

Les sons solidiens : une préoccupation émergente – Retour d'expériences

C. REBOURG, J.J. LEBLOND

CETE Lyon, DLL-DLCF

JTAV AUTUN

10 octobre 2012



Crédit photo : Arnaud Bouissou/MEDDE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Sommaire

- 1/ Définition des sons solidiens
- 2/ Le mesurage
- 3/ La réglementation
- 4/ La prévision
- 5/ Retours d'expérience

1/ Définition des sons solidiens

On appelle « sons solidiens » les bruits émis par rayonnement acoustique des parois de bâtiment soumises à une vibration mécanique.

On distingue parfois le bruit solidien transmis par le sol (*Ground-Borne noise*) et le bruit structurel transmis par les structures (*structure-borne noise*)

Les chocs d'objets causés par les vibrations (vaisselle, huisseries....) ne rentrent pas dans le cadre des sons solidiens.

Protection contre les vibrations environnementales – le cas français (CSTB-décembre 2007)

Les fréquences de ces bruits sont basses comprises généralement entre 30 et 200 Hz voire 20 et 350 Hz.

La nature des parois, leur dimension et les aménagements intérieurs des logements influent sur le bruit produit.

La production de sons solidiens dépend de la durée d'émission de la source et des fréquences des vibrations transmises.

On estime que des sons solidiens audibles peuvent apparaître pour des sources continues à spectres fréquentiels étroits à partir de vitesses de vibration de l'ordre de **0,001 mm/s (seuil humain de perception des vibrations proches de **0,1 mm/s**).**

2/ Le mesurage

- En acoustique, l'indicateur le plus utilisé est le dBA
- Les seuils admis sont abaissés pour prendre en compte la sous évaluation des basses fréquences (en général de 5 à 15 dB)
- En vibration, l'indicateur le plus utilisé est la vitesse efficace en relation directe avec la quantité de mouvement

Selon les pays, 2 constantes d'intégration sont utilisées: 0,125 seconde (Fast) et 1 seconde (Slow)

3/ La réglementation

- Il n'existe pas de réglementation française.
- Les pays scandinaves et germaniques disposent des directives les plus détaillées avec des seuils variant de 25 à 35 dBA selon la nature de la source, sa période d'émission, l'antériorité et le types d'activités humaines à préserver.
- Il n'existe aucun seuil en vibration, à l'origine du phénomène mais pas de ses effets.....

4/ La prévision

- **La prévision des sons solidiens nécessitent:**
 - **Une étude de vibration afin de caractériser la source et la propagation dans le sol et les structures.**
 - **L'établissement d'une fonction de transfert entre la vibration des parois et la pression transmise dans l'air ambiant.....**

5/Retour d'expériences

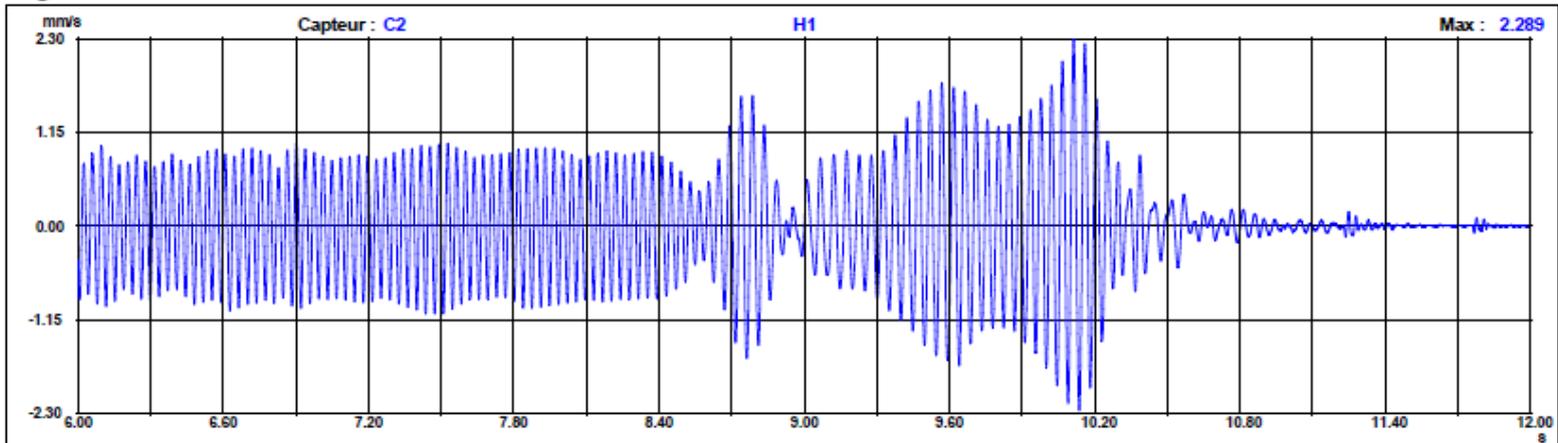
- Lors d'études ou de contrôles de vibration, nous avons constaté l'émission de bruits solidiens..... non mesurés.....mais nettement perceptibles pour qu'il n'y ait aucun doute sur leur origine.
- Les sources vibratoires en cause sont dans la quasi totalité des cas continues et sinusoïdales.

Les compacteurs vibrants

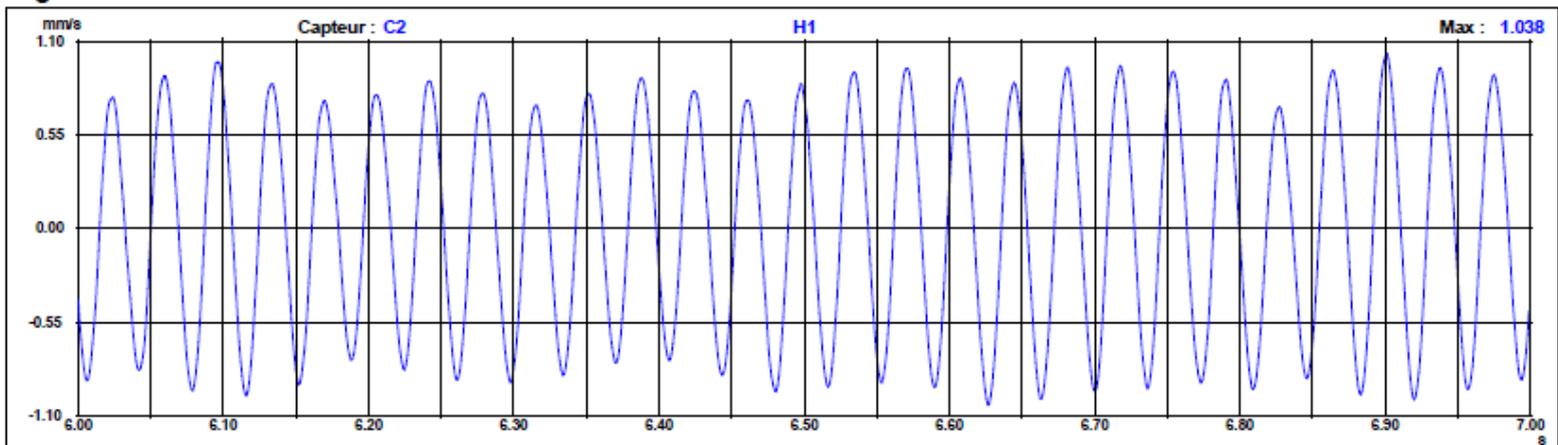


**Vibrations en milieu de plancher : 2,21 mm/s
soit 50 % du seuil contractuel du marché
Bruit intolérable (impossible de se parler à 3m)
Conséquence; changement de méthode....de délai
et de coût.....**

