IDRRIM

INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

NOTE D'INFORMATION

N° 36
AVRIL 2019

Réalisation d'assises de voie ferrée en grave bitume : Retour d'expérience de chantiers LGV

Sommaire

1 I Introduction

2 I Structures types en comparaison

3 I Expériences internationales

4 I Expériences en France

5 I Synthèse

6 | Conclusions et perspectives

7 | Bibliographie

1 Introduction

La majeure partie du réseau ferroviaire français a été construite au cours des 19 et 20èmes siècles, avec des techniques permettant la réalisation de structures à base de graves non traitées.
Depuis la fin des années 90, de nouvelles techniques sont apparues remplaçant cette couche d'assise en grave non traitée par une couche de grave-bitume ferroviaire (GB F), technique issue du domaine routier. D'abord inscrite comme variante et expérimentée sur une section de quelques kilomètres au début des années 2000, cette technique s'est rapidement développée pour être retenue dans le cadre des LGV construites ces dernières années.

Afin de capitaliser sur les récents chantiers réalisés et de partager l'expérience française sur l'utilisation de ces techniques, les acteurs réunis au sein de l'IDRRIM ont souhaité porter la rédaction de cette note d'information dont l'objectif est d'effectuer un premier retour d'expérience sur l'utilisation de cette technique routière adaptée aux infrastructures ferroviaires.
Outre une approche générale et documentée par une bibliographie internationale, ce document détaillera les structures mises en œuvre, les modalités de dimensionnement de ces structures et leur mise en œuvre en vue d'identifier les avantages et inconvénients issus de l'utilisation de cette technique.

La plupart de ces projets étant relativement récents (Lignes Est Européenne (EE), Bretagne-Pays de la Loire (BPL) et Sud Europe Atlantique (SEA)), des éléments complémentaires sur le comportement de ces techniques pourront être apportés par les instrumentations en cours.

2 Structures types en comparaison

Comme indiqué en introduction, deux techniques sont utilisées en France pour la conception des lignes ferroviaires à grande vitesse :

Structure ballast avec GNT en assise

C'est la structure traditionnellement utilisée dans la conception de la majeure partie des LGV françaises.
Elle se compose d'une couche de ballast de 35 cm reposant sur une couche d'assise en Graves Non Traitées (GNT) de 20 cm et d'une couche de forme dont l'épaisseur peut varier de 30 à 50 cm suivant les caractéristiques de l'arase terrassement et de la portance recherchée.

Structure ballast avec GB en assise

Introduite comme variante en 2005 sur la phase 1 de la LGV Est, cette technique utilisée traditionnellement dans le domaine routier a été massivement utilisée sur l'ensemble des chantiers récents (cf. chapitre IV).

Composée également de 35 cm de ballast, sa particularité réside sur une couche d'assise en grave-bitume ferroviaire (de type GB F 0/14 ou 0/20 sur 12 à 14 cm) sur laquelle vient se poser le ballast. La structure est alors complétée d'une couche de réglage en GNT de 15 à 20 cm, l'ensemble reposant sur une PST traitée avec un $EV_2 \geq 80$ MPa.

Les caractéristiques de la grave-bitume peuvent être, par exemple, les suivantes :

- GB F 0/14 ou 0/20 ;
- Module à 11 000 MPa (15 °C et 10 Hz) ;
- Résistance à la fatigue $\varepsilon_6 \geq 110\ \mu_{def}$ (10 °C et 25 Hz) ;
- Rapport r/R (Duriez) ≥ 0,70 (ou un rapport i/C (ITSR) à 87%).

Les gains en matériaux présentés dans le tableau suivant sont mis à titre d'exemple en comparant les structures LGV de ces deux techniques.
Une étude économique complète s'impose à chaque fois et doit être spécifique à chaque projet.

Tableau n°1 : Tableau d'exemples de comparaison des structures GNT et GB F

Ballast sous traverse - 35 cm	
Assise en GNT 0/31,5 - 20 cm	Assise en GB F 0/14 ou 0/20 - 12 à 14 cm (+1)
Couche de forme - 30 à 50 cm	Couche de réglage en GNT 0/31,5 - 20 cm
Plateforme support	

3 Expériences internationales

Avant de développer les réalisations françaises, il convient de noter que ces techniques, innovantes pour notre pays, sont assez largement utilisées à l'international. Ce chapitre vise donc à référencer les pays ayant réalisé des chantiers ferroviaires avec des assises en grave-bitume et de comprendre leur cadre d'application.

Italie : La technique des grave-bitume en assises de voie ferrée est utilisée depuis 1980 avec de très bons retours d'expérience issus des chantiers réalisés. Elle est principalement utilisée sous des sections à grande vitesse.
Le début de l'utilisation de cette technique en Italie remonte au début des années 1970, où une partie de la plate-forme de la « Direttissima Firenze-Roma » a été réalisée en Grave Traitées aux Liants Hydrauliques (GTLH), une partie du même ordre en grave-bitume et une partie en grave non traitée.
La grave traitée et la grave-bitume se sont bien comportées. En complément, la grave-bitume entraîne une réduction des vibrations dans le ballast d'où une meilleure tenue de la géométrie dans le temps. L'usage de la grave-bitume a donc été généralisé sur les sections à grande vitesse dans les années 80.
D'autres composants ont été testés, notamment des mélanges bitumes et caoutchouc ou avec d'autres polymères, sans grand succès.

Suisse : Cette technique est obligatoire sur toutes les lignes ferroviaires pour des raisons d'organisation de chantier (logistique) et phytosanitaire.

Autriche : Quelques sections ont été réalisées avec une assise en grave-bitume et suivies afin d'étudier le comportement à long terme. Ce suivi a permis à l'Autriche de développer une certaine expérience de ces couches.
Celles-ci sont majoritairement utilisées pour permettre l'étanchéité de la structure et une homogénéisation de la répartition des charges. A noter que l'épaisseur mise en œuvre varie de 8 à 12 cm. Des études menées dans ce pays ont démontré une augmentation de la durée de vie des voies avec une assise bitumineuse par rapport aux voies en structure conventionnelle.

Japon : Cette technique est couramment utilisée depuis 1964, à l'époque sur les lignes à grande vitesse et les lignes régulières. Son utilisation est liée à la réduction des irrégularités de la voie et une réduction des charges sur la plateforme. En effet, d'après la bibliographie disponible, les japonais attribuent un rôle de stabilisateur de la voie à la fine couche en GB. Ils observent une diminution des défauts de géométrie avec l'assise en GB, même à 5 cm d'épaisseur.
Malgré le développement récent des voies sans ballast, la grave-bitume reste utilisée pour certains types de voie (notamment de fret).

Etats-Unis : Des premiers tronçons ont été réalisés dans les années 1980 et son utilisation continue à augmenter depuis. L'épaisseur de grave-bitume mise en œuvre varie de 12,5 à 15 cm, pouvant monter jusqu'à 20 cm. Ce type de technique permet d'imperméabiliser et donc de limiter les effets de l'eau sur la plateforme.
A noter que la GB est également utilisée dans les opérations d'entretien/de maintenance des voies existantes pour améliorer les performances.

Espagne : Des études ont été menées, amenant la réalisation de quatre sections d'essai, dont une actuellement instrumentée, d'une épaisseur de grave-bitume similaire celle utilisée en France (12 à 14 cm).

Allemagne : Les premières expériences de voies sans ballast (VSB) date des années 70 hors LGV et la généralisation en LGV date des années 2000. Quelques tronçons ont été réalisés en enrobés sur des points particuliers.
La généralisation des voies sans ballast s'explique par une volonté de réduire les coûts d'entretien/de maintenance et de conservation des ressources naturelles. Dans cette optique, ils ont développé un système de voie sans ballast sur une dalle en enrobé bitumineux, appelé GETRAC®.

