



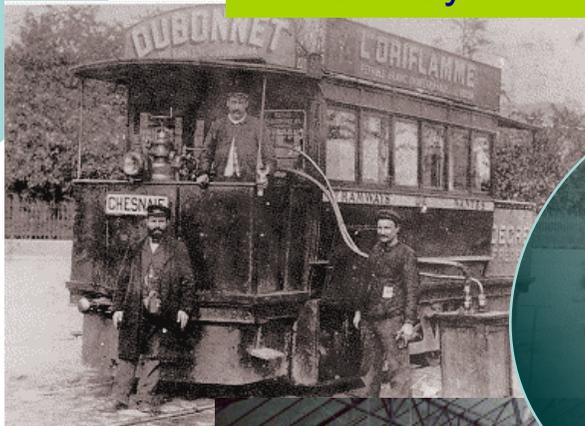
Tant qu'il y aura du bruit

# Bruit & vibrations des tramways



# Historique

Les premiers tramways, tractés par des chevaux, apparaissent aux États-Unis durant la première moitié du XIXe siècle. La traction à vapeur apparaît dès 1873 puis, à air comprimé et à eau surchauffée dès 1878. Le tramway électrique se développe ensuite à partir de 1881.



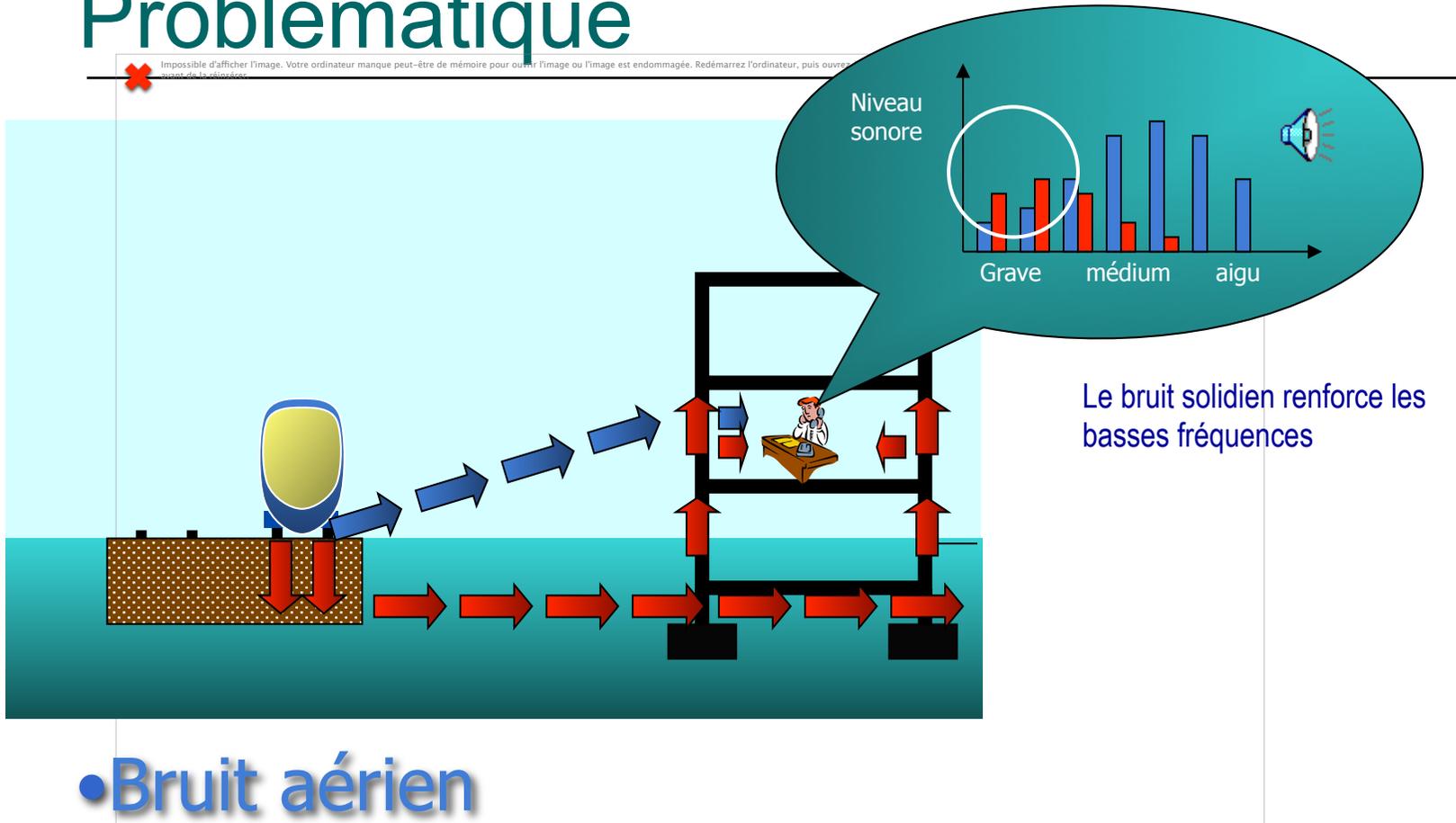
Double problématique :

