

Tapis sous ballast **DAMTEC**® KRAIBURG USM

Optimisation technique de la superstructure du chemin de fer du Zillertal
sur le plan des vibrations et des bruits secondaires

Sous réserve de modifications techniques – février 2008



Généralités

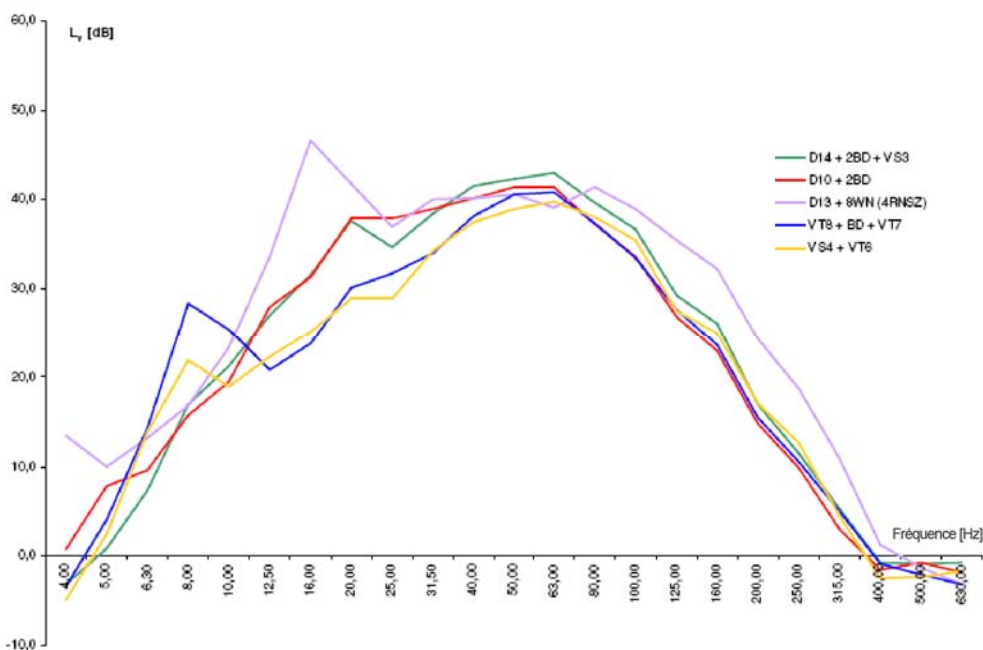
Dans le cadre du remplacement de la superstructure du chemin du fer du Zillertal, il s'agissait de procéder à une optimisation en ce qui concerne les émissions de bruit et les émissions vibratoires. L'objectif était une réduction des émissions vibratoires et des émissions de bruits secondaires pour les riverains, la situation des bruits aériens directe devant tout au moins ne pas être dégradée.

Sur la base des résultats d'une première série de mesures (mesures de base - « situation réelle »), il fut possible de modifier la superstructure standard sur le plan d'une réduction des vibrations et des bruits secondaires.

Les résultats des études devaient conduire à élaborer des recommandations quant à la construction de la superstructure, l'optimisation économique et les coupes transversales standard. Le cas échéant, des transitions supplémentaires s'avéreraient nécessaires entre la superstructure de réduction des vibrations et des bruits secondaires et la superstructure standard.

Les résultats de la première série de mesures servirent de base à la sélection d'une variante de superstructure efficace pour la réduction du bruit et des vibrations. Les propriétés d'isolation de différents matériaux étant fonction de la fréquence, il était nécessaire d'étudier quant à leur teneur en fréquences les émissions générées.

Les résultats de la première série de mesures montraient que la répartition du spectre de fréquences était très diverse selon les véhicules en circulation. Le diagramme ci-après illustre l'incidence des divers types de véhicules.