Maroc : La nouvelle ligne à grande vitesse (en construction) a une solution en grave bitume sous ballast. Et ce, sur toute la longueur de la ligne (180 km). Ses caractéristiques sont très similaires à celles appliquées sur les LGV en France (14 cm d'assise en grave bitume, 15 cm de couche de réglage en GNT).

4 Expériences en France

Après une présentation des expériences étrangères, ce chapitre vise à présenter les réalisations faites en France en détaillant les structures de chaque plateforme, la méthode de calcul, la mise en œuvre, les avantages et techniques déjà identifiées. Enfin, ce chapitre fera un point sur les instrumentations en cours qui doivent permettre de mieux appréhender le comportement de ces assises dans le temps.

Plusieurs assises de voie ferrée ont été réalisées en grave-bitume depuis les années 2000 :

- LGV Est - phase 1 : Réalisation en 2003. Mise en place d'une GB F sur 3 km (dont 3 sections instrumentées)
- LGV Est - phase 2 (dont une section instrumentée et réalisée avec 20% d'agrégats d'enrobés - AE). Mise en place d'une GB 4 sur 55 km.
- LGV BPL - 105 km réalisés en grave-bitume / 182 km de tronçon (dont 4 sections instrumentées).
- LGV SEA - 43 km réalisés en grave-bitume / 300 km de tronçon.
- LGV CNM - 80 km réalisés, soit l'intégralité de la section, soit 80 km.

4.1 - Structures en France

Ce paragraphe vise à présenter les structures mises en place pour chacune des LGV ci-dessus. Une comparaison sera faite à chaque fois entre la structure réalisée en grave-bitume et celle traditionnelle en GNT.

LGV Est - phase 2

La structure comprend une assise en grave bitume de classe 4 (bitume à 35/50) de 14 cm avec une couche de réglage granulaire de 20cm théorique mise en œuvre sur la PST traitée sur toute la largeur de la plate-forme (Figure 1).

Figure n°1 : Comparaison des deux structures (GNT / GB F) mises en place sur la LGV Est

LGV Bretagne - Pays de la Loire

La structure comprend une grave-bitume de classe 4 (bitume à 35/50) sur une épaisseur de 12 cm avec une couche de réglage granulaire en GNT de 15 cm reposant sur une PST traitée avec un EV_2 = 80 MPa (Figure 2).

Figure n°2 : Comparaison des deux structures (GNT / GB F) mises en place sur la LGV Bretagne - Pays de la Loire

LGV Sud-Europe Atlantique

La structure comprend une grave-bitume de classe 4 sur 14 cm avec une couche de réglage granulaire de 20 cm reposant sur une PST traitée avec un objectif de performance de 80 MPa (Figure 3).

Figure n°3 : Comparaison des deux structures (GNT / GB F) mises en place sur la LGV SEA

LGV Contournement Nîmes-Montpellier (CNM)

La structure comprend une grave-bitume de classe 4 sur 12 cm avec une couche de réglage granulaire de 10 cm reposant sur une PST traitée à 80 MPa (Figure 4).

Figure n°4 : Comparaison de la plateforme GB F mise en place sur CNM vis-à-vis d'une solution classique en GNT

4.2 - Calculs des structures

Deux méthodes ont été utilisées pour le calcul de dimensionnement des structures, la méthode française de dimensionnement (méthode Alizé) et la méthode de calcul aux éléments finis.

Méthode de dimensionnement par Alizé

Le dimensionnement mécanique de la structure ferroviaire a été réalisé selon la méthode française de dimensionnement et du logiciel Alizé. Cette méthode, généralement utilisée pour des structures routières, a ainsi fait l'objet d'une adaptation au contexte particulier de la voie ferrée.

Il s'agit d'une méthode rationnelle de calcul des structures routières dite méthode probabiliste, fondée à la fois sur les caractéristiques des matériaux en laboratoire et sur des mesures effectuées sur site. Elle fait également appel à des coefficients de calage qui permettent d'assurer la durée de vie de la structure en fonction des hypothèses retenues.
Le calcul permet ainsi de connaître la fatigue admissible (ou nombre d'essieux admissibles) de la structure. Plusieurs paramètres sont nécessaires pour le calcul comme la portance de la plateforme support, les caractéristiques des convois (variable selon les lignes), le trafic total cumulé, les caractéristiques mécaniques des différents matériaux, la durée de service...

Pour chaque section, il a ainsi été déterminé le nombre et le type de passages d'essieux sur une durée de 100 ans, ainsi que l'endommagement (cumul des dommages en fatigue) de la grave-bitume.

Méthode de calcul aux éléments finis avec modélisation 3D.
Une vérification du comportement de la structure peut être réalisée à l'aide d'outils basés sur les calculs aux éléments finis. Cette méthode permet en particulier de calculer le niveau de sollicitation à la base de la couche en grave-bitume en prenant en compte la géométrie réelle de la voie (notamment rails et traverses) et de la comparer aux résultats obtenus à l'aide du logiciel Alizé. Elle est régulièrement utilisée pour le calcul d'autres structures ferroviaires (type tramway) du fait de son intérêt pour les calculs d'infrastructures à géométrie discontinue.

Les vérifications faites par la méthode de calcul aux éléments finis a permis de corroborer les résultats obtenus par la méthode classique de dimensionnement.

Pour plus d'informations sur le dimensionnement, utilement se référer à l'article « *La structure ferroviaire en grave-bitume : innovation, conception et instrumentation* » publié par la revue générale des chemins de fer en décembre 2017.

4.3 - Mise en oeuvre

La réalisation de l'assise en grave-bitume est très similaire à ce qui se fait usuellement sur les chantiers routiers et fait appel au savoir-faire de l'entreprise.

La fabrication des enrobés fait généralement appel à des postes mobiles permettant une fabrication et un transport proche du chantier, compte-tenu de la quantité de matériaux nécessaires. Ces postes sont régulièrement déplacés pour suivre l'avancement du chantier et ainsi garantir la performance des enrobés. Cette organisation inclut donc un phasage par zones, définie préalablement au planning, et permet l'accès des approvisionnements en semi en entrée et sortie à chaque extrémité de zone afin de permettre l'alimentation du chantier en continue sans manœuvre.

De manière identique à un chantier routier, la mise en œuvre s'effectue par un finisseur puis compactage. Une étanchéité de la grave-bitume par un ESU de protection est appliquée avant la mise en œuvre du ballast.

Des points d'attention sont à noter aux endroits des ouvrages d'art. Par exemple, sur CNM, l'épaisseur de la grave-bitume est passée de 14 cm sur la voie normale avec un biseau de 10 cm obtenue sur l'ensemble de la dalle de transition de l'ouvrage.

La mise en œuvre du ballast suit toujours la même logique en deux phases, à savoir :
1. Sous-couche de ballast de 15 cm exécutée au finisseur.
2. Pose de traverse et rail.
3. Couche de 20 cm de ballast et mise en œuvre à l'aide de bourreuses et stabilisateurs dynamiques par passes successives.

Les figures suivantes illustrent la mise en œuvre de la grave-bitume et de la finition des rails sur les chantiers LGV cités ci-dessus.

Figure n°5 : Plateforme de stockage des matériaux sur le chantier de la LGV SEA

Figure n°6 : Mise en oeuvre de la couche de grave-bitume sur le chantier de la LGV SEA

Figure n°7 : Mise en oeuvre de la couche de grave-bitume sur le chantier de la LGV BPL

Figure n°8 : Pose des rails sur le chantier de la LGV Est

4.4 - Avantages de la technique

Les récentes réalisations ont permis de mettre en évidence de premiers avantages à l'utilisation de la grave-bitume, vérifié par la littérature des expériences internationales. Là encore, les instrumentations en cours permettront de vérifier ces constats, voire de les approfondir (capteurs de déformation, accéléromètres, sondes de température et d'hydrométrie).
Ces avantages concernent différents aspects détaillés ci-dessous.

