JOURNEES TECHNIQUES ACOUSTIQUE ET VIBRATIONS

Evaluation a priori des niveaux de vibration pour le futur contournement routier de Rouen

Luca Lenti, Jean-François Semblat
IFSTTAR (GERS/Séismes & Vibrations)

IFSTTAR

Cerema DTerCE – Lyon 1 & 2 juin 2016

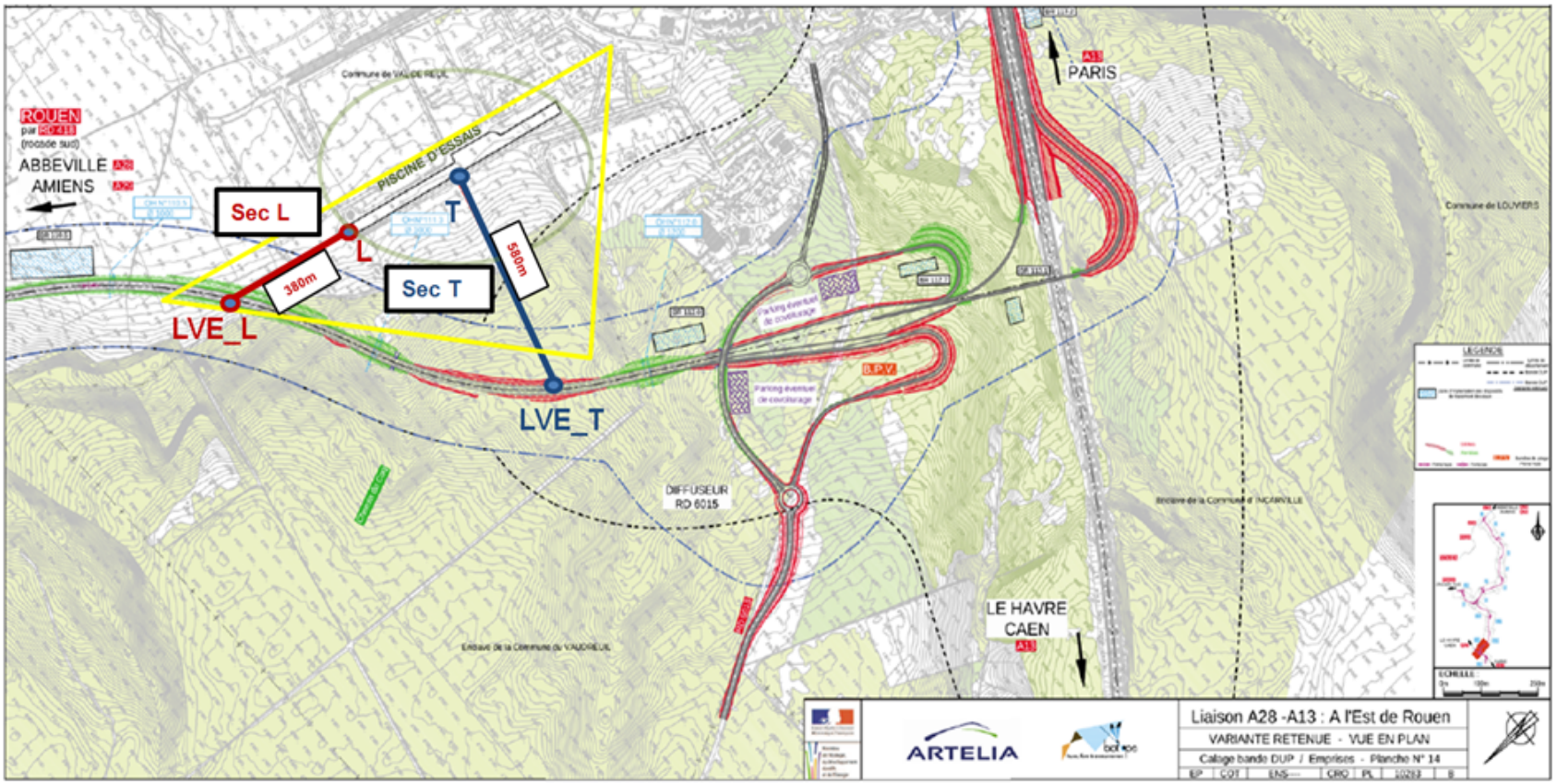
Cerema

Objectif et méthodologie

- **DREAL Hte-Normandie : estimation niveaux de vibration près du site DGA (Val de Rueil)**
- **Méthodologie**
  - **Phase 1 :** caractérisation de profils géophysiques (bruit de fond et sources artificielles actives).
  - **Phase 2 :** modélisation numérique de la propagation de vibrations issues de sources ponctuelles

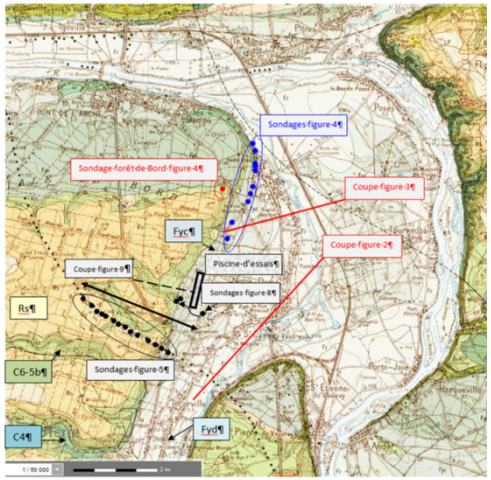
1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

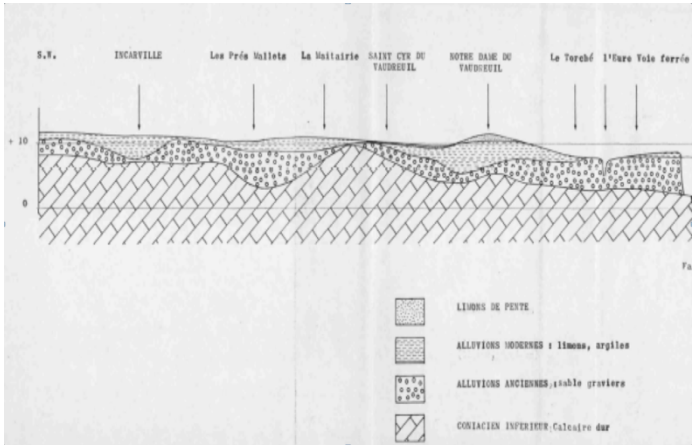
- **Profils choisis :**



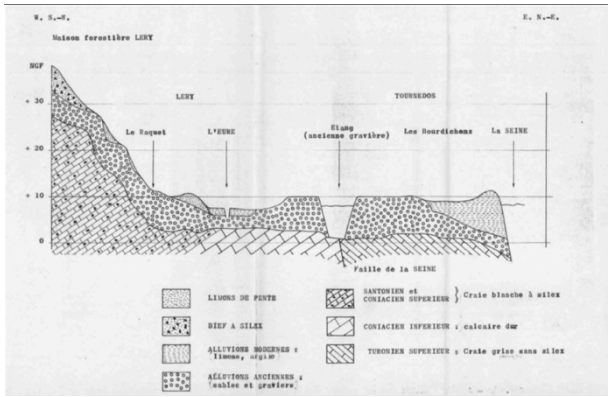
1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