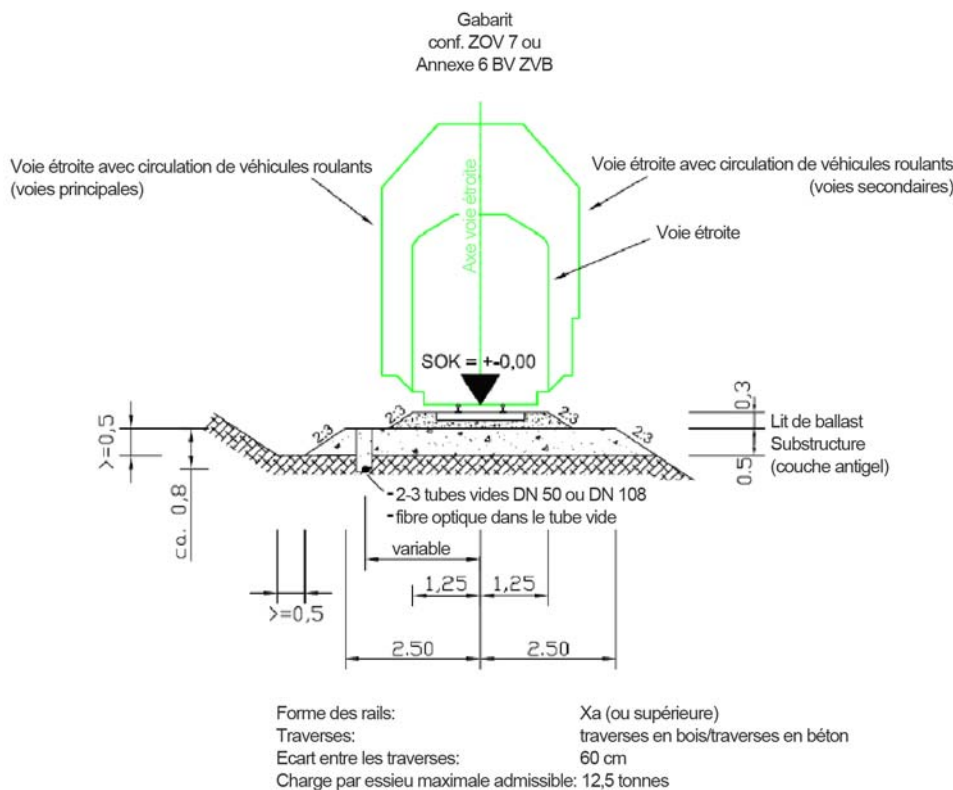
III. 1 : Incidence des types de trains sur la répartition spectrale du niveau de vélocité de vibration

Les différents types de trains présentent, spécialement dans les plages de fréquences basses, des différences nettes. Dans le cas de trains de marchandises surtout, les émissions autour de 16 Hz sont très nettement visibles.

Les mesures montraient nettement que les émissions résultant du bruit aérien direct au passage des trains respectent les valeurs limites de l'Arrêté allemand sur la protection contre les nuisances résultant des émissions ferroviaires (DB-SchIV, « Dispositions d'application de l'arrêté allemand sur la protection contre les émissions de bruits résultant du trafic ferroviaire » - version 01/01/2006).

Conformément au problème posé, il s'agissait de réaliser au niveau de la superstructure des mesures d'optimisation n'entraînant pas, par rapport à la nuisance actuelle, d'augmentation des émissions par les bruits aériens. Cette considération fut intégrée dans la sélection des mesures adaptées de protection contre les émissions.

L'illustration suivante montre la coupe transversale standard des sections à une voie du chemin de fer du Zillertal (source Zillertalbahnen AG).



III. 2 : Forme superstructure standard - Zillertalbahn (une voie).

Au point étudié (section Aschau – Zell am Ziller), la situation donnée était celle d'une superstructure existante à traverses de bois (type de rails Xa). Etait prévue, après remplacement de la superstructure, la mise en œuvre d'un rail de type 49 E1–R260.

Assise élastique de la superstructure

Pendant le passage d'un train, la charge déplacée, les rugosités des roues et des rails ainsi que les variations locales de la résistance du caillbotis de voies causent des vibrations et des bruits de structure.

Selon le système de superstructure, des mesures diverses peuvent être prises dans la zone d'émissions afin de réduire les vibrations et les bruits secondaires. Le mode d'action des formes de superstructure optimisées sur le plan des vibrations repose pour l'essentiel sur l'utilisation de matériaux élastiques sur le cheminement des vibrations. L'utilisation de ces matériaux doit permettre de limiter la transmission des vibrations dans la substructure. L'extension spatiale de l'opération, de par la diffusion des vibrations, étant la plus réduite sur le lieu d'émission, c'est souvent dans cette zone aussi que les opérations sont les plus économiques.

