

Le sous-ballast en enrobé facilite l'accès des engins de chantier et économise les granulats.



# Ligne à Grande Vitesse Est Sous les rails, le bitume

Le TGV qui reliera Paris à Strasbourg en 2 h 20 roulera pendant 3 km sur une portion expérimentale de la Ligne à Grande Vitesse Est reposant sur des enrobés bitumineux sous ballast. Une innovation qui n'est pas tout à fait une première, puisqu'il y a 30 ans les chemins de fer italiens et britanniques exploraient déjà la possibilité d'améliorer la tenue des voies ferrées en faisant appel au bitume.

// Cette solution pourrait se développer, notamment lorsqu'il y a des déficits de matériaux et des optimisations de profil à rechercher. //

Longtemps après ses homologues américain, italien ou britannique, Réseau Ferré de France (RFF) se lance à son tour dans l'expérimentation d'un nouveau type de structure de voie, dans lequel intervient une couche réalisée en matériaux bitumineux. La Ligne à Grande Vitesse Est (LGV-Est) qui sera mise en service en 2007, comportera en effet un tronçon de 3 km dont le ballast repose sur une couche de grave-bitume, un matériau emprunté aux techniques routières. Les essais devront valider la tenue de ce nouveau type de structure, dont l'adoption pourrait constituer une petite révolution dans la réalisation des voies ferrées à grande vitesse, un élément essentiel à la qualité et à la sécurité des voies de chemin de fer.

## Une planche d'essai de 3 km

"Le but essentiel de cet essai est double, explique Didier Thomas, expert technique sur le projet LGV-Est. Il s'agit tout d'abord d'approcher une recherche d'avantages sur la traficabilité de la plate-forme avant la pose des voies ferrées, puisque la tendance actuelle est de faire les travaux préliminaires de génie civil, de pose des caténaires, des câbles de signalisation et de télécommunication, en utilisant des moyens routiers. L'autre avantage recherché, c'est la réduction de l'épaisseur des structures d'assise qui, dans le cadre du profil en long, nous permettent de jouer sur les profondeurs de déblais et les hauteurs de remblais. Avec l'emploi d'une couche de grave-bitume, nous avons obtenu une réduction en épaisseur de 36 cm de matériaux ●●●



200 km de la ligne à grande vitesse Florence / Rome reposent sur un sous-ballast bitumineux.

... nobles, ce qui n'est pas négligeable. L'essai a donc été conçu pour permettre de vérifier d'une part la traficabilité de la plate-forme pour les engins routiers qui précèdent la pose des voies et, d'autre part, la tenue du matériau sous les sollicitations des trains à grande vitesse en termes de performances mécaniques, de comportement et de durabilité. Si tout cela s'avère concluant, cette solution pourrait se développer dans certaines configurations, notamment lorsqu'il y a des déficits de matériaux et des optimisations de profil à rechercher."

Ce sont ces hypothèses que RFF étudiera après la mise en service de la ligne, à partir de 2007, grâce à une "planche d'essai" de 3 km de longueur, réali-

sée en avril et mai 2005 au sud de Reims par les filiales Colas, pour la formulation des matériaux bitumineux, leurs calculs fabrication et mise en œuvre, en collaboration avec SNCF Ingénierie pour les calculs de dimensionnement et le pilotage de l'étude de faisabilité.

La section choisie, à proximité de la gare nouvelle Champagne-Ardenne, près de Reims offre l'avantage de comporter toutes les configurations de profil en long et en travers de la LGV : déblai, remblai, pente unique, double pente, ouvrages d'art.

Les objectifs de l'essai, conformément au cahier des charges de RFF, sont d'analyser et de contrôler :

## La longue histoire du ballast bitumineux

Au début des années 1970, le centre de recherche d'Esso Bitumes pouvait faire état dans un rapport d'un certain nombre de travaux exploratoires envisageant l'utilisation du bitume dans la construction des voies ferrées. Certains de ces travaux remontaient à la fin des années 1930 ! D'autres, plus récents, étaient menés au Japon et aux Pays-Bas, en Suède, aux Etats-Unis, en Italie et en Grande-Bretagne, les compagnies ferroviaires de ces deux derniers pays ayant travaillé avec les services recherche de Shell.

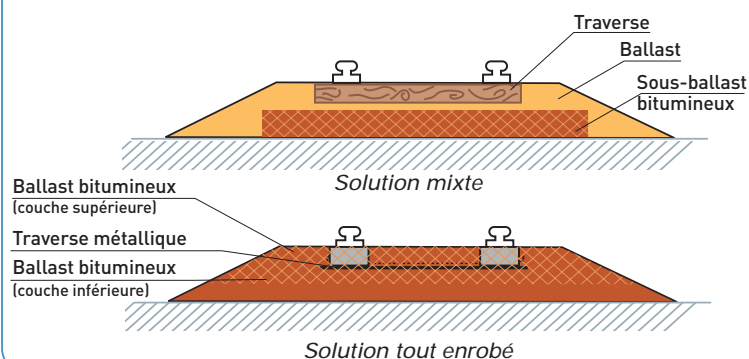
Le rapport recensait les différentes solutions proposées pour améliorer la durée de vie d'un ballast grâce aux matériaux bitumineux. Deux tendances principales se faisaient jour, la solution tout enrobé et la solution mixte.

