



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement



**IFSTTAR**

Direction territoriale Est

# Mesures de propagation acoustique et vibratoire à grande distance sur ligne ferroviaire

Patrick Demizieux, Franck Périodon, Philippe Glé, Guillaume Dutilleux,  
Nicolas Goze, Laurent Brendel, Sébastien Vigneron



JOURNEES  
TECHNIQUES  
ACOUSTIQUE  
ET VIBRATIONS

Ifsttar Nantes, 4 et 5 Juin 2015



# Impact des infrastructures de transport terrestres

- Méthode de prévision du bruit et validité

- > NMPB 1996, NMPB 2008

- > Nombreuses campagnes expérimentales sur infras routières, mais sans bâti

- > Seulement deux campagnes sur infras ferroviaires

- Quid de l'impact vibratoire?

- > Pas de méthode de prévision - approche généralement expérimentale

- > Problématique des basses fréquences (bruit et vibration)

- Des campagnes particulièrement lourdes

- > Localisation du site (choix, accès, énergie)

- > Durée (installation, instrumentation, démontage)

- > Capteurs nombreux et déployés à grande distance (NMPB~800m)

- > Synchronisation, transport et stockage des enregistrements

# Objectif de l'étude

## ***Etude d'impact « test » de propagation acoustique et vibratoire d'une infrastructure ferroviaire en zone bâtie***

Avec:

- Synchronisation généralisée des capteurs
- Déclenchement automatique des enregistrement
- Stockage des données centralisé
- Enregistrement vidéo
- Alimentation électrique autonome des points distants
- Dépouillement automatisé pour l'évaluation des sens, vitesses et longueurs de trains

# Plan de la présentation

- Contexte et objectif de l'étude
- Présentation de la campagne
  - Le site
  - Capteurs et centrales d'acquisition
  - Déclenchement et synchronisation
- Exploitation des résultats
  - Caractérisation des passages
  - Données « bruit »
  - Données « vibration »
- Conclusions et Perspectives

# Plan de la présentation

- Contexte et objectif de l'étude
- Présentation de la campagne
  - Le site
  - Capteurs et centrales d'acquisition
  - Déclenchement et synchronisation
- Exploitation des résultats
  - Caractérisation des passages
  - Données « bruit »
  - Données « vibration »
- Conclusions et Perspectives

# Présentation de la campagne

## Le site

-> Laboratoire de Strasbourg

- Voie basse vitesse sur remblai
- Diversité de trains (frets, voyageurs, motrices)
- Site bâti et calme
- Proximité et accès

-> Mesures réalisées du 11 au 13/06 2014 (pendant les grèves...)



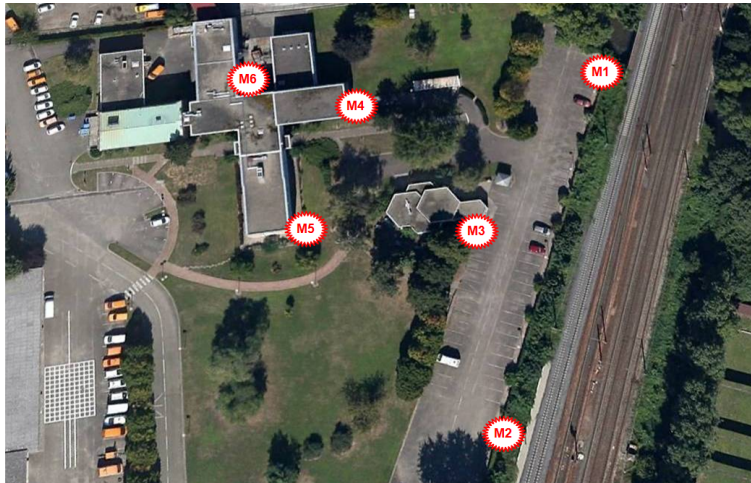


# Présentation de la campagne

## Capteurs et centrales d'acquisition

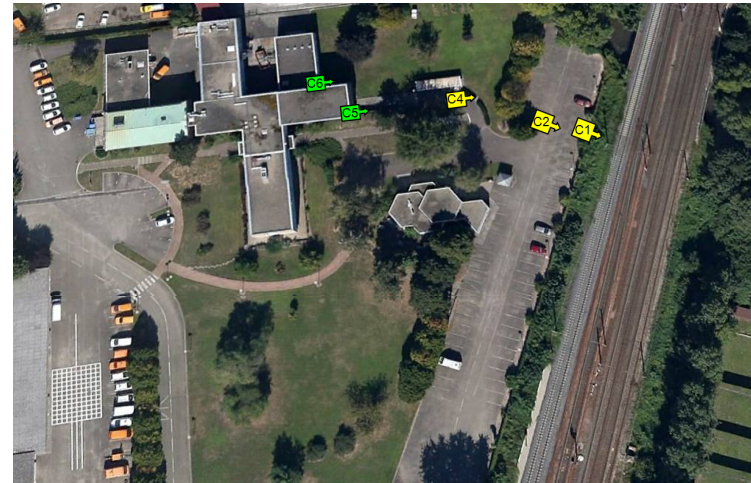
### Bruit

- 6 microphones (ICP et 200V B&K)
- Alimentation: Oros, Gras, Phantom, sonomètre
- Distances: 0-90m



### Vibrations

- 5 capteurs 3D, 2Hz
- Alimentation: Dewetron, Oros
- Distances: 0-67m







# Plan de la présentation

- Contexte et objectif de l'étude
- Présentation de la campagne
  - Le site
  - Capteurs et centrales d'acquisition
  - Déclenchement et synchronisation
- Exploitation des résultats
  - Caractérisation des passages
  - Données « bruit »
  - Données « vibration »
- Conclusions et Perspectives

# Exploitation des résultats

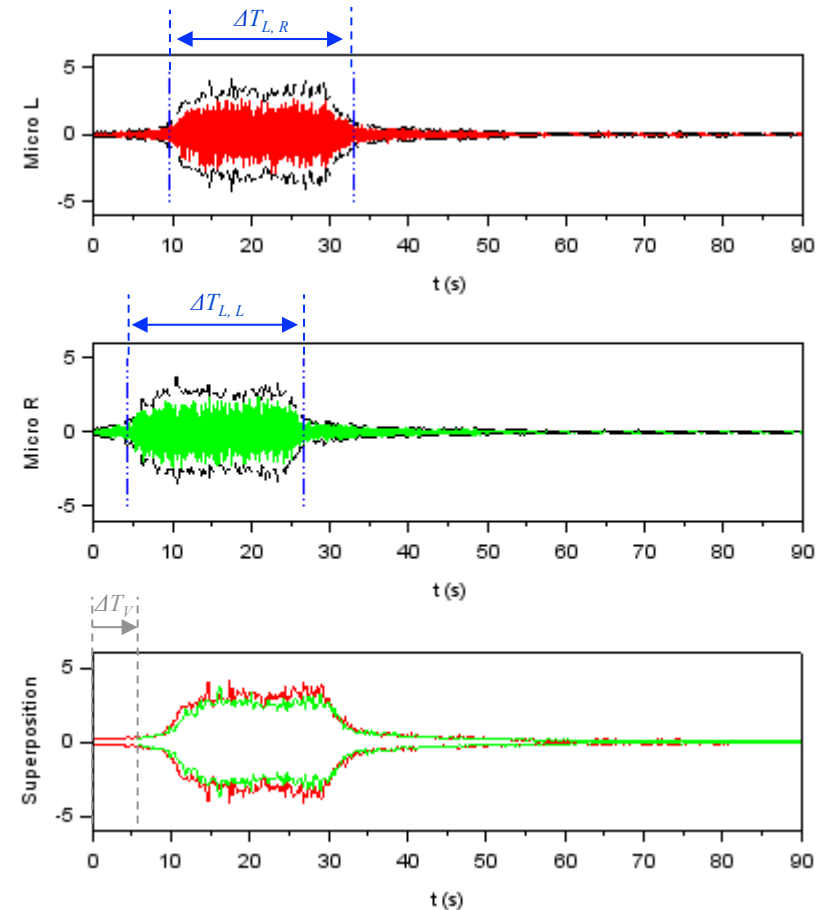
## Caractérisation des passages

### 1. Evaluation sens et vitesse

- Utilisation micros bord de voie
- Similitude des signaux
- > Possibilité de recalage temporel par minimisation
- Travail sur l'enveloppe  $|p_{\max}|_{0.2s}$
- $$V = \frac{\Delta L}{\Delta T_V}$$

### 2. Evaluation de la longueur des trains

- Recherche des fronts montants et descendants
- Vérification cohérence L/R
- $$L = V \times \overline{\Delta T_L}$$



# Exploitation des résultats

## Caractérisation des passages

### Polyvalence du script

- Application à 39 passages
- Trains stables ou à profil variable
- Trains courts ou longs

