



JOURNEES  
TECHNIQUES  
ACOUSTIQUE  
ET VIBRATIONS



# GT “Ecrans acoustiques urbains” : méthodes et expérimentations

Alexandre JOLIBOIS  
CSTB



Marie-Paule THAVEAU  
Cerema



Ifsttar – Nantes 4 & 5 juin 2015



# Contexte et enjeux du groupe de travail

## Dispositifs antibruit urbains (écrans bas)

### Etudes numériques et experimentations

- *Projet HOSANNA (quai Fulchiron, Lyon)*
- *Thèse d'A. Jolibois (tramway de Grenoble)*



## ➤ **Création d'un GT (Cerema, en lien avec la CNEA)**

**Objectif** : améliorer l'ambiance sonore pour le bien-être des usagers de la ville en promouvant ces solutions

### Enjeux et acteurs :

- Aménageurs
- Fabricants/professionnels
- RST/associations
- CNEA

### Méthodes :

- Expérimenter sur le terrain avec les collectivités
  - *En amont de projets d'aménagements*
  - *En rattrapage de PNB/amélioration de l'ambiance sonore*
- **Proposer des méthodes de mesure de performance**

# Rappel du cadre de l'étude CSTB

Indicateurs de performance acoustique utilisés actuellement pour les écrans antibruit routiers (normes 1793) :

- intrinsèques
- nécessitent des dispositifs suffisamment hauts
- reposent sur la séparation des contributions (diffraction, transmission, réflexion)



➔ **non applicable pour les écrans bas**

➤ **Nécessité de développer de nouvelles approches pour caractériser les performances acoustiques de ces nouveaux objets**



Etude du CSTB/Cerema pour jeter les bases de futures méthodes normalisées

Trois phases :

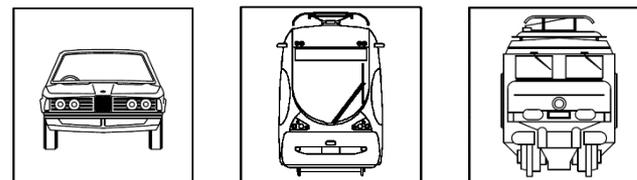
1. Préfiguration
2. Application aux expérimentations
3. Analyse et perspectives

# Rappel du cadre de l'étude CSTB

## Cadre de l'étude de préfiguration

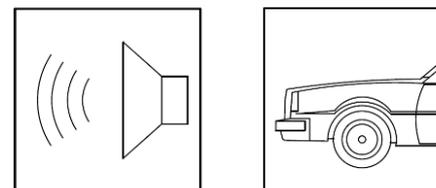
### Types de sources de bruit considéré

- Véhicule léger
- Tramway (+ ferroviaire urbain)



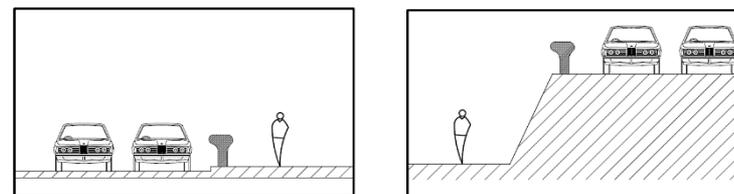
### Types de sources sonores utilisées dans la méthode de mesurage

- Source artificielle (haut-parleur)
- Source réelle (passage de véhicule)



### Types d'environnement urbain

- Site plan
- Site en déblai



### Localisation des récepteurs

- Piétons et cyclistes en zone d'ombre proche (3m)
- Mesure par microphones/sonomètres

**Série de méthodes présentées  
sous forme de fiches**

# Grands principes des méthodes de mesures proposées

## Approche extrinsèque...

Mesure de **perte par insertion « in situ »** (différence entre situations « avec » et « sans »)