Dans la première, les rails reposaient sur des traverses d'acier ou de béton noyées dans une première couche d'enrobé, elle-même posée sur une couche d'assise également réalisée en enrobé (le tout reposant sur une couche de fondation en matériau non lié).

Dans la deuxième solution, les rails reposaient par l'intermédiaire de traverses de bois sur un ballast conventionnel d'épaisseur réduite, posé sur une couche d'enrobé bitumineux, dite "sous-ballast".

- Au Royaume-Uni, des essais entrepris par British Railways ont abouti en 1974 à la pose d'une voie expérimentale du premier type, posée sur une assise entièrement en enrobé, mise au point par le centre de recherche Esso à Abingdon. La construction en enrobé offrant une résistance élevée alliée à une prise rapide semblait idéale pour le remplacement de tronçons de voie vitaux dont le service ne peut être interrompu plus de quelques heures.

### LES SOLUTIONS EXPÉRIMENTÉES PAR LES PRÉCURSEURS



- Aux Etats-Unis, l'Asphalt Institute (AI) s'intéressa également aux possibilités qu'offrent les enrobés bitumineux pour la construction des voies de chemin de fer dès les années 1960. Après avoir exploré puis écarté les solutions tout enrobés, les essais entrepris avec la Santa Fe Railway en 1969 se tournèrent vers une solution mixte, avec un ballast classique posé sur un sous-ballast bitumineux. Trois sections furent construites, avec des épaisseurs d'enrobés respectivement de 63, 127 et 190 mm, sur une longueur totale de 630 m. Les mesures au moyen de capteurs, puis les carottages effectués pendant une durée de 30 ans ont démontré l'excellente tenue du dispositif et sa supériorité par rapport au ballast classique en stabilité et en qualité du profil de la voie.

- En Italie, c'est une solution du même type qu'a choisie Ferrovie dello Stato pour équiper certaines sections de la ligne à grande vitesse Florence / Rome. Le sous-ballast en enrobés bitumineux d'une épaisseur de 12 cm, mis au point par la direction de la recherche d'Esso France, était conçu pour "améliorer les caractéristiques mécaniques de la structure et diminuer les coûts de maintenance, tout en entraînant une réduction significative des durées de construction".

- la faisabilité et la compatibilité de la technique avec les contraintes de construction d'une LGV ;
- les avantages pour le chantier, principalement la possibilité de circuler sur la plate-forme en cours d'aménagement ;
- les performances mécaniques, la durabilité et le comportement sous trafic ;
- les aptitudes aux opérations de maintenance ;
- les avantages technico-économiques que peut apporter ce procédé.

### 5 000 m<sup>3</sup> de matériaux économisés par km de voie

Le ballast est constitué de roches dures concassées non liées, sélectionnées pour résister à l'abrasion (ou attrition) qui émousse les angles. Son épaisseur est fonction de la charge et de l'intensité du trafic (généralement de 30 à 40 cm). Sur la LGV-Est, le ballast est posé sur une sous-couche de 20 cm de GNT 0/31,5 reposant sur une couche de forme de granulats calcaires non liés de 50 cm. Dans le segment expérimental, la couche de forme de granulats calcaires de 50 cm est supprimée et une couche de grave-bitume de 14 cm est posée directement sur une couche de réglage de 20 cm de GNT 0/31,5. Le gain en épaisseur est de 36 cm (voir illustration ci-dessous), ce qui représente une économie de 5 000 m<sup>3</sup> de matériaux par km de voie par rapport à la solution de base, soit 15 000 m<sup>3</sup> pour les 3 km de voies expérimentales. L'étude menée par Colas Est, Screg Est et le laboratoire central de Colas France a abouti à la formulation suivante : GB 0/20 à base de bitume classique 35/50, fourni par Shell Bitumes, et de granulats calcaires de 4 fractions différentes (0/3, 3/6, 6/10, 10/20). Les essais réalisés sur le produit fabriqué ont montré que les performances sont conformes aux hypothèses de dimensionnement<sup>1</sup>.

### Une mise en œuvre particulièrement soignée

La mise en œuvre a fait l'objet de soins particuliers. Après compactage de la couche de réglage 0/31,5, un enduit superficiel monocouche à l'émulsion de bitume dosée à 1,5 kg/m<sup>2</sup> avec des gravillons 6/10, a d'abord été posé sur toute la largeur de celle-ci (14,50 m) afin d'assurer une protection contre les intempéries et permettre la circulation des engins sans entraîner de détérioration.