- Coût de revient
- Respect du confort des riverains

Journées techniques - Nantes 4 et 5 juin 2015

# Problématique

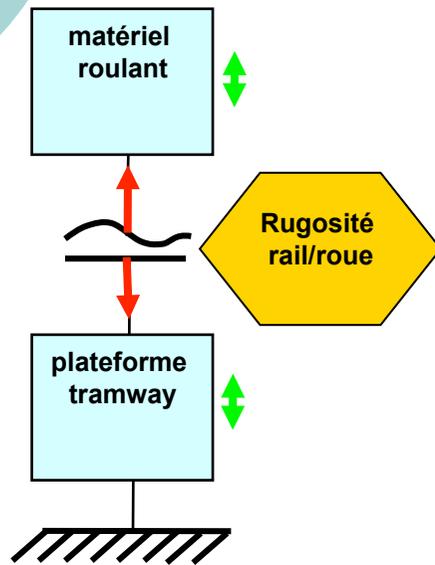
✖ Impossible d'afficher l'image. Votre ordinateur manque peut-être de mémoire pour ouvrir l'image ou l'image est endommagée. Redémarrez l'ordinateur, puis ouvrez à nouveau le présentateur.



- Bruit aérien
- Bruit solide

# Rugosité du contact rail/roue

La rugosité de la voie (et de la roue dans une moindre mesure) est l'élément principal de la génération de bruit et de vibrations au passage d'un tramway

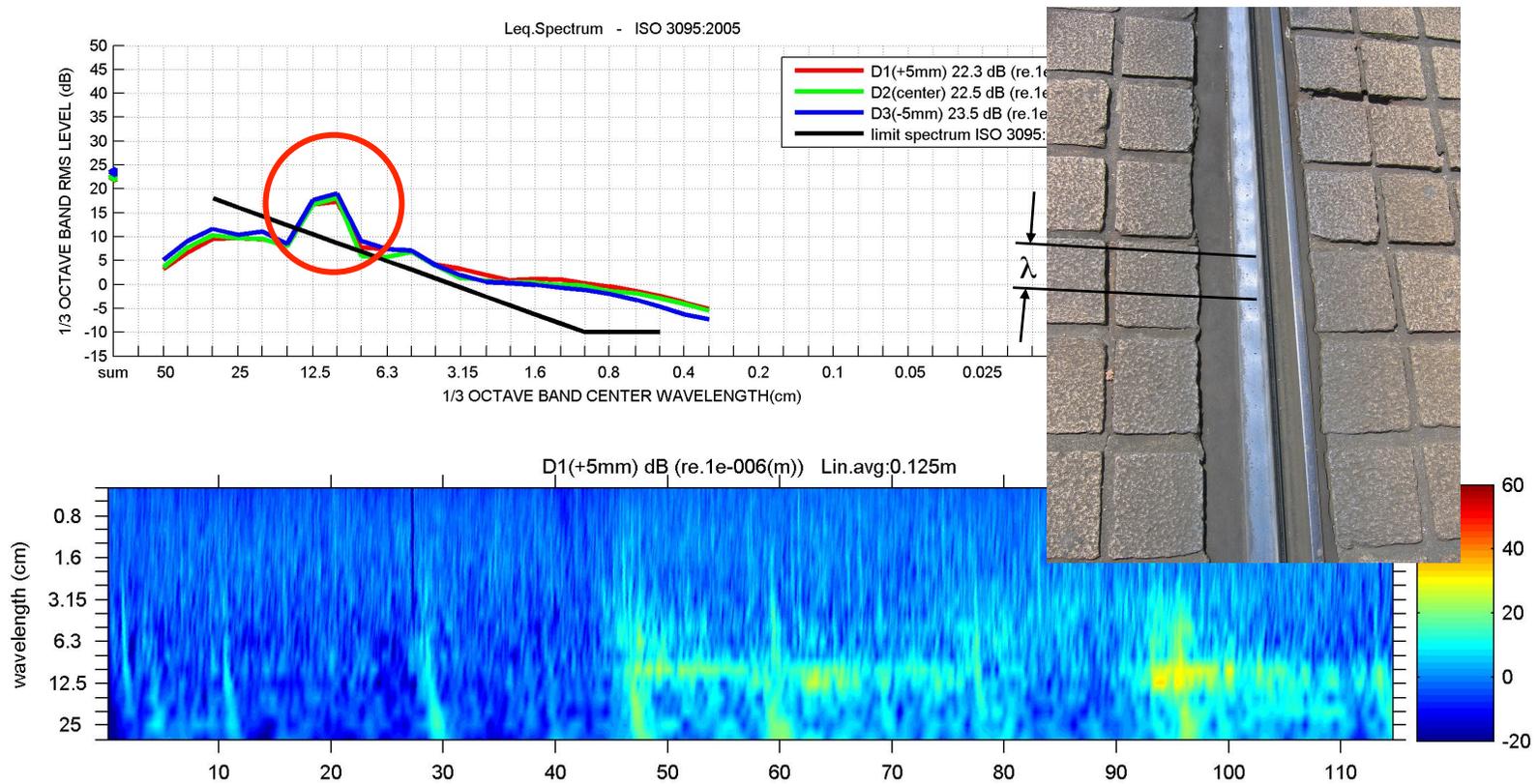


Représentation mécanique du système voie-tramway



# Rugosité du contact rail/roue

La présence d'usure ondulatoire est caractérisée par un ou plusieurs pics dans le spectre de rugosité



