

Réparation de buses métalliques

Guide Retours d'expériences (REX)

Sommaire

Un guide REX : pourquoi ?

Typologie

Pathologies des buses métalliques

Auscultations et diagnostic

Études - projets de réparation

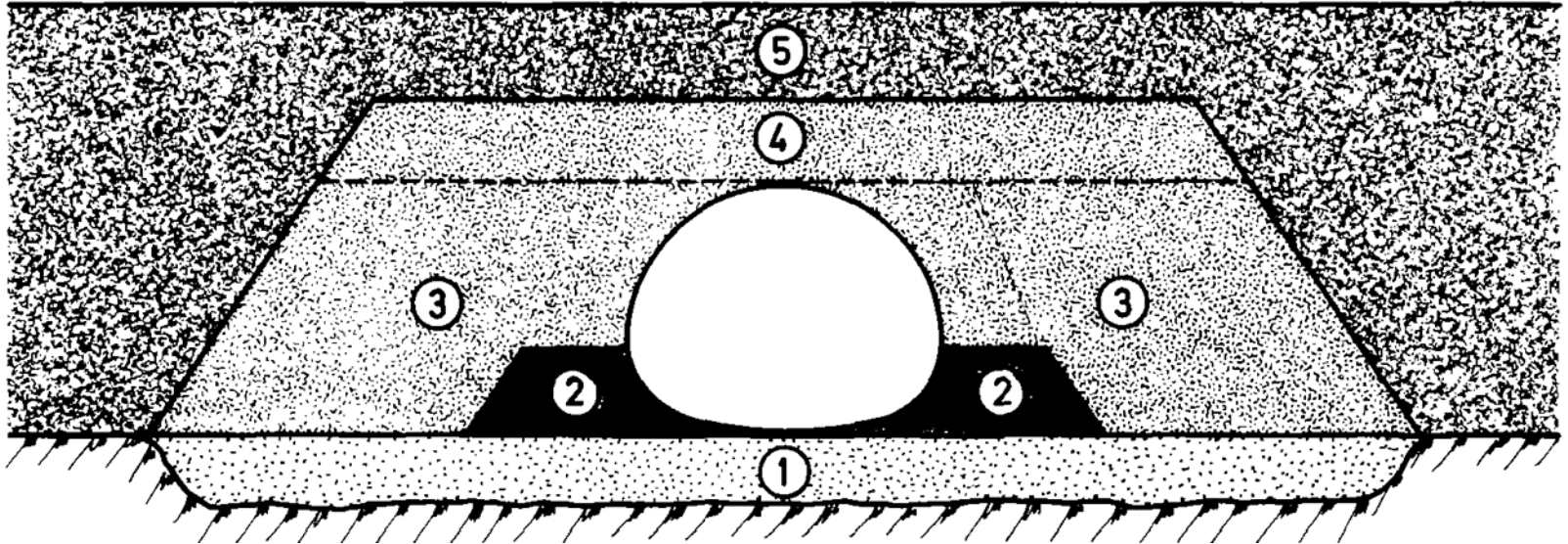
Techniques de réparation

Conclusions

Un guide REX réparation : pourquoi ?

- Contexte : la documentation disponible relative à l'entretien et à la réparation des buses n'est pas riche ni à jour
- Les gestionnaires et leurs projeteurs ont besoin de références
 - tant pour l'élaboration de projets, que pour l'exécution des travaux
- Le guide REX est une réponse à cette attente. Il comporte :
 - un état des techniques de réparation existantes effectivement mises en œuvre,
 - un recensement des ouvrages récemment réparés

Buse métallique : ouvrage géotechnique



légende : les différents sols mis en place autour de la buse – dans le cas d'une buse remblayée.

L'ouvrage est constitué de ces sols et du tube métallique.

Typologie et caractéristiques

Distinguer, pour leurs spécificités :

- les ouvrages routiers et les ouvrages hydrauliques
- les ouvrages d'art (ouverture > 2 m) des ouvrages de petit diamètre
- les types et les formes : circulaires, elliptiques, buses arches, arches
- les ouvrages en remblai et les ouvrages en déblais

Des contraintes fortes sont liées au contexte de l'ouvrage :

- conditions d'accès
- conditions d'exploitation des voies portées et franchies
- éléments environnementaux : faune/flore, régime hydraulique, ...
- etc.