Matériaux

Un des premiers avantages constatés, et qui se vérifie par les comparaisons entre les structures-types présentés en chapitre I et III.1, concerne la réduction de la quantité de matériaux mis en œuvre.
Si la PST et l'épaisseur de ballast sont identiques sur les deux solutions, la réalisation d'une assise en grave-bitume a permis, sur les 4 chantiers proposés au chapitre 4.1, de réduire la quantité de matériaux mis en oeuvre. En effet, pour la structure conventionnelle, l'association d'une couche d'assise de 20 cm de GNT à une couche de forme de 30 à 50 cm d'épaisseur conduit à des structures pouvant atteindre 70 cm d'épaisseur. Au contraire, la structure proposant une assise en grave-bitume (12 à 14 cm) associé à une couche de réglage de 20 cm conduit à des structures de 34 cm d'épaisseur. Cette dernière permet donc potentiellement de gagner jusqu'à 36 cm d'épaisseur de matériaux mis en oeuvre (soit 5000 m^3 par km).
Cette comparaison doit néanmoins être atténuée au regard de l'épaisseur de matériaux dits « nobles » mis en oeuvre sur la structure proposant une grave-bitume, les couches de forme étant généralement formés de déblai.

Outre la différence d'épaisseur entre les deux structures, ce gain permet de réduire l'empreinte environnementale du chantier par la réduction de la quantité de matériaux mis en œuvre. Cet avantage apparaît d'autant plus pertinent dans les régions qui présentent des difficultés d'approvisionnement en matériaux neufs et de qualité, en réduisant le transport nécessaire à l'acheminement desdits matériaux. Cet argument a notamment justifié l'utilisation de la grave-bitume sur la LGV BPL, étant donné le déficit en matériaux de certaines régions traversées.

Organisation de chantier

L'utilisation de la grave-bitume a des impacts positifs sur le délai de mise en œuvre, et donc l'organisation du chantier à deux titres.
Tout d'abord, la grave-bitume est plus rapide à mettre en place que la GNT, ce qui permet un gain de productivité sur la réalisation. De plus, la grave-bitume est circulable plus rapidement. Cela impacte très positivement l'organisation du chantier en proposant une simplification logistique lors de l'acheminement des matériaux. Les poids lourds peuvent en effet circuler sur l'infrastructure qui vient d'être réalisée, par tous les temps (au contraire de la GNT dont une circulation par temps de pluie peut engendrer une dégradation de la plateforme qui vient d'être réalisée).

Entretien/Maintenance

Des avantages ont été constatés en termes d'entretien/de maintenance des LGV, puisque l'assise en grave-bitume permet de réduire l'accélération dans le ballast, ce qui entraîne une réduction de l'usure et donc de la dégradation.

En effet, les charges statiques et les surcharges dynamiques induites par la circulation du matériel roulant peuvent amener des tassements différentiels dans le ballast, conduisant in fine à l'apparition de dégradations géométriques des voies. Celles-ci peuvent alors nuire au confort des passagers et peuvent conduire à des restrictions de vitesse de circulation sur le réseau pour des raisons de sécurité.

Afin de remédier à ces dégradations, des opérations de maintenance sont nécessaires (notamment de bourrage), dans le but de restaurer la position géométrique de la voie. Néanmoins, outre le coût inhérent de ces opérations, celles-ci peuvent engendrer une usure (et donc un vieillissement) plus rapide du ballast.

Une réduction de l'accélération dans le ballast permet donc un gain économique non négligeable sur l'entretien/la maintenance futur des LGV en réduisant le nombre d'opérations de maintenance nécessaires.

Pour illustration, sur le tronçon de la LGV Est, SNCF Réseau constate une diminution sensible des opérations de maintenance de la voie. Ce constat est partagé par les retours d'expériences étudiés en Autriche et en Italie (avec un ratio de 1/3 voire 1/4 par rapport aux structures traditionnelles en GNT).

