



# RIAc 2018

## Rencontre de l'Ingénierie Acoustique

*Améliorer l'environnement sonore pour mieux vivre ensemble*

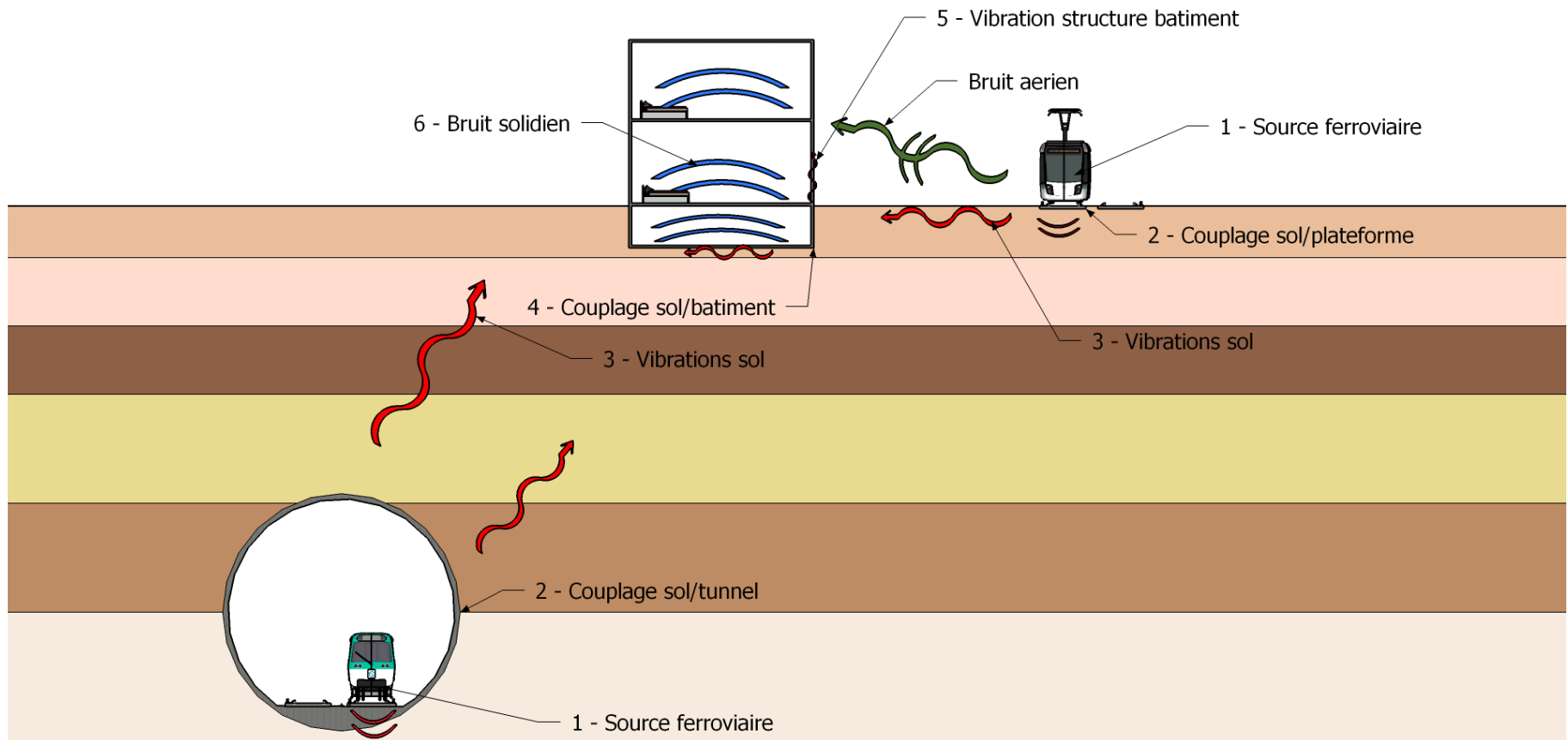
### Jeudi 29 et Vendredi 30 mars 2018 - PARIS

# Comment gérer les risques acoustiques et vibratoires dans l'environnement?

Normalisation et études d'impact  
liées aux infrastructures ferroviaires

Loïc GRAU  
26/03/2018

# 1. Contexte

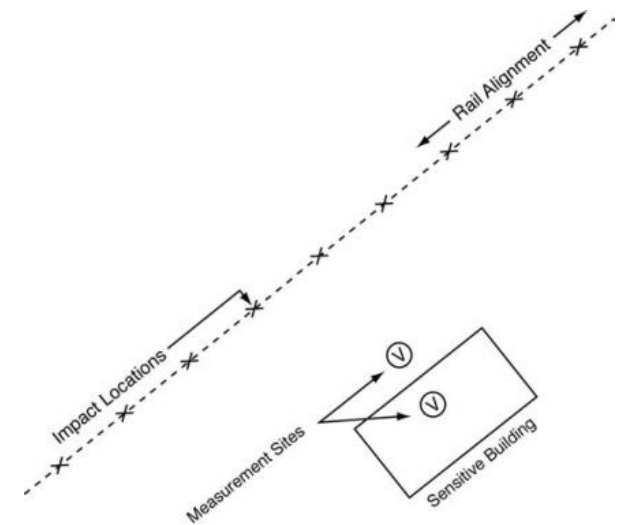
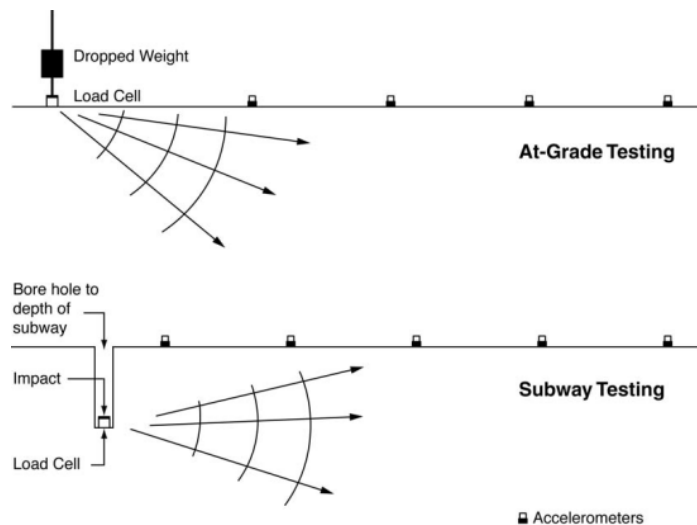


# 1. Contexte

- Apport du projet de recherche RIVAS
  - Décomposition du problème en fonction de transfert (modèle)
  - Définition de critères d'étude ( $L_{vSmax}$ ,  $V_{crete}$ , VDV, KB)
  - Etude de solutions type barrière vibratoire
- Apport du projet de recherche CARGOVIBES
  - Problématique FRET
  - Source et récepteur (méthodes de mesures et modèles)
- Les avis de l'AE

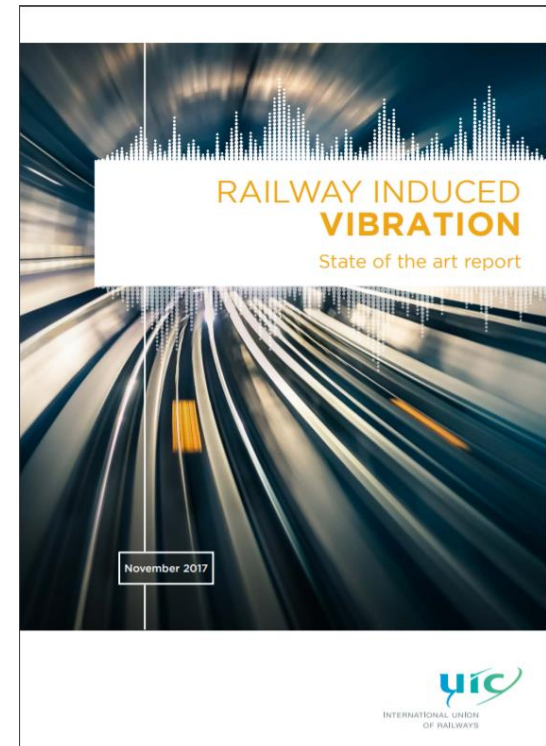
# 1. Contexte

- Apport du guide FTA
  - Description méthodologique de la réalisation d'une étude d'impact vibratoire
  - Caractérisation expérimentale de la source, propagation et bâtiment
  - Définition de seuils adaptés à ≠ configurations
  - Prise en compte de la problématique « bruit solidien »



