

# 10<sup>ème</sup> Congrès Français d'Acoustique Lyon, 12-16 Avril 2010

## Session : Acoustique du bâtiment : aspects actuels Article : Isolation vibratoire des constructions

Joseph TORBAY

Président & Responsable Produits et systèmes d'isolation des vibrations dans les voies ferrées

Rayan LEBBIHI

Chargé d'affaire – Responsable Produit et système d'isolation des vibrations dans le Bâtiment

L'évolution de l'état de l'Art a rendu possible, et ceci depuis une cinquantaine d'année, l'isolation vibratoire des constructions vis-à-vis des sources vibratoires qui sont essentiellement les voies ferrées.

En effet, à défaut de pouvoir isoler les voies ferrées lors de leur construction et ainsi absorber l'énergie vibratoire du trafic ferroviaire au sein de l'infrastructure, on procède à l'isolation de l'immeuble lors de sa construction en interposant les matériaux antivibratoire sous les structures porteuses des parties à isoler.

La localisation du filtre vibratoire que constitue les matériaux précités est située entre la partie non isolée (partie soumise au champ vibratoire émis par la source qui est en l'occurrence la voie ferrée) et celle isolée (celle où les logements et les locaux sensibles sont implantés) applicable pour chaque opération de construction.

Les solutions antivibratoires utilisées sont déterminées en fonction de la fréquence de coupure fixée par l'acousticien concepteur. Elles sont réparties en 2 familles : élastomères (fréquence de coupure de 6 à 12 Hz), et ressorts métalliques (fréquence de coupure de 3 à 5 Hz).

Cet article présente et illustre l'utilisation de ces différentes techniques, en particulier pour la protection de bâtiment contre les vibrations d'origine ferroviaire.

### 1. INTRODUCTION

Lorsqu'une construction neuve est programmée sur un site proche d'une source vibratoire du type ferroviaire, une étude vibratoire et acoustique s'impose.

Les Cahiers des Charges ou les règlements particuliers spécifient souvent le bruit maximal toléré dans les bâtiments par référence au réseau de courbes d'évaluation, dites "courbes NR" conformément à la norme française NF S 30-010 de décembre 1974 relative aux courbes d'évaluation NR du bruit et la NRA : Nouvelle réglementation acoustique

Les résultats obtenus par les mesures vibratoires montrent que l'énergie vibratoire « perturbatrice » est concentrée entre 20 Hz et 40 Hz pour les trains de fret, et entre 63 Hz et 80 Hz pour les Tramways, Métros, RER et TGV. Afin d'atténuer ces niveaux vibratoires  $L_v$  dans les fréquences en question, deux solutions se présentent à nous :

#### Solution active : Traitement à la source

Cette solution consiste à introduire un élément élastique sous l'un des composants de la voie du train (de marchandise, du TGV, du métro, du RER...etc.) selon le cas de figure.

En dépit de ses performances élevées, cette technique n'est pas toujours possible à mettre en œuvre car l'existence

Niveau de suspension élastique	$\Delta L_v$ réf $5 \cdot 10^{-8}$ m/s à 63 Hz par exemple
Patin élastique sous le rail	10 dB
Dalle flottante sous la traverse	20 dB

des voies ferrées est souvent antérieure aux nouvelles constructions (principe d'antériorité) En revanche elle est utilisée systématiquement lors de construction des voies ferrées neuves.

#### Solution passive : Traitement à la réception

Cette solution consiste à introduire un élément élastique dans la structure de la future construction au niveau du plancher bas des locaux à protéger.

Le travail de l'acousticien consiste à :

- **Calculer les niveaux sonores prévisionnels dans la future construction engendrés par le trafic ferroviaire**

Un récapitulatif est donné dans le tableau suivant des spectres des niveaux sonores (vibrations + bruits aériens régénérés par la structure), prévisionnels estimés par un

bureau d'étude Acoustique, dans les bandes d'octaves les plus sensibles aux vibrations d'origine ferroviaire, dans une opération de construction d'un hôtel situé à 10 m d'une voie TGV. Rappelons que l'énergie vibratoire transmise par le trafic ferroviaire dans le futur immeuble est régénérée en partie par l'effet du rayonnement de la structure. Ainsi, le niveau de pression acoustique prévisionnel dans la future construction et le niveau vibratoire transmis sont liés. Nous nous limiterons aux octaves 31,5 – 63 – 125 et 250 Hz.

