

Réduction des vibrations d'un tramway à la source

Thierry Legouis

SerdB

Parc des Grésillières

5, avenue Jules Verne

44230 Saint Sébastien sur Loire

Tél : 02 40 34 11 22

Fax : 02 40 34 01 02

E-mail : contact@serdb.com

Un projet d'implantation d'un tramway dans une ville est souvent l'occasion d'un renouvellement de l'espace urbain.

Le revêtement de la voie de ce tramway fait partie de la requalification de cet espace urbain envisagée par les aménageurs et validée par les élus. Toutefois, il ne faut pas oublier que le traitement anti-vibratile de la plateforme est également un élément primordial car c'est lui qui conditionne le niveau de vibrations injecté dans le sol et, par conséquent, le niveau de vibrations chez les riverains eux-mêmes.

Origine des vibrations

Les vibrations sont générées par le contact roue/rail et, plus particulièrement, par la rugosité de l'une et de l'autre.

Cette grandeur peut se mesurer in situ (voir figure 3), à l'aide d'un chariot mobile instrumenté par exemple.

La figure 4 montre un exemple de spectre de rugosité mesuré en situation réelle. On peut remarquer, dans ce cas, la présence d'usure ondulatoire sur une partie de la mesure (entre 20 et 30 m environ).



Fig.1 : Tramway de Nantes, place de Bretagne



Fig. 2 : Pose de voie en ville



Fig. 3 : Mesure de la rugosité des rails à l'aide d'un chariot mobile

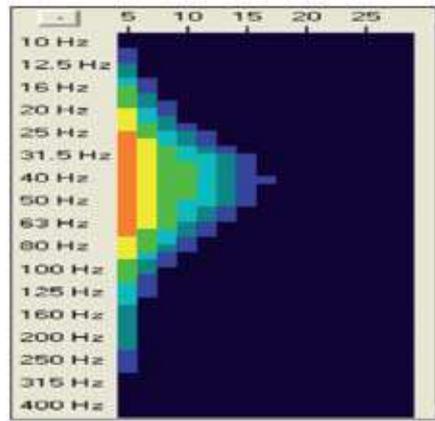


Fig. 5 : Mesure de transmissibilité vibratoire du sol (abscisse : fréquence, ordonnée : distance)

Position du problème

Les zones à risques de propagation de vibrations sont généralement liées à la nature du sol d'assise, à la localisation de la plateforme par rapport au bâti, au tracé des voies ainsi qu'aux bâtiments eux-mêmes, à leur type de fondations et à leur structure notamment.

En tout état de cause, c'est le sol qui est le vecteur de transmission ; c'est pourquoi, en fonction d'une analyse des risques du projet, il y a d'abord lieu de vérifier la qualité d'amortissement vibratoire des sols d'assise au regard des risques recensés (voir figure 5).

La modélisation des phénomènes en présence, depuis la génération des vibrations jusqu'à leur perception chez les riverains (soit sous forme de vibrations, soit sous forme de bruit solidien) est donc primordiale si l'on souhaite s'assurer, en amont d'un projet, des bons choix techniques, tout en minimisant les coûts.

Cette modélisation peut s'appuyer sur des modèles physiques, sur de la mesure, sur des abaques dans une certaine mesure, mais quelle que soit la méthode choisie, elle doit offrir suffisamment de finesse pour conduire le choix des concepteurs avec la plus grande pertinence.

Le type de pose de rails

Il existe deux familles de pose de voies, la pose continue (le rail repose sur un support appui sur toute sa longueur) et la pose sur appuis (le rail repose sur des appuis à des intervalles adaptés).

La déflexion du rail au passage des rames dans les deux solutions est différente, plus «linéaire» en pose continue qu'en pose sur appuis.

Le traitement anti-vibratile dépend donc également du type de pose de voies choisi.

D'autre part, les rails Tramway en zone urbaine sont généralement intégrés dans la voirie ou les espaces verts.