Enfin, la mise en place d'une grave-bitume permet également d'améliorer l'étanchéité de la plateforme.

Figure n°9 : Exemple de comparaison des profils de dégradation entre une structure GNT et une structure bitumineuse (Ramirez Cardona et al.,2016)

4.5 - Inconvénients de la technique

Toute technique étant imparfaite, des inconvénients peuvent être relevés sur les assises en grave-bitume. Là encore, les retours d'expérience issus des instrumentations en cours pourraient permettre d'approfondir voire compléter ces premiers enseignements en fonction du vieillissement de ces sections.

Organisation du chantier (câble, réseau)

Tout d'abord, elle inclut une légère complexité lors de l'organisation du chantier puisqu'elle demande une anticipation et une bonne préparation sur la pose des câbles et des réseaux. En effet, contrairement à la GNT, une fois la grave-bitume appliquée, il est moins évident d'intervenir sous la plateforme car toute opération créerait ainsi un point de fragilité dans la grave-bitume.

L'utilisation de la grave-bitume demande donc une parfaite préparation de la pose des câbles et réseaux avant mise en œuvre.

Implantation des caténaires

Des questions se posent également sur la conception des massifs caténaires (au niveau des fondations), celle-ci se faisant généralement après mise en œuvre de la couche d'assise. Dans ce contexte, toute opération risquerait de créer un point de faiblesse dans la grave-bitume. Des choix d'organisation peuvent donc être faits afin de réduire la largeur de mise en œuvre de la GB aux endroits d'implantation des caténaires.
En ces endroits, la couche d'assise est alors réalisée en GNT associé à la pose d'un enduit bi-couche.

Risque de pollution chimique

Un inconvénient constaté est le risque de pollution accidentelle aux huiles lourdes (par le passage des engins de chantier, des trains ou des engins de maintenance) qui peuvent attaquer le bitume de la GB.

Gestion des co-produits des carrières

L'utilisation de la GB peut également poser des problématiques en terme de gestion des stocks de matériaux sur les carrières. En effet, les GNT traditionnellement mis en oeuvre en couche d'assise pouvant résulter de la fabrication du ballast.

Autres inconvénients pouvant être constatés sur certains chantiers :

- L'utilisation de la GB dans les zones d'aléa cavité peut réduire les indices avant-coureurs d'une apparition de fontis sous structure.
- L'amélioration de l'étanchéité de la plateforme, indiqué au chapitre précédent, implique un ruissellement plus élevé des eaux qui peut avoir un impact sur l'assainissement en terme de dimensionnement et demander la réalisation d'accotements soignés, voire protégés.
- Un retour d'expérience étranger a montré que la fissuration de la GB sur des remblais qui continuent de tasser peut impliquer la création de phénomène d'infiltration préférentielle localisée dans le remblai.

4.6 - Instrumentation

Afin de permettre un suivi du comportement de la structure en grave-bitume dans le temps et étudier son vieillissement, de nombreux capteurs ont été mis en œuvre permettant une instrumentation complète de certaines sections. Une méthodologie identique a été appliquée sur des sections réalisées de manière traditionnelle, permettant également une comparaison entre ces deux types de structure.
Ces mesures portent notamment sur les accélérations sur les traverses, les déformations horizontales dans la grave bitume, la pression verticale à la base de la couche de forme et la température dans la grave bitume et l'air ambiant.

Les capteurs mis en place au niveau des rails, des traverses, du ballast, à la base de la grave - bitume et à la base de la couche de réglage sont donc :

- Des accéléromètres pour suivre le comportement dynamique des composants de la voie.
- Des extensomètres permettront de vérifier la déformation des matériaux.
- Des sondes de température et d'humidité.

Reliés à des systèmes d'acquisition, ces capteurs permettront de mesurer les performances mécaniques et le comportement des matériaux et ainsi valider cette solution innovante.