Dans le cas de la superstructure de ballast existante, ont été étudiés aussi bien des semelles que des tapis sous ballast.

Compte tenu de l'objectif selon lequel la situation des bruits aériens ne devait pas être dégradée, la mise en œuvre de traverses en bois avait été recommandée pour les sections à proximité de constructions habitées. De ce fait, les études se sont basées sur des traverses en bois.

Pour réduire le rayonnement des vibrations de la voie, les traverses peuvent être placées sur le lit de ballast avec des semelles élastiques.

Cependant, dans le cas présent, pour ne pas augmenter les émissions de bruits aériens et choisir une solution la plus efficace possible, une couche élastique par l'intermédiaire de semelles était déconseillée.

L'assise élastique de la superstructure du ballast sur des tapis sous ballast permet, en raison de la masse importante de la superstructure vibrante, d'obtenir un haut niveau antivibratoire. Ce faisant, le module de réaction dynamique du tapis sous ballast (USM) doit être d'autant plus petit que les fréquences devant être amorties sont basses. Pour des raisons relevant de la dynamique du trafic et pour assurer la stabilité nécessaire du ballast cependant, une certaine rigidité minimum du tapis sous ballast doit être garantie (en fonction de la charge des essieux et de la vitesse maximum du trafic ferroviaire). Pour limiter les tensions des rails et les affaissements, le module de réaction statique conformément aux consignes de la Deutsche Bahn TB 918 071 (valable pour le trafic ferroviaire sur voie normale) est limité.

$\geq 0,02 \text{ N/mm}^2 \quad v \leq 120 \text{ km/h}$ (Radsatzlast $\leq 160 \text{ kN}$)

$\geq 0,03 \text{ N/mm}^2 \quad v \leq 120 \text{ km/h}$ (Radsatzlast $> 160 \text{ kN}$)

$\geq 0,06 \text{ N/mm}^2 \quad 120 > v > 200 \text{ km/h}$

$\geq 0,10 \text{ N/mm}^2 \quad v \geq 200 \text{ km/h}$

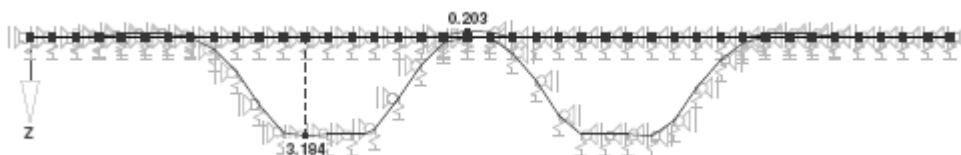
Théoriquement, les tapis sous ballast atteignent leur efficacité maximale dans le cas d'une impédance finale infiniment grande, c'est-à-dire sur une substructure absolument rigide. Par suite, l'efficacité d'un tapis sous ballast peut être augmenté par une augmentation de la rigidité de la couche se trouvant au-dessous. Sont adaptés pour cela des degrés de compactages élevés, mais aussi des couches de recouvrement rigides sous le tapis sous ballast (couche de base en asphalte, couche de base en béton).

A été recommandée, à titre de mesure appropriée pour l'optimisation de la superstructure quant aux vibrations et aux bruits secondaires, la mise en œuvre d'un tapis sous ballast. En raison de leurs propriétés, trois tapis sous ballast différents ont été étudiés plus précisément afin de déterminer dans quelle mesure ils étaient appropriés. Une mise en regard des divers produits a été réalisée à partir des différentes valeurs caractéristiques (rigidité dynamique – propriété de réduction des vibrations, rigidité statique – affaissement des rails et tensions des rails).

Des calculs numériques, par deux séries de mesures (avant et après la mise en œuvre du tapis), permettent de vérifier le bien fondé de la recommandation portée sur le choix des tapis sous ballast. Pour ce faire, l'efficacité des tapis sous ballast fut déterminée à l'aide de l'affaiblissement acoustique selon Wettschureck. Ce faisant, les facteurs d'incidence déterminants sont la masse des trains de roues sans effet de ressort, la rigidité du ballast et la rigidité du tapis.

Les émissions vibratoires mesurées et analysées n'ont pas dépassé les valeurs limites des normes. L'effet isolant de tous les tapis sous ballast étudiés dans la plage de fréquences supérieure était suffisant. Il a donc été constaté, dans l'ensemble, que, sur le plan de l'effet isolant, l'ensemble des produits testés présentaient des propriétés de qualité sensiblement égale, et étaient appropriés pour le cas présent.