Pathologies

Les principales pathologies sont liées à :

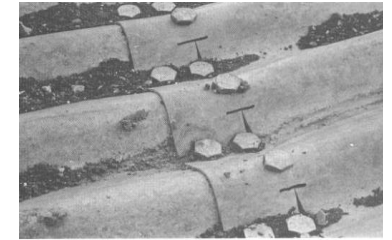
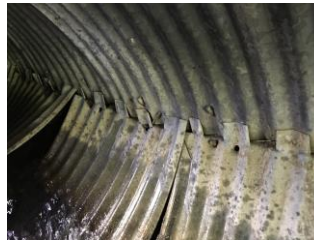
- le dimensionnement, la conception
- la réalisation de l'ouvrage neuf (yc bloc technique et remblais)
- les matériaux :
 - remblais
 - tôles métalliques
- l'environnement
 - cours d'eau (affouillements, ...)
 - charges d'exploitation

Pathologies

Ces pathologies se manifestent par :

- des déformations, générales ou locales

- du profil en travers, parfois avec inversion de courbure
- du profil en long
- des ruptures et déchirures



- des affouillements et autres dommages aux têtes



Pathologies

- des pertes de matières :
 - par corrosion du métal, abrasion



- par entrainement des fines du remblai autour de la buse
- des désordres sur la chaussée, les équipements, les têtes d'ouvrage, les talus
 - consécutifs ou accompagnant les déformations
 - par ravinement, affouillement, défaut d'entretien
- etc.



Auscultations et diagnostic

- la réparation doit être conçue en fonction des pathologies et de leurs causes
- pour une buse, toutes les pathologies constatées ou potentielles sont à prendre en compte : on ne pourra pas réparer plusieurs fois l'ouvrage (cas général)
- les dossiers d'ouvrages sont inexistant, ou peu renseignés. il s'agit donc :
 - d'effectuer des inspections, des investigations et des auscultations pour acquérir les éléments nécessaires
 - sur la structure,
 - sur son environnement : remblai, sol de fondation, cours d'eau, trafic, etc.
 - de recueillir les éléments de suivi de l'état de l'ouvrage (IQA) et toutes autres informations

Auscultations et diagnostic

- vérifier, en tant que de besoin, la résistance résiduelle de l'ouvrage (calculs)
- effectuer une analyse des risques
- Finalement :
 - analyser l'ensemble de ces données pour établir le diagnostic pathologique : qualification de l'état, identification des causes, résistance résiduelle, durée de vie résiduelle
 - établir un pronostic sur l'évolution de l'état et la sécurité de l'ouvrage
 - identifier les mesures de nature à supprimer ou réduire les causes de désordres
 - identifier les objectifs d'une réparation de l'ouvrage et les conditions de sa réalisation

Études de réparation

Les études de réparation comprennent, en principe :

- les études préliminaires : recherche de solutions compatibles avec le diagnostic / pronostic
- un avant projet et un projet de réparation

La démarche

- Recueillir le programme du MOA : réparation / remplacement, délai, montant de l'opération, condition d'exploitation de la voie portée, environnement, durabilité, ...
- Choix du MOA sur la base des études préliminaires;
- Avant-projet / contrôle extérieur / projet ; y compris procédures réglementaires
- Appel d'offres et analyse des offres

Contractualisation des travaux

- Ne pas adapter le projet aux moyens de l'entreprise mais faire l'inverse (!)
- Sécurité : primordiale. Importance du PGC-SPS et de clauses précises.
 - Milieu confiné, accès restreints, ouvrage linéaire, ...
 - NB : Cas d'ouvrages éventuellement instables, à sécuriser avant travaux (cintres, ...)
- Qualité des travaux : organisation des contrôles précise (nature, nombre, fréquence, rémunération, ...)

