

LES TRAVAUX DE SÉCURISATION DU TUNNEL MAURICE LEMAIRE À SAINTE-MARIE-AUX-MINES

André THIBOUD

APRR

Hubert TOURNERY

EGIS

André DUTEIL

Groupement d'entreprises BOUYGUES TP & EIFFAGE TP

PRÉAMBULE

Reliant les communes de Sainte-Marie-aux-Mines (HAUT RHIN) et Lusse (VOSGES) par la route nationale 159, le tunnel Maurice Lemaire est le plus long tunnel routier entièrement situé sur le sol français (6950 ml).

Le programme de sécurisation de cet ouvrage comprend pour l'essentiel:

- la construction d'une galerie de sécurité parallèle au tunnel,
- la réalisation de salles de transit pressurisées tous les 400m,
- la modernisation et la sécurisation des équipements et de la signalisation,
- la reprise de l'assainissement et des chaussées.

Ces travaux ont pour effet d'améliorer la ventilation, les capacités de désenfumage et de renforcer la tenue au feu du tunnel.

Ces travaux représentent, en valeur 2002, un investissement de 180 millions d'euros HT. Le financement est assuré par la société Autoroutes Paris Rhin Rhône à hauteur de 145 millions d'euros HT et par les Collectivités territoriales et l'Etat pour 35 millions d'euros HT.

La Maîtrise d'ouvrage est assurée par la DGIC des Autoroutes Paris Rhin Rhône.

La Maîtrise d'œuvre est assurée par le groupement BONNARD & GARDEL et SCETAUROUTE.

Les Travaux de Génie Civil par le Groupement BOUYGUES TP & EIFFAGE TP.

Les travaux de génie civil ont débuté le 20 janvier 2004 et ont duré 40 mois (jusqu'au 15 août 2007 après une période de préparation de 3 mois ayant débuté le 20 janvier 2004).

Le programme de sécurisation du Tunnel Maurice Lemaire comprend, outre la réalisation d'une galerie latérale de ventilation et d'évacuation, la rénovation du tunnel existant qui consiste principalement :

- au démontage et à l'évacuation de l'ensemble des équipements d'exploitation existants,
- à l'enlèvement des 1374 caissons de ventilation du tunnel, soit près de 30 000 tonnes de béton armé et le confortement de la voûte découverte,
- à la création d'un caniveau à fente continue permettant l'absorption rapide des liquides déversés sur la chaussée,
- à la mise en œuvre de nouveaux équipements d'exploitation et de sécurité.

1. CARACTÉRISTIQUES DES CAISSONS DE VENTILATION



Les caissons de ventilation ont été mis en place dans l'ouvrage, au cours des années 70, lors de sa transformation de tunnel ferroviaire en tunnel routier.

Réalisés en béton préfabriqué (voussoirs de 5 mètres de longueur et 7 mètres de largeur), ils constituaient des conduits reliés aux usines de ventilation situées aux têtes de l'ouvrage.

Ils permettaient ainsi l'injection d'air frais tout au long de l'ouvrage ainsi que le désenfumage en cas d'incendie, mais les performances du système de ventilation étaient insuffisantes vis à vis de la nouvelle réglementation d'Août 2000.

Chaque caisson, d'un poids unitaire de 20 tonnes, était tenu par deux systèmes indépendants :

- aux quatre coins de celui-ci, quatre ancrages scellés dans le terrain suspendaient le caisson en voûte du tunnel;
- trois butons en acier, scellés dans le revêtement du tunnel, soutenaient le caisson au cas où un ancrage lâcherait (ce second système avait été ajouté suite à la chute d'un caisson).



2. UN ENLÈVEMENT NÉCESSAIRE

Les caissons de ventilation existant posaient différents problèmes:

- résistance au feu très insuffisante nécessitant la mise en œuvre d'une protection thermique et présence d'étanchéité bitumineuse très inflammable en surface de certains caissons,
- dans l'hypothèse d'une protection thermique des caissons, dimensions largement insuffisantes pour être utilisés en tant que chemin d'évacuation pour les usagers en cas d'incendie,
- limitation du gabarit ne permettant pas de respecter la réglementation des routes nationales,
- impossibilité de mettre en place une signalisation en plafond par manque d'espace en voûte,
- difficulté pour inspecter et entretenir l'état du revêtement originel du tunnel (années 30).