# Bruit aérien

---

## Le contact roue-rail (rugosité)

## Les équipements en toiture

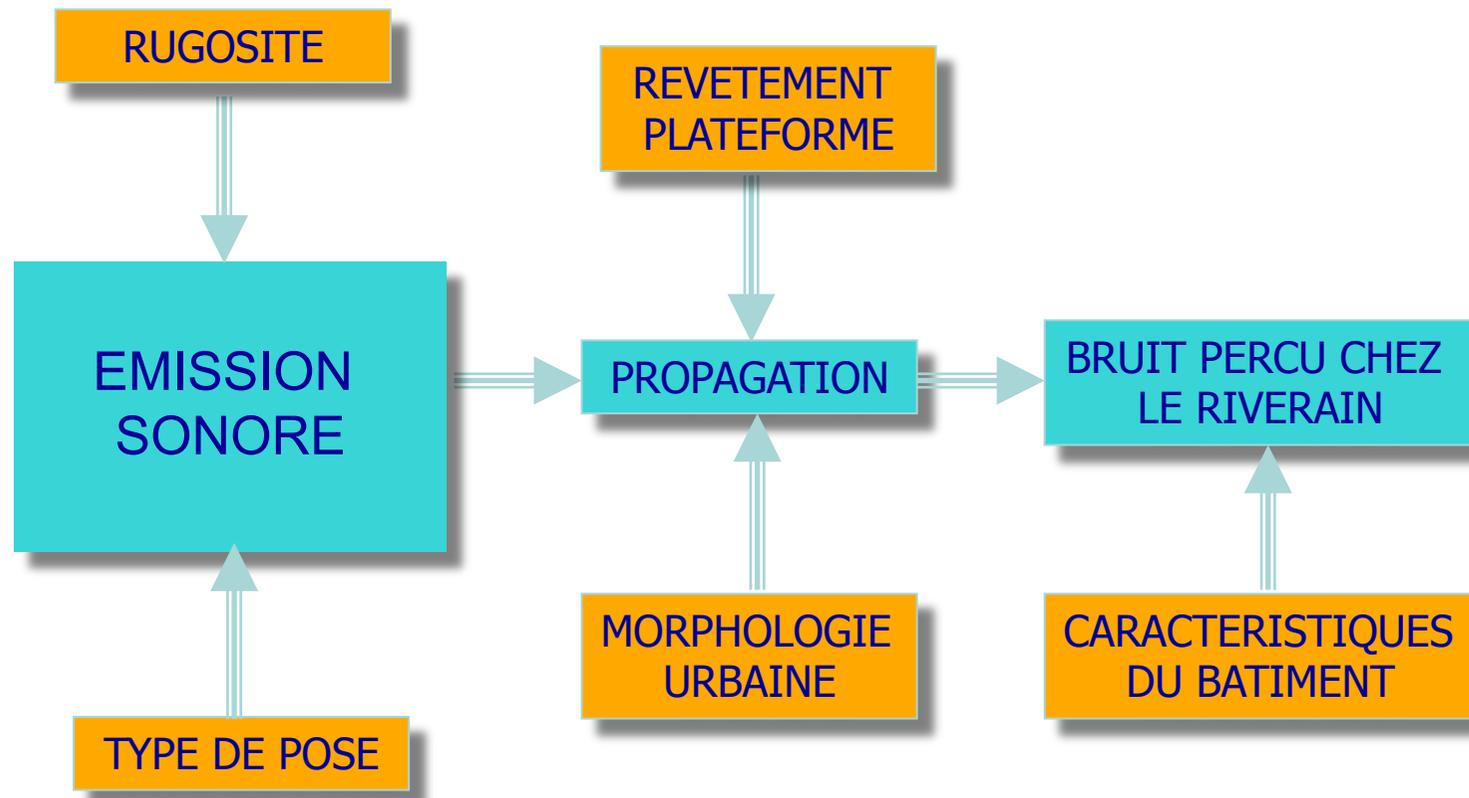
- climatisation
- rhéostat
- etc ...

## Les sources transitoires ou impulsionnelles

- appareil de voie, lacune, plat aux roues ...
- crissement en courbe
- clochette
- etc ...