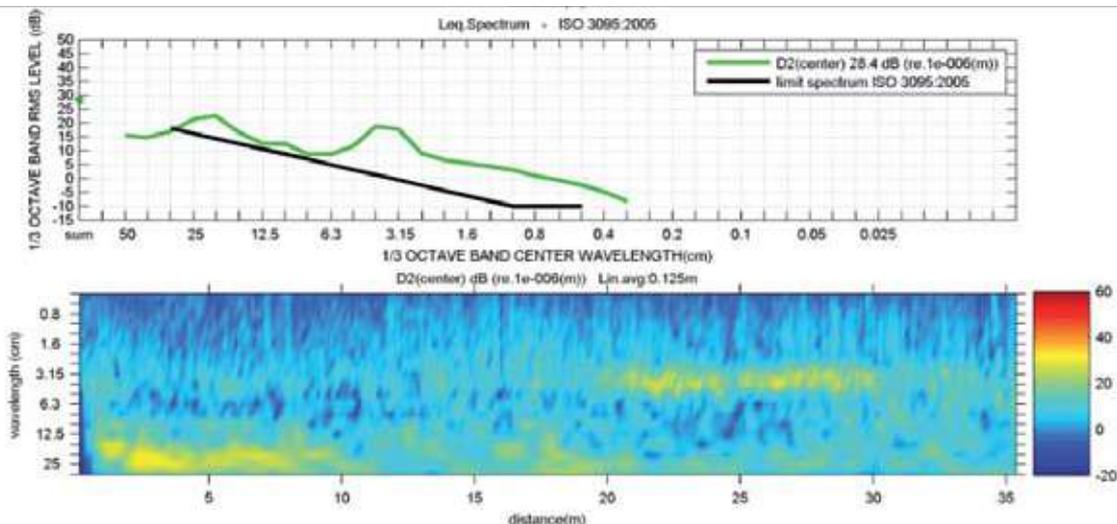


Fig. 4 : Exemple de spectre de rugosité

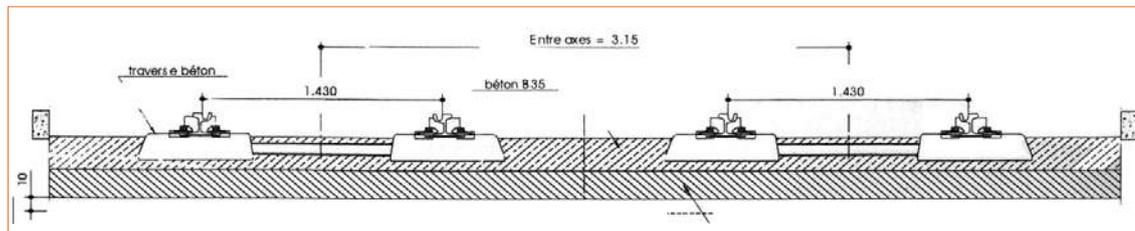


Fig. 6 : Pose de voie dite «classique» sur semelle cannelée

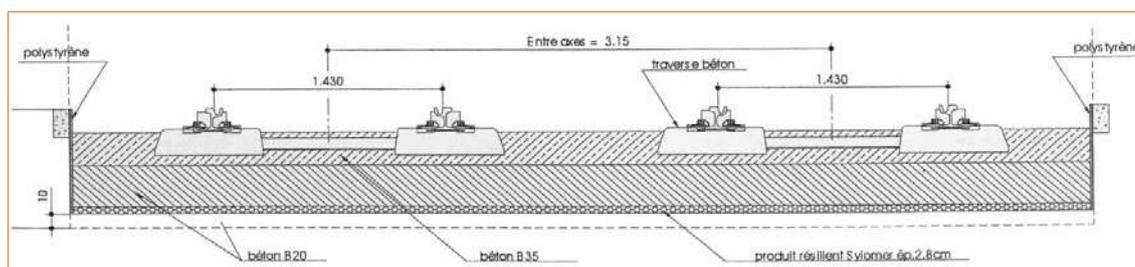


Fig. 7 : Pose de voie de type dalle flottante

Pour se prémunir des courants vagabonds, ceux-ci sont enveloppés dans une mousse polyuréthane ou du caoutchouc recyclé.

Pour les poses de voies sur appuis, le rail repose sur une semelle cannelée en caoutchouc qui permet la déflexion du rail au passage des rames et isole celui-ci de la terre.

Quand on parle d'une voie non traitée (ou «classique»), ces deux éléments sont naturellement intégrés car technologiquement nécessaires (voir figure 6).

Le traitement anti-vibratile des voies en pose continue

Deux solutions sont envisageables :

- un traitement de l'appui continu du rail par incorporation d'une semelle adaptée aux sollicitations vibratoires dont la déflexion reste compatible avec le revêtement de la plateforme et l'environnement du rail ;
- un traitement sous la plateforme Tramway qui consiste à isoler l'ensemble de la plateforme et la faire reposer sur un tapis anti-vibratile approprié au sol d'assise et à la masse suspendue. Ce système est communément appelé «dalle flottante» (voir figure 7).

Le traitement des voies sur appuis

Le principe du traitement anti-vibratile sous l'appui du rail reste envisageable mais il y a bien lieu de s'assurer que la déflexion du rail n'est pas contrainte sur l'ensemble du rail et que la déflexion au niveau de l'appui est libre et compatible avec le revêtement de la plateforme.

Le traitement anti-vibratile peut se faire également sous la traverse par un emmaillotage des sommiers de traverses dans des chaussons en matériau anti-vibratile ; ce principe, très employé dans les gares SNCF, est très efficace mais incompatible avec un revêtement de la plateforme.

Comme pour la voie continue, le principe de la dalle flottante est une solution efficace.

Synthèse

Le choix et le dimensionnement précis des poses de voie le long d'un tracé de tramway est un élément clé. Il doit permettre au maître d'œuvre en charge des études de sélectionner le meilleur système compte tenu des diverses contraintes existantes (site, conditions d'exploitation, type de tramway ...) tout en limitant au maximum le coût des opérations.

Pour cette raison, le maître d'œuvre doit réaliser un travail d'optimisation consistant à sélectionner les types de pose de voie adéquat sans «surdimensionner» ses choix. Pour cette raison, l'apport de modèles de calcul performants est absolument nécessaire.