La solution de sécurisation retenue au cours des études menées en 2001-2002, après des études comparatives des différentes alternatives possibles, consiste en la création d'une galerie latérale de sécurité permettant l'évacuation des usagers, mais assurant également trois autres fonctions principales:

- l'aspiration des fumées en cas d'incendie et l'aspiration d'air vicié en cas de fort trafic,
- l'amenée d'air frais,
- la sécurisation des divers réseaux (électricité, communication et défense incendie).

L'utilisation de la galerie latérale pour la ventilation vise à optimiser l'investissement consenti, et permet en outre de déposer les caissons de ventilation du tunnel et donc de libérer l'espace en voûte.

Cette disposition procurait alors les possibilités et avantages suivants:

- mise en œuvre d'accélérateurs permettant la maîtrise rapide des courants d'air longitudinaux en cas d'incendie, condition nécessaire pour favoriser la stratification des fumées,

- mise en place, en voûte, d'une signalisation plus efficace (panneaux à message variable, etc..) mais également d'une surveillance vidéo plus efficace (Détection Automatique d'Incident),
- possibilité de confortement et de drainage de la voûte du tunnel,
- mise au gabarit réglementaire sans abaissement de la chaussée actuelle,
- suppression définitive des risques liés à la tenue au feu des caissons de ventilation.

3. UNE APPLICATION CONCRETE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Lors des études d'impact menées dans le cadre de la déclaration d'utilité publique de la sécurisation du tunnel, Autoroutes Paris Rhin Rhône a décidé avec son Maître d'œuvre le groupement BG/SCETAUROUTE, d'appliquer sa démarche « Développement durable » dans le projet sur les deux thèmes suivants :

- Réutilisation des matériaux d'excavation de la galerie latérale,
- Recyclage des caissons en béton armé

La réutilisation des matériaux d'excavation

Le creusement de la galerie parallèle par un tunnelier roche dure de 6m de diamètre a généré près de 400 000T de gneiss et de granite, non réutilisables directement par le chantier.

Soucieuse d'une gestion partagée des ressources, APRR a conclu avec la Direction Départementale de l'Équipement du Bas-Rhin une convention par laquelle APRR fournissait des matériaux sélectionnés par catégorie et L'Etat en assurait le transport et le stockage en vue de la réutilisation en remblais et couche de forme sur la future déviation de Châtenois située à 25 km environ.

La réutilisation des matériaux de démolition des caissons

Après en avoir vérifié la faisabilité, APRR a imposé dans le cahier des charges de la consultation des travaux de génie civil, l'obligation de recycler les quelques 30 000 tonnes de béton armé constituées par les caissons.

Le groupement d'entreprises BOUYGUES TP & EIFFAGE TP, retenu pour les travaux, a proposé un processus complet visant à respecter cette démarche.

4. MISE EN PLACE PRÉPARATOIRE

Pour pouvoir réaliser le démontage des 1374 caissons en place dans le tunnel dans les délais impartis, le Groupement d'Entreprise Bouygues TP & Eiffage TP a, dès la notification du marché, mis en place une cellule de préparation sur le chantier pour :

- Trouver un terrain pour stocker, nettoyer, démanteler les caissons et stocker les matériaux avant réemploi,
- Viabiliser et sécuriser le terrain,
- Mettre en place une unité de nettoyage et de traitement,
- Définir, construire et tester un outil pour la dépose des éléments,
- Mettre au point des unités de transport et obtenir les autorisations nécessaires pour les convois.

Le 1^{er} caisson a été déposé le 09 Juillet 2004, dans le tunnel préalablement fermé et vidé de ses équipements d'exploitation.

