



Acoustique & Conseil

Bureau d'études en acoustique et vibrations
www.acoustique-conseil.com



23 mars 2011



LES RENCONTRES ACOUSTIQUE & TECHNIQUE

Nécessité et amorce de construction d'un
utilitaire de prédiction de la propagation des
vibrations dans un bâtiment

*Eric GAUCHER, directeur général
Gabrielle VIOT, acousticienne*



Vibrations de plus en plus présentes dans les projets urbains

SOMMAIRE

1. Quelques exemples concrets
2. Modèle de prédiction
3. Limites et difficultés rencontrées
4. Conclusion

QUELQUES EXEMPLES CONCRETS



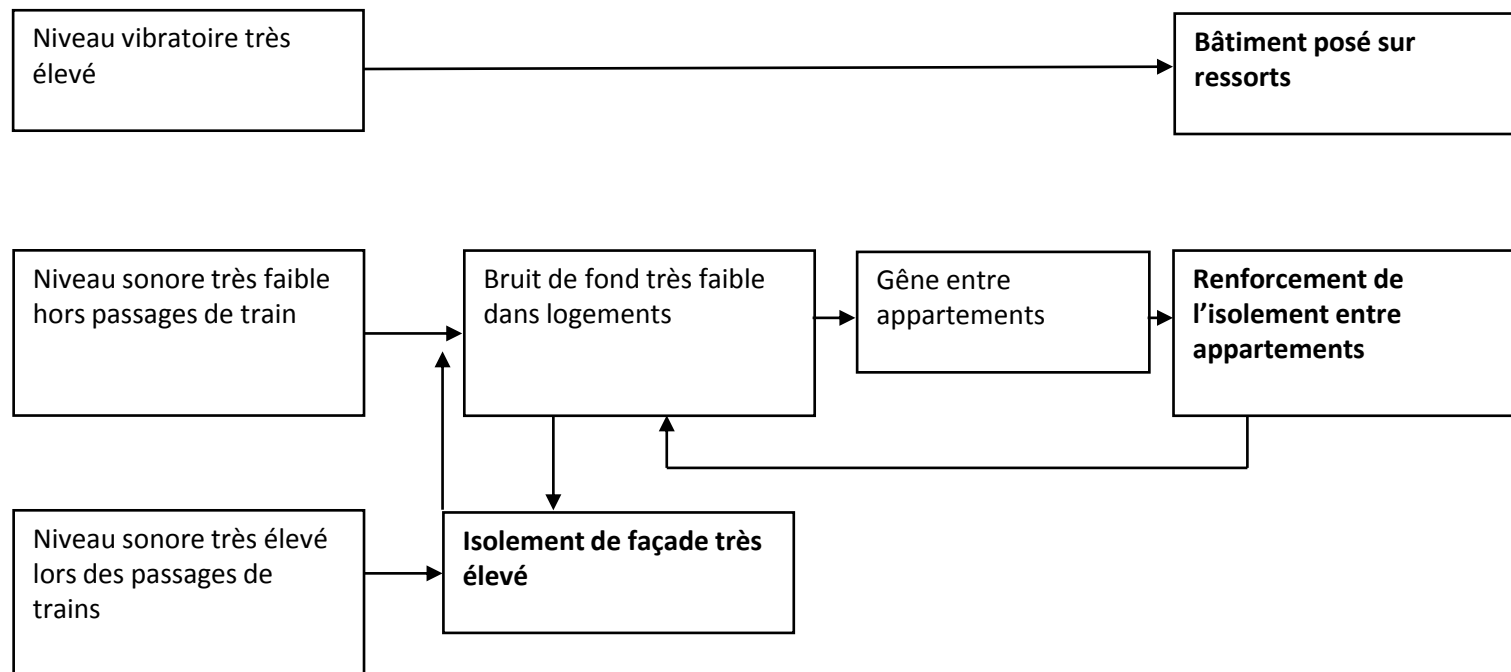
DEUX EVOLUTIONS NETTES

- En Île-de-France, pression immobilière : on se rapproche des voies ferrées
- De manière générale, l'exigence en matière de qualité acoustique augmente