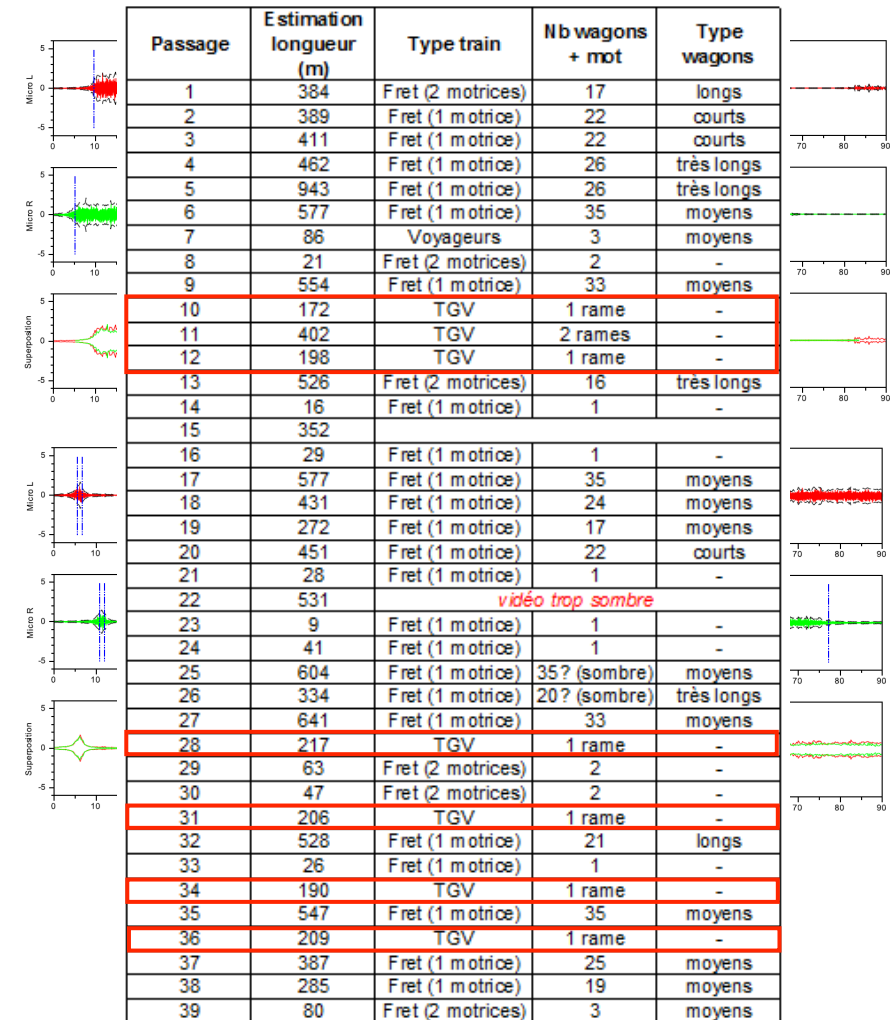
### Fiabilité des résultats

- Sens: aucune erreur (vérif caméra)
- Vitesse: perspective de confrontation de la technique avec radar pour validation
- Longueur: précision ~5% pour TGVs

### Limites de la méthode

#### Cas des trains lents

- Variations de vitesse éventuelles
- JTAV 2015 – Propagation acoustique & vibratoire ferroviaire