Caractéristiques d'atténuation vibratoire

Le logiciel dBtram©, que nous développons est un logiciel de simulation sonore et vibratoire de tramways. Il intègre un module complet de calcul d'atténuation vibratoire en fonction des caractéristiques du sol, de la plateforme Tramway et du rail.

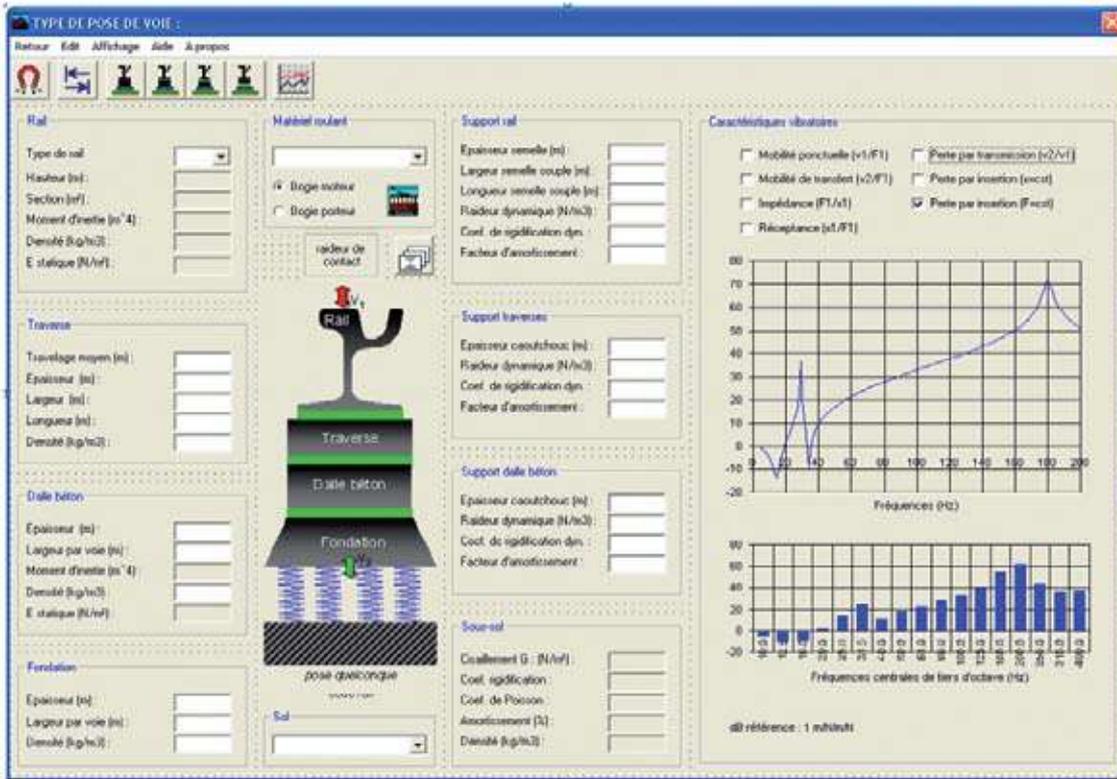


Fig. 8 : Exemple de calcul d'atténuation vibratoire par dBtram©

Dans l'exemple ci-dessus, représentatif d'une pose de voie sur dalle flottante «conventionnelle», l'atténuation obtenue pour les tiers d'octave supérieurs ou égaux à 63 Hz est supérieure à 20 dB (voir graphique).

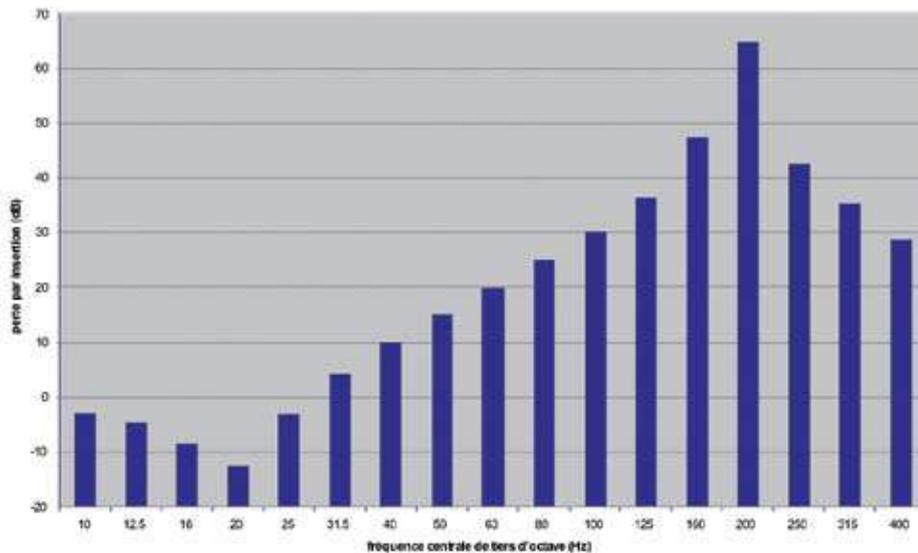


Fig.9 : Perte par insertion déterminée par dBtram©