# Bruit aérien : *propagation du bruit*

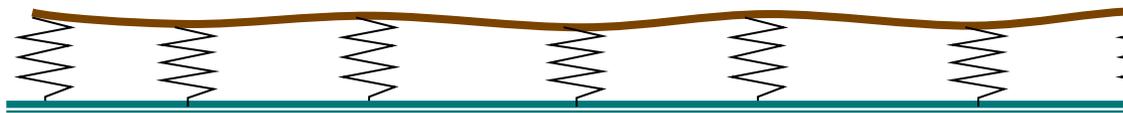
---



# Bruit aérien : *effet de pose de voie*

Un rail sur attaches souples génère plus de bruit qu'un rail fixé rigidement.  
Une dalle flottante est un haut-parleur géant qui rayonne du bruit.

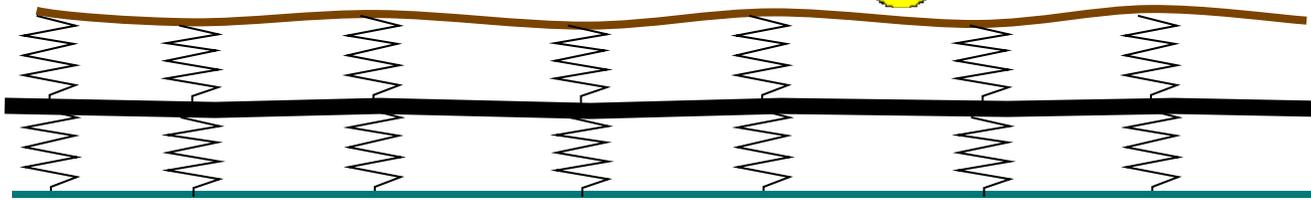
- Rail «rigide »



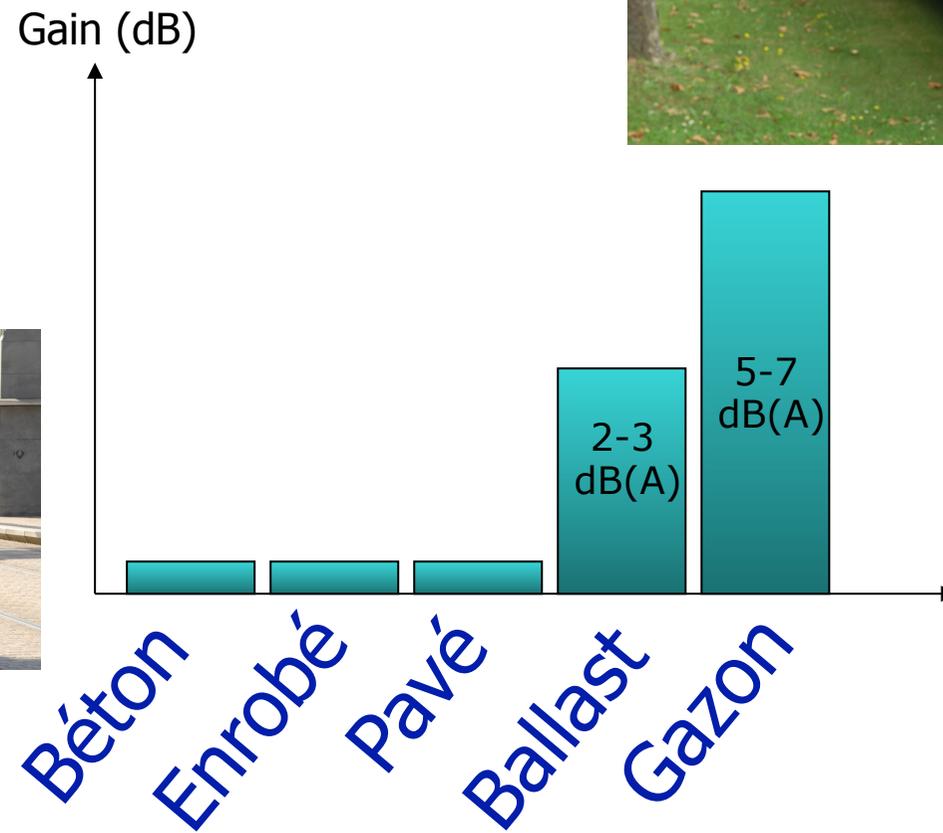
- attaches souples



- dalle flottante



# Bruit aérien : *effet de revêtement*



# Bruit aérien : *effet de site*

La largeur de la rue et la hauteur des bâtiments influent directement sur le niveau de bruit en façade.

Dans une rue en « U » très étroite, l'augmentation du bruit peut atteindre 6 à 8 dB(A) par rapport à une situation en site « ouvert » .