Figure n°10 : Exemples d'instrumentations réalisées sur la LGV SEA

5 Synthèse

A partir des éléments ci-dessus, on peut conclure que cette technique d'assise de structure ferroviaire en grave-bitume, seulement expérimentée dans les années 2000, a été massivement utilisée lors des récentes constructions de LGV qu'a connu notre pays. Pourtant habituellement réservée à des chantiers routiers, elle répond parfaitement aux attentes de service et de performance attendue d'une infrastructure ferroviaire, tout en permettant des gains notables.

Les nombreuses instrumentations actuelles de ces réalisations, et le traitement des données qui en découleront, devraient permettre d'améliorer à la fois notre compréhension scientifique du comportement de ces techniques, mais également de vérifier son évolution et le maintien de ces performances dans le temps.

5.1 - Avantages

Plusieurs avantages ont pu être mis en évidence :

- Environnemental, avec une réduction de la quantité de matériaux nécessaires ainsi que par une germination plus difficile réduisant l'entretien/la maintenance des dépendances vertes et donc une réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.
- Organisationnel, d'abord lors de la réalisation de la couche d'assise mais également lors de la mise en œuvre du ballast et la pose des équipements de voie (signalisation, etc.).
- D'entretien/de maintenance de l'infrastructure, par une réduction de la vibration dans le ballast entraînant la réduction de l'usure du ballast et des déformations géométriques de la voie ce qui permet de réduire le nombre d'opérations de maintenance.
- Économique enfin, que ce soit en gain de productivité du chantier, la réduction du volume de matériaux mis en œuvre et sur l'entretien/la maintenance nécessaire sur la durée de vie de l'ouvrage.

5.2 - Inconvénients

Les inconvénients pour l'instant mis en évidence restent majoritairement d'ordre organisationnel du chantier et demandent ainsi une plus grande attention sur sa préparation et au respect du planning (que ce soit pour la pose des réseaux que pour l'implantation des caténaires). Le risque de pollution du bitume, en phase chantier, peut avoir des impacts importants sur le maintien des performances de la grave-bitume dans le temps mais reste minime dans la mesure où l'entretien / la maintenance des engins est réalisé régulièrement et du fait de l'épaisseur de ballast recouvrant cette grave-bitume. De plus amples inconvénients peuvent être identifiées de manière locale et devront alors faire l'objet d'une plus grande attention.

De plus amples inconvénients pourraient néanmoins apparaître avec le vieillissement de ces assises.

6 Conclusions et perspectives

En conclusion, on peut d'abord noter les interactions existantes et à développer entre les techniques routières et ferroviaires. Illustré par l'exemple de la grave-bitume, ces retours d'expérience montrent également toute la pertinence et l'adaptabilité des méthodes de dimensionnement routier pour des plateformes ferroviaires.
Ces réalisations, tout comme les expérimentations en cours sur le recyclage de matériaux des voies ferrées pour leur utilisation en projet routier, doivent conduire à améliorer les interactions et les échanges entre techniques routières et ferroviaires.

Si cette note vise à faire un retour sur des récents chantiers de LGV réalisés en grave-bitume, de nouvelles techniques innovantes ont vu le jour au niveau international, notamment par la mise en œuvre de voies sur dalles (soit béton soit enrobé bitumineux). La raréfaction des ressources naturelles disponibles tend à réduire l'approvisionnement en ballast, demandant ainsi de rechercher de nouvelles formes de conception de ces LGV.
Des projets réalisés par exemple en Chine ou au Japon montrent actuellement que les chantiers de LGV sont de plus en plus réalisés en voie sans ballast. La grave-bitume en couche d'assise est alors plutôt réservée pour des voies à faible vitesse et des voies de fret.