UN CAS EXTRÊME - LOGEMENTS

- Bruit résiduel très faible hors passage des trains (30 dB(A) de nuit à 40 dB(A) de jour)
- Passage de trains de marchandise jour et nuit (Lp jusqu'à 90 dB(A) en façade)

Coûts très élevés



Situation médiocre (Isolements, bruit trains, extérieurs)

UN CAS EXTRÊME – STUDIO D'ENREGISTREMENT

- Entre 40 et 80 m du métro
- Exigences élevées (professionnels)
- Quantification de l'efficacité de la boîte dans la boîte

CAS DE BUREAUX SUR NOMBREUSES VOIES FERREES

- Traitement complet de l'auditorium mais partiel des zones de bureaux
- Atténuation en plan et en coupe ??
L'appréciation de l'acousticien devient aujourd'hui insuffisante – Nécessité de modèles

MODELE DE PREDICTION DES VIBRATIONS



But : prédire, à partir d'une mesure d'accélération, la vibration induite n structures plus loin

Données connues

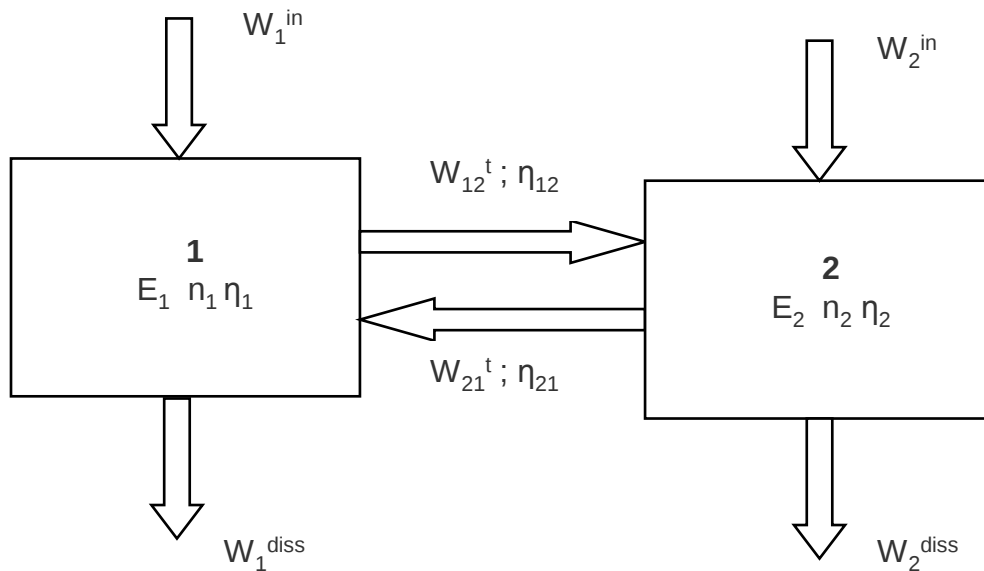
- Système global (bâtiment)
- Caractéristiques physiques des matériaux
- Niveau d'accélération initial

Principe :

Données recherchées

- Energie contenue dans chaque structure traversée
- Comportement des ondes aux jonctions
- Niveau d'accélération induit dans le dernier élément

Méthode choisie : SEA (Statistical Energy Analysis)



E_i : **Energie totale** contenue dans le système i

E_{mi} : **Energie modale** : énergie contenue dans chaque mode de vibration

W^{in} : **Puissance injectée** à la structure

W^{diss} : **Puissance dissipée** par la structure

n_i : **Densité modale** : nombre de modes par bandes de fréquence

η_i : **Facteur de perte intrinsèque** à un sous-système (DLF = Damped Loss Factor)

η_{ij} : **Facteur de perte par couplage** (CLF = Coupled Loss Factor)