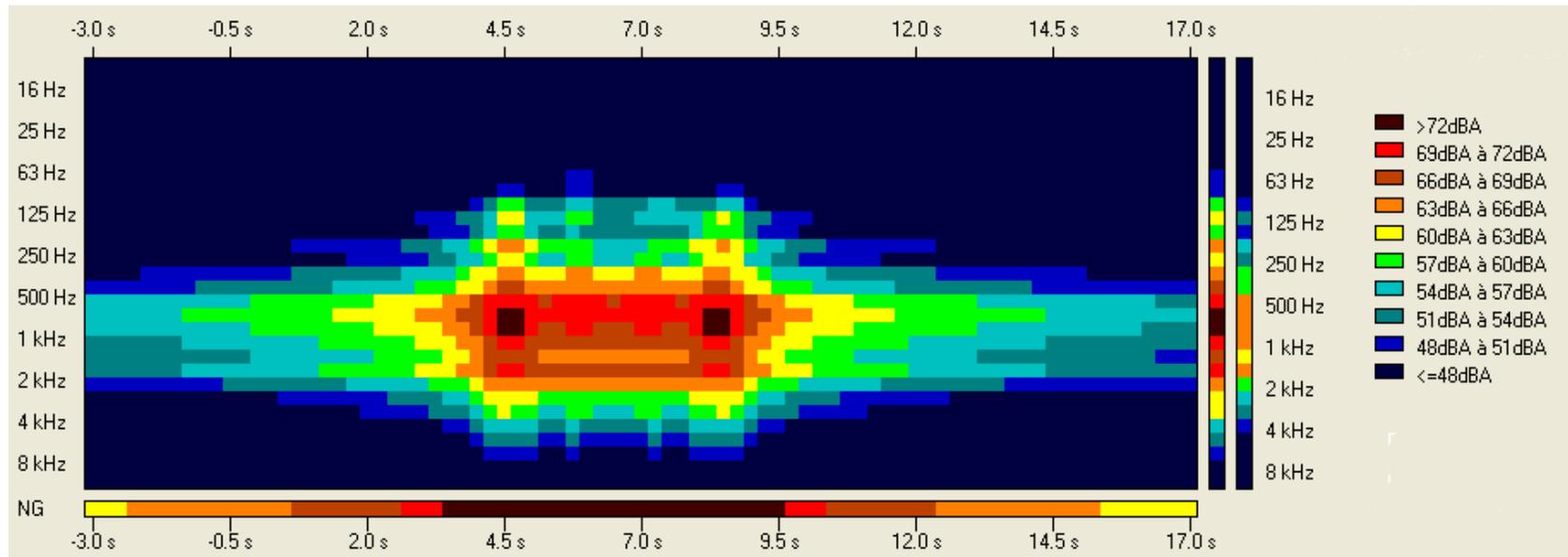


+6/+8  
dB(A)



# Bruit aérien : *exemple de simulation*

Le bruit est calculé, à chaque pas de temps, en fonction de la fréquence<sup>(\*)</sup>.  
 Cette approche permet de simuler tout type de source de bruit (permanente ou intermittente, ponctuelle, variable dans le temps ...).