La dépose du dernier caisson a eu lieu le 2 décembre 2004. Les opérations de nettoyage et de concassage se sont terminées fin mars 2005 et les matériaux ont depuis été effectivement recyclés.

5. DÉMONTAGE ET TRANSFERT PAR PORTIQUE AUTOMOTEUR

L'outil spécifique construit pour cette opération est un portique automoteur avec deux plateaux latéraux dont les mouvements verticaux sont obtenus grâce à des vérins.

Le portique est conduit en position et les plateaux sont relevés au contact du caisson.

Des asservissements permettent de relever très légèrement le caisson et donc de décharger les systèmes de suspension.



Les suspentes (au nombre de 4 par caisson) et les boutons latéraux (3 par caisson) sont alors découpés au chalumeau. Une unité d'aspiration permet si nécessaire d'enlever immédiatement les poussières non adhérentes sur la partie supérieure du caisson. Une fois cette opération terminée, le véhicule de transfert se met en position. Il est constitué d'un tracteur et d'une remorque porte-char sur laquelle un ensemble a été conçu et fabriqué pour:

- reprendre le caisson de 7m de large et le positionner,
- dès que possible (au droit d'un garage ou d'une niche de grande dimension), le faire pivoter pour réduire à 5m l'encombrement du convoi.

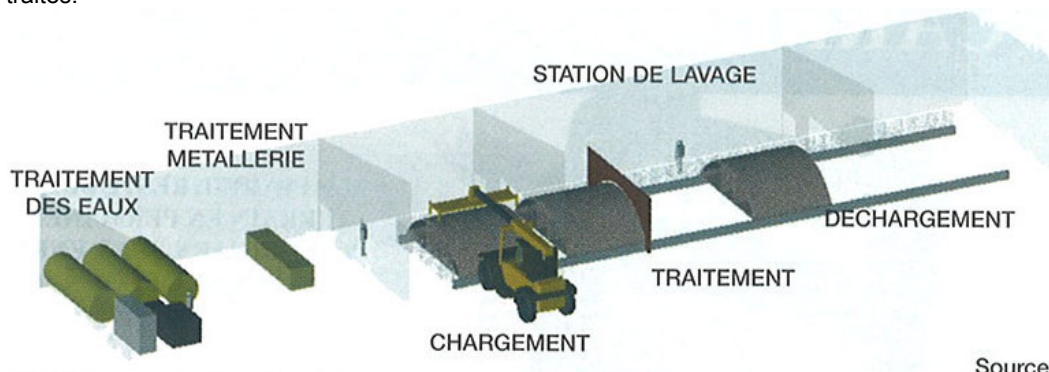
La remorque chargée, le convoi sort du tunnel, côté Alsace et va jusqu'à la zone de stockage et de traitement, par un itinéraire aménagé et balisé (peinture, plots séparateurs, feux tricolores) afin que le transport soit sécurisé et la gêne aux riverains minimisée.

Les travaux ont été sous-traités par le Groupement BOUYGUES & EIFFAGE à l'entreprise BARI (Sainte Marie aux Mines).



6. AIRE DE TRAITEMENT

L'aire de stockage est étanche afin de récupérer les eaux de pluie qui peuvent être polluées par les caissons non traités.



Source : Belfor France

Un hangar a été construit pour abriter :

- la chaîne de lavage haute pression des caissons,
- l'unité de traitement/dépollution des eaux de lavage,
- l'unité de traitement des éléments métalliques.

Une autre partie de la zone a également été traitée pour recevoir les caissons nettoyés. Trois autres zones ont été définies pour :

- pré découper les caissons,
- concasser les caissons,
- stocker avant réemploi les matériaux concassés.



L'ensemble de cette aire est clôturé et assaini. Les diverses manutentions sont réalisées par des stackers spécialement adaptés. La logistique et l'organisation de la plateforme sont assurées par le Groupement Bouygues TP & Eiffage TP.