▪ **Définir les objectifs acoustiques**

Dans cette opération, le niveau Lp de confort recherché dans les chambres doit être conforme à la courbe NR-25 figurant sur le tableau suivant :

f (Hz)	31,5	63	125	250
Lp (dB) NR-25 dans les chambres	72	55	44	35
10 log 4S/ A (dB)	- 10	- 10	- 10	- 10
Lv (dB) NR-25 réf: 5.10 <sup>-8</sup> m/s dans les chambres	62	45	34	25

▪ **Déterminer les émergences des niveaux de pressions aux passages des trains**

Au vu de ces courbes, il apparaît qu'aux passages des trains, les niveaux Lp limités par les courbes NR par bande d'octave sont dépassés dans les bandes d'octaves 63 et 125 Hz.

f (Hz)	31,5	63	125	250
Lp (dB) réf: 2.10 <sup>-5</sup> Pa dans les chambres lors des passages des trains	30,4	61,2	43,4	18,7
Lp (dB) NR-25 réf: 5.10 <sup>-8</sup> m/s	72	55	44	35
Emergence (dB) dans les chambres	- 41,6	6,2	- 0,6	- 16,3

▪ **Proposer une solution pour la réduction des émergences**

La solution envisagée pour réduire les émergences dans cette opération consiste à créer une suspension élastique sous les planchers des chambres d'hôtel.

Le choix du système de suspension élastique (ressorts métalliques ou les plots en élastomère) dépend de la fréquence de résonance des appuis élastiques déduite à partir de la valeur d'émergences la plus élevée à atténuer, à savoir  $\Delta = - 6,2$  dB à 63 Hz

**Conclusion : la fréquence de résonance du système de suspension élastique compatible avec une atténuation de - 6,2 dB à 63 Hz devra être égale à 10 Hz.**

Le choix est opté pour une solution à base de plots en élastomère type CDM-83 en 50 mm d'épaisseur proposé par la Société ACOUSYSTEM. Dans le cas où cette atténuation était supérieure à - 15 dB à 63 Hz, la solution la plus appropriée aurait été les ressorts métalliques dont la fréquence de résonance est inférieure ou égale à 4 Hz.



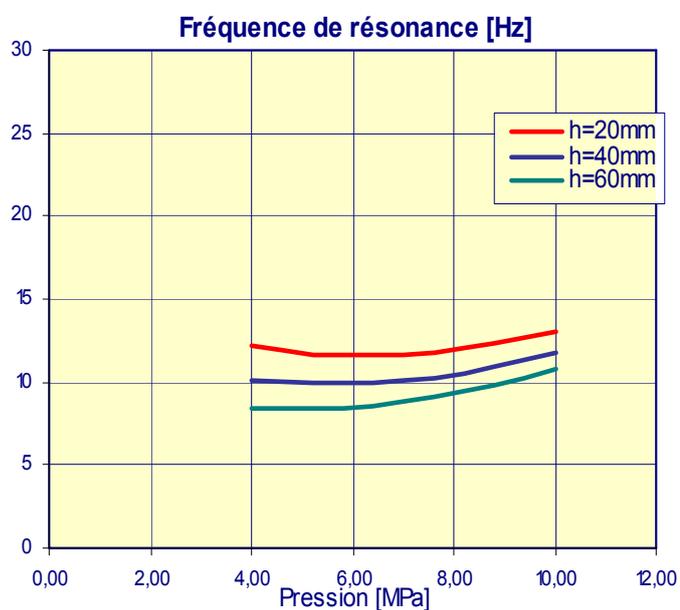
Suspension élastique sur plots en élastomère