Contractualisation des travaux

- Réception des travaux :
 - avant remise en eau (!) ou en service,
 - après fourniture du récolement complet,
 - après levée des réserves et inspection détaillée initiale,
 - après fourniture du DIUO
- Note : le gestionnaire vérifiera le bon comportement de l'ouvrage et de l'environnement, régulièrement, la première année (hors marché)

techniques de réparation

- solutions de réparation partielles

- radier en BA
- réfection de la protection anticorrosion

- solutions de réparation globale

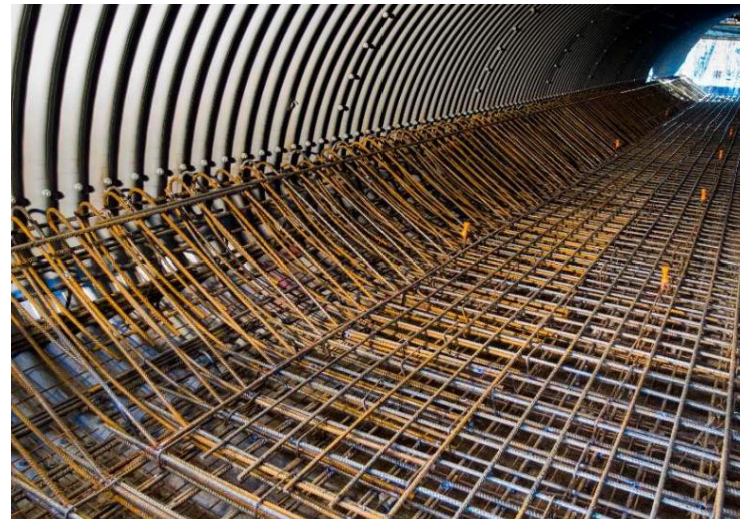
- remplacement par un ouvrage en béton armé préfabriqué
- remplacement par un ouvrage mis en place par fonçage ou forage
- renforcement de l'ouvrage par chemisage ou par tubage

Solutions de réparation partielle - Radier en béton armé

- Ce type de réparation est à adopter quand la voûte est saine (pas de corrosion ni de déformation) et qu'il est pronostiqué qu'elle le restera longtemps.
 - s'assurer qu'en cas d'évolution de son état, des travaux complémentaires pourront être effectués
- La connexion du radier aux tôles saines doit être parfaite (!)
 - la conception et sa réalisation ne sont pas simples. Soudage de connecteurs sur tôles minces : faire des essais de convenance et prévoir des contrôles d'exé.
 - noter que le radier remonte donc largement au-dessus de la zone corrodée
 - coffrer les goussets d'angle
 - éviter les reprises de bétonnage transversales
 - procéder par plots, en progressant de l'aval vers l'amont

Solutions de réparation partielle - Radier en béton armé

- Attention : le ferrailage est souvent dense.
 - points sensibles :
 - Manutention
 - Façonnage sur place



Solutions de réparation partielle

Réfection de la protection anticorrosion

- Sur buse peu corrodée, pour éviter l'évolution des désordres
 - diagnostic précis et de qualité et pronostic sur l'évolution
 - mesures d'accompagnement pour éviter ou réduire les facteurs de corrosion
- Problèmes du décapage à ne pas sous-évaluer
 - qualité d'exécution,
 - sécurité, santé,
 - pollution, gestion des déchets, coût, etc.
- Quels complexe anticorrosion utiliser ?

Solutions de réparation totale

Remplacement par un ouvrage en béton

— Solution à envisager :

- dès que les désordres sont importants ;
et que d'autres méthodes de réparation :
- ne permettent de garantir la sécurité de la route lors des travaux
- ne satisfont pas des conditions d'urgence à agir
- obèrent les capacités hydrauliques
- ne seront pas sensiblement moins coûteuses.
 - noter que l'ouvrage de substitution offre des garanties de durée de vie supérieures et de meilleures performances (hydraulique, ...)
- ne seront que partiellement satisfaisantes, moins pérennes

Solutions de réparation totale

Remplacement par un ouvrage en béton

- difficultés éventuelles :
 - contraintes d'exploitation de la voie portée (chercher à rendre les restrictions de circulation acceptables)
 - difficultés (et coût) croissantes avec la hauteur de la couverture
 - coût, parfois évoqué des mesures, d'exploitation



Solutions de réparation totale

Chemisage en béton projeté armé - voie sèche



- réservé aux ouvrages de plus de 2,5 m d'ouverture
- épaisseur de la coque de 20 à 25 cm en général ; réduction du gabarit hydraulique

