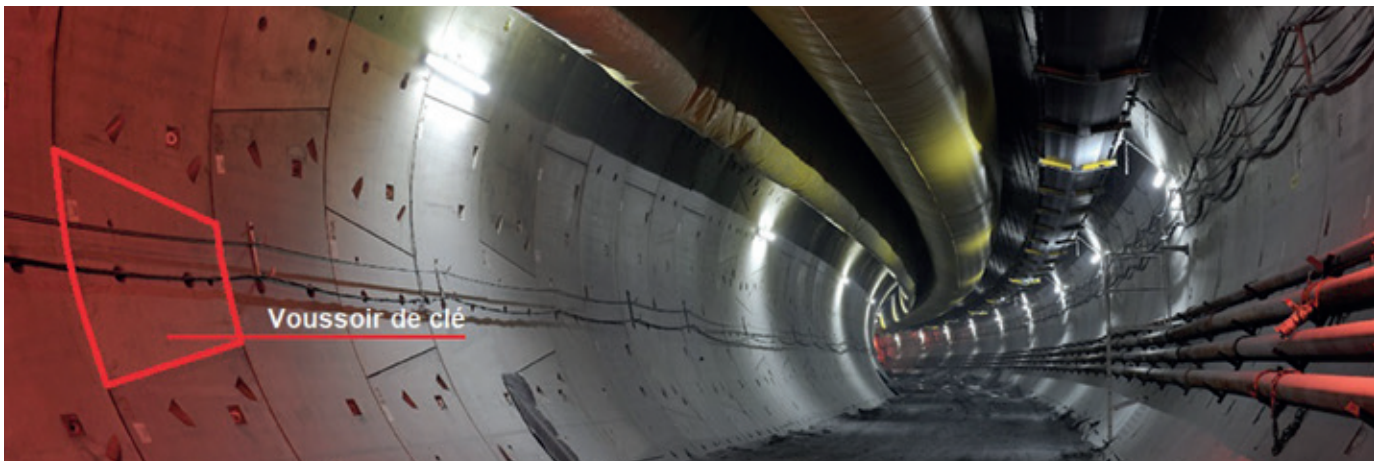


Figure 7e : Revêtement en béton armé (voussoirs préfabriqués) [tunnel foré au tunnelier]

## Gabarit

Le gabarit caractérise la hauteur statique maximale d'un véhicule, chargement compris, dont le passage peut être accepté, dans des conditions normales de circulation, sous l'ouvrage. Cette grandeur est associée au véhicule.

Le gabarit autorisé (G) (ou gabarit admissible) correspond au gabarit maximum admis sous l'ouvrage. Il correspond à la hauteur mentionnée sur le panneau B12, ainsi que dans le règlement de circulation. Le gabarit autorisé doit être inférieur ou égal à la hauteur libre de l'ouvrage (H), diminuée des revanches dynamiques (Rd) et de protection (Rp), arrondi au multiple de 10 cm inférieur.

La hauteur libre (H) (ou tirant d'air) se définit comme la distance minimale entre tout point de la chaussée et tout point de la sous-face de l'ouvrage ou des équipements qu'elle supporte. Pour mesurer cette hauteur libre, il n'est pas tenu compte des équipements liés au respect de la limitation de hauteur (barre de protection des équipements, par exemple).

La revanche de protection (Rp) permet d'assurer la protection des équipements.

La revanche dynamique (Rd) (ou revanche de signalisation) permet de tenir compte des mouvements dynamiques des véhicules en circulation.

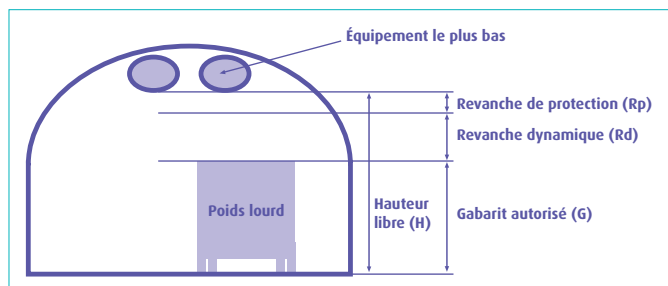


Figure 8 : Illustration des hauteurs à prendre en compte dans la détermination du gabarit autorisé dans un tunnel (échelle non respectée)



Figure 9 : Panneau B12 fixant le gabarit autorisé

La mesure des hauteurs est réalisée sur la chaussée, au plus proche du trottoir.