## 2. INTEGRATION DES APPUIS ELASTIQUES A BASE DE PLOTS EN ELASTOMERE DANS LA CONCEPTION DU BATIMENT

L'intégration des plots en élastomère dans la structure se traduit par une discontinuité absolue de la structure de part et d'autre du niveau de la suspension élastique. Compte tenu de la spécificité de cette technique qui assure une double fonction, à savoir le transfert des efforts dans la structure et l'atténuation des vibrations, une attention particulière doit être portée par l'ensemble des intervenants dans la conception de cette coupure élastique sur les points suivants :

- La caractérisation des plots afin de s'assurer de leur adéquation avec les objectifs de filtrage vibratoire et les contraintes structurelles
  - La descente des charges de la structure réalisée sur les plots
  - La rigidité intrinsèque des structures
  - La protection au feu de la coupure élastique
  - L'accessibilité et le remplacement éventuel des plots
- 2.1. La caractérisation des plots afin de s'assurer de leur adéquation avec les objectifs de filtrage vibratoire et les contraintes structurelles**

Dans le cas de l'opération évoquée ci-dessus, le matériau élastique retenu était le CDM-83 en 50 mm d'épaisseur à vide. Le CDM-83 était choisi pour sa faible raideur dynamique dans son domaine de chargement et pour son taux de contrainte élevé (variant entre 4,00 et 10,00 MPa). Ainsi la surface d'impact des plots sur la structure est très limitée et la fréquence de résonance de 10 Hz est maintenue dans son domaine de charge variant entre 4,00 et 10,00 MPa.



**Variation de la fréquence de résonance du CDM-83 en fonction du taux de charge**

Pour chaque projet, les matériaux proposés subissent une série d'essais mécaniques validant leur adéquation avec les objectifs vibratoires et les contraintes structurelles.

### 2.1.1. Essais de raideurs statiques et dynamiques

Les essais sont réalisés sur une presse dynamique "Instron 8802" servant au mesurage des raideurs statiques et dynamiques, du facteur de perte, et de la fatigue du matériau retenu pour chaque projet.



**Presse dynamique "Instron 8802"**

### 2.1.2. Essai de fluage

L'intérêt de ce test réalisé sur un portique « Cantilever » suivant la norme ISO-8013 est d'appréhender l'évolution des raideurs dynamique et statique du matériau élastique dans le temps et de la maintenir en dessous des valeurs admissibles. A l'instar des matériaux composites tels que le béton, les matériaux CDM sont soumis également au phénomène de fluage. Ne pouvant pas arrêter complètement ce phénomène, il est donc indispensable de le maîtriser. Pour ce faire, la vitesse de fluage admise par la directive BS-6177 depuis 1982 est limitée à 2% par décade de temps. Les produits CDM présentent des valeurs nettement inférieures variant de 0,92 % à 1,2% suivant les différents types de matériaux.



**Portique « Cantilever »**

## 2.2. La descente des charges de la structure réalisée sur les plots

Les résultats des essais de raideurs dynamiques est statiques réalisés sur la presse dynamique homologuée « Instron 8802 » sont donnés avec une précision de +/- 5%. Ce niveau de précision doit être appliqué au calcul de descente des charges sur les plots. Une relation directe étant établie entre la fréquence de résonance du plot et la charge qui lui est appliquée et donnée par la formule suivante :

$$f = 1/2\pi\sqrt{K_{dyn}/M} \quad (1)$$

$K_{dyn}$  : raideur dynamique du plot mesuré en laboratoire

$M$  : charge sur le plot

## 2.3. La rigidité intrinsèque des structures

Afin de s'affranchir des phénomènes d'amplification vibratoire par effet de coïncidence de la fréquence de résonance des plots avec celles de l'infrastructure et de la superstructure, les bureaux de contrôle et plus particulièrement SOCOTEC recommande aux bureaux d'études de structure de prendre en compte dans le dimensionnement d'une structure sur plots en élastomère ou sur ressorts métalliques (infra et super) une rigidité intrinsèque qui soit au moins supérieure à 3 fois la raideur dynamique des plots ou des ressorts métallique selon le cas de figure.