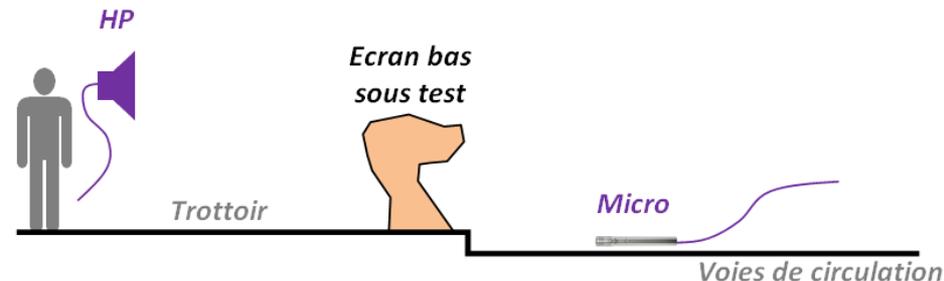
- soit au même endroit, avant et après installation
- soit à deux endroits distincts, mais avec caractéristiques similaires

## ... mais s'affranchissant le plus possible de l'environnement

- Contraintes sur rapport signal/bruit, obstacles alentour, longueur minimale du dispositif, type de sol...
- Fenêtrage temporel (rejets de composantes parasites)

## Utilisation du principe de réciprocité

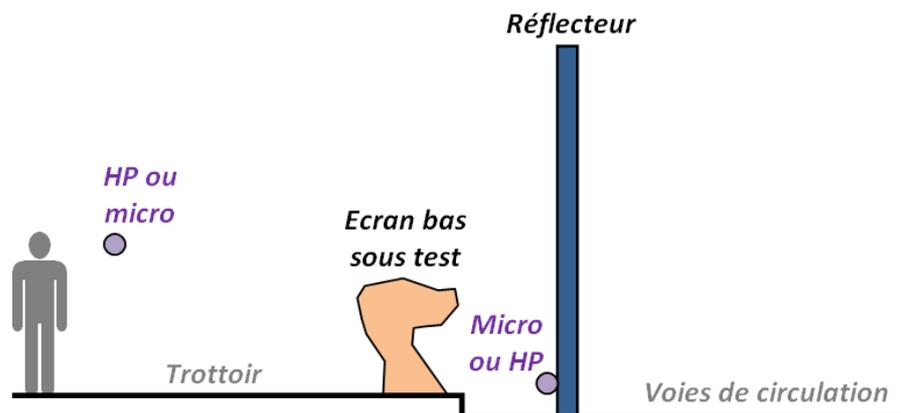
- Si utilisation de HP et micros, inversion de la source et du récepteur
- Permet un positionnement plus précis des sources représentées (par des micros)
- Équivalent à la situation « naturelle »



# Grands principes des méthodes de mesures proposées

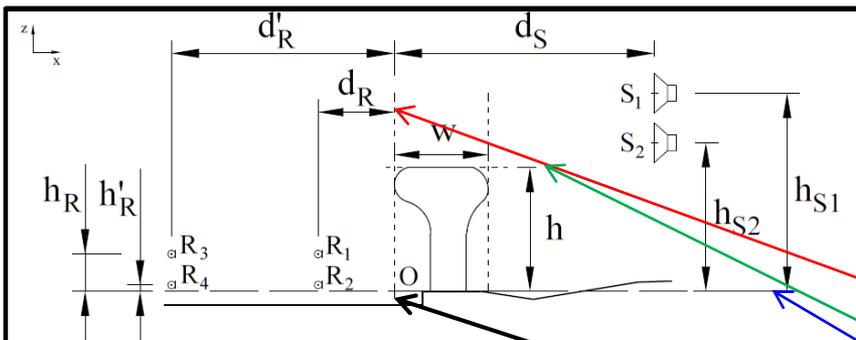
## Prise en compte de l'interaction caisse-écran (tramway et train)

- Si HP/micro, ajout d'un réflecteur artificiel
- Soit dispositif ajouté (ex. : planche), soit mur existant
- Doit être suffisamment lisse et suffisamment dense (masse surfacique suffisante)

