

La diversité des sources vibratoires : les vibrations liées aux engins de chantier

Alexis BIGOT, SolData Acoustic

Mansour LASSOUED, Européenne de Géophysique

22-23 mars 2011



Sommaire

- > Contexte des chantiers
- > Diversité des sources vibratoires sur les chantiers
- > Risques induits par les vibrations
- > Différentes composantes des signaux vibratoires
- > Besoins en terme de caractérisation de sources
- > Méthode « cross-hole »
- > perspectives

Le contexte des chantiers

- > Du fait de la présence d'engins, machines ou procédés sources de vibrations, les chantiers sont potentiellement source de :
 - > nuisances dans l'environnement
 - > risques de dommages sur les structures
- > Difficultés :
 - > Sources vibratoires diverses et en évolution permanente
 - > Connaissance des paramètres d'entrée des modèles prévisionnels (émissions vibratoires, caractéristiques de sol, interaction sol/structure...)
 - > Seule une bonne connaissance de toute la chaîne (source) – (propa/sol) – (propa structures) peut permettre un meilleur contrôle du risque vibratoire

Diversité des sources vibratoires sur les chantiers

- > On peut distinguer :
 - > Les machines émettant des vibrations entretenues (ex: vibrofonçage, foreuse, tunnelier)



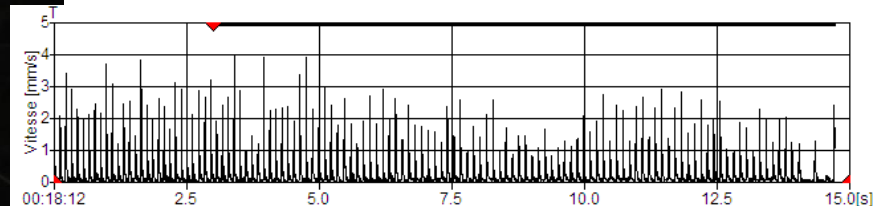
- > Les sources émettant des impulsions à intervalle plus ou moins courts (ex: BRH, battage de pieux ou palplanches)



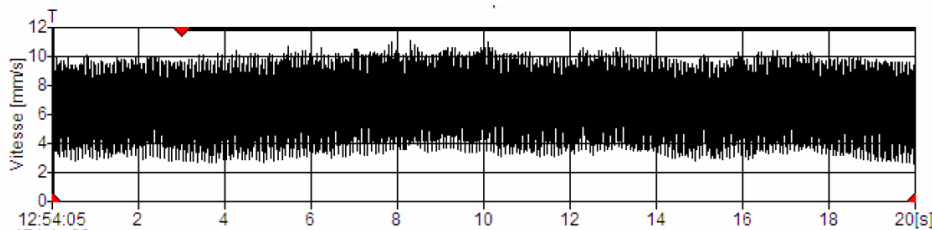
- > Les tirs d'explosifs – catégorie spécifique

Diversité des sources vibratoires sur les chantiers

- > Quelques exemples à titre d'illustration :
 - > Pelleteuse équipée d'un BRH

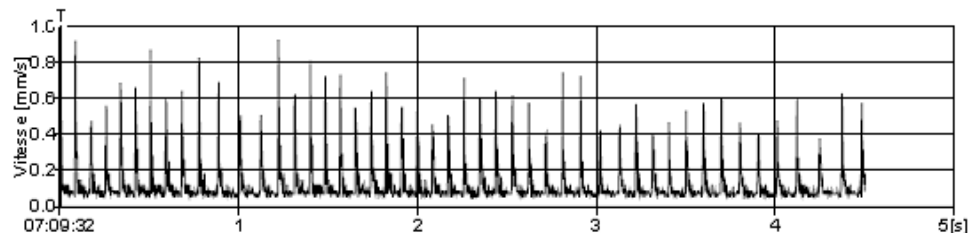


- > Battage de palplanches

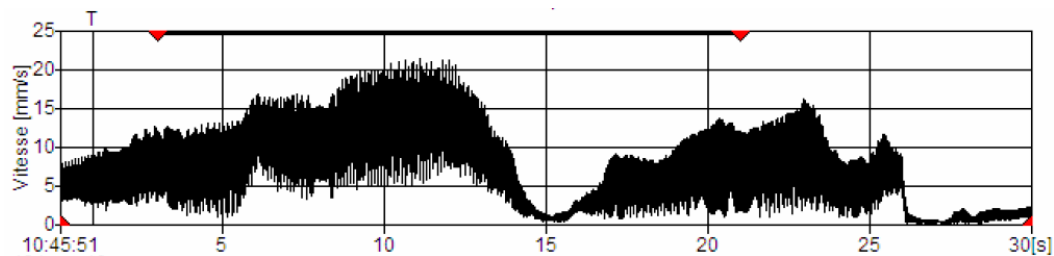


Diversité des sources vibratoires sur les chantiers

- > Quelques exemples à titre d'illustration :
 - > Construction de tranchée (hydrofraise)

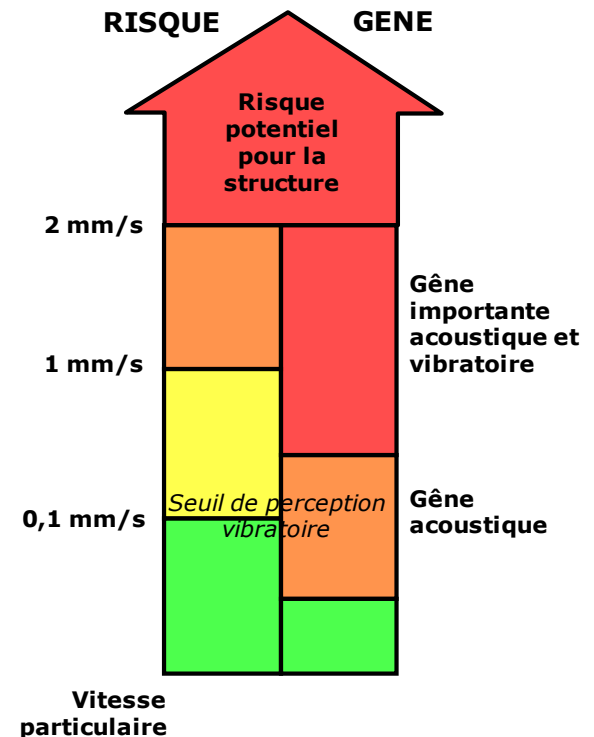


- > Construction de colonne ballastée



Les risques induits par les vibrations: Echelle de risque

- > En terme de **risque potentiel sur les structures** : il peut apparaître à partir de 2 mm/s (valeur la plus stricte de la circulaire du 23/07/86). Mais cette valeur dépend du type de vibration, du type de construction, et des fréquences considérées.
- > En terme de **gêne potentielle vibratoire**: le seuil de perception est d'environ 0,1 mm/s
- > La **gêne acoustique** (bruit solidien) peut apparaître à partir de 0,05 mm/s



Différentes composantes des signaux vibratoires

- > Principes de mesurages :
 - > Capteurs placés sur les éléments de fondation
 - > Capteurs solidaires de la structure (fixation rigide)
 - > Mesures sur 3 axes



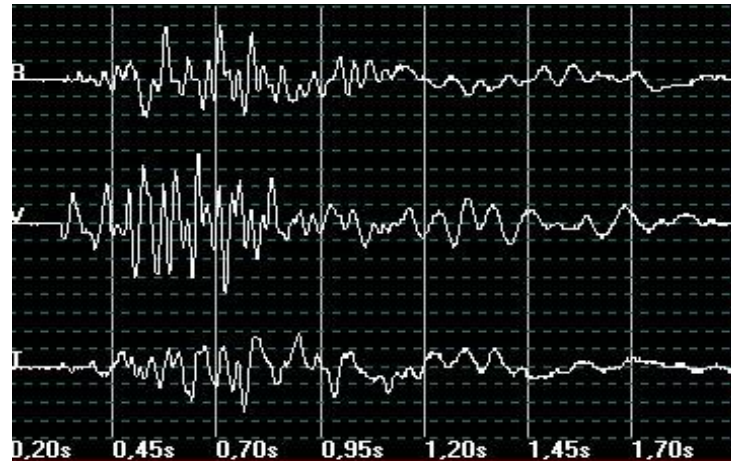
- > Exemple de signaux vibratoires et acoustique

Différentes composantes des signaux vibratoires

- > Les signaux sismiques acquis en surface se présentent généralement sous forme d'une onde dite de compression, puis d'une onde de surface, plus lente, et plus basse fréquence

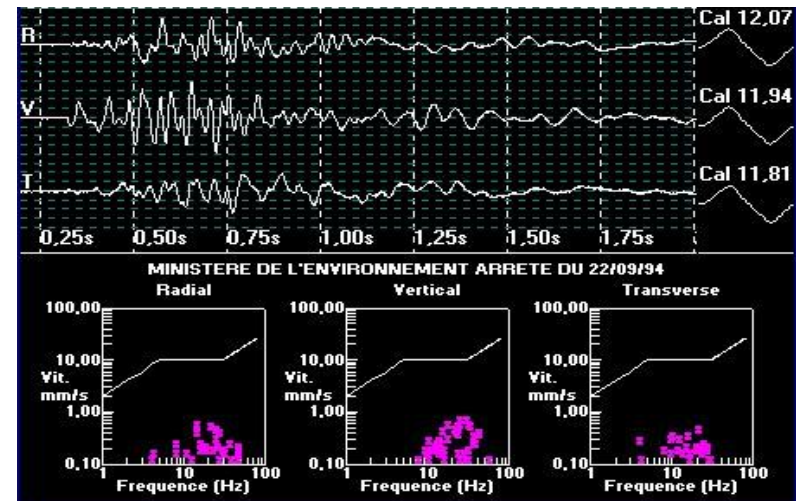
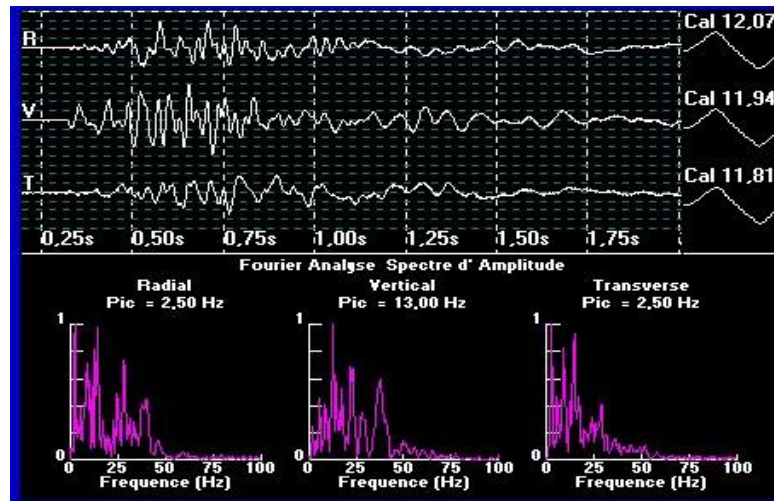
Onde de compression
Haute fréquence

Onde de surface
Fréquence basse



Différentes composantes des signaux vibratoires

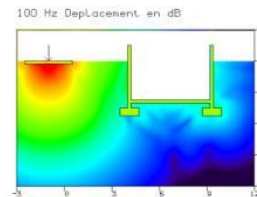
- Les signaux vibratoires sont traités dans le domaine temporel, en termes d'amplitude, mais aussi dans le domaine fréquentiel.