## Intradados

Il s'agit de l'ensemble des surfaces du génie civil de l'ouvrage visibles à l'intérieur du tube en faisant abstraction des structures de second œuvre. Il s'agit de la partie intérieure du revêtement ou de l'excavation (si le tunnel est non revêtu).

Pour les tunnels creusés non revêtus, on parle de « surface d'excavation ».

## Extrados

L'extrados se définit comme la surface extérieure d'un revêtement de tunnel ou d'une coque indépendante. Dans ce cas, l'extrados peut parfois être accessible ; il fait alors partie intégrante des éléments d'ouvrages à inspecter.

## Voûte

La voûte est la partie visible du revêtement (ou de l'excavation pour les tunnels non revêtus), située au-dessus de la chaussée. Elle se compose des piédroits, des reins (ou naissances) et de la calotte. La clé est le point le plus haut de la voûte.

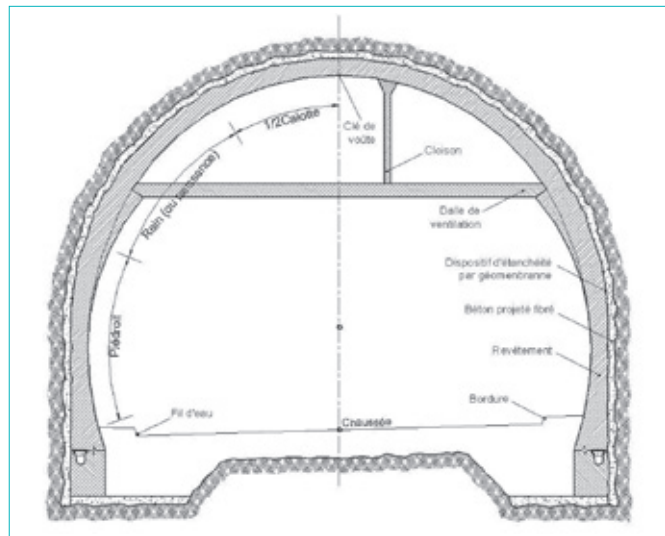


Figure 10 : Définitions géométriques (piédroit, rein, calotte...)

## Calotte

La calotte ou toit est la partie supérieure et centrale de la voûte. Elle peut avoir diverses formes : plein cintre (ronde), ogivale ou surbaissée. La partie de la voûte comprise entre la calotte et la partie supérieure des piédroits s'appelle le rein (ou la naissance). Elle se situe entre l'amorce du rayon de la calotte et le sommet des piédroits.

## Traverse

La traverse est la partie supérieure d'une tranchée couverte. Elle est le plus souvent constituée d'une dalle en béton, armé ou précontraint, ou de poutres en béton préfabriquées. Elle peut être appuyée, articulée ou encastrée sur les piédroits verticaux. Dans le premier cas, elle repose sur les piédroits par l'intermédiaire d'appareils d'appuis.

## Piédroit

Il s'agit des parties verticales de la section transversale d'un tunnel comprises entre la voûte et de sol de fondation de l'ouvrage.

Par extension, les piédroits sont les parties latérales de la section transversale du tube, comprises entre les trottoirs (ou la chaussée) de l'ouvrage et :

- les reins s'il s'agit d'un ouvrage voûté ;
- la traverse dans les cas contraires.

Les piédroits peuvent être droits et verticaux, ou légèrement concaves.



## Parements rapportés

Les tôles parapluie, bardages métalliques et autres parements rapportés (en tôles métalliques, en matériaux composites ou préfabriqués en béton) ne sont pas des revêtements au sens précédemment défini, car ils ne font pas partie intégrante de la structure du tunnel. Il existe différentes sortes de parements rapportés ; ils peuvent être décalés, plaqués ou adhérents. Les éléments de protection passive contre l'incendie entrent dans la catégorie des parements rapportés.



Figure 11a : Protections passives autour d'une trappe de désenfumage



Figure 11b : Parements rapportés sur piédroits

## Radier

Le radier est la partie inférieure d'un tunnel située entre les deux piédroits. Le radier peut avoir un rôle structurel (dalle ou arc en béton armé) ou non (il peut alors être laissé « au rocher » ou être constitué par un béton de roulement).

## Radier contre-voûté

Il s'agit d'un radier en béton armé liaisonné avec les piédroits, en forme de voûte inversée, le point le plus bas du radier étant situé dans le plan de symétrie de l'ouvrage.

## Étanchement et drainage du revêtement

Il s'agit des dispositifs mis en place pour empêcher les eaux naturelles d'entrer en contact avec le revêtement, d'y induire des désordres ou de parvenir en partie circulée. On utilise généralement, depuis les années 1980, des dispositifs d'étanchéité par géomembrane (DEG) dans les tunnels neufs. Ils sont le plus souvent associés, ou moins localement, à des dispositifs de drainage (souvent des géoespaceurs) destinés à faciliter l'écoulement de l'eau vers les drains ou caniveaux extradossés positionnés à l'arrière du revêtement, mais qui doivent être rendus accessibles par des regards. Si l'ouvrage n'est pas drainé, le revêtement doit être dimensionné spécifiquement pour reprendre la charge d'eau.

## Drainage du revêtement

C'est l'ensemble des dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux naturelles collectées à la base de l'étanchement (cas des DEG) ou traversant le revêtement (cas des tunnels sans étanchement en extradossés).

Ces eaux sont susceptibles de favoriser une altération de la structure ou de pénaliser l'exploitation de l'ouvrage. En cas de drainage des eaux traversantes, il s'agit le plus souvent de dispositifs mis en place à titre curatif depuis l'intrados, dans des tunnels déjà en exploitation.

Les systèmes de collecte doivent être accessibles par des regards de visite, souvent situés dans des niches lorsqu'il y a un étanchement « extradossé » (positionné à l'extrados du revêtement).

## Chaussée

C'est l'ensemble des couches de matériaux mis en place sur le radier (naturel ou construit). La chaussée se réduit à une couche de roulement posée sur des dalles en béton dans le cas de gaines de ventilation basses ou de chaussées superposées.

## Drainage du corps de chaussée

Ce sont les dispositifs drainants mis en place dans le corps de chaussée ou intégrés au radier dont le rôle est de collecter et d'évacuer les eaux circulant dans le corps de chaussée.

Leur dysfonctionnement peut induire des désordres en chaussée. Leur entretien ne peut se faire que s'ils sont accessibles par des regards de visite.

## Assainissement de la chaussée

Ce sont les dispositifs mis en place sur les accotements ou dans le corps des trottoirs pour collecter et évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée. Il s'agit soit de caniveaux à fente, soit de trottoirs-caniveaux qui amènent les eaux vers des regards-avaloirs. Dans certains ouvrages particuliers, on peut aussi utiliser des caniveaux à graviers.

Dans les tunnels de plus de 300 m de long, les caniveaux à fentes sont connectés à des regards siphoniques qui renvoient les liquides collectés sur la chaussée vers un collecteur plus profond et intègrent un système « coupe-feu ».