Les 12 000 t de grave-bitume, fabriquées dans la centrale d'enrobage de Reims Enrobés, à raison de 220 t/h, à une température de 150-160 °C pour un taux d'humidité de 5 % des granulats, ont été transportées sur le chantier par semi-remorques bâchées et appliquées sur 10,70 m de largeur en deux passes d'un finisseur de 5,35 m. Le compactage à 96 % de compacité (4 % de vide) a été assuré par des compacteurs P 2 et des doubles billes vibrantes. L'étanchéité sur le joint longitudinal en 1 m de largeur est assurée par un enduit superficiel à l'émulsion de bitume polymère dosée à 1,45 kg/m<sup>2</sup> avec des gravillons 4/6. Enfin, la totalité de la grave-bitume, y compris ses flancs, a été traitée avec un enduit superficiel monocouche à l'émulsion de bitume dosée à 0,8 kg/m<sup>2</sup> recouverte d'un gravillon 4/6.

### Un programme de mesures de 4 années

Un programme de suivi de la zone d'essai a été défini par SNCF Ingénierie pour mesurer pendant 4 ans les performances mécaniques, le comportement du matériau sous trafic et sa durabilité. Les mesures effectuées à l'aide de capteurs (jauges de contraintes, accéléromètres, sondes thermiques, etc.) placés dans la structure expérimentale permettront d'établir des comparaisons avec des capteurs identiques



placés dans la zone classique.

Plusieurs types de mesures seront effectuées :

- enfoncement de la traverse lors du passage d'un bogie sur chaque file de rails ;
- déformations lors des passages ;
- variations de pression dans la couche de réglage ;
- variations de température au sein de la GB.

Un protocole de suivi est prévu pour une durée de quatre ans. Au terme de ce délai, RFF pourra décider en toute connaissance de cause de l'avenir à donner à cette solution innovante pour les futures LGV. ■

*1 - Module de rigidité > 9 000 MPa, Résistance à la fatigue à 10 °C, 25 Hz > 110 µdéformations à 1 million de cycles...*

## La LGV-Est

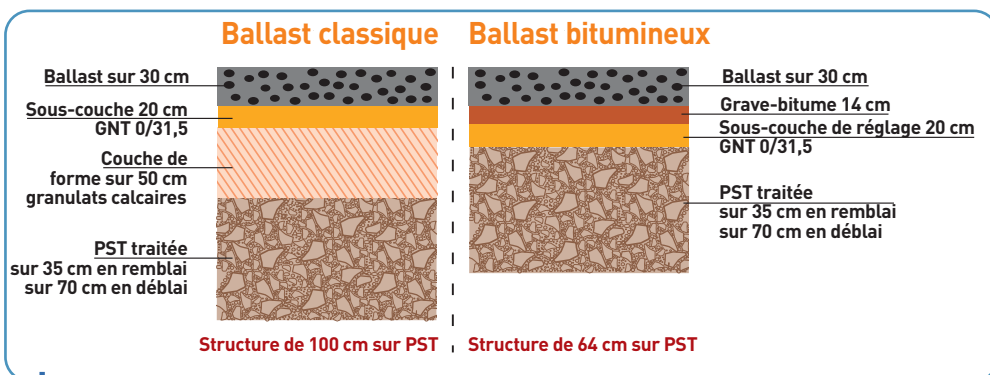
### La construction de la ligne nouvelle a été décomposée en deux phases :

- la première va de Vaire-sur-Marne (Seine et Marne) près de Paris à Baudrecourt (Moselle), où elle se raccorde aux lignes Metz-Sarrebruck et Metz-Strasbourg
- la deuxième ira de Baudrecourt à Vendenheim (Bas-Rhin) près de Strasbourg.

Entre temps, le TGV roulera à vitesse normale entre ces deux villes sur la ligne existante Metz-Strasbourg. Le temps de trajet Paris-Strasbourg passera de 4 h à 2 h 20 après la première phase, puis à 1 h 50 après la deuxième phase.

### Caractéristiques générales

- Linéaire de lignes nouvelles :** 300 km (première étape)
- Linéaires de raccordement :** 44 km
- Gares nouvelles :** Champagne-Ardenne, Meuse, Lorraine
- Vitesse potentielle :** 350 km/h
- Vitesse commerciale :** 320 km/h
- Alimentation électrique :** 2 x 25 kV – 50 Hz
- Linéaire de rails :** 1 288 km
- Ballast :** 3 100 000 t
- Traverses :** 1 000 000



La structure expérimentale de la LGV Est permet une réduction de 36 cm en épaisseur, entraînant un gain en matériaux de 5 000 m<sup>3</sup>/km.