En France, cette technique de voie sur dalle tend à se développer pour une utilisation plutôt en tunnel et sur ouvrages d'art et ne paraît pas encore mature pour une mise en œuvre sur un tronçon complet de LGV.
Des perspectives de développement et d'innovation existent également pour la grave-bitume avec l'utilisation d'enrobés recyclés dans les formulations et d'abaissement de température de fabrication, qui n'a pas été testé sur chantier ferroviaire mais qui tend à se généraliser sur les projets routiers dans un objectif de réduction de l'empreinte environnementale du chantier.

De plus, l'arrêt envisagé des projets neufs de construction de plateformes de LGV amène à se demander dans quelle mesure cette technique, qui présente pourtant de nombreux avantages, connaîtra le succès d'utilisation qu'on peut constater dans de nombreux pays.
Le vieillissement des infrastructures ferroviaires, et leur inhérente usure, pourrait permettre des débouchés dans la réhabilitation ou la régénération des plateformes ferroviaires. Toutefois, la gestion des reprises de plateformes d'assises en GB n'a pas encore été pratiquée en France et cette méthodologie reste donc à être appréhendée et organisée (en matière d'organisation du chantier, de durée des travaux...), notamment dans le cas d'emprises ferroviaire exploitée.

7 Bibliographie

Thèses :

« *Analyse numérique de la réponse dynamique de structures ferroviaires. Application à la réduction des désordres géométriques induits dans les couches de ballast des Lignes à Grande Vitesse* ». Antoine Martin, 2015.

« *Propriétés thermomécaniques des enrobés bitumineux à usage ferroviaire* ». Diego Ramirez Cardona, 2016.

« *Analyse et modélisation du comportement mécanique des structures de voies ferrées avec sous-couche bitumineuse* ». Diana Khairallah, en cours.

« *Comportement d'un enrobé bitumineux sollicité par des rails posés sur des appuis continus* ». Octavio Lopez Polanco, en cours.

Projets SUP&R ITN :

Project 2.1 (ESR7): Optimization of trackbed design and maintenance.

Project 2.2 (ESR8): Characterization of rubberized asphalt for railways sub-ballasts.

Project 2.3 (ESR9): Modeling and Design of rubberized asphalt for railways sub-ballast.

Project 2.4 (ESR10): Settlement monitoring and prediction in railway tracks.

Project 2.5 (ESR11): Optimization techniques for geophysical assessment of rail support structures.

Project 2.6 (ESR12): The use of waste materials in railways.

Articles :

« *La structure ferroviaire en grave-bitume : innovation, conception et instrumentation* ». Revue générale des chemins de fer - numéro 277, pages 40-49. Décembre 2017.

« *Dimensionnement des LGV : Impact des accélérations sur les couches de ballast* ». Revue générale des routes et de l'aménagement - numéro 944, pages 54-61. Mars 2017.

« *Instrumentation de la LGV Bretagne - Pays de la Loire : Performance des sous-couches en grave-bitume* ». Revue générale des routes et de l'aménagement - numéro 944, pages 62-66. Mars 2017.

« *Sous les rails, le bitume* ». Bitume info - numéro spécial Géorail. Novembre 2014.

« *Grave-bitume sous les rails : la solution d'avenir* ». Bitume info - numéro 26. Septembre 2011.

« *Les avancées de la grave-bitume ferroviaire* ». La lettre ferroviaire - numéro 52. Avril 2016.

« *Instrumentation de LGV avec sous-couche en grave-bitume* », Diana KHAIRALLAH, Juliette BLANC, Louis-Marie COTTINEAU, Pierre HORNYCH, Rachel TERMINAUX ROSSA, Simon POUGET, Mohsen HOSSEINGHOLIAN. Symposium International GEORAIL, 2017.

La présente note d'information a été rédigée par un groupe de travail spécifique rattaché au comité Méthodologie de l'IDRRIM.

Avertissement : La présente note est destinée à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.

IDRRIM

INSTITUT DES ROUTES, DES RUES ET DES INFRASTRUCTURES POUR LA MOBILITÉ

9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99
www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com
@IDRRIM
Association loi 1901

Crédits photos : ETF - Eiffage - Colas

Tracer ensemble
les voies durables de la mobilité