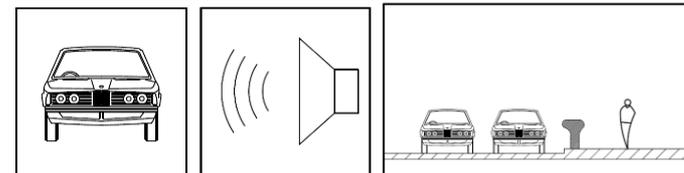
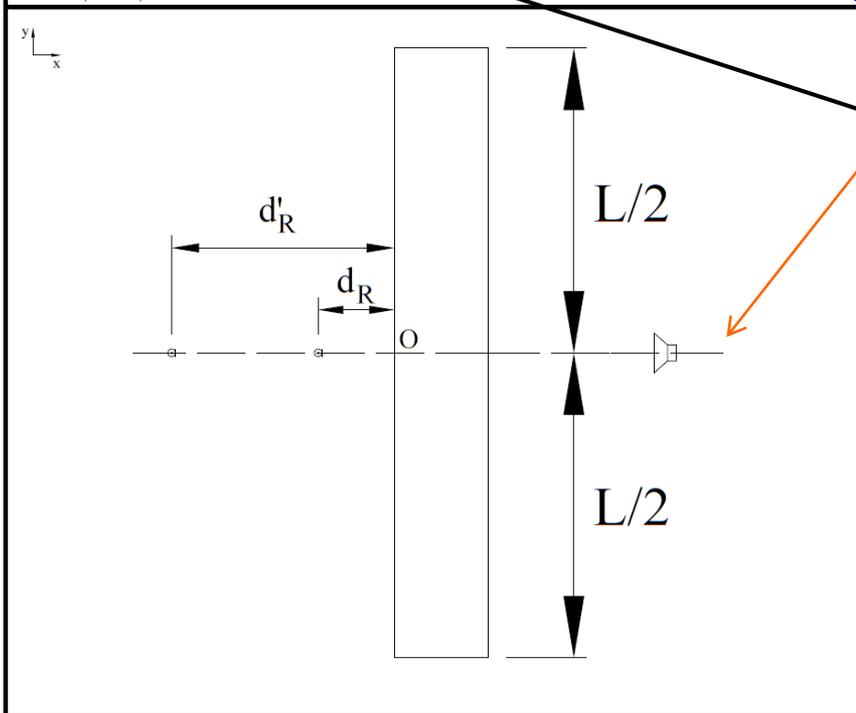


# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source artificielle

Coupe transversale



Vue de dessus



## Définition de plans de référence

Plan équivalent « avant »

Plan équivalent « haut »

Plan équivalent « sol »

Plan de « coupe »

Origine du système de coordonnées (O)

## Définition des distances

$$d_S = 3 \text{ m}$$

$$h_{S1} = 1.6 \text{ m}$$

$$h_{S2} = 1.2 \text{ m}$$

$$d_R = 0.5 \text{ m}$$

$$d'_R = 3.5 \text{ m}$$

$$h_R = 0.3 \text{ m}$$

$$h'_R = 0.05 \text{ m}$$

w : largeur du dispositif,  $0 < w < 1 \text{ m}$

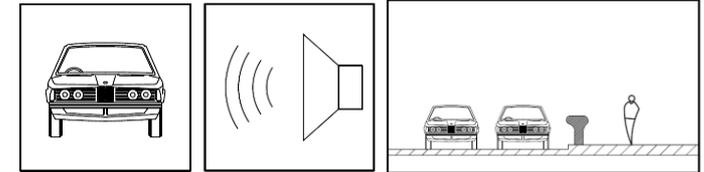
h : hauteur du dispositif,  $0 < h < 1.6 \text{ m}$