Signal brut



Signal brut

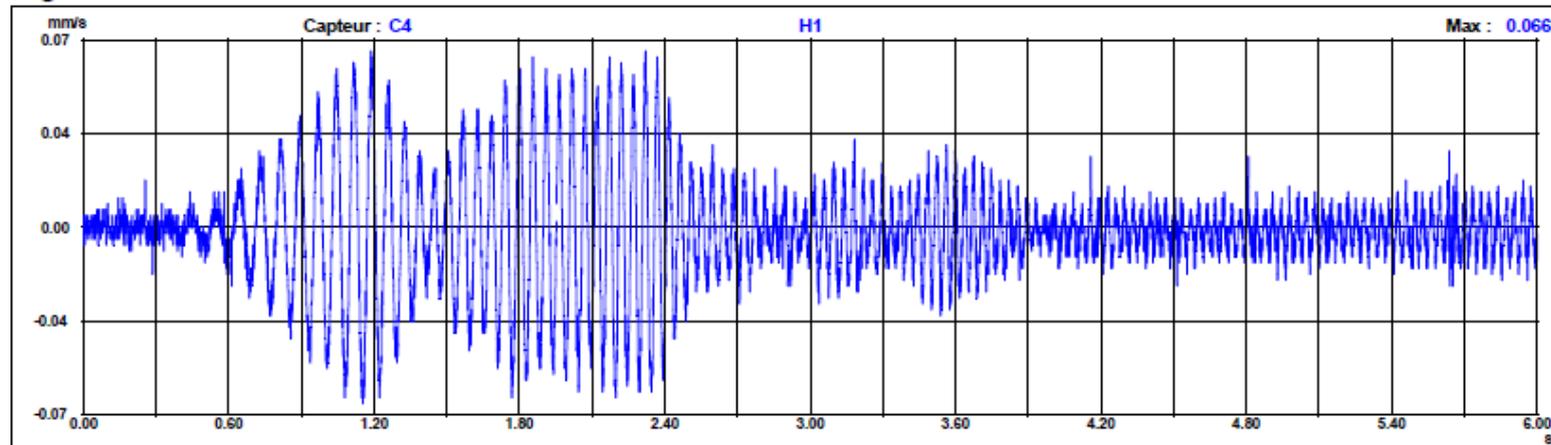


IDITEC

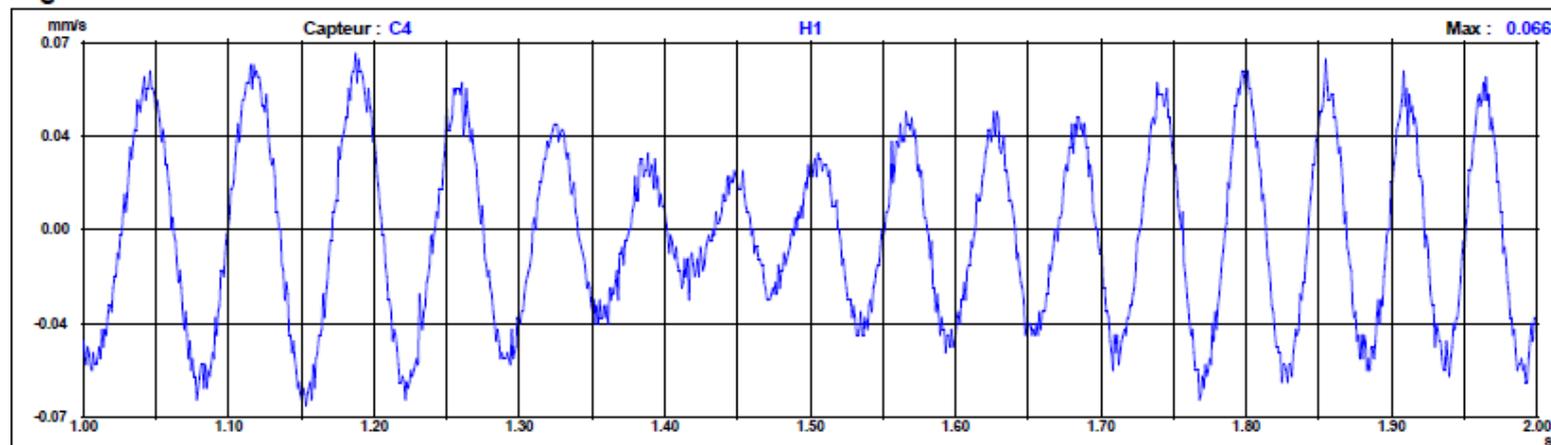
COMP5

Vibrations sur dalle béton du sous-sol: 0,065 mm/s Soit 1,3 % du seuil de l'arrêté ministériel du 23/07/86 Bruit continu gênant

Signal brut



Signal brut



IDFTEC

FSSA11



L'Union fait la Force
République Française



Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie

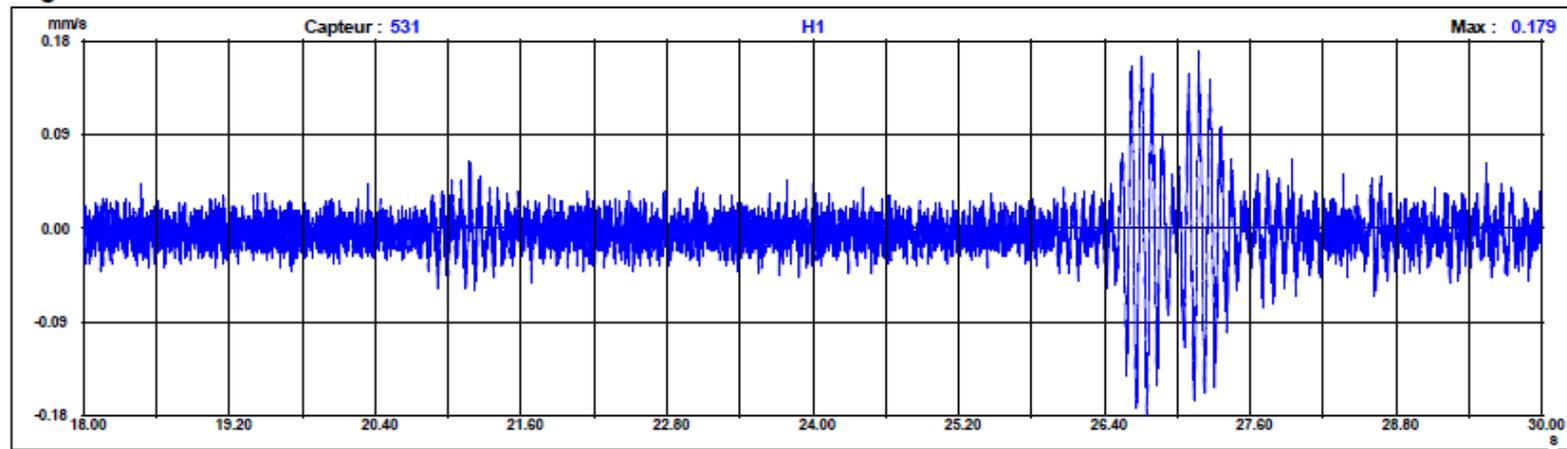
Injection à haute Pression : « Jet grouting »