Bilan de puissance entre chaque sous-système

$$W_1^{in} = W_1^{diss} + W_{12}^t - W_{21}^t$$

$$W_2^{in} = W_2^{diss} + W_{21}^t - W_{12}^t$$

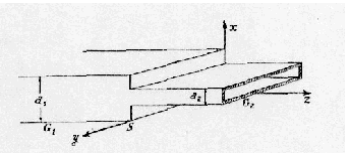
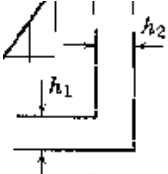
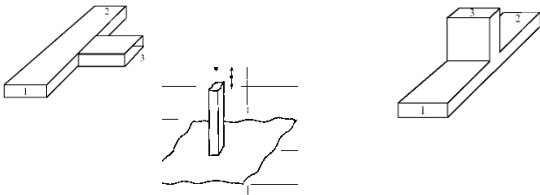
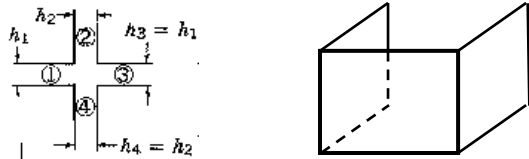
Relation matricielle liant :

- Energie contenue dans chaque sous-système
- Puissance injectée aux sous-systèmes

$$\omega \begin{bmatrix} \sum_{i \neq 1} \eta_{1i} + \eta_1 & \cdots & -\eta_{k1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -\eta_{1k} & \cdots & \sum_{i \neq k} \eta_{ki} + \eta_k \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} E_1 \\ \vdots \\ E_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1^{in} \\ \vdots \\ W_k^{in} \end{bmatrix}$$

Facteur de perte aux jonctions

Source principale: *Structure Borne Sound, Cremer*

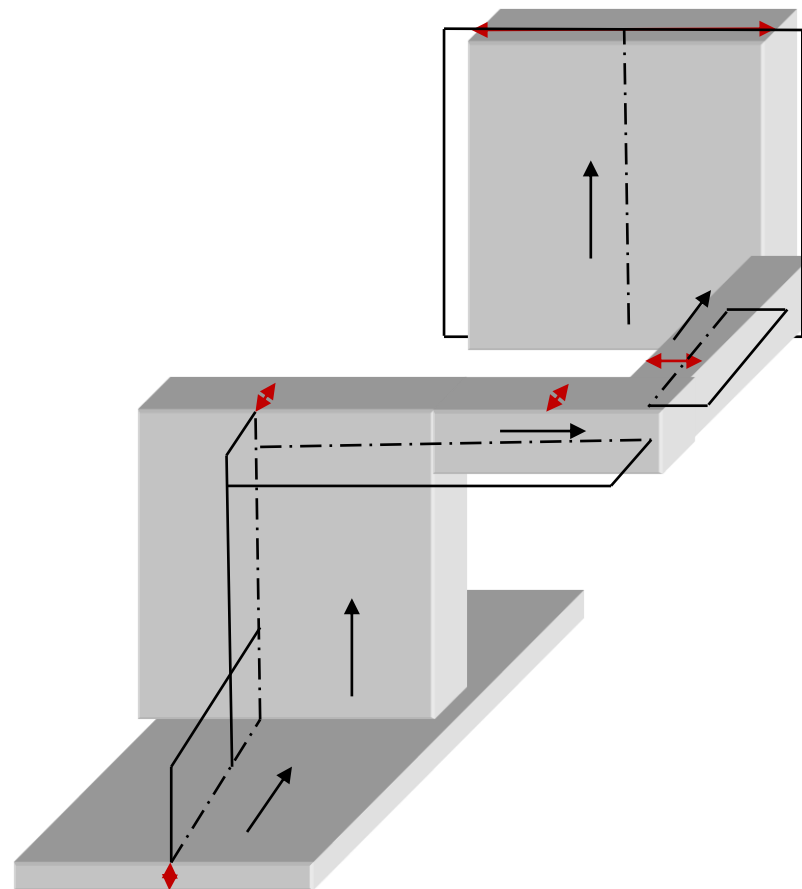
Aligné	
Angle droit	
T	
Croix	

Comportement des ondes à une interface :