## 2. Etat de l'art normatif

- Normes ISO 14837 « Vibrations et bruits initiés au sol dus à des lignes ferroviaires »
  1. Directives générales
  2. Modèles prédictibles
  3. Mesurage
  4. Critères d'évaluation
  5. Mesures d'atténuation
  6. Gestion des actifs
- Guide UIC sorti en 2017



## 2. Etat de l'art normatif

- ISO 14837-1
  - Aperçu général
  - Effets et grandeurs métriques associées
    - Vibrations perçues (ISO 2631,  $L_v$ , ...)
    - Bruit perçu ( $L_{pAeq}$ ,  $L_{pASmax}$ , ...)
    - Effets sur bâtiments (ISO 4866)
    - Équipements (ISO 8969)
  - Mesurages
  - Modèles
    - Simplifié (étude d'impact)
    - Intermédiaire (évaluation environnementale)
    - Détaillé (conception)

## 2. Etat de l'art normatif

- Intérêt et utilisation des modèles (ISO 14837-1)
  - Nouvelle ligne ferroviaire
    - **Simplifié** : orienter les principes et identifier les points chauds
    - **Intermédiaire** : évaluer la gravité des points chauds et le besoin en atténuation
    - **Détaillé** : dimensionner les solutions d'atténuation (voie)
  - Ligne existante (modification ou nouveau bâtiment)
    - **Simplifié** : évaluer s'il y a risque ou non
    - **Intermédiaire** : évaluer la gravité du risque et le besoin en atténuation
    - **Détaillé** : dimensionner la structure et les solutions d'atténuation (bâtiment)

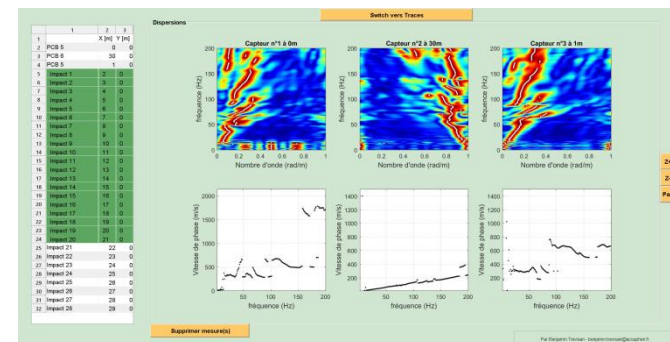
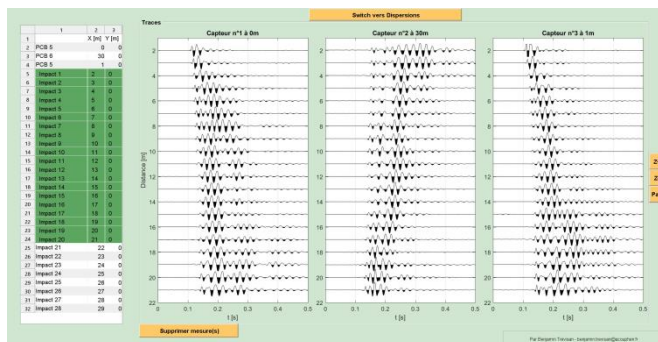
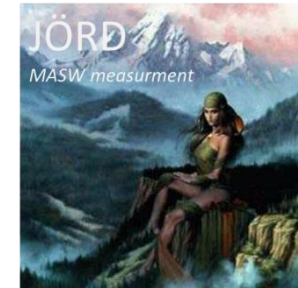
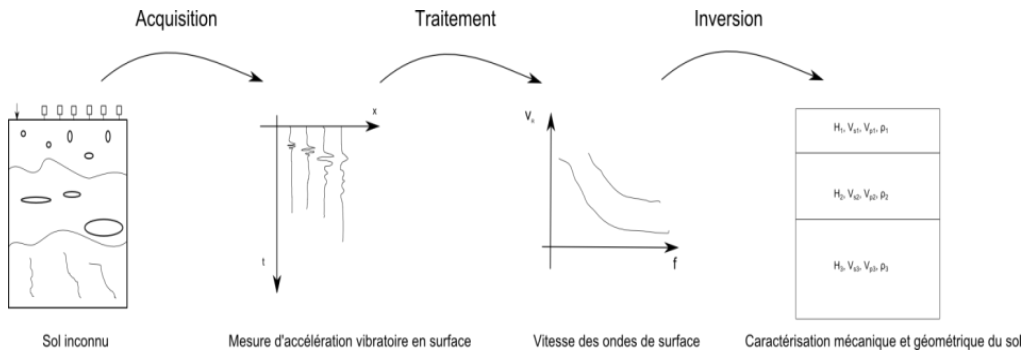


## 2. Etat de l'art normatif

- ISO 14837-1 : les modèles
  - Doivent décrire les effets au niveau de la source, de la propagation et du récepteur
  - Analytique ou numérique (FEM, FDM, BEM, ...)
  - Les modèles ont nécessairement une exactitude et une incertitude
- ISO 14837-32 : Caractérisation dynamique des sols
  - Description des paramètres mécaniques pertinents
  - Différentes méthodes existent:
    - Surface Wave Methods : In-situ non destructive
    - Seismic CPT : In-situ destructive
    - Down-hole / Cross-hole : In-situ destructive
    - Colonne de résonance : Laboratoire
    - ...

## 2. Etat de l'art normatif

- ISO 14837-32 : Caractérisation dynamique des sols
  - Projet R&D JORD pour la mesure et caractérisation in-situ des propriétés dynamiques de sol

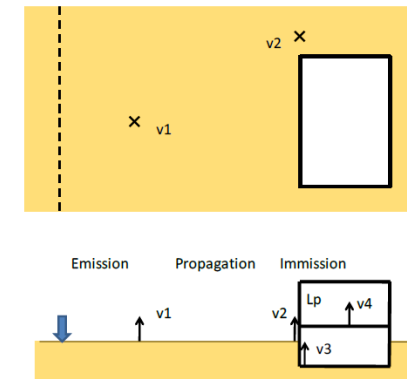


## 2. Etat de l'art normatif

- ISO 14837-31 – Mesures bâtiment
  - Nouvelle version concernant la caractérisation vibratoire des bâtiments : 14837-31
  - Mesures selon deux niveaux de détails
    - Scope 1: Minimum
      - Basique
      - Réduction incertitude
    - Scope 2: Etendu
  - Evaluation du transfert vibratoire sol/fondations, fondation/ plancher et plancher/bruit solidien

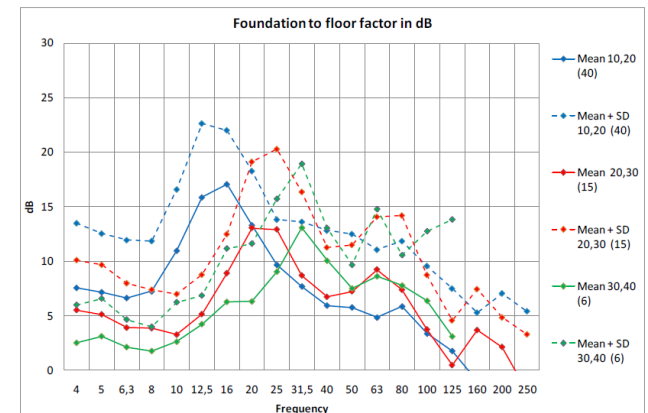
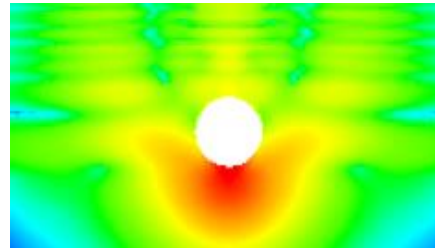
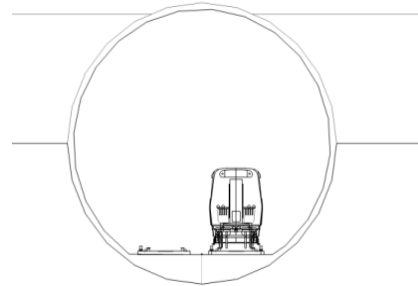
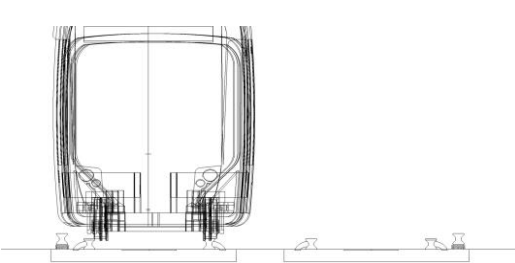
ISO 14837-33 – Mesure des systèmes d'atténuation en cours