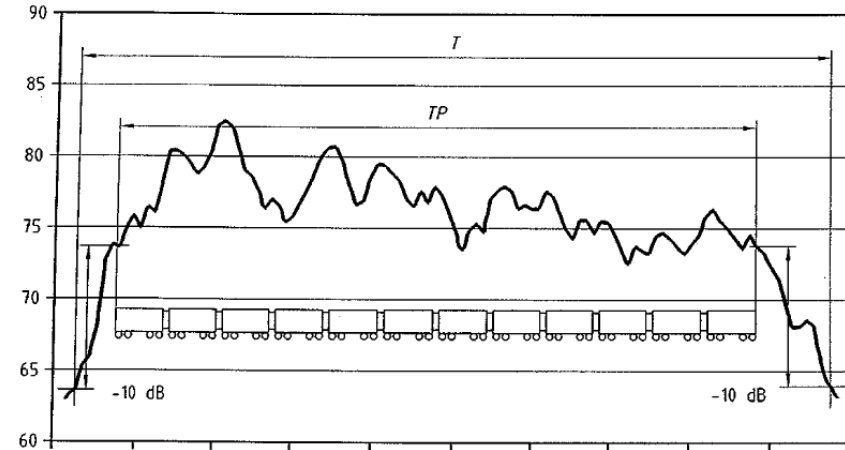
| Passage | Estimation longueur (m) | Type train        | Nb wagons + mot | Type wagons |
|---------|-------------------------|-------------------|-----------------|-------------|
| 1       | 384                     | Fret (2 motrices) | 17              | longs       |
| 2       | 389                     | Fret (1 motrice)  | 22              | courts      |
| 3       | 411                     | Fret (1 motrice)  | 22              | courts      |
| 4       | 462                     | Fret (1 motrice)  | 26              | très longs  |
| 5       | 943                     | Fret (1 motrice)  | 26              | très longs  |
| 6       | 577                     | Fret (1 motrice)  | 35              | moyens      |
| 7       | 86                      | Voyageurs         | 3               | moyens      |
| 8       | 21                      | Fret (2 motrices) | 2               | -           |
| 9       | 554                     | Fret (1 motrice)  | 33              | moyens      |
| 10      | 172                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 11      | 402                     | TGV               | 2 rames         | -           |
| 12      | 198                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 13      | 526                     | Fret (2 motrices) | 16              | très longs  |
| 14      | 16                      | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 15      | 352                     |                   |                 |             |
| 16      | 29                      | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 17      | 577                     | Fret (1 motrice)  | 35              | moyens      |
| 18      | 431                     | Fret (1 motrice)  | 24              | moyens      |
| 19      | 272                     | Fret (1 motrice)  | 17              | moyens      |
| 20      | 451                     | Fret (1 motrice)  | 22              | courts      |
| 21      | 28                      | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 22      | 531                     | vidéo trop sombre |                 |             |
| 23      | 9                       | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 24      | 41                      | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 25      | 604                     | Fret (1 motrice)  | 35? (sombre)    | moyens      |
| 26      | 334                     | Fret (1 motrice)  | 20? (sombre)    | très longs  |
| 27      | 641                     | Fret (1 motrice)  | 33              | moyens      |
| 28      | 217                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 29      | 63                      | Fret (2 motrices) | 2               | -           |
| 30      | 47                      | Fret (2 motrices) | 2               | -           |
| 31      | 206                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 32      | 528                     | Fret (1 motrice)  | 21              | longs       |
| 33      | 26                      | Fret (1 motrice)  | 1               | -           |
| 34      | 190                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 35      | 547                     | Fret (1 motrice)  | 35              | moyens      |
| 36      | 209                     | TGV               | 1 rame          | -           |
| 37      | 387                     | Fret (1 motrice)  | 25              | moyens      |
| 38      | 285                     | Fret (1 motrice)  | 19              | moyens      |
| 39      | 80                      | Fret (2 motrices) | 3               | moyens      |

# Exploitation des résultats

## Données « bruit »

### Objectif

- Dépouillement/sauvegarde automatisés
- Calcul du  $L_{Aeq_{100ms}}$
- Calcul du temps d'exposition (TEL [\[ISO 3095\]](#))
- Calcul du niveau en 1/3 d'octaves