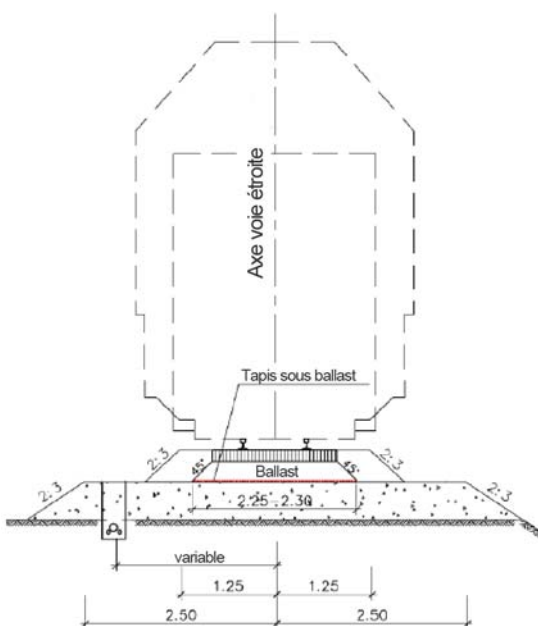
Furent effectués de plus des calculs de l'affaissement maximal et des tensions maximales des rails.



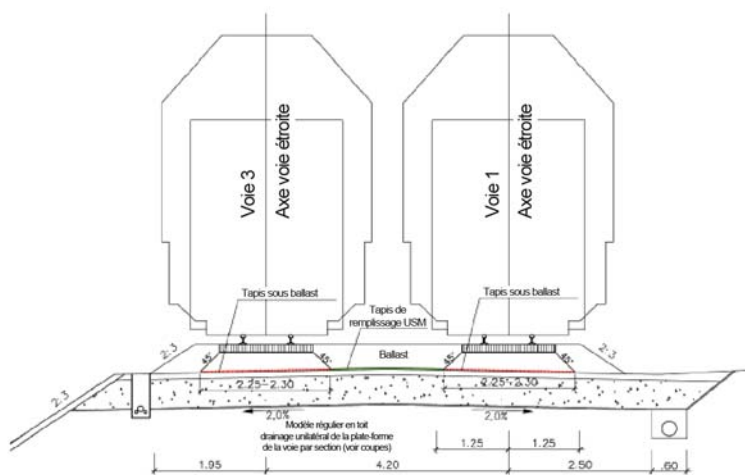
Ill. 3 : Affaissement maximal du tapis sous ballast DAMTEC® KRAIBURG USM sous charge

Coupes transversales standard

L'agencement géométrique des tapis a été indiqué pour les coupes transversales standard disponibles, en fonction du choix du type de tapis sous ballast optimal. Ce faisant, la largeur du tapis sous ballast dépend pour l'essentiel de la surface active de transmission des vibrations et des bruits de structure.



III. 4 : Coupe transversale standard à une voie avec tapis sous ballast.



III. 5 : Coupe transversale standard à deux voies – en toit.

Décision

Compte tenu des coûts du matériau et des coûts de la pose ainsi que des propriétés statiques et dynamiques des tapis sous ballast, c'est l'utilisation du type **DAMTEC®** KRAIBURG USM une couche (ép. = 23 mm) qui a été recommandée.

Par principe et de manière générale, l'attention a été attirée sur le fait que l'efficacité des tapis sous ballast dépend fortement de la qualité de la couche se trouvant au-dessous. L'analyse réalisée était valable pour un support d'un module de compactage $E_{V,2} = 180 \text{ MN/m}^2$. Une efficacité optimale pourrait être obtenue par la mise en œuvre de couches de recouvrement rigides (couche de base en asphalte ou en béton). Dans le cas présent, considérant globalement le rapport d'efficacité et d'économie, cette dernière mesure n'était pas préconisée, mais il fallait veiller cependant à un bon compactage de la couche de base supérieure et de la couche antigil.

Photos de la mise en œuvre



Références

Rapport n° 07-1103-02 - avril 2007 - Optimisation technique de la superstructure des chemins de fer du Zillertal sur le plan des vibrations et des bruits secondaires - Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH