



**CSTB**  
le futur en construction



**ACOUPHEN**  
Ingénierie en acoustique et vibrations

## PROJET DIAVIBAT

Prévision et contrôle de la  
performance sur site des dispositifs  
d'atténuation vibratoire dans les  
bâtiments



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

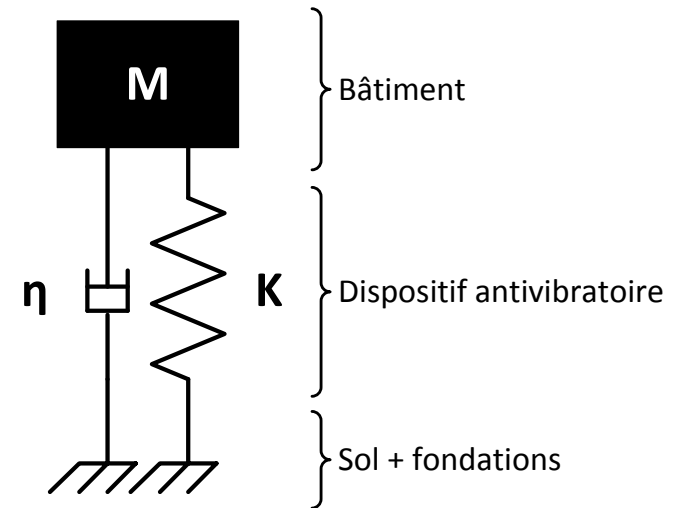




## Le projet DIAVIBAT



- Constats de départ
  - Dispositifs d'atténuation vibratoire dimensionnés sur la base d'un modèle d'oscillateur simple
  - Contrôle de la performance sur site : pas de méthode normalisée
    - Que mesurer ? Où ?
    - Comment ?





## Le projet DIAVIBAT



- Objectifs : disposer de méthodes pour mieux **prévoir** et **contrôler** la performance sur site des solutions de traitement
  - Approche source-récepteur par mobilités (CEN/TC126)
- Partenaires : Acouphen, CDM, CSTB
- Cofinancement : Ademe
- Durée : 2 ans



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

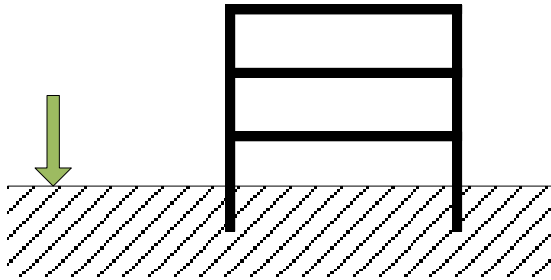




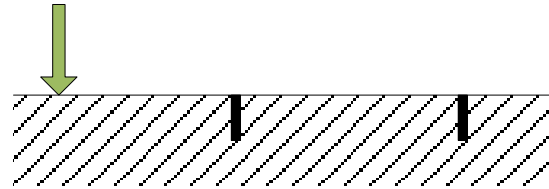
## Approche



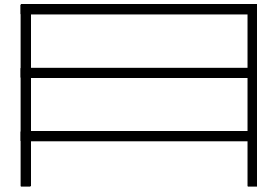
Système complet



Source



Récepteur



- Expression de la performance : **gain par insertion** (PFIG : *Power Flow Insertion Gain*)

$$PFIG = 10 \cdot \log(W_{\downarrow inj, \text{ avec traitement}} / W_{\downarrow inj, \text{ sans traitement}})$$



8 et 9 JUIN 2015

Paris - Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





## Prévision de la performance



- Formule approchée

$$PFIG \approx 10 \cdot \log(|Y \downarrow R|^2 + |Y \downarrow S|^2 / |Y \downarrow d|^2)$$

- $Y_R$  : mobilité du récepteur (superstructure)
- $Y_S$  : mobilité de la source (sol + fondations)
- $Y_d$  : mobilité du dispositif

– Hypothèse : sollicitation verticale uniquement



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA



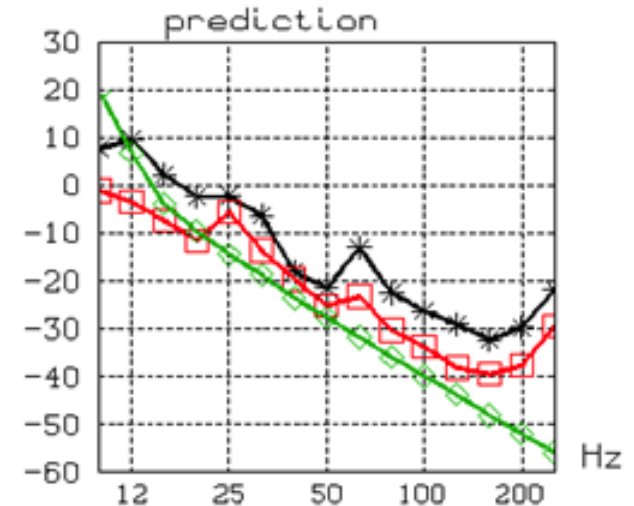
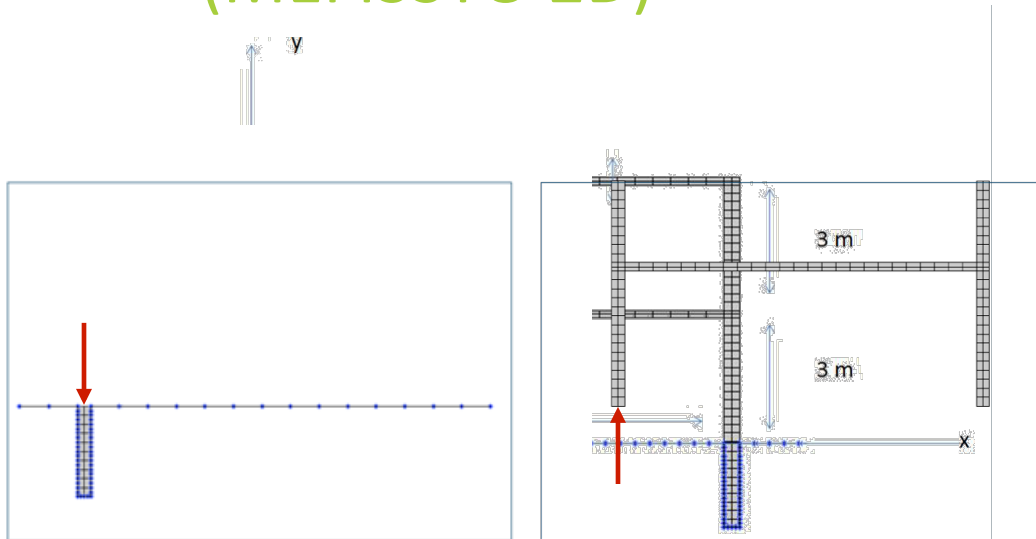


## Prévision de la performance



- Validation numérique
  - Simulation FEM/BEM (MEFISSTO 2D)

- Transmissibilité de l'oscillateur simple
- Méthode de prévision
- PFIG « exact »



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





## Contrôle de la performance



- Formule approchée

$$PFIG \approx 10 \cdot \log(v_{\text{aval}}^2 / v_{\text{amont}}^2 |Y_{\text{R}}|^2 + |Y_{\text{S}}|^2 / |Y_{\text{R}}|^2)$$

- $Y_R$  : mobilité du récepteur (superstructure)
- $Y_S$  : mobilité de la source (sol + fondations)
- $v_{\text{aval}}$  : vitesse rms côté superstructure
- $v_{\text{amont}}$  : vitesse rms côté fondations



8 et 9 JUIN 2015

Paris - Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

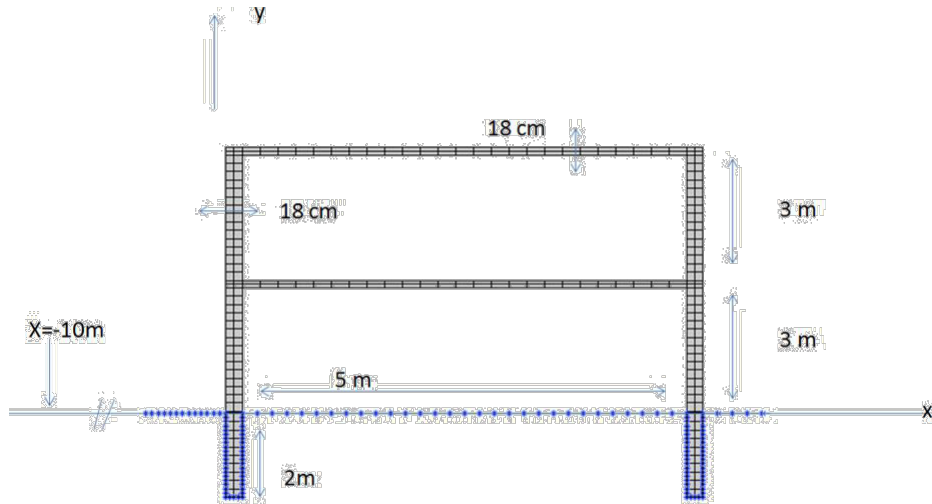




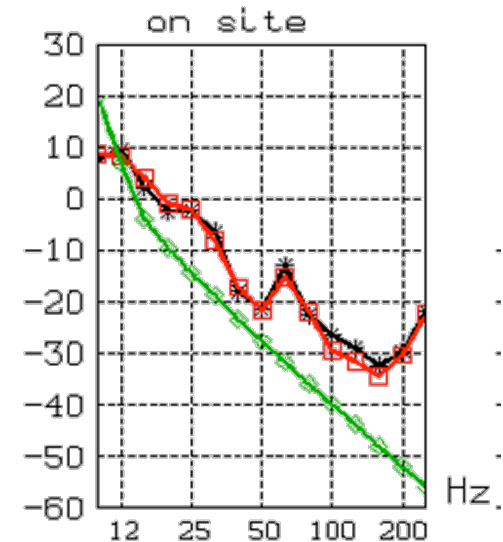
## Contrôle de la performance



- Validation numérique
  - Simulation FEM/BEM (MEFISSTO 2D)



- Transmissibilité de l'oscillateur simple
- Méthode de contrôle
- PFIG « exact »



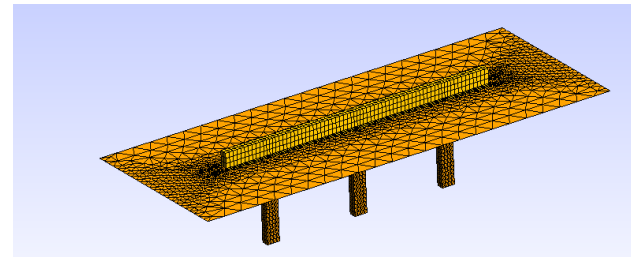




## Validation expérimentale Mobilités de structures



- Deux types de fondations testés
  - Site A : Semelle filante sur sol renforcé par inclusion – pieux rigide
  - Site B : Longrine appuyées sur semelles peu profondes
- Mesure de mobilités ponctuelles de fondations.
- Mesure selon la norme ISO 7626-1 et -5
- Modélisation des fondations sur le logiciel MEFISSTO 3D
- Prise en compte du type de sol dans le modèle



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA



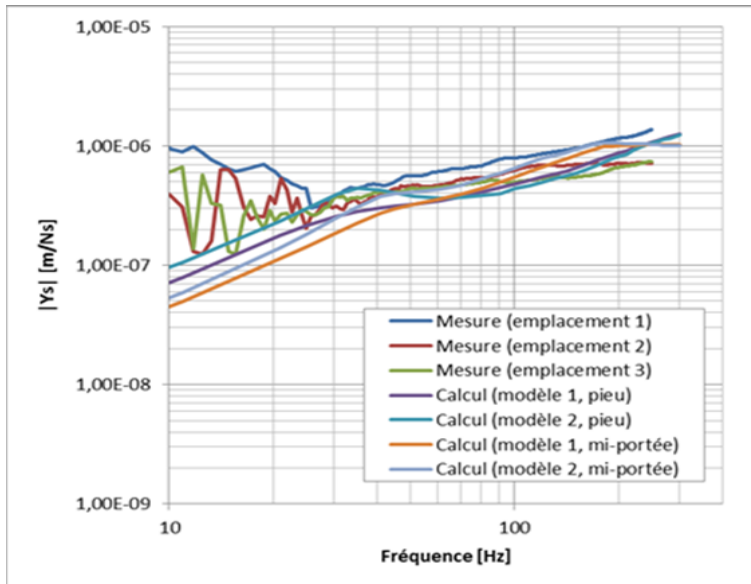


## Validation expérimentale Mobilités de structures



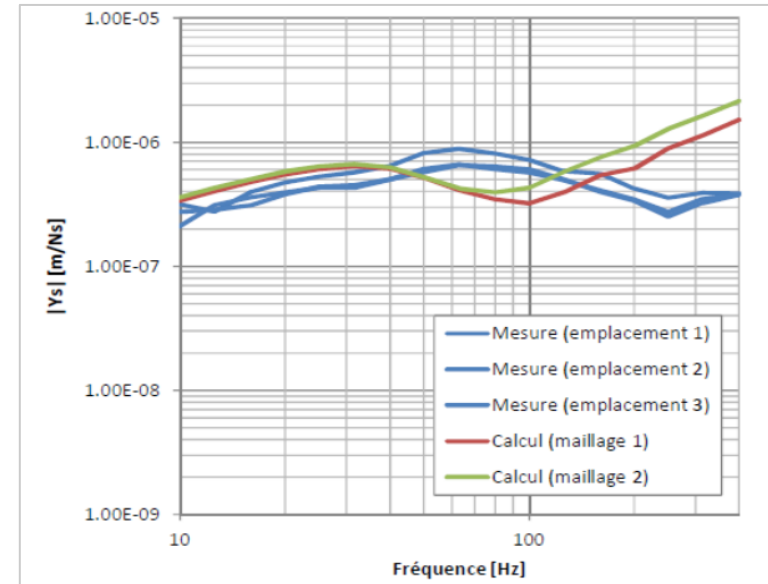
Site A

Semelle filante – pieux rigide  
Sol homogène « moyen »



Site B

Longrine sur semelles peu profondes  
Sol « mou »



$Y_s$  modélisé /  $Y_s$  mesuré

Bonne approximation (facteur 2) entre 25 Hz – 200 Hz



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





## Validation expérimentales Contrôle de la performance



- Méthodologie de contrôle
  - Mesure en amont et en aval des dispositifs anti-vibratiles durant une 20aine de passages de trains
  - Mesure ou estimation par calcul de la mobilité des fondations ( $Y_s$ )
  - Calcul par modélisation de la mobilité de la superstructure ( $Y_r$ )

$$PFIG \approx 10 \cdot \log \left( \frac{v_{\downarrow \text{aval}}^2}{v_{\downarrow \text{amont}}^2} \frac{|Y_{\downarrow R}|^2 + |Y_{\downarrow S}|^2}{|Y_{\downarrow R}|^2} \right)$$

- Un terme correctif dépendant du rapport du rapport entre les mobilités  $Y_r$  et  $Y_s$  est appliqué à la performance du système « masse/ressort »



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA



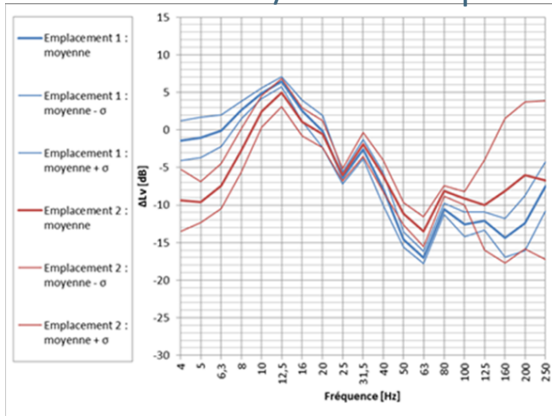


## Validation expérimentales Contrôle de la performance

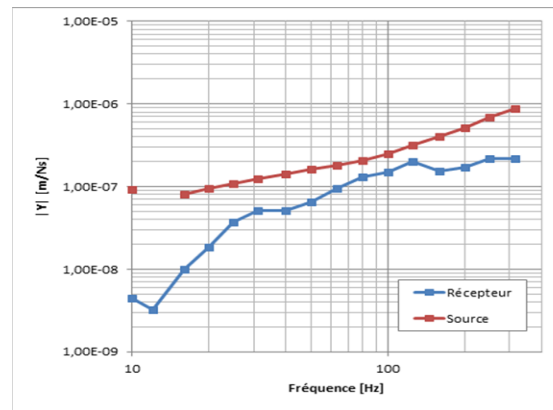


- Site 1 :
  - Bâtiment traité par la mise en œuvre de plots élastomères le long des têtes de refend entre le rez-de-chaussée et le R+1

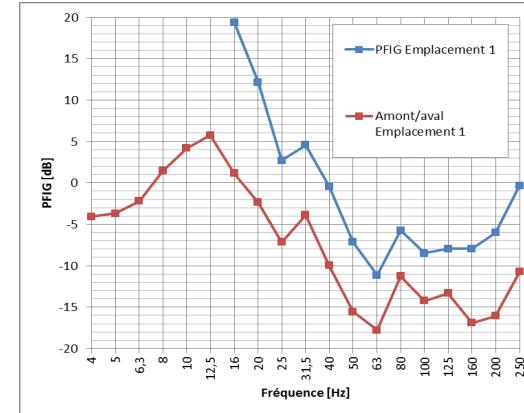
### • Mesure amont/aval du dispositif



### • Calcul des mobilités $Y_s$ et $Y_r$



### • Calcul PFIG



- Atténuation vibratoire de l'ordre de 15 dB à 50 Hz
- Facteur correctif de l'ordre de 7 dB à 50 Hz