Technique réputée Non vibrante

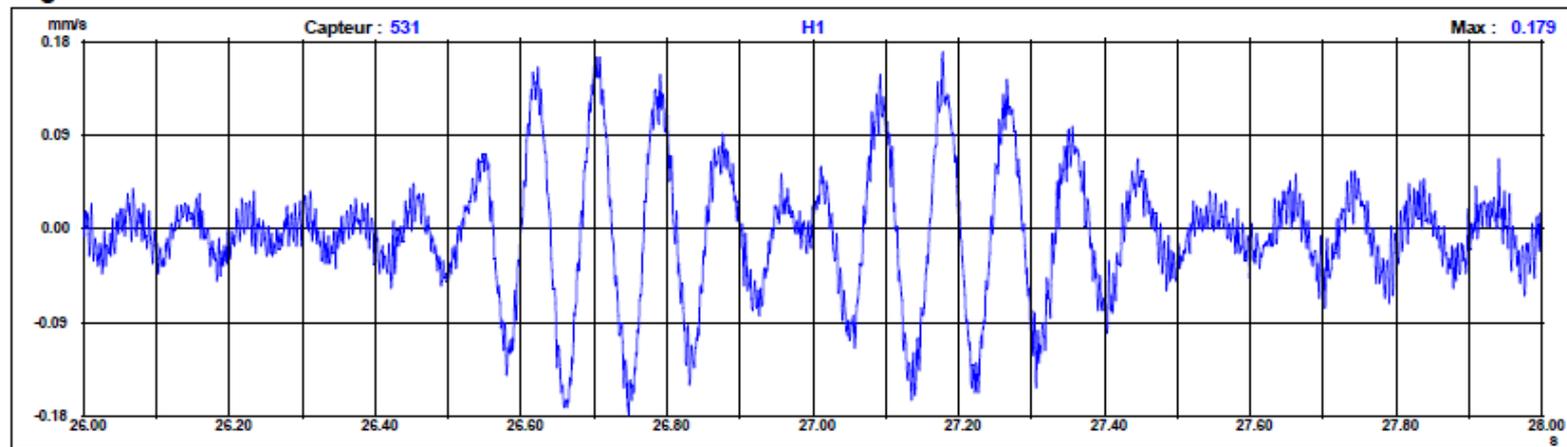


**De jour : vibration atteignant 0,2 mm/s sur la circulation routière. Le Jet n'émerge pas en vibration ni en bruit
Pas de plainte des riverains**

Signal brut

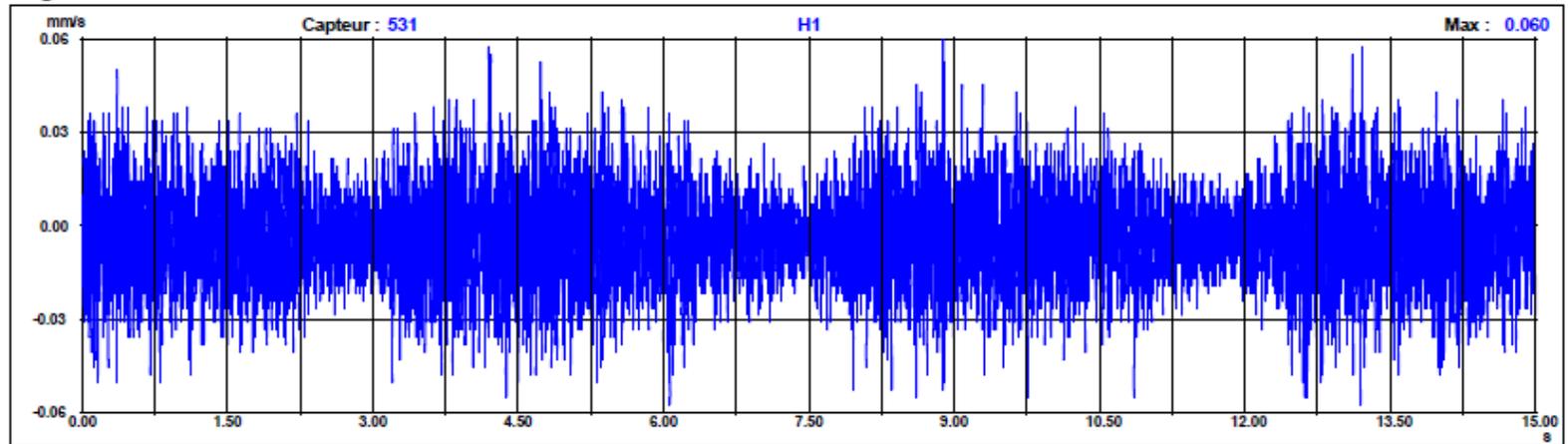


Signal brut

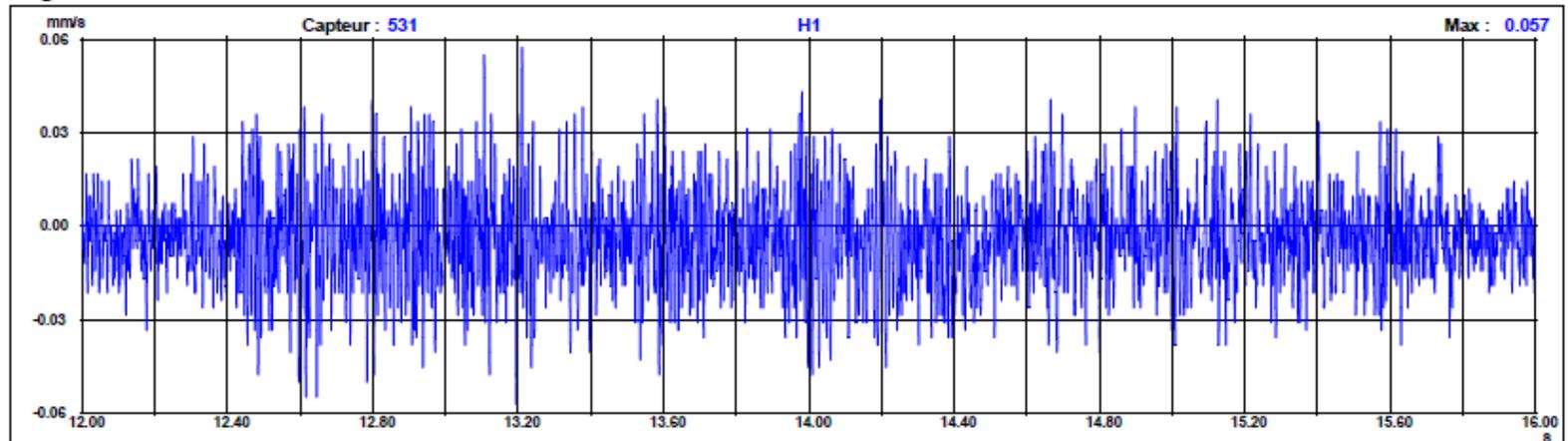


De nuit : 0,06 mm/s- émergence d'un son solidien continu et modulé. Signal monofréquentiel à 75 Hz avec modulation de l'amplitude (0,3 Hz : « coups de pompe »)
Plaintes des riverains

Signal brut



Signal brut



Premières conclusions

- **Les sources continues sont les plus nocives**
- **Les sons solidiens concernent les sources émettant à fréquences élevées (>25 Hz) sur un spectre étroit ou un spectre présentant plusieurs rais nettement individualisées**
- **L'émission de sons solidiens est à craindre pour :**
 - **Les circulations ferroviaires à hautes fréquences (voies rigides type tram, voies ballastées à courte distance, sur sols rocheux ou en souterrain)**
 - **La circulation routière dense sur support rigide et irrégulier (pavés, chaussée béton....)**
 - **Les sources continues (compacteurs, vibrofonceurs, pompe d'injection.....)**