L : longueur du dispositif,  $L > 15 \text{ m}$

**Propositions**

# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source artificielle

## Contraintes géométriques et physiques



- **Contraintes sur le sol** : non nécessairement plan, mais variation limitée en termes de hauteur par rapport au plan équivalent sol ( $\pm 20$  cm côté HP, - 20cm côté micro). Terrain suffisamment rigide (asphalte, béton...).
- **Pas d'obstacles** dans le voisinage de la zone de mesure ( $-5m < x < 5m$  ,  $-10m < y < 10m$  ,  $0 < z < 3m$ )
- **Conditions climatiques favorables** (température entre 0 et 40 degrés C, vent inférieur à 5 m/s)

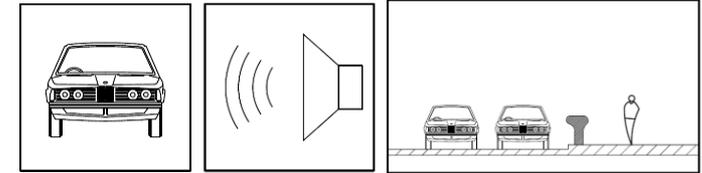
## Protocole de mesure

- Mesure des réponses impulsionnelles entre chaque HP et chaque micro
- Fenêtrage (fenêtre Adrienne de  $8ms$ ) autour de la composante principale (diffractée)
- Evaluation du bruit de fond dans les deux situations (« avec » et « sans »). Validité des mesures sur  $SNR > 10$  dB dans tous les tiers d'octave d'intérêt (de 100 à 5000 Hz)

**Propositions**

# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source artificielle

## Calcul des indicateurs



- **Quantités de bases :**  
pseudo-pression au carrée  
par tiers d'octave

$$P_{j,SiRk} = \int_{\Delta f_j} |F[h_{SiRk}(t)]|^2 df$$

$$P_{j,SiRk,ref} = \int_{\Delta f_j} |F[h_{SiRk,ref}(t)]|^2 df$$

- $h_{SiRk}$  (resp.  $h_{SiRk,ref}$ ) : RI fenêtrée entre source Si et récepteur Rk, en situation « avec » (resp. « sans »)
- j : indice du tiers d'octave

- **Moyenne des quantités :**

- Différents types possibles : uniquement sources proches, uniquement récepteurs à 1.6m, tout ensemble...
- Pour chaque type de moyenne (X), calcul d'une perte par insertion par tiers d'octave (arrondie au **0,5 dB** inférieur)
- Moyenne sur tiers d'octave avec niveaux  $L_j$  de la 1793-3 (arrondie au **0,5 dB** inférieur)
- Indice unique de performance recommandé :

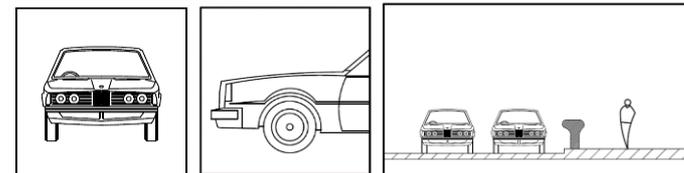
$$IL_{j,X} = -10 \log(P_{j,X}/P_{j,X,ref})$$

$$IL_X = -10 \log \frac{\sum_j 10^{0.1 L_j} P_{j,X}}{\sum_j 10^{0.1 L_j} P_{j,X,ref}}$$