**PFIG de l'ordre de 8 dB à 50 Hz**



8 et 9 JUN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA



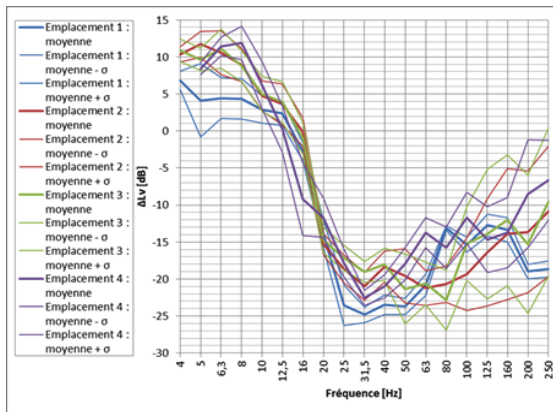


## Validation expérimentales Contrôle de la performance

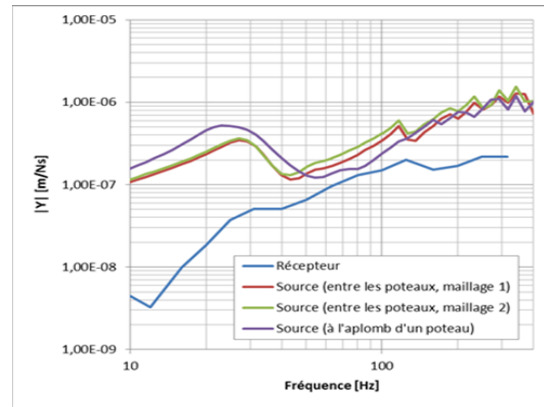


- Site 2 :
  - Bâtiment traité par la mise en œuvre de plots à ressort le long des têtes de refend entre le rez-de-chaussée et le R+1

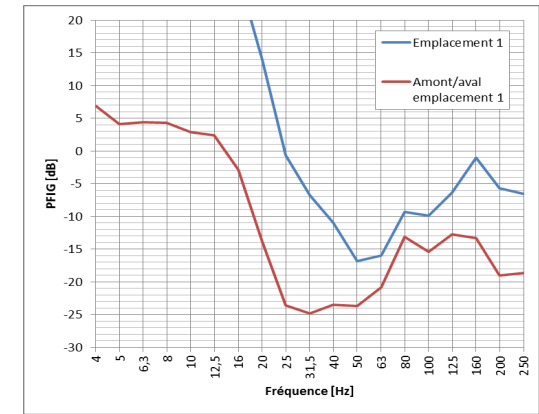
### • Mesure amont/aval du dispositif



### • Calcul des mobilités $Y_s$ et $Y_r$



### • Calcul PFIG



- Atténuation vibratoire de l'ordre de **23 dB** à 50 Hz
- Facteur correctif de l'ordre de **7 dB** à 50 Hz

**PFIG de l'ordre de 16 dB à 50 Hz**



8 et 9 JUIN 2015

Paris - Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





## Conclusions



- Prévision de la performance sur site
  - Approche par mobilités plus précise que le modèle d'oscillateur simple (au-delà de la résonance du système)
  - Les mobilités peuvent être estimées par calcul
    - Le degré de précision nécessaire dans l'estimation des mobilités reste un point bloquant en pratique...
  - Différenciation contacts ponctuels/linéiques ?





## Conclusions



- Contrôle de la performance sur site
  - Approche par mobilités validée numériquement
    - Vitesses amont/aval à mesurer à un certain stade du chantier
  - Validation de la méthode : détermination du PFIG réel impossible sur site...
    - Différence entre plots élastomères et boîtes à ressort mise en évidence par les mesures sur site
    - Possibilité : comparer les fonctions de transfert  $L_{V,fondations}$  -  $L_{V,étages}$  dans le cas de bâtiments traités et non traités (cf. données empiriques projet RIVAS)



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA





Travail de recherche en collaboration :  
Chercheur / Ingénieur BE / Fabricant



- Méthodologie de calculs et de mesures **pertinente**
- Proposer dans un avenir proche un **outil de dimensionnement** fiable pour les BE et les fabricants

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics  
3, rue de Berri - Paris 8<sup>ème</sup>

Organisées par le CIDB, le CINOV-GIAC et la SFA