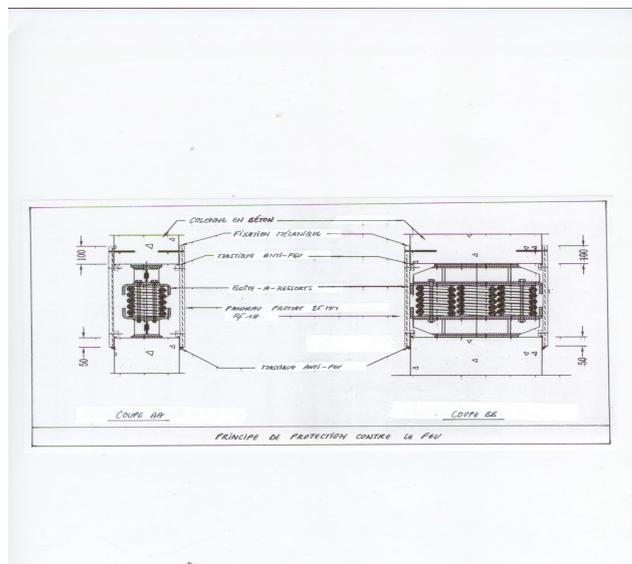
De même, cette recommandation est aussi valable dans le cas d'une coupure élastique assurée par des ressorts métalliques.

## 2.4. La protection au feu de la coupure élastique

Dans la majorité des cas, la coupure élastique est situé en dessous du plancher séparant le parking du reste du bâtiment. Dans ce cas de figure, un coupe feu de 2 heures est exigé par les bureaux de contrôles. La coupure élastique crée une discontinuité de la structure et donc une rupture du degré coupe feu assuré par la structure elle-même. Les plots en élastomère ne résistent pas à des températures supérieures à 100°C et deviennent visqueux vers 150°C. De part ce fait, une protection au feu est indispensable pour assurer leur stabilité en cas d'incendie. La technique la plus répandue consiste à protéger les plots par un cordon ayant le même degré coupe feu que le reste de la structure. Une autre protection consiste à poser de cales métalliques de sécurité ou des redans en béton armé dont les hauteurs sont 15 à 20 mm plus réduites que celles de plots.

Dans le cas des boites à ressorts. Deux techniques sont habituellement pratiquées.

- L'encoffrement par une plaque en Staff coupe feu selon le degré de protection recherchée.
- La conception de la structure du bâtiment en prévoyant des cales en béton armé.



Protection au feu par encoffrement



Protection au feu par création de niches bordées de retombées en béton armé

## 2.5. L'accessibilité et le remplacement éventuel des plots ou des boites ressorts

Pour rendre possible un éventuel remplacement des plots, il est conseillé de prévoir lors de la conception des dispositifs destinés à recevoir les éléments de transfert des charges de la structure pendant le remplacement des plots dont les étapes sont décrites ci dessous

- Sur les appuis linéaires, dégager des intervalles entre les plots réservés à l'installation des vérins plats et prendre au droit de ces zones précitées les dispositions structurelles appropriées en conséquence (bossage, frettage,....)
- Prévoir des réservations (fourreaux Ø 60 mm) dans les corps des poteaux destinés à recevoir au besoin des corbeaux métalliques supports de vérins hydrauliques.

## CONCLUSION

- L'évolution permanente des techniques, des besoins et l'état de l'art,
- Le développement des logiciels de calculs et de simulation des structures,
- L'expérience d'ACOUSYSTEM de plus de 100 opérations rien qu'en France et le savoir faire de ses Ingénieurs,

Nous permettent d'assurer d'une manière efficace la maîtrise de l'ingénierie de nos coupures élastiques (notes de calculs de dimensionnement des plots, plan de calepinage des plots sur la structure, détails et coupes de réalisation....etc).

Les produits ACOUSYSTEM à base d'élastomère sont sous cahier des charges approuvé sans discontinuité par SOCOTEC depuis 1998 et couverts par une garantie décennale.

Enfin, un décibel d'Or est décerné par les pouvoirs publics à ACOUSYSTEM en septembre 2009 en reconnaissance de leur savoir faire dans le domaine des produits et systèmes à base de caoutchouc revalorisé destinés aux voies ferrés tels que les tramways.