ISO 14837-34 – Mesure de la rugosité en cours

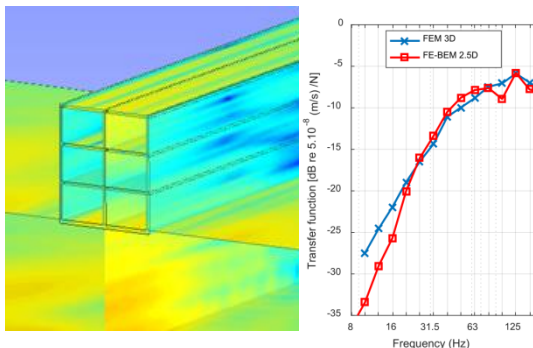
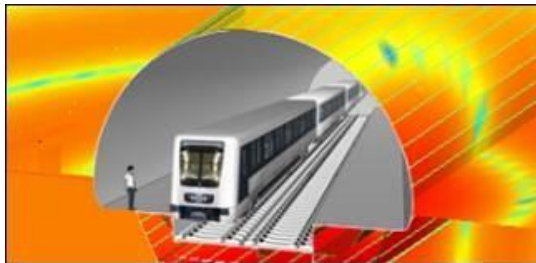


## 3. Modélisation et étude d'impact

- Evaluation environnementale
  - Simulation source / Propagation sol +
  - Fonction transfert bâtiment type RIVAS
  - Perception des Vibrations 0-80 Hz
  - Bruit solidien 16-250 Hz



### 3. Modélisation et étude d'impact



- Evaluation détaillée

- Mefissto : le logiciel du CSTB dédié aux vibrations

- Prédiction des vibrations et du bruit solidien
- Bâtiments, tunnels et sols multicouches
- Interaction sol-structure

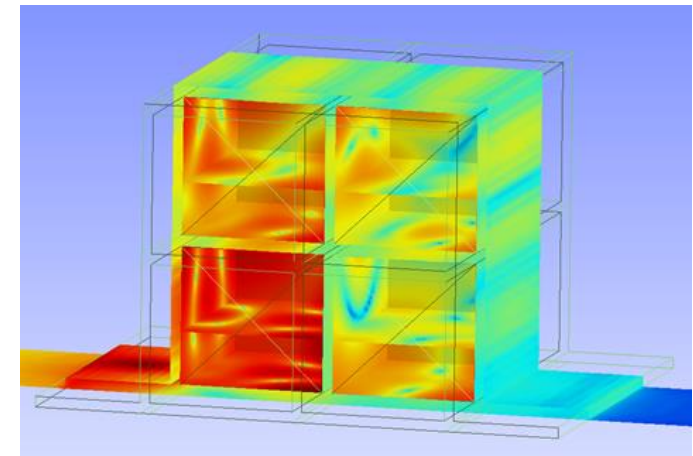
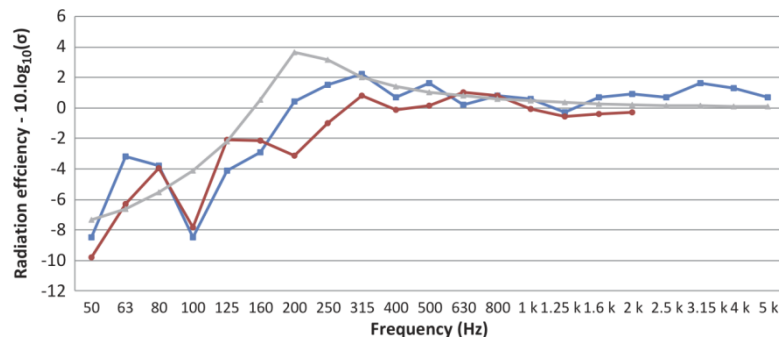
- Méthode de calcul hybride BEM/FEM en 2.5D ou 2.75D