### Méthode

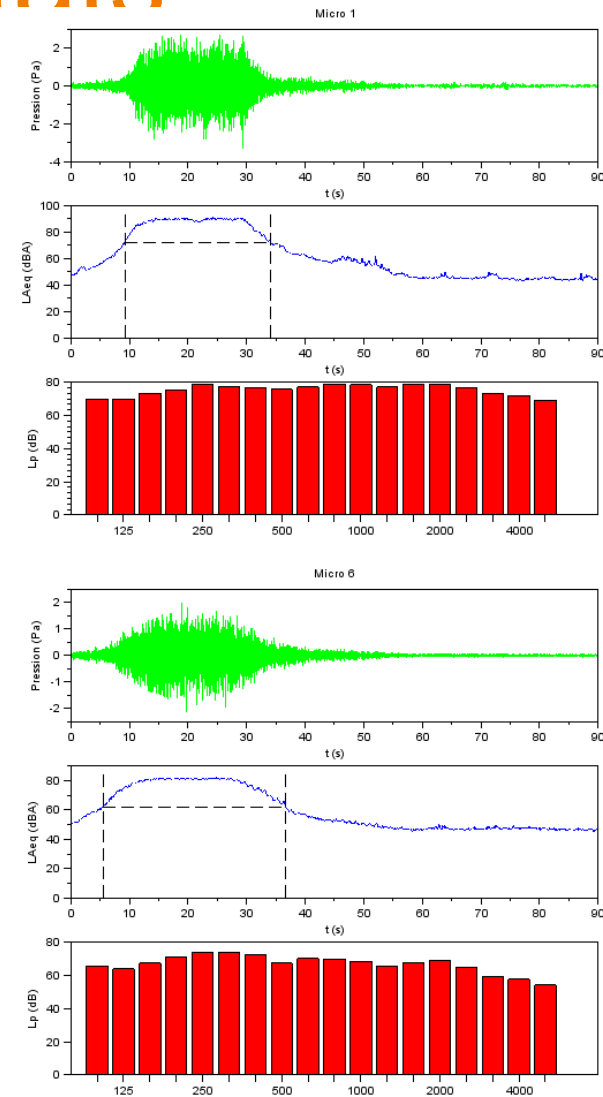
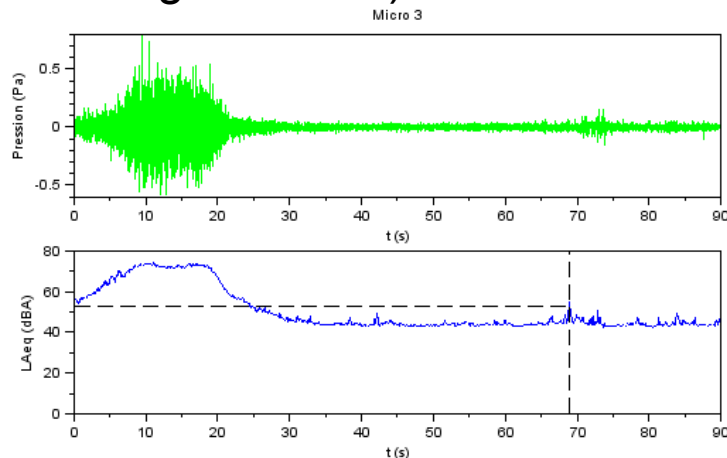
- Chargement dans Scilab
- Application filtres sur signaux temporels (Toolboxes)

# Exploitation des résultats

## Données « bruit »

### Validité des résultats

- LAeq: écart /dBTrait < 0.5dB
  - Temps d'exposition: Problèmes des bruits parasites
- > Possibilité de fenêtrer l'analyse à partir des données (vitesse/ longueur train)



# Exploitation des résultats

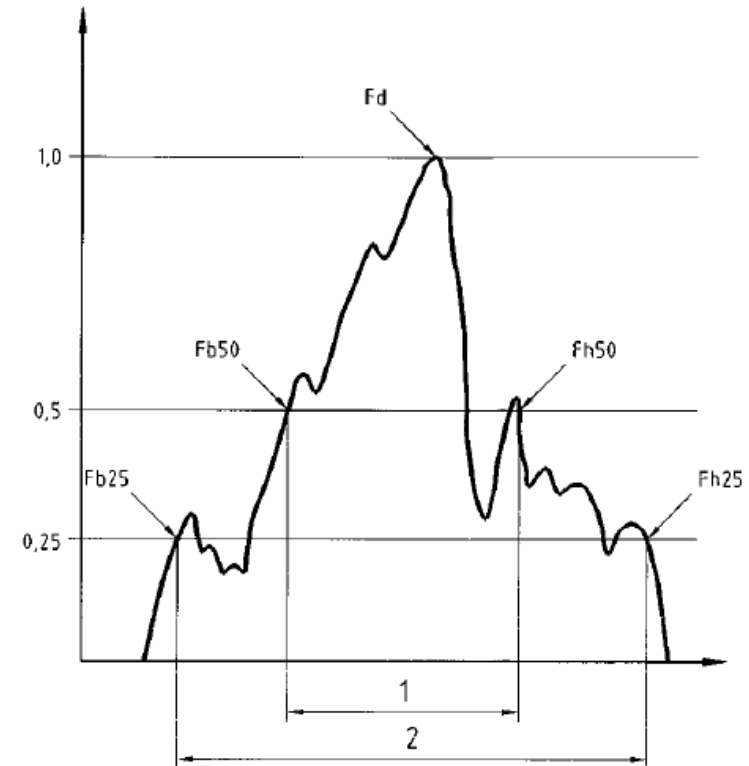
## Données « vibration »

### Objectif

- Dépouillement/sauvegarde automatisés
- Calcul de  $V_{max}$
- Calcul de  $F_d$  [NF E 90 020]
- Calcul des plages [ $F_{b50}$ ;  $F_{h50}$ ] et [ $F_{b25}$ ;  $F_{h25}$ ] [NF E 90 020]

### Méthode

- Chargement dans Scilab
- Filtrage PB 300Hz Butterworth
- Recherche maximums
- Calcul FFT
- Evaluation  $F_d$  et plages associées



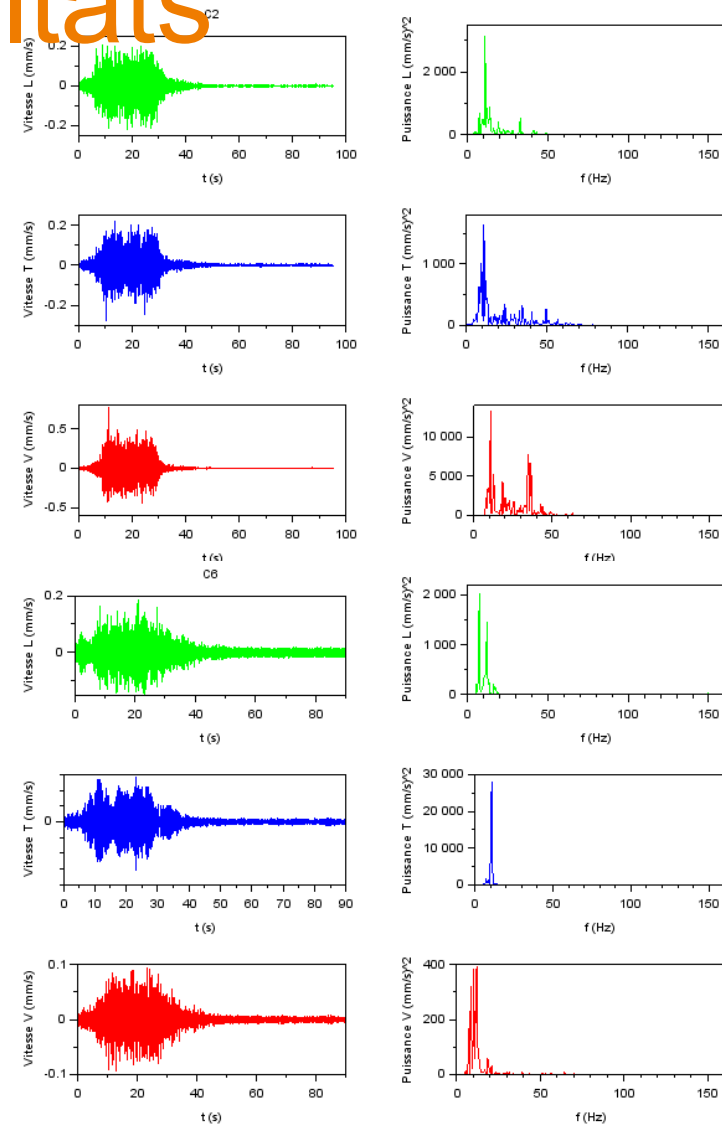


# Exploitation des résultats

## Données « vibration »

### Validité des résultats

- Comparaison/Dewesoft:  
Résultats identiques pour Vmax,  
petites différences pour les  
fréquences (lecture manuelle  
curseur Dewesoft)



# Plan de la présentation

- Contexte et objectif de l'étude
- Présentation de la campagne
  - Le site
  - Capteurs et centrales d'acquisition
  - Déclenchement et synchronisation
- Exploitation des résultats
  - Caractérisation des passages
  - Données « bruit »
  - Données « vibration »
- Conclusions et Perspectives

# Conclusions & Perspectives

- Conclusions

- Une campagne fructueuse
  - Couplage de plusieurs centrales
  - Deux technologies de communication (analogiques, bus audio)
  - Déclenchement automatique sur seuil
- Une automatisation validée en grande partie
  - Caractérisation des passages
  - Paramètres acoustiques
  - Paramètres vibratoires

- Perspectives et améliorations

- Matériel
  - Alimentation en campagne?
  - Conditionnement signaux pour Ethersound
  - Caméra infrarouge
  - Enregistreurs synchronisés par timecode
  - Transmission des données en temps réel
- Validation dépouillement:
  - Mesures de vitesse avec un radar
- Nouvelle campagne



# Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Est

# Merci de votre attention...

# ...des

# questions?

Patrick Demizieux, Franck Périodon, Philippe Glé, Guillaume Dutilleux

CEREMA, PCI Acoustique & Vibrations

[philippe.gle@cerema.fr](mailto:philippe.gle@cerema.fr)