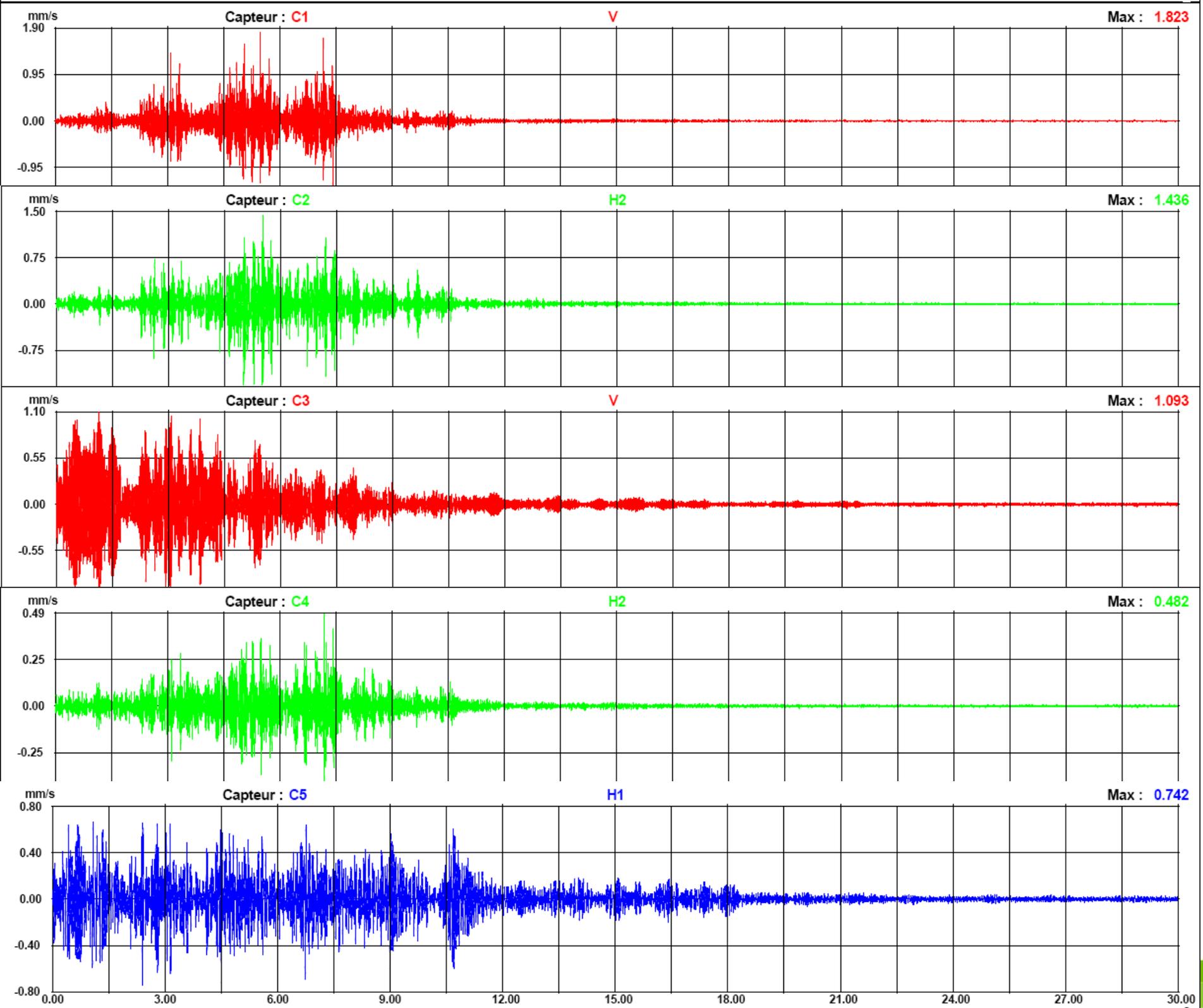
Les circulations ferroviaires

- Application à deux projets ferroviaires dans la région Rhône-Alpes
 - **Un projet franco-suisse (2 km en partie française)**
 - homogénéisation des études : application de directives et textes en vigueur en Suisse,
 - voie existante, dégradée, profil rasant, vitesse de circulation limitée à 30 km/h
 - projet en tranchée ouverte et couverte, rail longs soudés, vitesse de circulation envisagée à 90 km/h
 - **Un projet autour de Lyon**
 - tracé neuf dont tunnels
 - circulations de FRET
 - pas de mesure dans les habitations...

Instrumentation

- Plusieurs capteurs de vitesses de vibrations positionnés comme suit :
 - **2 à 3 capteurs dans le sol pour définir la loi de propagation des vibrations dans celui-ci**
 - **1 capteur sur un élément porteur de l'habitation pour identifier la fonction de transfert sol-structure**
 - **1 capteur par plancher**





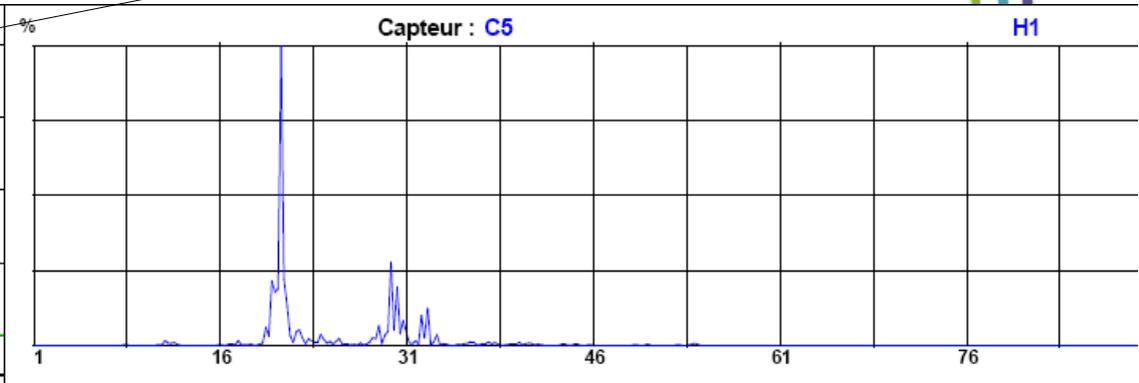
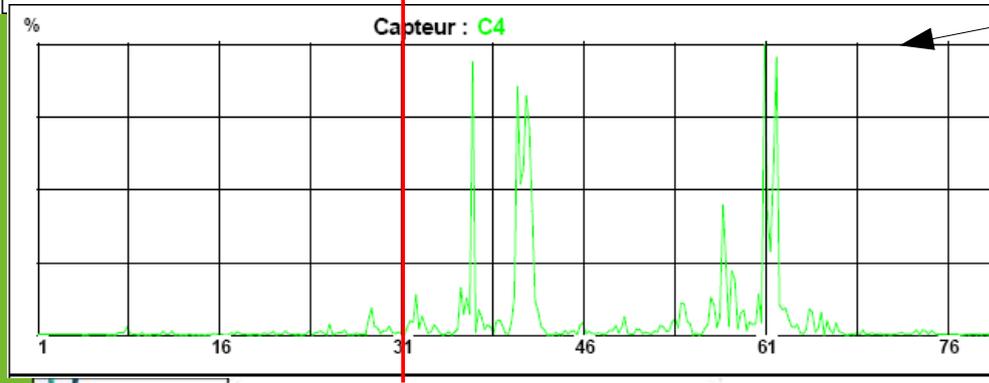
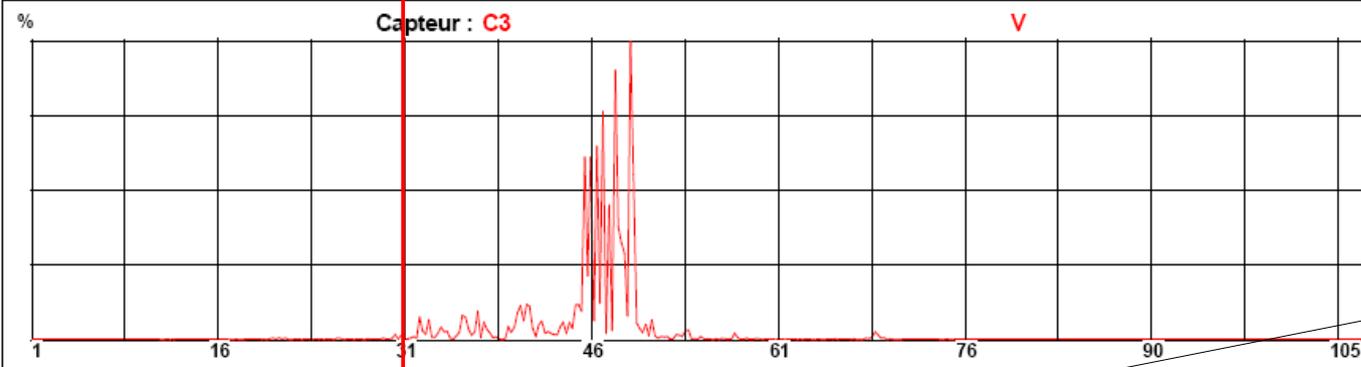
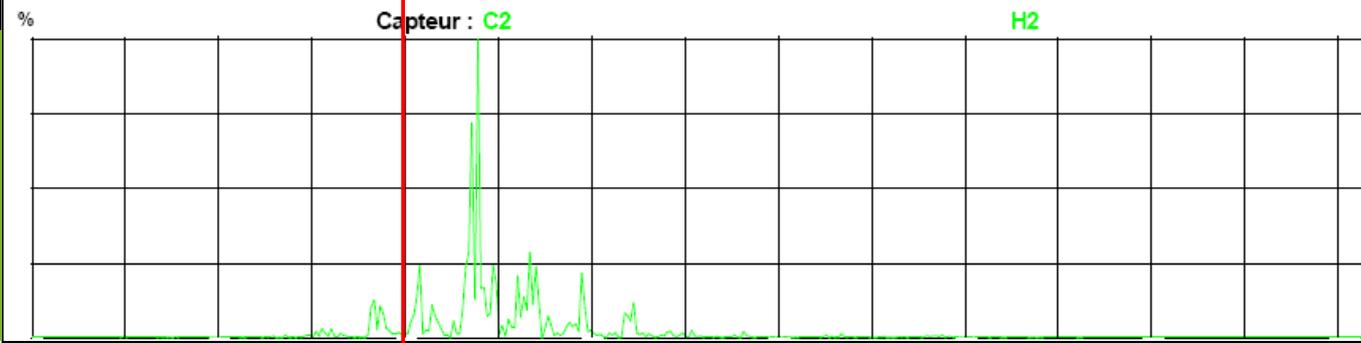
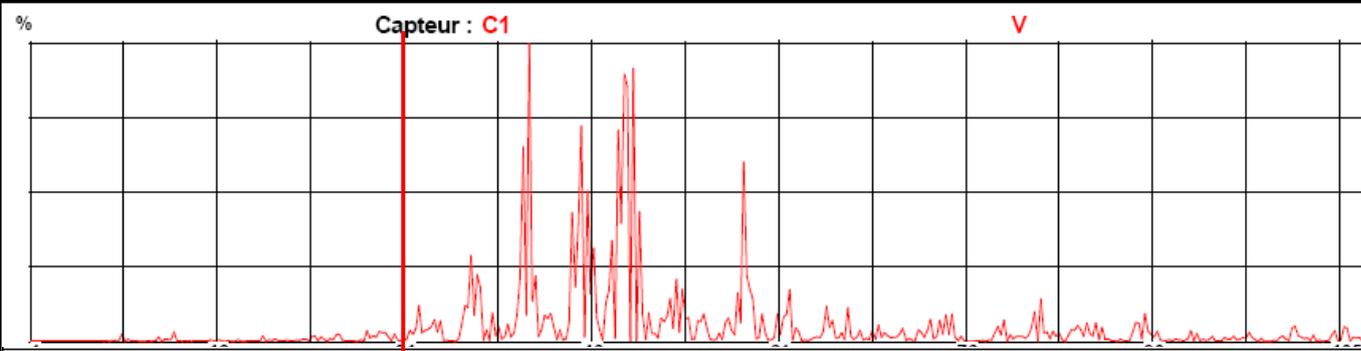
1,82

1,44

1,1

0,48

0,74



A partir de 30-40 Hz,
possibilité de générer
des sons solidiens



30 Hz

Modèle simplifié de calcul (1/2)

- Issu d'une note d'un bureau d'études suisse ('Vibrations et sons solidiens', EPFL / 5.11.2009, Ziegler Consultants)
- Modèle moyen simplifié :

$$P = 1,2 \times V_p$$

avec :

P : pression efficace en Pa de l'onde rayonnée par une paroi

V_p : vitesse efficace mobile de vibration dans la plage de fréquence 40-125 Hz

Modèle simplifié de calcul (2/2)

- Moyenne des rapports $V_{pmax}/V_{max} \rightarrow 0,25$
- Rapport $V_{sol} / V_{plancher\ RDC} \rightarrow 0,5$

soit, **$P = 0,15 \times V_{sol}$**

- Transformation de la valeur efficace en dBA par la formule suivante :

$$P_{dBA} = 20 \cdot \log (P/P_{ref}) - A$$

avec : $P_{ref} : 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$,

A : pondération qui vaut 35 dBA dans la bande de fréquence considérée

Seuils

- Pas de réglementation française
- Au niveau international, les seuils dépendent de la période d'exposition, de la nature de la source, du type d'occupation au sol
 - **25 dBA (Suisse, Autriche) pour des projets neufs à proximité de zones d'habitations et en période nocturne**
 - **30 dBA (Suisse, Autriche) pour des projets neufs en zones mixtes ou rurales et en période nocturne ou pour rénovation ligne existante à proximité de zones d'habitations**
 - **35 dBA (Suisse, Autriche) pour des rénovations en zones mixtes ou rurales et en période nocturne**

Seuil (dBA)	Vsol max (mm/s)	Zone de risque de bruits solidiens 'ballasts sur dalle' (m)	Zone de risque de bruits solidiens 'Pose LVTHA' (m)
30	0,24	25	15
35	0,42	14	9



5 habitations concernées par le seuil de 35 dBA



17 habitations concernées par le seuil de 30 dBA

Des frustrations...

- Sur le projet franco-suisse, possibilité de mesurer dans les habitations mais les futures circulations concernent des TER roulant à 90 km/h → durée de sollicitation vibratoire de courte durée
- Sur le projet lyonnais, futures circulations de FRET, longue durée de sollicitation vibratoire, mais impossibilité de mesurer dans les habitations

Merci de votre attention

FIN

