



EXPOSITION VIBRATOIRE ET SONORE D'ORIGINE FERROVIAIRE DANS LE BATI

Synthèse des recherches
internationales dans les projets FP7
RIVAS et CARGOVIBES

Michel Villot

Nom de l'intervenant



8 et 9 JUNI 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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





Plan de l'exposé

- Introduction
- Vibrations et bruit solidien associé
- Apports du projet RIVAS
- Apports du projet CARGOVIBES
- Perspectives



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Introduction

- Sujet: **Exposition vibratoire et sonore d'origine ferroviaire dans le bâti** (habitat riverain)
- Sonore = **bruit solidien** = bruit intérieur induit par les vibrations des structures du bâti (bruit aérien transmis par la façade exclu)
- Exposition étudiée dans 2 projets récents européens (FP7):
 - projet **RIVAS** (2011-2013) : CSTB partenaire
 - projet **CARGOVIBES** (2012-2014) : CSTB non partenaire, mais séminaire commun en 2013 sur l'exposition vibratoire
- Présentation de l'apport de ces 2 projets



8 et 9 JUIN 2015

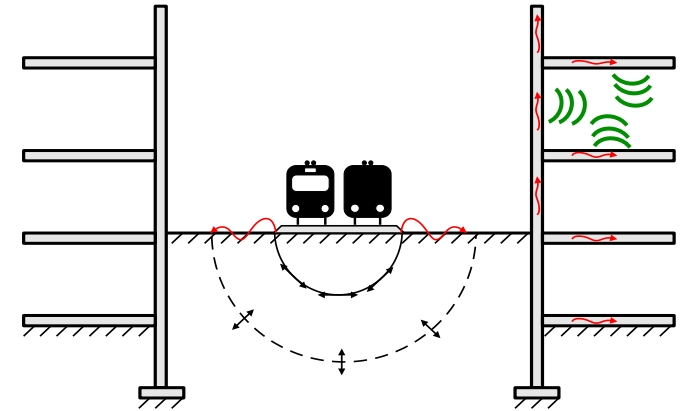
Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Vibrations et bruit solidien associé (1)

- **Perception corporelle** des vibrations
 - seuil voisin de 0.1mm/s (66 dBv réf. $5 \cdot 10^{-8}$ m/s)
 - gamme de fréquence: 1-80 Hz
- **Perception auditive** du bruit solidien
 - bruit de fond de l'ordre de 30 dB(A) (bâtiments récents après 1995)
 - seuil à 30 dB(A) (pour simplifier)
 - gamme de fréquence: 16-250 Hz



Réponse humaine aux vibrations ferroviaires en France dans l'habitat : gamme de fréquence utile 8-160 Hz



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Vibrations et bruit solidien associé (2)

- **Bruit solidien**

- bruit induit par les vibrations des structures du bâti
- même phénomène ; double nature
 - double mesure (bruit et vibrations) pour l'identifier
 - deux indicateurs pour le caractériser
- relation statistique énergétique entre les deux grandeurs exprimées en dB par 1/3 octave (résultat RIVAS):

$$L_{p,\text{moy}} \approx L_{v,\text{plancher}} + 7 \quad (L_v \text{ réf. } 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s})$$





Vibrations et bruit solidien associé (3)

- **Deux conséquences:**

- possibilité de comparer bruit total mesuré au bruit solidien calculé à partir des vibrations de planchers
- possibilité de savoir qui détermine la cible à ne pas dépasser

Spectre	centré sur 16 Hz	centré sur 63 Hz
Niveau de bruit solidien	30 dB(A)	30 dB(A)
Niveau vibratoire	78 dBv	48 dBv



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Apports du projet RIVAS (1)



- Solutions de traitement à la source (trains / voies en surface / sol): atténuation des niveaux vibratoires au sol, près des voies
 - Évaluation des solutions chez le riverain (tâche CSTB) : diminution de l'exposition vibratoire et sonore (bruit solidien) et réponse humaine associée
 - Besoins - transfert vibratoire sol (près des voies) – bâtiment (*)
 - descripteurs d'exposition (**)
 - relations exposition – réponse humaine (**)
 - Utilisation des connaissances existantes
- (*) Livrable D1.6 sur site www.rivas-project.eu
- (**) Livrable D1.4

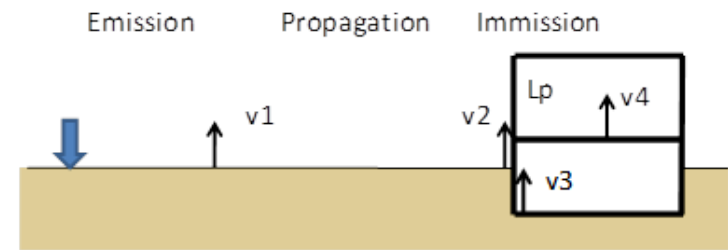
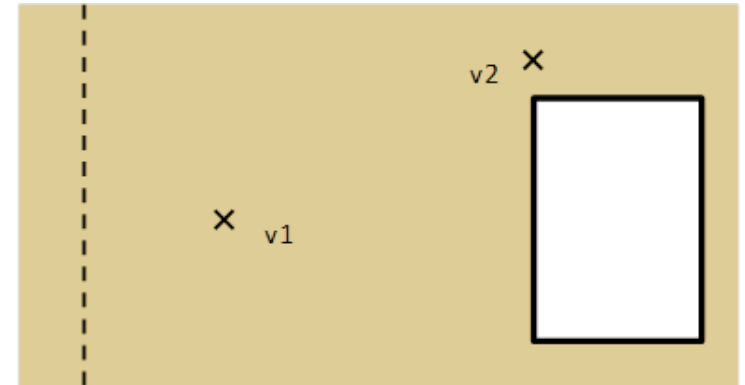




Apports du projet RIVAS (2)

Transfert vibratoire sol (près des voies) – bâtiment

- Propagation
 - **TF1**: sol (près des voies) – sol
modèle de sol (BEM) (bâtiment)
- Immission dans le bâtiment
 - **TF2**: sol (bâtiment) – fondations
 - **TF3**: fondations – planchers
 - **TF4**: vibrations plancher – bruit
solidien
modèle empirique statistique
(SBB et DB)





Apports du projet RIVAS (3)

Descripteurs d'exposition

- Descripteurs associés à des courbes exposition –réponse résultats d'enquêtes à grande échelle
- Valeur max sur un passage (effet perturbateur) et valeur moyenne sur durée longue (effet cumulatif) corrélées à la réponse humaine
- Vibrations et bruit solidien associé pris en compte
- Pondérations usuelles (Wm et A) utilisées bien qu'imparfaites

	Vibrations dBv(Wm) réf. $5 \cdot 10^{-8}$ m/ s	Bruit solidien dB(A)
Niveau max	$L_{V_{Wm,S,max}}$	$L_{p_{A,S,max}}$
Niveau moyen	$L_{V_{Wm,eq,24h}}$	$L_{p_{A,den,24h}}$



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



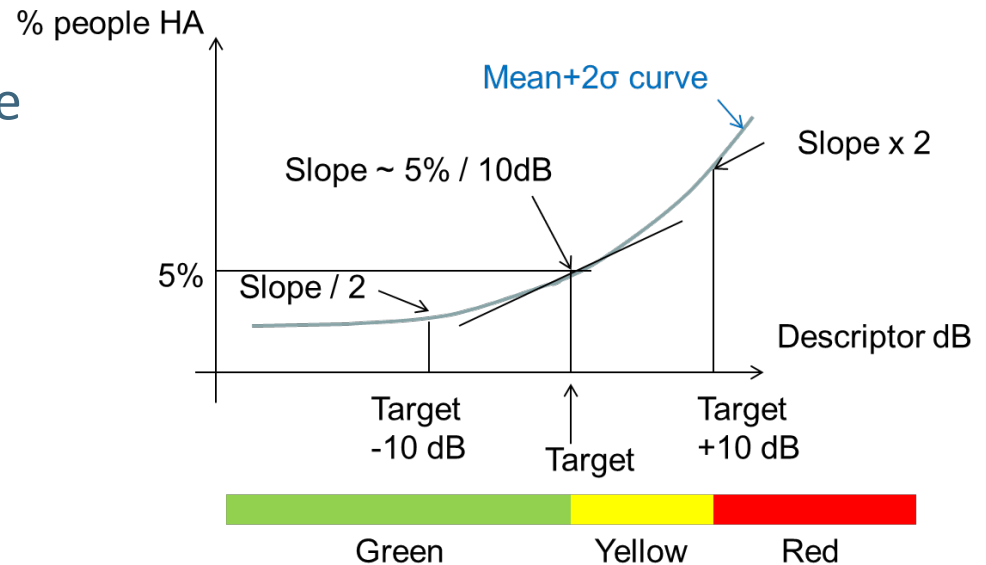
Apports du projet RIVAS (4)

Relations exposition – réponse humaine

- Nombreuses similarités
- Courbe unique pour les 4 descripteurs retenus
- Autres critères de pertinence (*) non pris en compte

Nom de l'intervenant

(*) voir pr FD S31-014
élaboré par le groupe S30MI



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Apports du projet RIVAS (5)

Caractère basses fréquences du bruit (solidien) (*)

- Identification par la différence $L_{pC} - L_{pA}$
- Critère: différence d'au moins 15 – 20 dB (suivant les pays)
- Utilisation de seuils spécifiques en dB(A)

(*) voir RIVAS livrable D1.4 , « Review of standards, regulations and guidelines concerning human exposure to vibration



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



Apports du projet CARGOVIBES (1)



- Solutions de traitement à la source
- Courbe exposition –réponse « universelle » (*)
- Effet des vibrations sur le sommeil (*)

(*) Livrable D1.5 sur site www.cargovibes.eu



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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





Apports du projet CARGOVIBES (2)

CSTB
Le futur en construction

Relations exposition – réponse humaine

- Reprise de 6 enquêtes grande échelle sur les vibrations ferroviaires dans différents pays
- 3 nouvelles enquêtes effectuées dans le cadre du projet
- Méta-analyse pour obtenir une courbe « universelle »
- Utilisation de relations de passage entre les différents descripteurs (limité au ferroviaire)
- Valeur max sur un passage (effet perturbateur) et valeur moyenne sur durée longue (effet cumulatif) corrélées à la réponse humaine

Nom de l'intervenant



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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



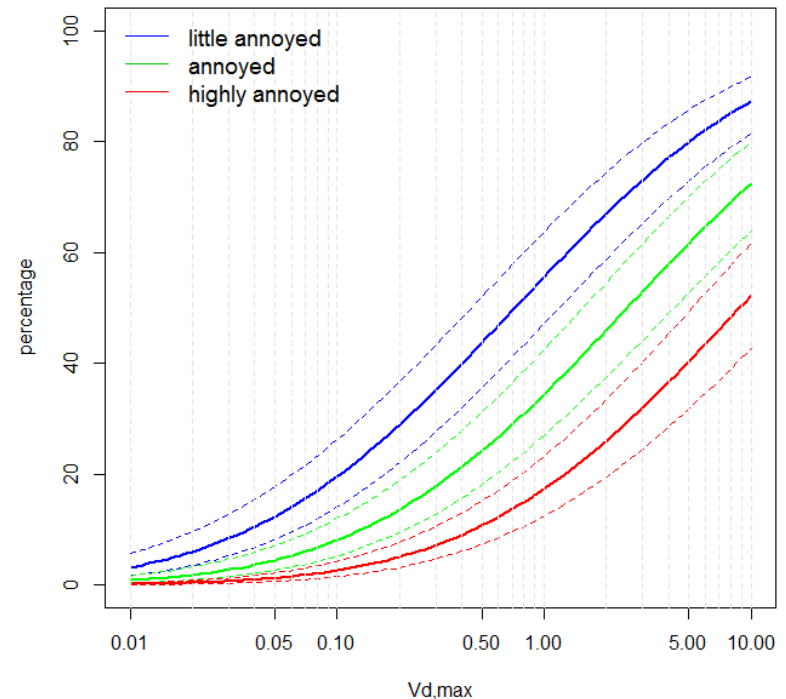


Apports du projet CARGOVIBES (3)

Relation exposition – réponse « universelle »

- Exprimée pour 3 descripteurs avec pondération W_k (ISO 2631-1):
 - vitesse max (Fast) en mm/s
 - accélération moyenne (24h) en m/s^2
 - VDV sur 24h
 - **5% HA** → **$L_{vWm, Smax} \approx 66$ dBv**
(0,1mm/s)

Annoyance from Railway Vibration





Apports du projet CARGOVIBES (4)

CSTB
Le futur en construction

Effet des vibrations sur le sommeil

- Augmentation des principaux effets sur le sommeil suivants:
 - Changements biologiques :
 - changement de l'activité cardio-vasculaire
 - modification de la structure du sommeil
 - Qualité du sommeil :
 - réveil précoce
 - difficulté à se rendormir
 - conscience d'un sommeil (repos) perturbé
- Données encore insuffisantes

Nom de l'intervenant



8 et 9 JUIN 2015

Paris- Auditorium de la Maison des Travaux Publics
3, rue de Berri - Paris 8^{ème}

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





Perspectives

- Progrès significatifs apportés par les projets RIVAS et CARGOVIBES
- Importance des modèles empiriques d'immission vibratoire : nécessité de normes de mesure en France
- Descripteurs d'exposition : autres critères de pertinence à prendre en compte
- Exposition vibrations + bruit aérien (cas de voies en surface) non traitée
- ISO/TC108/SC2/WG8 (auteur de la série 14837) ne travaille pas encore sur l'évaluation des vibrations ferroviaires (Partie 4) mais travaille sur la partie mesure (Partie 3)