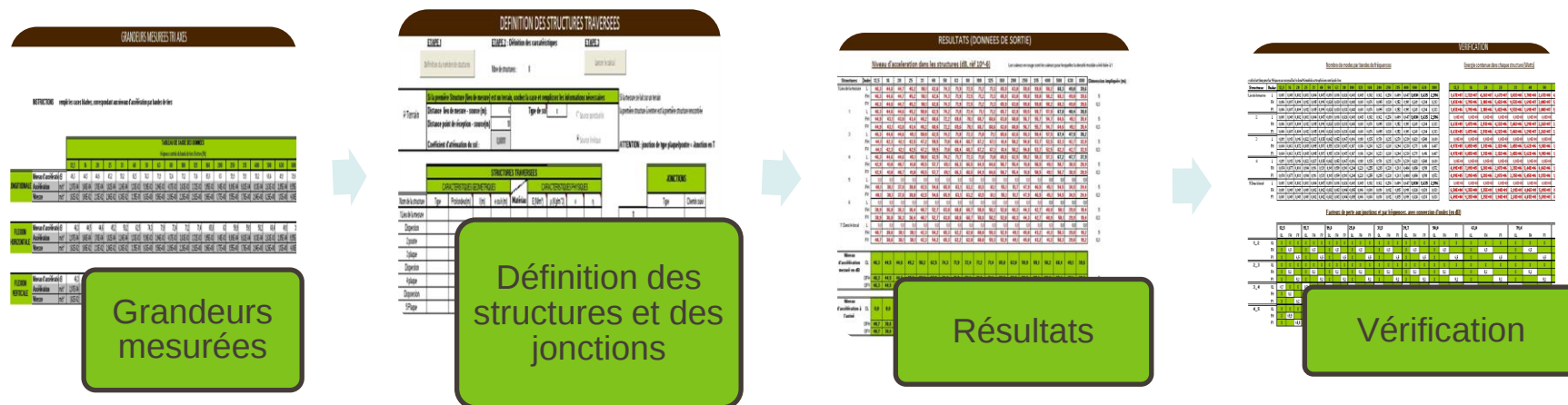
- Perte d'énergie (coefficient de transmission)
- Conversion d'onde (dépend de l'angle d'incidence et de la fréquence)

Pratiquement :

- Mesure de l'accélération dans les trois directions (1/3 d'octave) ;
- Un seul chemin considéré ;
- Division en sous-systèmes simples (plaques ou poutres) ;
- Caractérisation des structures traversées ;
- Caractérisation des jonctions entre structures.



Création d'un utilitaire VBA :



Description des structures :

- Type de structure (plaque / poutre)
- Dimensions
- Module d'Young
- Masse volumique

- Coefficient de Poisson
- Amortissement (facteur de perte intrinsèque au matériau)
- Jonction entre chaque structure
- Chemin suivi par l'onde

Résultat

- Valeurs du niveau d'accélération vibratoire pour chaque structure (OL, OFH, OFV) ;
- Le niveau d'accélération vibratoire initial (ou mesuré) ;
- Le niveau d'accélération vibratoire final (ou calculé), monovoie (un seul chemin de transmission) ;
- Le niveau d'accélération vibratoire final, multivoie, c'est-à-dire en prenant en compte l'influence des autres chemins de propagation.

Limites liées à la SEA :

- Modèle hautes fréquences : cas classique du bâtiment, 50 à 100 Hz.

Limite du calcul :

- Un seul chemin de propagation étudié
- Calcul des coefficients de transmission : pas de vérification par la mesure

CONCLUSION



- Entre la pression immobilière et l'exigence de qualité acoustique, nécessité de modèles plus précis et applicables sur des cas concrets ;
- SEA est applicable dans le cadre d'une mission d'ingénierie mais limitée en fréquence en particulier pour les sources ferroviaires ;
- Comment étendre ce type de modèle aux BF ou envisager un modèle mixte ?



Acoustique & Conseil

Bureau d'études en acoustique et vibrations

www.acoustique-conseil.com

01 47 08 52 52

Eric GAUCHER eg@acoustique-conseil.com

Gabrielle VIOT gv@acoustique-conseil.com