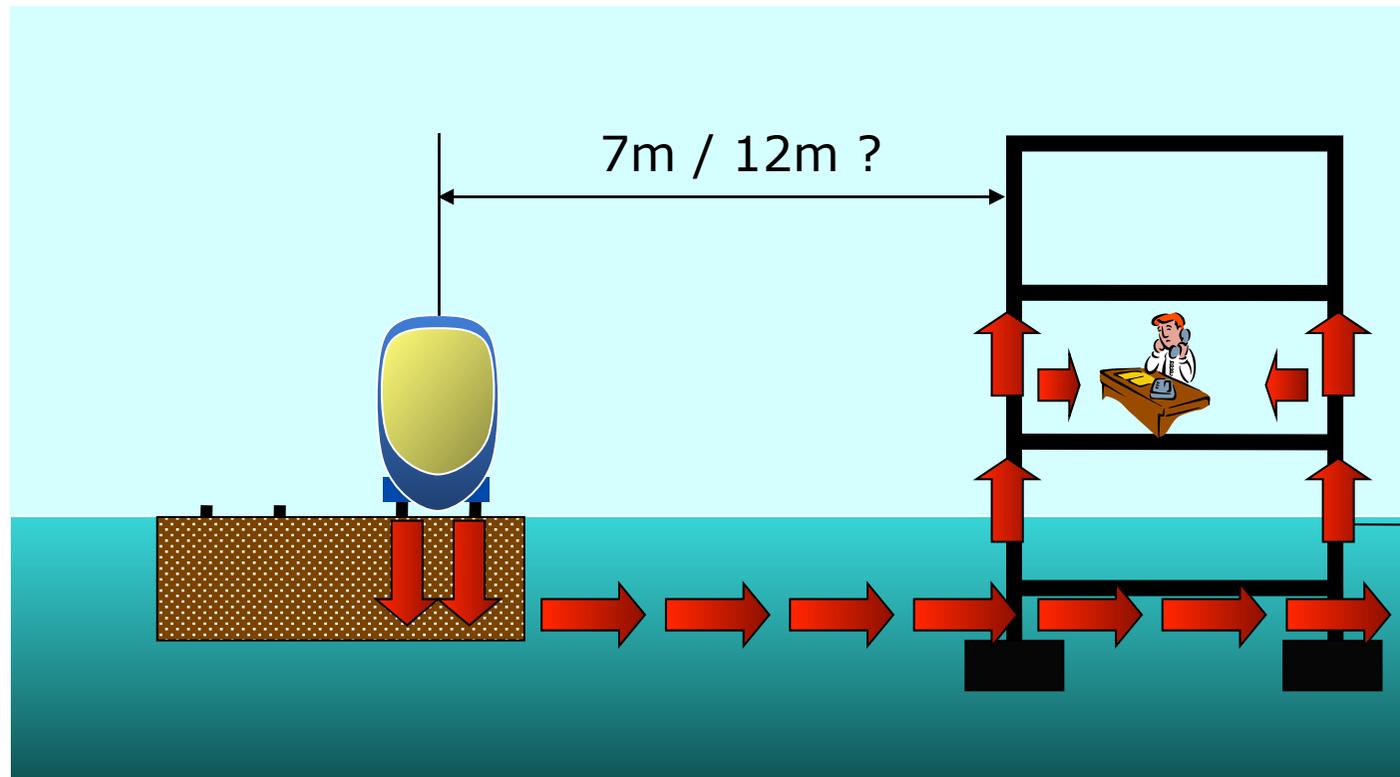


(\*): Simulation réalisée avec le logiciel **dBtram** (développement suite PREDIT 2002-06)

# Vibrations et bruit solidien

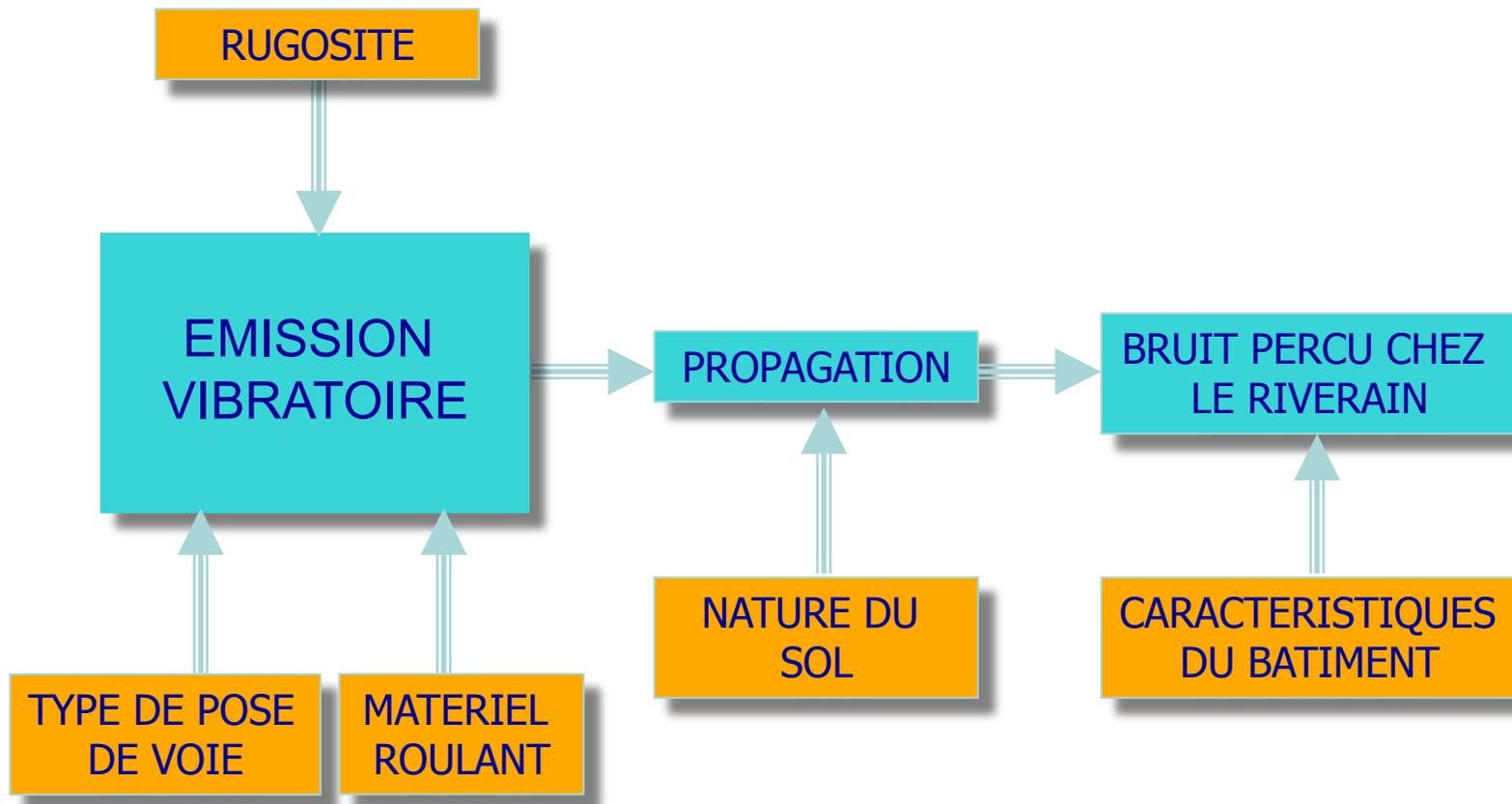
La règle des 7m / 12m est-elle justifiée ?