**IL large bande (en dB(A)) moyennée sur toutes les sources/récepteurs**

**Propositions**

# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source réelle



## Définition des distances

$$d_R = 3 \text{ m}$$

$$h_{R1} = 1.6 \text{ m}$$

$$h_{R2} = 1.2 \text{ m}$$

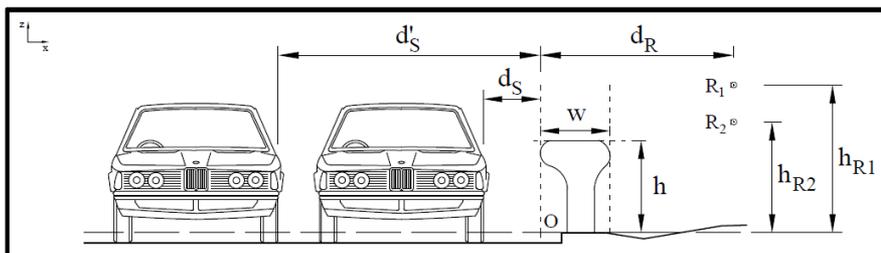
$$d_S = 0.5 \text{ m}$$

$$d'_S = 3.5 \text{ m}$$

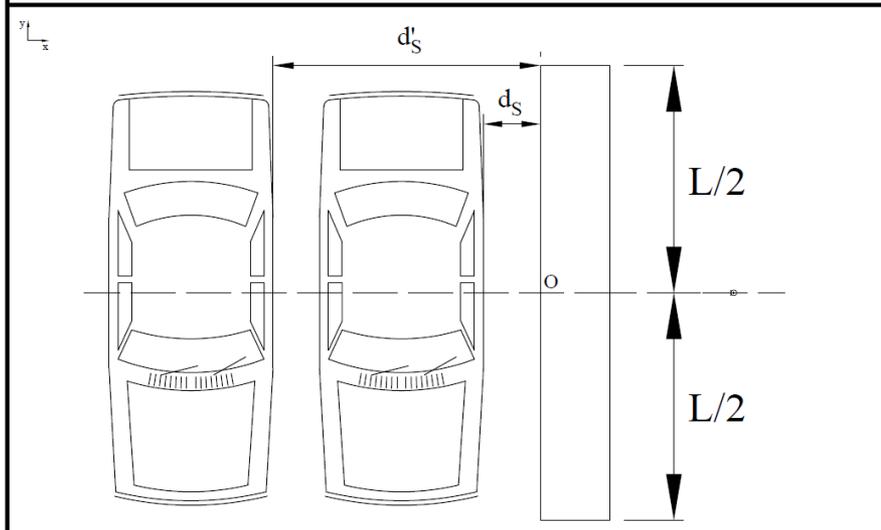
$w$  : largeur du dispositif,  $0 < w < 1 \text{ m}$   
 $h$  : hauteur du dispositif,  $0 < h < 1.6 \text{ m}$

$L$  : longueur du dispositif,  $L > 15 \text{ m}$

Coupe  
transversale



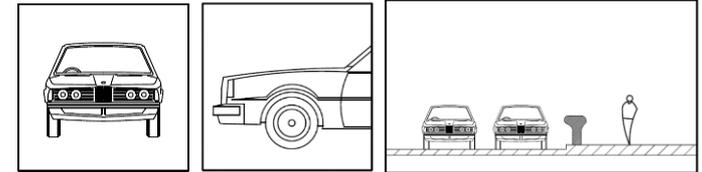
Vue de  
dessus



# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source réelle

## Contraintes géométriques et physiques

- Idem + sol praticable au passage de voitures



## Protocole de mesure

- Passage de véhicules maîtrisés (similaire à la norme NF S31-199-2), près (0,5 m) et loin (3,5 m).  
5 passages dans chaque configuration (près/loin, avec/sans)
- Mesure de l'évolution du  $L_{Aeq,100ms}$  (large bande) et du  $L_{eq,j,100ms}$  (tiers d'octave), puis extraction des valeurs maximales  $L_{Aeq,100ms,max}$  et du  $L_{eq,j,100ms,max}$  pour toutes les configurations.
- Evaluation du bruit de fond dans toutes les configurations. Validité des mesures sur  $SNR > 10$  dB dans tous les tiers d'octave d'intérêt (de 100 à 5000 Hz)

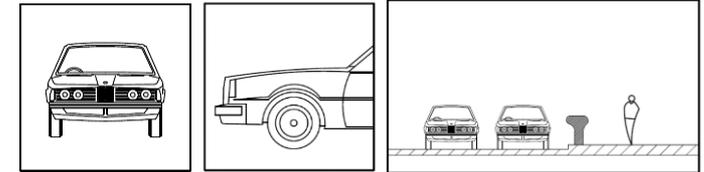
# Parcours d'une méthode : bruit routier / configuration plane / source réelle