Conditions de réalisation :

- maîtrise de la technique sur tôle ondulée et en toutes positions (très difficile)
- gestion d'un chantier poussiéreux et gestion des déchets (rejets)

Solutions de réparation totale

Chemisage en béton armé coffré



Solutions de réparation totale

Chemisage en béton armé coffré

— Conditions de réalisation :

- réduction admise du gabarit hydraulique (due à l'épaisseur de la coque) ; incidence sur la continuité écologique du cours d'eau admise
- phasage transversal et longitudinal : radier puis réalisation par plots

— Avantages :

- permet un reprofilage de la buse (le cas échéant)
- pas d'incidence sur la voie portée

Solutions de réparation totale

Tubage avec des éléments en PRV

- Principe :
 - le tubage est réalisé avec des éléments de PRV* approvisionnés progressivement dans la buse, emboîtés bout à bout, efficacement calés.
 - le vide annulaire est injecté avec un mortier de ciment.
 - l'épaisseur de l'anneau de mortier (de l'ordre de 10 cm minimum) garantit à l'ensemble une résistance suffisante (coque PRV seule insuffisante)
- Réalisation par plots.
 - réalisation préalable d'un chemin de roulement ou d'un radier
 - longueur des plots dépendant des capacités de bétonnage dans les règles de l'art
- Pas d'impact sur la voie portée
- Adaptations modérées possibles pour le tracé en plan et le profil en long
 - importance des études géométriques préalables

PRV : matériau composite, polyester renforcé par des fibres de verre)

Solutions de réparation totale

Tubage avec des éléments en PRV



Autres solutions

Chemisage par gaine continue polymérisée



Principe :

- Gaine de 20 à 30 mm d'épaisseur. Feutres et fibres de verre et/ou de carbone.
- La gaine est déposée dans la buse puis gonflée à la vapeur d'eau : la gaine épouse la forme de la buse et polymérise en place sous l'effet de la température

Avantages principaux :

- Faible encombrement dans le gabarit hydraulique
- Rapidité de réalisation et peu de personnel

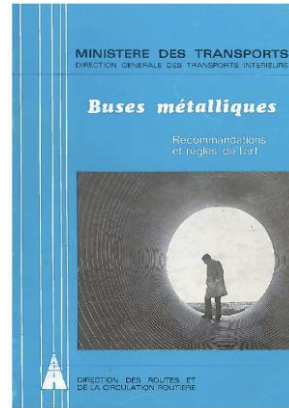
Autres solutions

Fonçage de nouveaux éléments

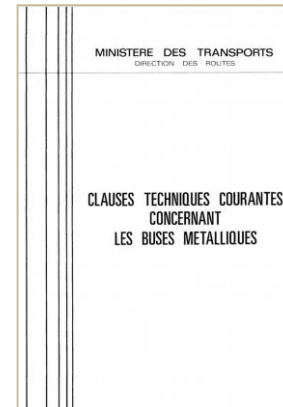
- Principe : la buse en place est remplacée progressivement lors du fonçage de nouveaux éléments, de béton armé ou de PRV
- Technique actuellement réservée aux ouvrages de petit diamètre (~ 1,6 m)
- Des conditions relatives au sol sont requises



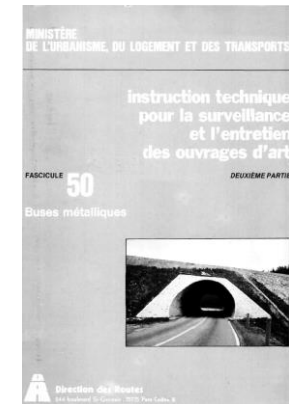
Quelques documents



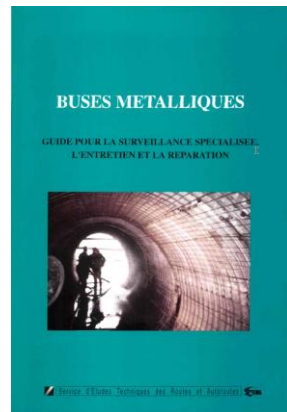
1981
1982
1985



1982



1985



1992



1996



2016



2020

Merci de votre attention

Coordonnées :

jean-marc.tarrieu@cerema.fr

www.cerema.fr