- Calcul de cartes ou de spectres

- Atténuation entre un tunnel et la surface
- Transfert entre sol et structure
- Niveaux vibratoires dans la structure(0-80Hz)
- Niveau de bruit solidien dans les locaux...(16-250Hz)

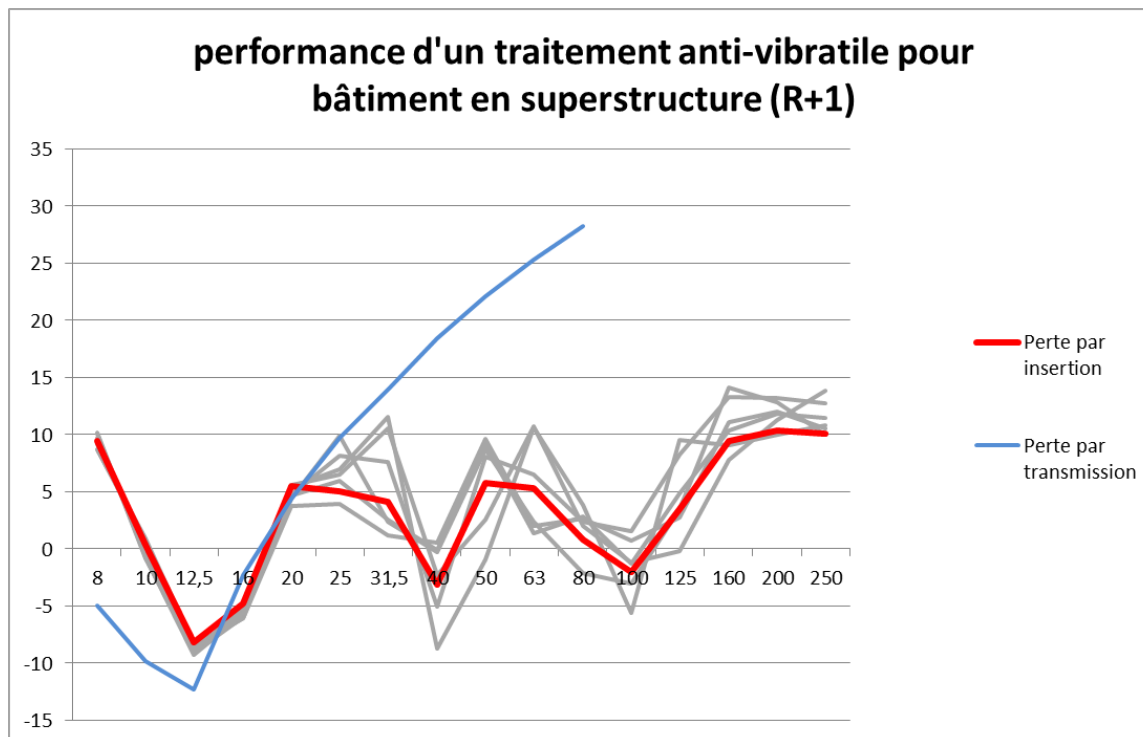
### 3. Modélisation et étude d'impact

- Calcul du bruit solide : plusieurs approches (16-250Hz)
  - Méthode simple :
    - utilisation d'un facteur constant entre niveau de bruit et de vitesse moyens
  - Radiation des parois (SEA)
    - Radiation énergétique des parois
    - Prise en compte du local (RT...)
  - Modale
    - Couplage rigoureux entre champ de vitesse et champ de pression (énergie et phase)
    - Limitée aux volumes simples



### 3. Modélisation et étude impact

- Exemple de désolidarisation d'un bâtiment
- Ne pas confondre insertion et transmission !!!