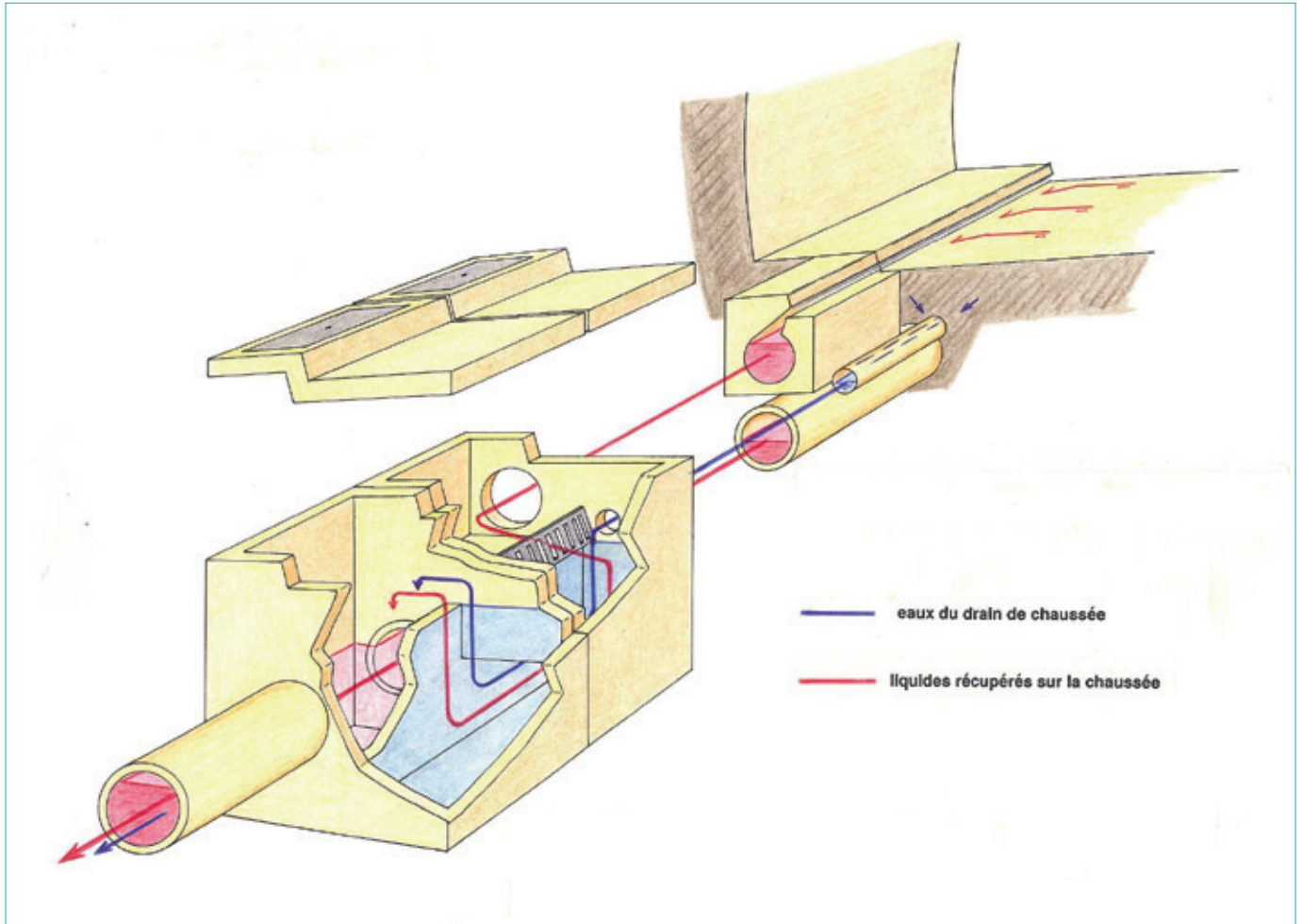


Figure 12 : Regard siphonide

Un entretien déficient de l'assainissement peut induire des désordres en chaussée et altérer le fonctionnement « coupe-feu » des regards siphonides. Pour mémoire, ce dernier nécessite de maintenir constamment en eau les regards.

#### Équipements de génie civil (second œuvre)

Ces éléments, mis en place à l'intérieur du profil en travers du tunnel, n'ont aucun rôle structurel vis-à-vis de la stabilité de l'excavation. Ils sont constitués par :

- les dalles (ou plafond) et leurs appuis ;
- les cloisons entre gaines ;
- les suspentes de dalles ;

- les joints de chaussée (dalle supportant une chaussée) ;
- les appareils d'appuis (dalle supportant une chaussée ou dalle de ventilation).

Ces parties d'ouvrages sont généralement accessibles et matérialisent souvent des espaces dédiés à la ventilation, à l'exploitation ou à la sécurité.

Les dalles sont parfois protégées contre les incendies par des systèmes de protection passive, ainsi que d'autres parties d'ouvrage. On peut inclure ces protections dans les équipements de génie civil des tunnels.

#### **CONTRIBUTEURS**

F. SPATARO , C. BOULOGNE, F. PAILLETTE, S. BOUTEILLE, G. HAMAIDE et C. LARIVE ont participé à l'élaboration de ce document.

Merci aux principaux relecteurs ou contributeurs externes : L.VISCAINO (DIRMED), J. DEBORE et G. BOROT (SFTRF), P. BLANC (ATMB)

Merci également à l'ensemble des autres relecteurs.

## 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](mailto:cetu@developpement-durable.gouv.fr)



**MINISTÈRE  
CHARGÉ  
DES TRANSPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



[www.cetu.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr)