



# Prévision des vibrations dans le sol

Journée technique CFMS « vibrations et séismes »

Alexis BIGOT  
5 avril 2016



# Prévision des vibrations: fonctions de transfert

- **La prévision des vibrations nécessite de connaître :**
  - Les caractéristiques de la force vibratoire (amplitude, spectre...) 1
  - La fonction de transfert dans le sol (ou loi de décroissance) 2
  - La fonction de transfert entre le sol et les fondations 3
  - La fonction de transfert entre les fondations et le plancher des logements 4

- **La vibration au point récepteur :  $L_v = F + FT_2 + FT_3 + FT_4$**

F: Niveau vibration de la force d'excitation (en N)

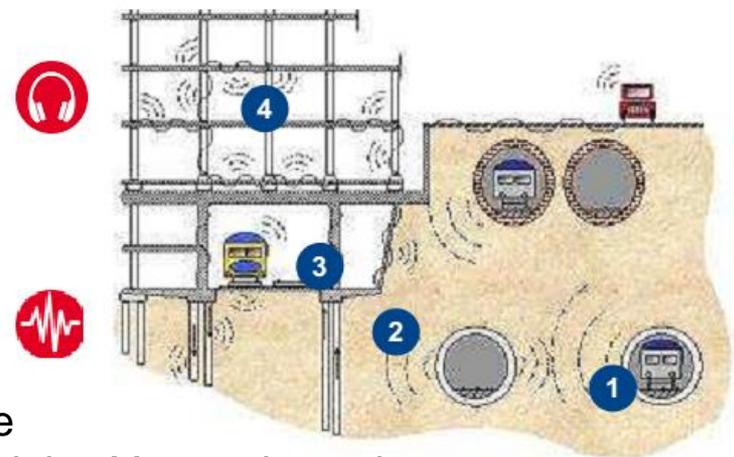
FT2 : Fonction de transfert dans le sol (en  $\text{mms}^{-1}/\text{N}$ )

FT3 : Fonction de transfert sol-fondation

FT4 : Fonction de transfert fondation-étage

- **Contraintes :**

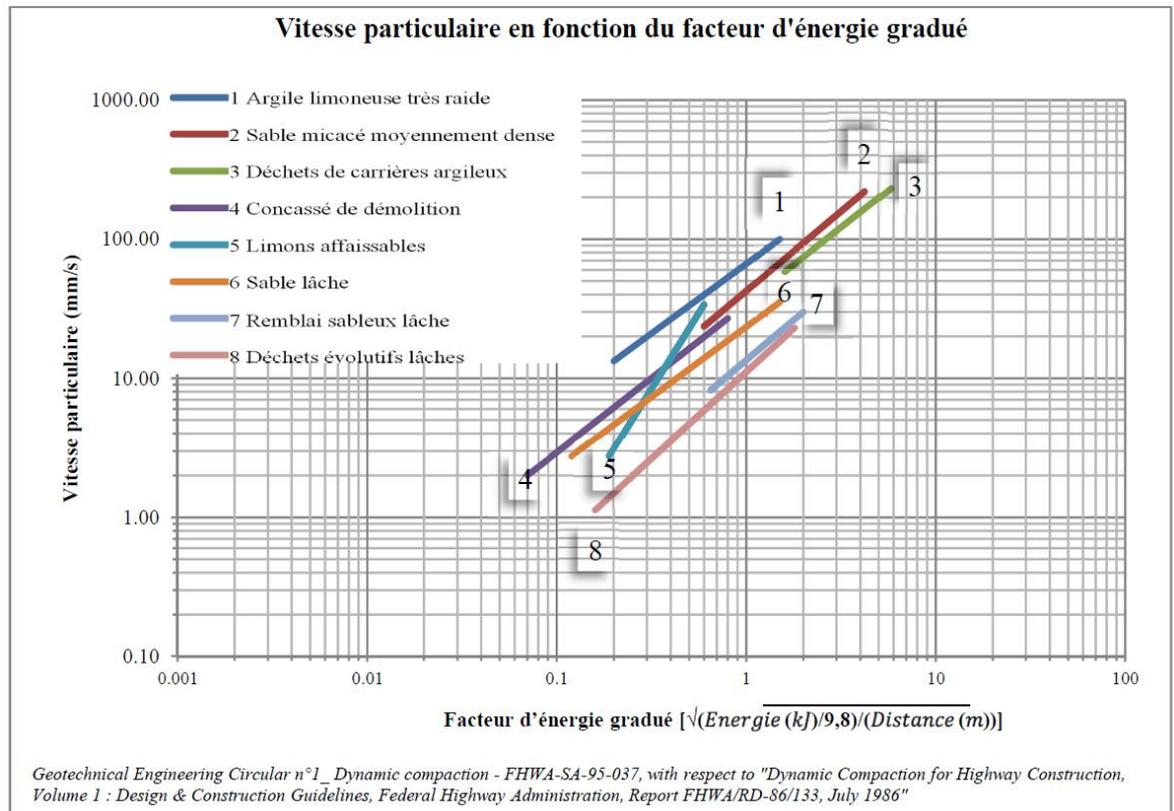
- Cas des chantiers : la force F n'est en général pas connue
- La fonction de transfert FT2 nécessite de connaître les caractéristiques du sol (épaisseur, densité, modules Young dynamiques, amortissement...) qui sont rarement disponibles



# Méthodes empiriques

- Utilisation de lois de décroissance empiriques
- **Exemple 1: Utilisation du facteur d'énergie gradué (1)**

- $$FEG = \frac{\sqrt{\frac{\text{Energie (kJ)}}{9,8}}}{\text{Distance (m)}}$$



(1) Geotechnical Engineering Circular n°1\_Dynamic compaction – FHWA, with respect to “Dynamic compaction for Highway Construction Vol1: Design and construction guidelines, Federal Highway Administration, report FHWA/RD-86/133, July 1986”

# Méthodes empiriques

## Exemple 2: lois de décroissance dans le sol BS 5228-2:2009 (2)

Application à tout type de travaux de construction avec formulations adaptées à chaque engin en fonction de ses caractéristiques et de son fonctionnement

- Compacteur (fonctionnement nominal)

$$v_{res} = k_s \sqrt{n_d} \left[ \frac{A}{x + L_d} \right]^{1.5}$$

exemple:

$V_{res}$  : PPV résultante  
 $K_s$  : facteur d'échelle  
 $N_d$  : nombre de billes vibrantes  
 $A$  : amplitude de vibration  
 $L_d$  : largeur de la bille  
 $x$  : distance

- Compacteur (démarrage et arrêt)

$$v_{res} = k_t \sqrt{n_d} \left[ \frac{A^{1.5}}{(x + L_d)^{1.3}} \right]$$

- Battage de palplanches

$$v_{res} \leq k_p \left[ \frac{\sqrt{W}}{r^{1.3}} \right]$$

- Vibrofonçage

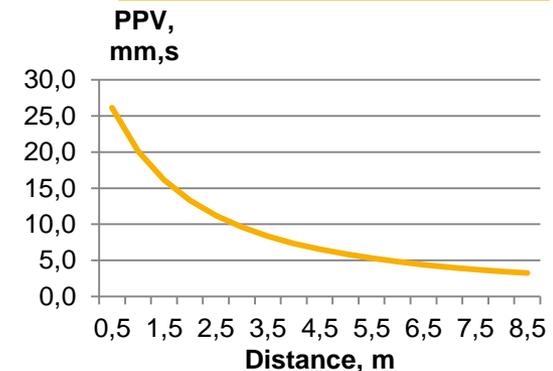
$$v_{res} = \frac{k_v}{x^\delta}$$

- Compactage dynamique

$$v_{res} \leq 0.037 \left[ \frac{\sqrt{W_h}}{x} \right]^{1.7}$$

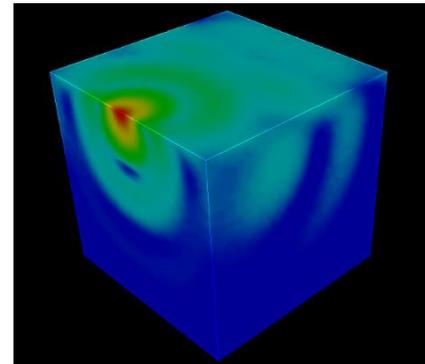
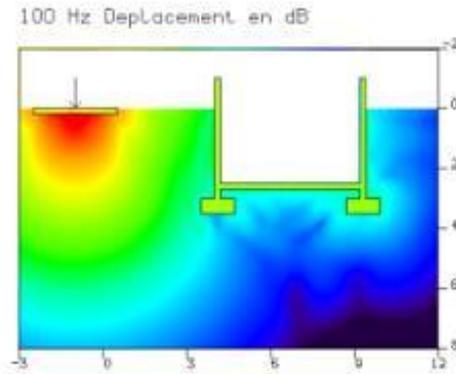
- Colonnes ballastées

$$v_{res} = \frac{k_c}{x^{1.4}}$$



# Simulation numériques

- **Simulations numériques :**
  - Les méthodes les plus communément utilisées sont les méthodes par éléments finis (FEM) ou par éléments de frontière (BEM)
  - Elles permettent de calculer la fonction de transfert dans le sol FT2, voire dans les bâtiments si nécessaire.
  - Données d'entrée: caractéristiques du sol, force vibratoire...



- **Petit rappel : Le niveau de précision dépend de la qualité des données d'entrée**

# Simulation numériques

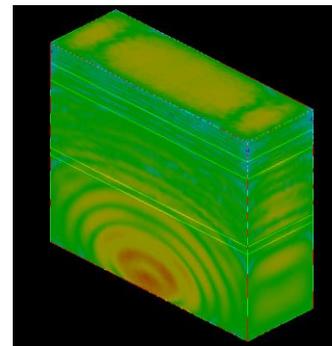
- **Exemple 3 : Prédiction des vibrations du tunnelier de la ligne b du métro de Rennes**
  - L'excitation vibratoire causée par le tunnelier (TBM) n'est pas connue. Elle dépend de la machine, de son mode de fonctionnement et du terrain rencontré
  - Les caractéristiques du sol sont en revanche bien connues (sondages disponibles).
  - La méthode consiste à :

- 1) Choisir un site d'essai au début du creusement du tunnel
- 2) Réaliser des mesures vibratoires en surface au passage du TBM
- 3) Modéliser le site d'essai pour calculer la fonction de transfert dans le sol (FT2) => permet de calculer la force du TBM :

$$F = Lv_{\text{site d'essai}} - FT2_{\text{site d'essai}}$$

- 4) Modéliser les autres sites où l'on veut calculer la vibration. Le calcul de la fonction de transfert FT2 permet d'estimer la vibration en surface du sol :

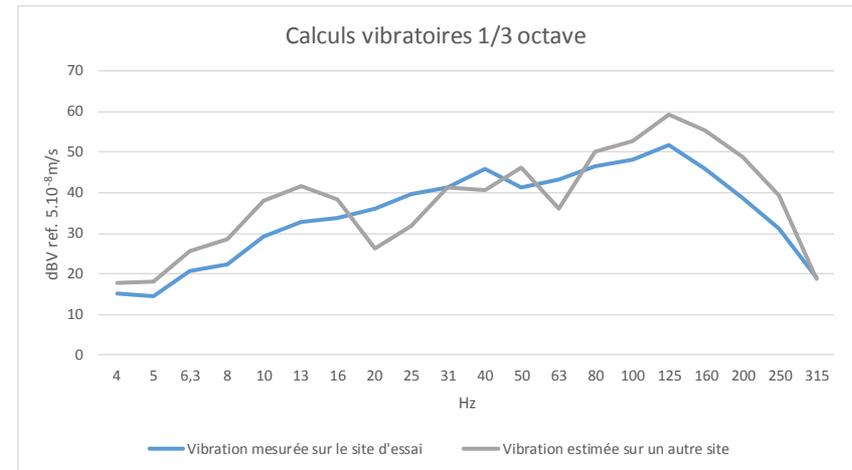
$$Lv = F + FT2$$



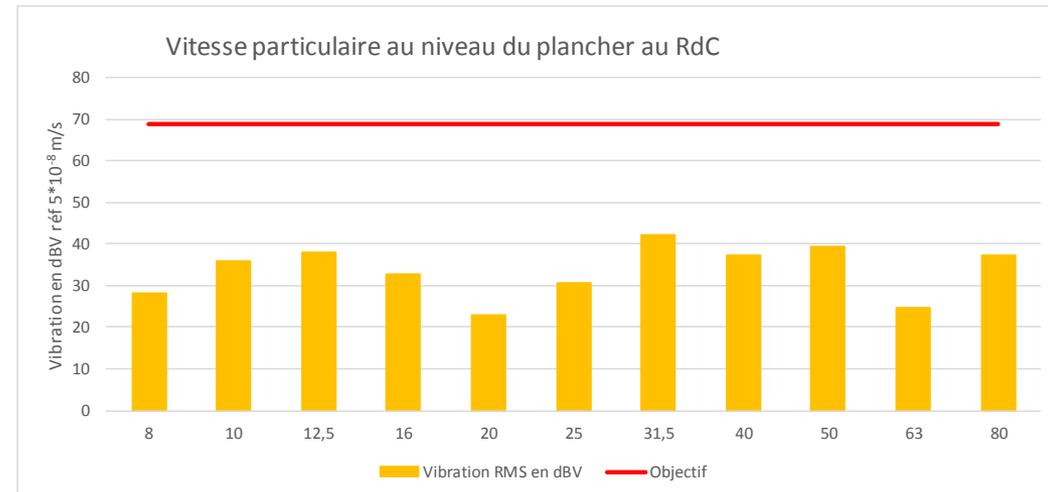
# Simulation numériques

- Exemple de résultats

- Calcul de la vibration en surface du sol, à partir de mesures sur le site d'essai



- Calcul de la vibration dans un bâtiment (à l'aide des autres fonctions de transfert FT3 et FT4 non présentées ici)



# Synthèse sur la prévision des vibrations

- **Méthodes simplifiées:**
  - Rapides à mettre en œuvre
  - Adaptées à une première évaluation du risque
- **Simulations numériques**
  - Plus complexes à mettre en œuvre
  - Plus précises, à condition d'avoir des données d'entrée (source, sol)
- **Pour une bonne maîtrise des impacts vibratoires sur un chantier :**
  - Evaluation préalable du risque (via méthodes simplifiées)
  - En cas de risque vibratoire :
    - Essais de convenance pour vérifier les vibrations émises par la machine
    - Simulations numériques, couplées avec des mesures vibratoires (caractérisation de la source, mesures de fonctions de transfert)
  - Lors du chantier : monitoring des vibrations