## Calcul des indicateurs

- **Quantités de bases :**  
pseudo-pression au carrée  
par tiers d'octave

$$P_X = 10^{L_X/10}$$

$L_X$  : niveau max dans une configuration (soit large bande, soit par tiers d'octave)



- **Moyenne des quantités :**

- Différents types possibles : uniquement sources proches, uniquement récepteurs à 1.6m, tout ensemble...
- Pour chaque type de moyenne (X), calcul d'une perte par insertion large bande (pondérée A) et par tiers d'octave (arrondies au **0,5 dB** inférieur)
- Indice unique de performance recommandé :

$$IL_{j,X} = -10 \log(P_{j,X}/P_{j,X,ref})$$

**IL large bande (en dB(A)) moyennée sur toutes les configurations**

**Propositions**

# Perspectives

Trois phases :

1. Préfiguration
- 2. Application aux expérimentations**
- 3. Analyse et perspectives**

## Test des méthodes sur les sites expérimentaux

- Faisabilité, comparaison de produits

## Retour d'expérience des expérimentations

- Pertinence, améliorations à apporter

## « Fine tuning » de/des méthode(s)

- Valeurs de paramètres à préciser (taille de fenêtre, contraintes géométriques...)
- Evaluation de la robustesse (expérimentalement ou numériquement)