Comment optimiser efficacement le choix d'un type de pose de voie ?



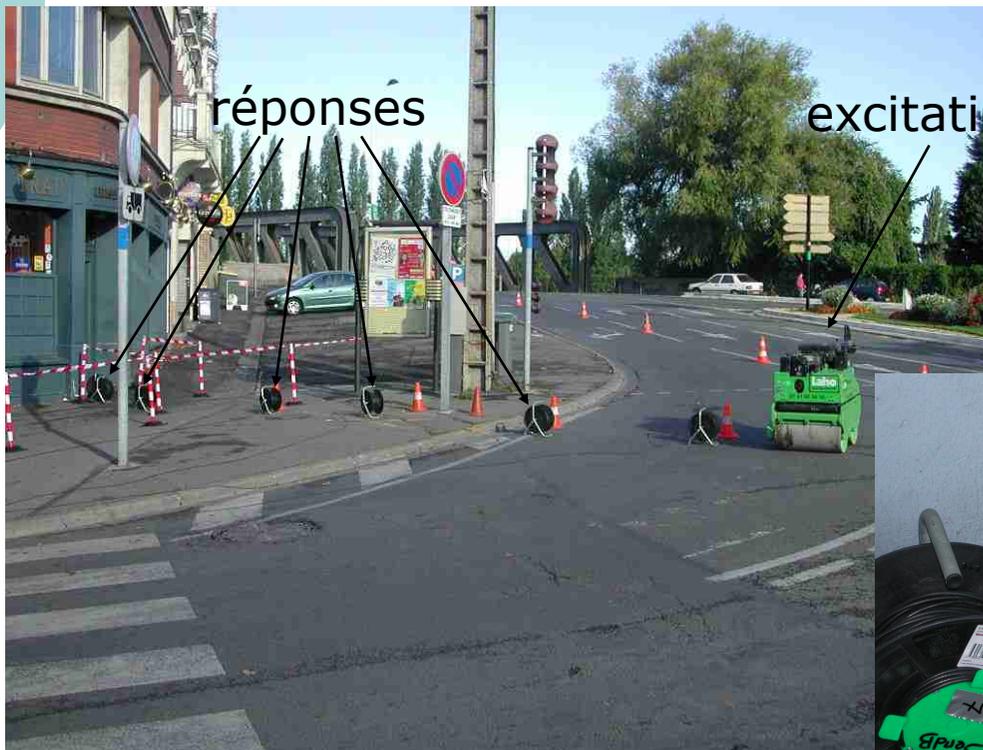
# Vibrations et bruit solidien : *propagation des vibrations*

---



# Vibrations et bruit solide : *nature du sol*

L'atténuation du sol est, en général, déterminée expérimentalement



# Vibrations et bruit solidien : *nature du sol*

L'atténuation du sol dépend de la fréquence.  
Elle est en général minimale entre 10 et 100 Hz.

La règle des 7m / 12m est basée sur une atténuation forfaitaire de 1dB/m quelle que soit la bande de fréquences considérée : elle est donc très pénalisante et conduit à surdimensionner les protections et à augmenter le coût de la plateforme.