7. NETTOYAGE DES CAISSONS

Les caissons en provenance du tunnel présentent des dépôts de poussières, principalement sur leur face supérieure, suite au passage des véhicules durant trente ans. Ils doivent donc être nettoyés avant leur recyclage. Chaque caisson possède une fiche de suivi, permettant de valider le nettoyage des caissons et les réceptionner en vue de morcellement à l'issue du nettoyage complet.



Ils sont repris par le « stacker » et déposés au début de la chaîne de traitement, dans la zone de chargement. Le traitement peut débuter:

- le nettoyage intérieur des caissons se fait manuellement par deux techniciens et à l'aide de nettoyeurs haute pression; ces deux techniciens ont également la charge d'ôter les joints d'étanchéité et, si besoin est, les pièces de métallerie. Ces pièces de métallerie, ainsi que celles issues du tunnel sont également traitées,
- le caisson chargé avance sur la chaîne de transport, celle-ci va l'amener jusqu'au portique de lavage de l'extrados (extérieur) du caisson, il est constitué d'un arc se déplaçant et possédant des jets d'eaux alimentés par un nettoyeur haute pression



La vitesse d'avancement du caisson sur la chaîne est de 1m par minute.

Le chargement d'un autre caisson est alors possible; la chaîne de progression permet de charger jusqu'à 5 caissons simultanément.

Le déchargement s'effectue en fin de chaîne au moyen du stacker. La fiche de suivi des caissons est alors rendue au chef de plateforme, lorsque le caisson sort du hangar. L'ensemble de ce nettoyage se déroule dans le hangar de 60 mètres de long se situant sur la plate-forme de stockage dite plate-forme « Léonhart ».

Les travaux sont réalisés par l'entreprise Belfor en sous-traitance du groupement Bouygues TP & Eiffage TP.

Le suivi de la qualité des caissons en tant que déchets inertes est réalisé par le laboratoire de terrain, à travers un test de lixiviation bi-hebdomadaire.

8. TRAITEMENTS DES EAUX DE NETTOYAGE

L'ensemble des eaux de lavage des caissons est récupéré et ces eaux sont traitées au sein du hangar, dans la station de traitement des eaux Belfor.

Tout d'abord un traitement physico-chimique a lieu: l'ajout de coagulant et de floculant (provoquant la précipitation des flocons) permet d'éliminer une partie de la matière en suspension. Les boues ainsi formées sont récupérées et envoyées dans un centre agréé pour le traitement et l'élimination des déchets (CET de classe 1).

L'eau subit ensuite des filtrations successives qui permettent d'épurer un maximum des matières en suspension. L'eau claire en sortie de station doit répondre principalement à des critères d'utilisation pour les nettoyeurs haute pression, des tests sont effectués quotidiennement pour s'assurer de leur qualité. Il n'y a donc pas de rejet d'eau de lavage, et l'ensemble de l'usine tourne en circuit fermé.

9. RECYCLAGE DES CAISSONS



Les éléments nettoyés sont récupérés de la zone de stockage par les stackers et mis à disposition sur une aire spécifique de l'entreprise Bari, qui assure le morcellement à l'aide de pelles équipées de brise roche hydraulique. Ils sont morcelés en éléments de moins de 80 cm.



Ces morceaux sont repris par l'entreprise Léonhart pour être concassés, à l'aide d'un concasseur (Klermann) alimenté par une pelle (Cat 322) et équipé d'un tapis à électroaimant permettant la séparation des éléments métalliques et du béton.

Les matériaux sont ensuite repris par chargeur (Cat 338) pour être partiellement déposés, provisoirement, en cordon sur une hauteur de 6m afin d'assurer une protection phonique des riverains. Le reste des matériaux est stocké sur site en attente d'un réemploi ultérieur.

Tous les matériaux (métal, béton, etc.) font l'objet d'une fiche de suivi jusqu'à leur valorisation. Les produits qui ne peuvent être valorisés sont dirigés vers des centres de traitement spécialisés.

L'ensemble de la chaîne de traitement a été conçu et réalisé pour assurer un respect de l'environnement et une valorisation maximale des matériaux dans une démarche de développement durable conformément au souhait des Autoroutes Paris Rhin Rhône.