- Les fréquences principales peuvent être variables selon la voie de mesure

La prévision des vibrations

- > Il est possible d'utiliser des **lois empiriques de décroissance** pour la prévision des vibrations, comme par exemple la loi dite de Chapot, dans le cas de tirs de mines
- > $V = K. (D/ Q^{0,5})^{-b}$
 - > V = vitesse en mm/s
 - > D = Distance en m
 - > Q = Charge unitaire (tir de carrière)
 - > K = coefficient caractérisant le massif traversé et le type de tir pratiqué
 - > b = coefficient caractérisant l'atténuation des ondes vibratoires
- > Coefficient K peut être défini à partir d'études géotechniques
- > Possibilité d'utiliser des **modèles prévisionnels** (ex: éléments finis).



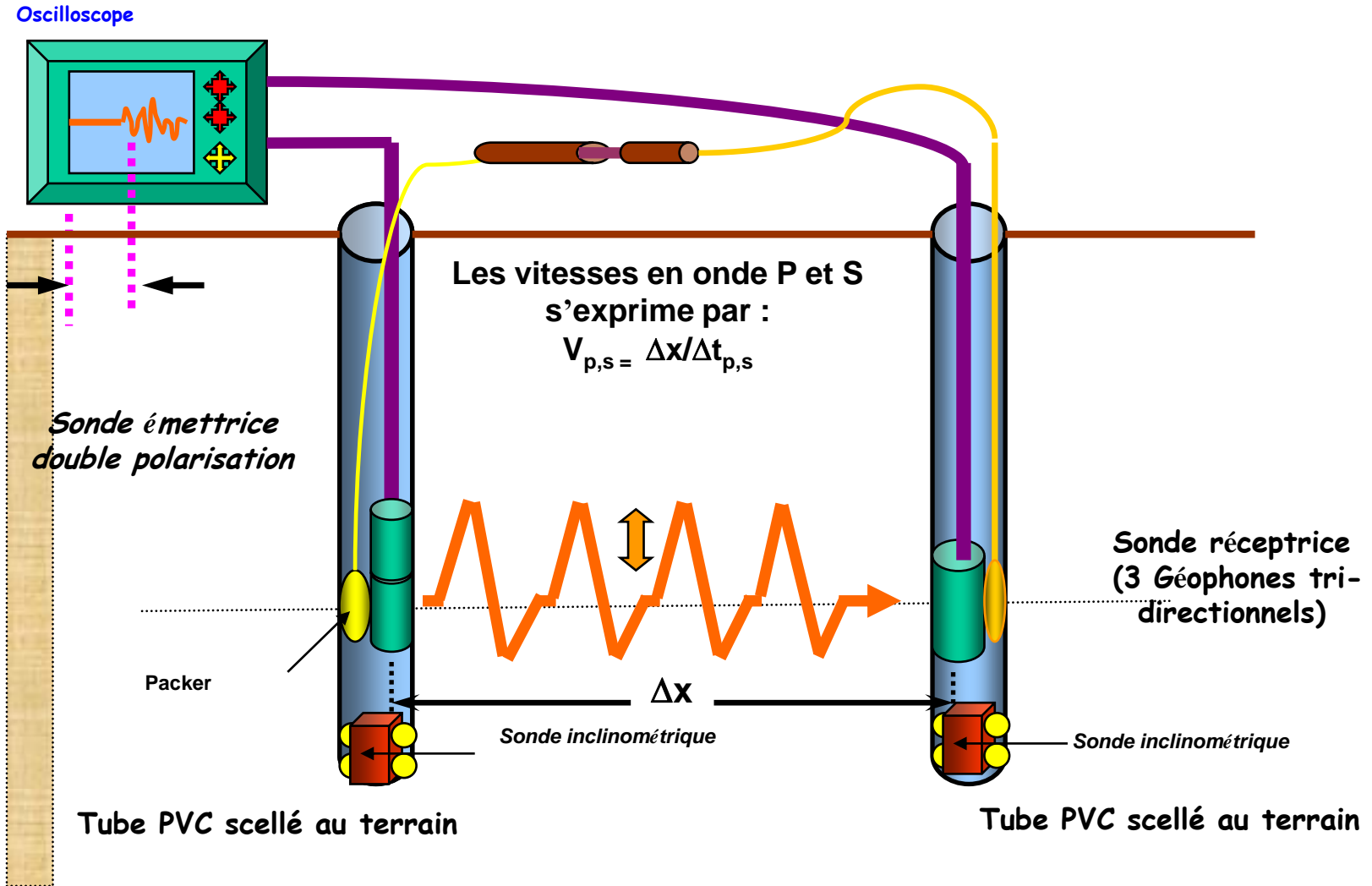
Les besoins

- > Directive « machines »: contrairement à l'acoustique, les exigences en vibration sont axées sur les émissions transmises au corps humain (exposition des salariés), et non dans l'environnement.
- > Besoin fort de **disposer de données d'émission**.
- > Il faudrait donc disposer de méthodes permettant :
 - > De mesurer les différents modes et spécificités d'utilisation des machines.
 - > De caractériser le sol en parallèle des mesures vibratoires. On ne peut pas dissocier la source de son milieu de propagation.
 - > De pouvoir intégrer les résultats dans les modèles prévisionnels.

La méthode cross-hole

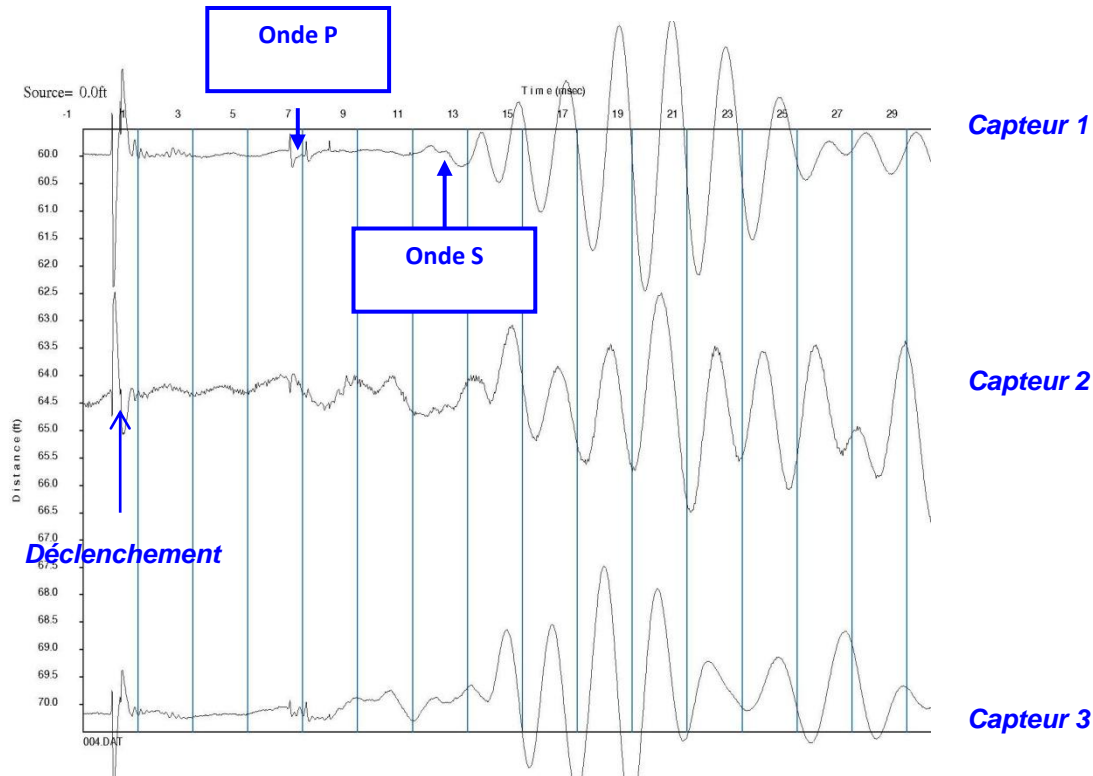
- > La méthode cross-hole (norme ASTM D4428) permet de déterminer les caractéristiques dynamiques des terrains en place (modules d'élasticité E et G).
- > Elle consiste à mesurer les temps de propagation d'ondes sismiques entre un forage émetteur et un forage récepteur, et de déduire, à partir des ondes de compressions (onde P) et des ondes de cisaillement (onde S), les modules d'Young (E) et de cisaillement (G).
- > Les distances entre forages qui servent aux calculs des vitesses sont mesurées à l'aide d'une sonde inclinométrique.

La méthode cross-hole



La méthode cross-hole

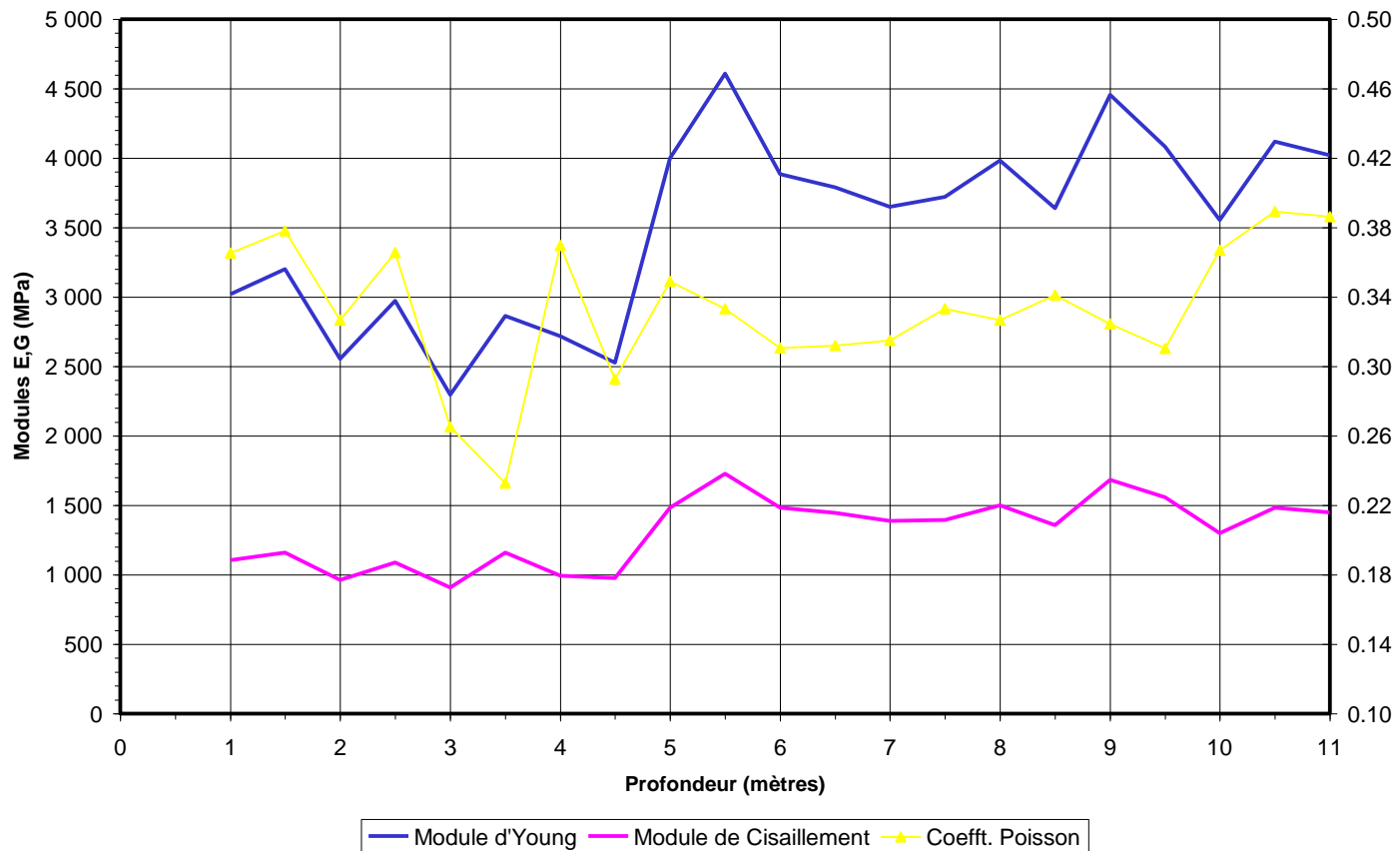
- > Exemple de signal enregistré sur une sonde réceptrice



- > L'onde de cisaillement est généralement bien visible lorsque sa vitesse de propagation est faible (comportement basse fréquence caractéristique)

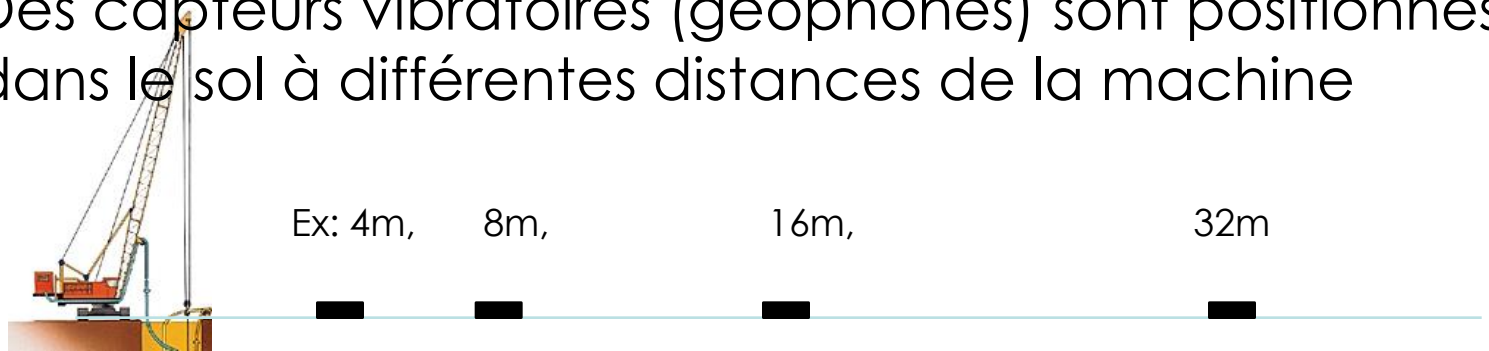
La méthode cross-hole

- > Exemple de présentation de résultats de mesures cross-hole



Essais vibratoires

- > En parallèle aux essais cross-hole, des mesures de décroissance vibratoire sont réalisés sur la machine à caractériser.
- > Des capteurs vibratoires (géophones) sont positionnés dans le sol à différentes distances de la machine



- > Tests réalisés pour différents modes de fonctionnement et/ou modes opératoires, et le cas échéant, pour différentes profondeurs de travail dans le sol.
- > Les résultats peuvent ensuite être utilisés comme donnée d'entrée dans des modèles prévisionnels, par recalage du modèle source / sol avec les mesures effectuées.

Perspectives

- > Comment maîtriser les effets si l'on ne maîtrise pas les causes ?
- > La maîtrise des nuisances et des risques vibratoires passe donc nécessairement par l'approfondissement de nos connaissances en termes d'émissions vibratoires.
- > Dans l'attente d'évolutions réglementaires allant en ce sens, des besoins se font sentir en termes de fourniture de données d'émission fiables et de bibliothèques de données.
- > Des travaux de collaboration entre fournisseurs, entrepreneurs et scientifiques seront probablement nécessaires pour mettre à disposition des méthodologies et des données.