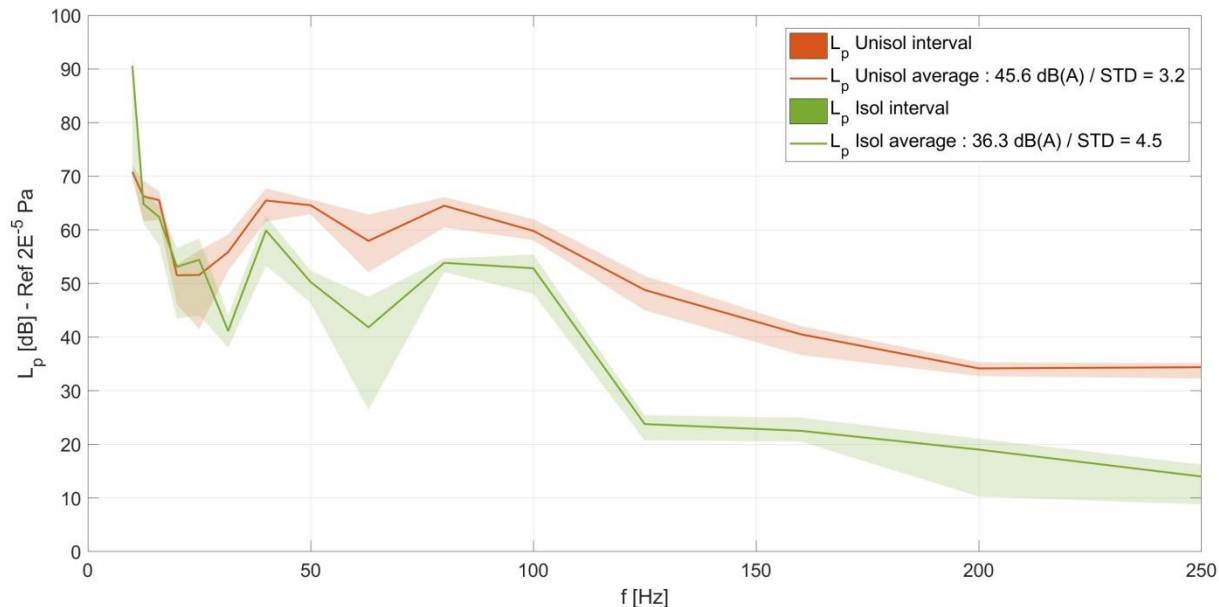
## 3. Modélisation et étude impact

- Désolidarisation
  - Nécessité de dimensionner des systèmes anti-vibratiles également vis-à-vis du bruit solidien
  - Projet R&D - BIOVIB : Conception d'un indicateur de performance au bruit solidien BILI + Modèle de dimensionnement de systèmes anti-vibratiles dédié au bâtiment
  - Caractérisation des produits élastomères vis-à-vis de la problématique du bruit solidien – Prise en compte des mobilités source (fondations) et récepteur (superstructure)



### 3. Modélisation et étude impact

- **Projet BioVib**
  - Projet Européen (H2020) visant à étudier les principes et indicateurs nécessaires à la désolidarisation vibratoire des bâtiments
  - Indicateur de performance au bruit solidien