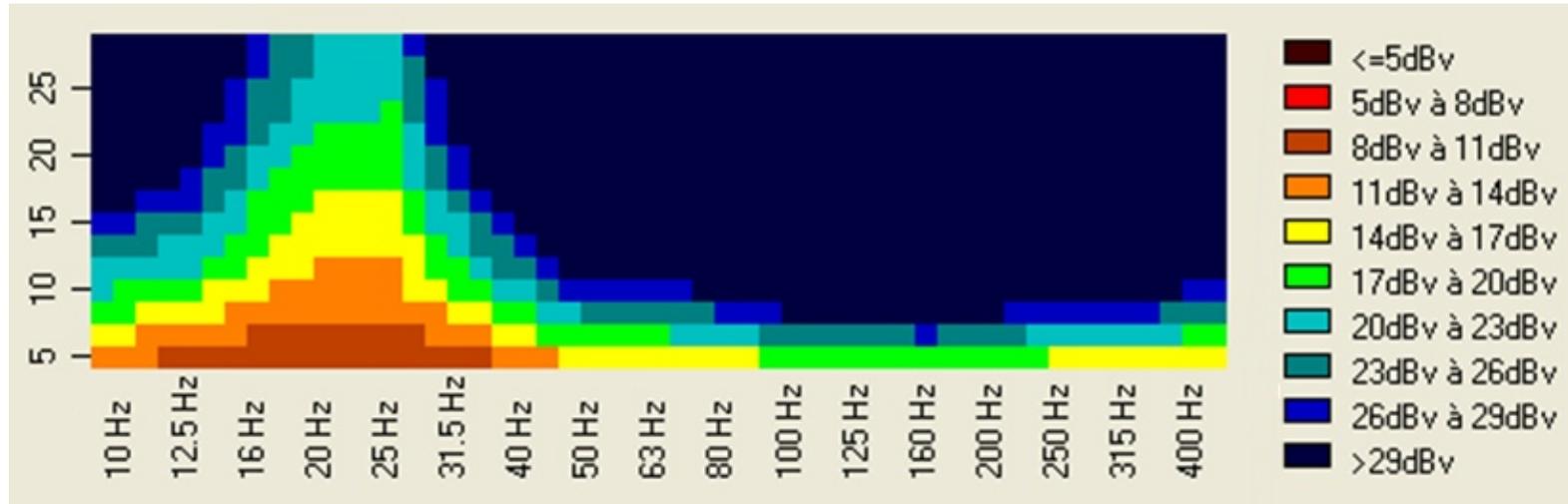


Diagramme réalisé avec le logiciel **dBtram** (développement suite PREDIT 2002-06)

# Vibrations et bruit solidien : *caractéristiques des bâtiments*

---

Le bâtiment est soumis aux vibrations au travers de ses fondations. Celles-ci se propagent ensuite dans les étages via les structures porteuses, en s'atténuant ou en s'amplifiant selon les cas.

**Type de bâtiment et nature des fondations**

**Couplage sol-bâtiment**

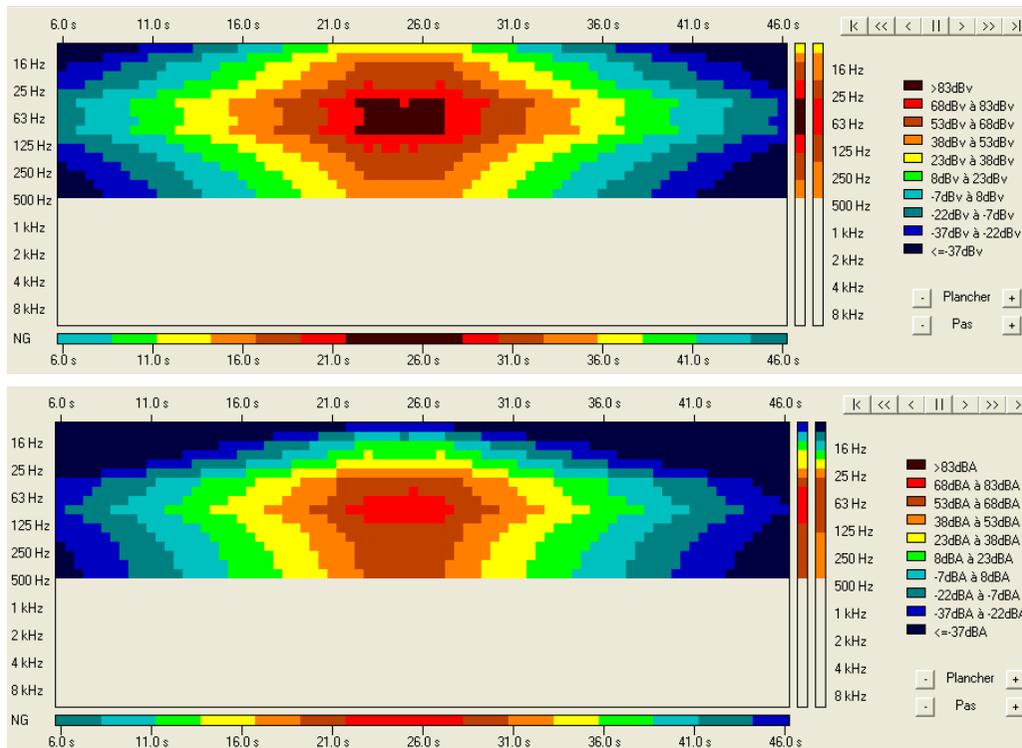
**Position du récepteur (étage)**

**Type de plancher**



# Bruit solide : *exemple de simulation*

Les vibrations et le bruit solide sont calculés, à chaque pas de temps, en fonction de la fréquence<sup>(\*)</sup>.



Cette approche permet de simuler tout type de source de bruit (permanente ou intermittente, ponctuelle, variable dans le temps ...).

Elle permet également de simuler l'usure ondulatoire d'une voie.

(\*): Simulation réalisée avec le logiciel dBtram (développement PREDIT 2002-06)

# Bruit solidien : *exemple de simulation*

---

L'optimisation du type de pose de voie permet de réduire le linéaire de poses anti-vibratiles sans risque pour les riverains.



● : pose classique - ● : pose intermédiaire - ● : dalle flottante

# Synthèse

---

**Le bruit de roulement est prépondérant au-delà de 10 km/h**

**La rugosité de la voie est à l'origine du bruit et des vibrations**

**Le type de revêtement de voie, le type de pose ainsi que la morphologie urbaine ont une influence sur le bruit perçu**

**Le sol et les bâtiments amplifient ou atténuent les vibrations, en fonction de la fréquence**

**La simulation est un outil d'optimisation de type de pose de voie : elle permet de réduire le coût des infrastructures**