# Merci de votre attention

**Marie-Paule THAVEAU**

**Cerema – Direction technique Territoires et Ville**

**2 rue Antoine Charial - 69426 LYON Cedex 03**

**04 72 74 59 18**

**[marie-paule.thaveau@cerema.fr](mailto:marie-paule.thaveau@cerema.fr)**

**Alexandre JOLIBOIS**

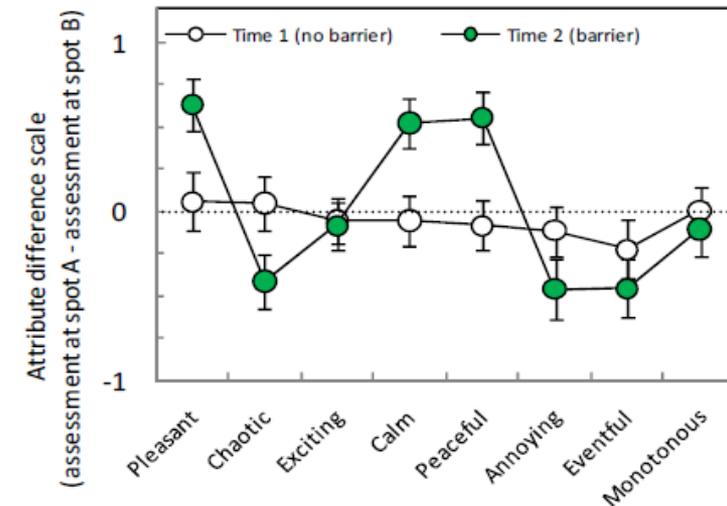
**CSTB**

**24 rue Joseph Fourier - 38400 ST-MARTIN-D'HERES**

**04 76 76 25 80**

**[alexandre.jolibois@cstb.fr](mailto:alexandre.jolibois@cstb.fr)**

# Expérimentation à Lyon : effet d'un écran bas végétalisé

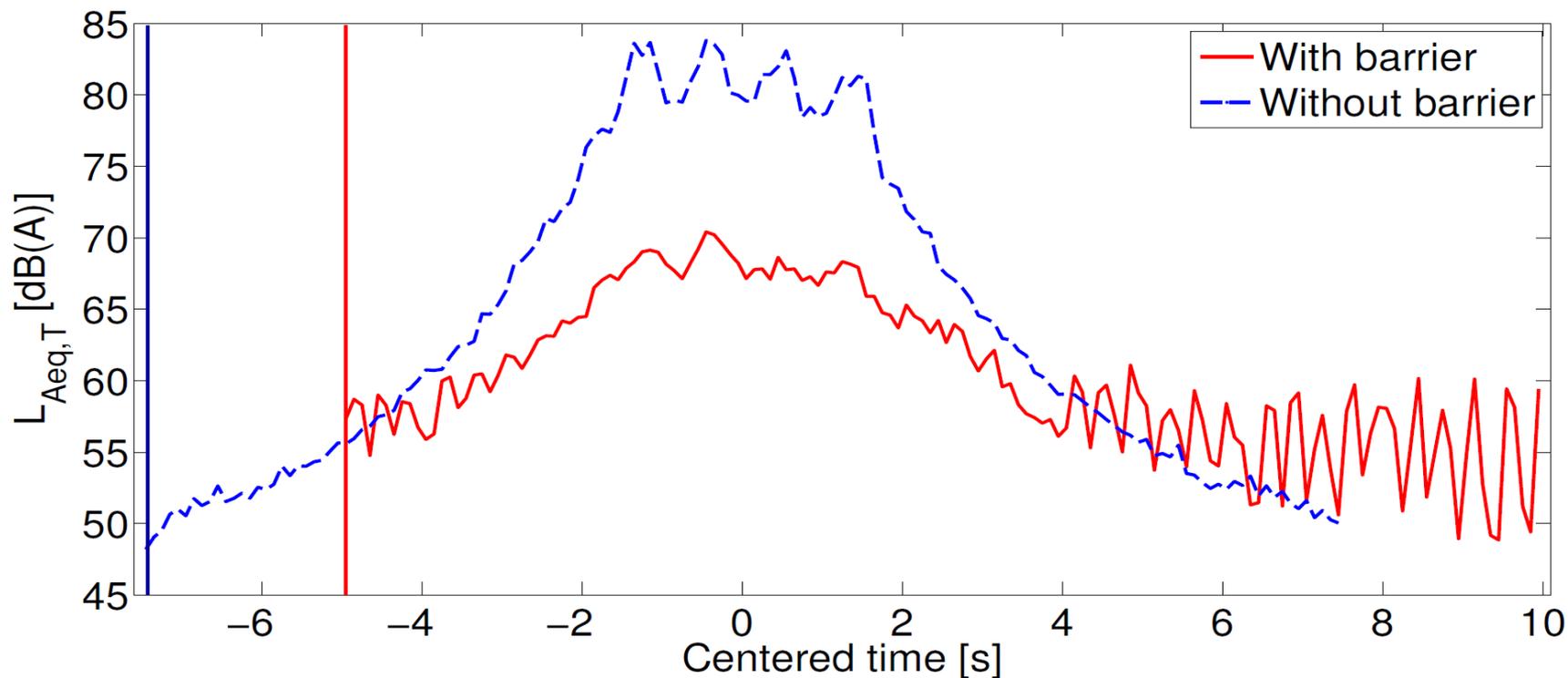


➤ Réduction du niveau moyen de 5 dB(A)

➤ Impression subjective de l'ambiance sonore significativement améliorée

- Collaborative project HOSANNA, WP6 deliverable ([www.greener-cities.eu](http://www.greener-cities.eu))
- M. Radsen-Ekman et al., "Case-study evaluation of a low and vegetated noise barrier in an urban public space", Proc. of Internoise 2011 in Osaka, Japan (2011)

# Expérimentation à Grenoble : effet d'un écran bas lors du passage d'un tramway



**Niveau moyen lors du passage**

**81 dB(A)**

**68 dB(A)**

- A. Jolibois, "A study on the acoustic performance of tramway low height noise barriers: gradient-based numerical optimization and experimental approaches", Ph.D thesis, Université Paris-Est (2013)
- A. Jolibois, J. Defrance, H. Koreneff, P. Jean, D. Duhamel, V. W. Sparrow, " In situ measurement of the acoustic performance of a full scale tramway low height noise barrier prototype", Appl. Acoustics **94**, 57-68 (2015)