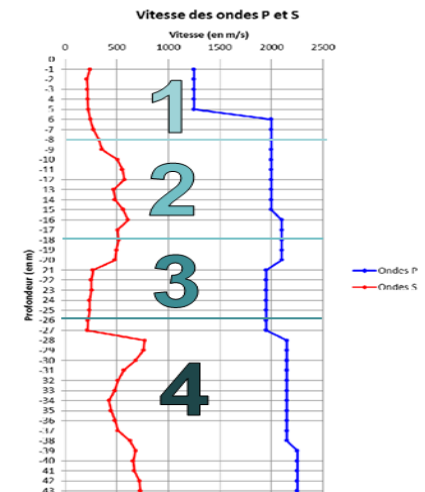
## 4. Etude de cas

- Caractérisation source ferroviaire
- Caractérisation du sol – MASW
- Deux catégories d'études souvent rencontrées:
  - Voie existante => Bâtiment nouveau
  - Bâtiment existant => Voie nouvelle

### Résultats MASW

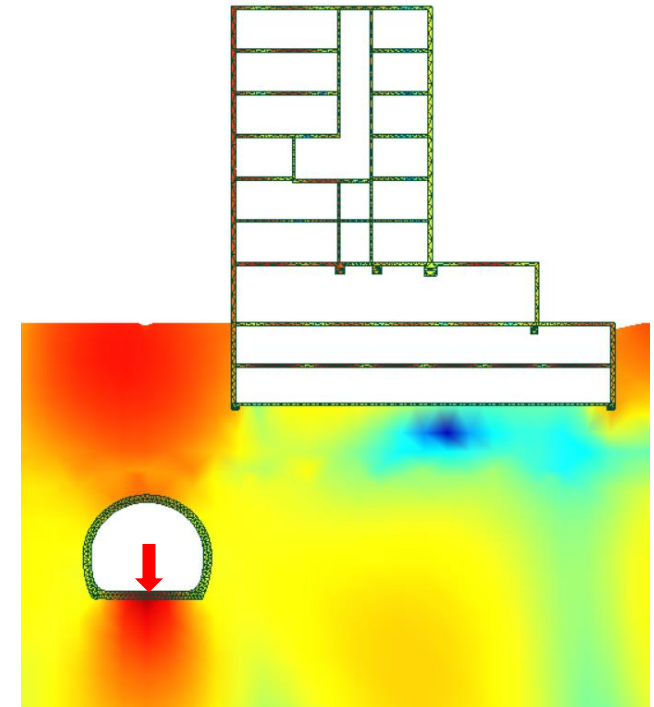
Caractéristiques mécaniques du milieu de propagation				
4 Couches	1	2	3	4
Profondeur des couches (m)	8	18	26	∞
Onde de dilatation $C_p$ (m.s <sup>-1</sup> )	1530	2000	1960	2100
Amortissement des ondes de dilatation $\eta_p$	5%	3%	3%	3%
Onde de cisaillement $C_s$ (m.s <sup>-1</sup> )	240	510	270	650
Amortissement des ondes de cisaillement $\eta_s$	5%	3%	3%	3%
Masse volumique (Kg.m <sup>-3</sup> )	2000	2000	2250	2200

### Résultats Cross-hole



# 4. Etude de cas

Locaux		$L_{vSmax}$ (dBv) Réf - $5 \cdot 10^{-8} m \cdot s^{-1}$
Habitations	Jour	72,0 dBv - 0.25mm/s
	Nuit	69,0 dBv - 0.15mm/s
Santé, bâtiments culturels	Quelle que soit la période	66,0dBv - 0.10mm/s
Bureaux	Jour	78,0* dBv - 0.40mm/s



Type de locaux	Perception auditive au passage $L_{pAsmax}$		
	>70 trains	30 - 70	<30
Salle de spectacles Auditorium	30 dB(A)	30 dB(A)	38 dB(A)
Logements nuit	35 dB(A)	38 dB(A)	43 dB(A)
Logements jour	40 dB(A)	43 dB(A)	48 dB(A)
Bureaux	45 dB(A)	48 dB(A)	53 dB(A)

## 5. Conclusion

- Etude d'impact vibratoire accessible à un niveau ingénierie avec les nouveaux outils de simulation adaptés au contexte des études
- Le cadre normatif crédibilise les études notamment avec le bruit solidien
- L'AE donne une impulsion à l'étude vibratoire pour les aménagements d'infrastructures ferroviaires
- Des études d'impact vibratoire à « grande échelle » sont réalisées pour SNCF Réseau, RATP et SGP