- **Informations géologiques**





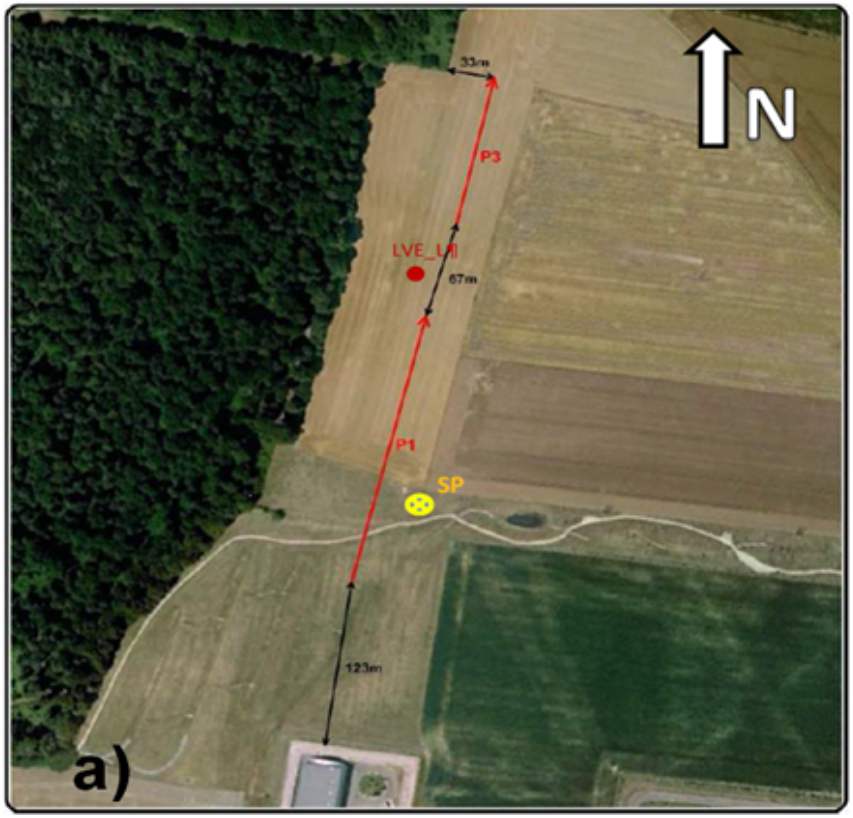
Coupe SW-NE d'Incarville au lit de l'Eure reportée avec légende « coupe fig.2 ».

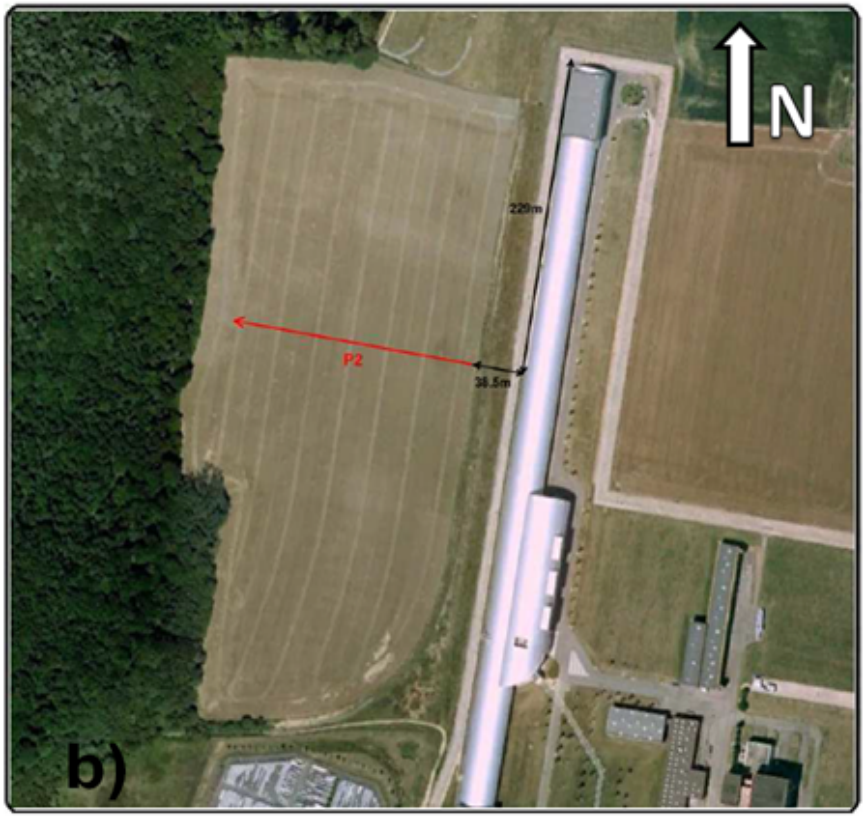


Coupe WNW à ENE de la forêt de Bord à la vallée de la Seine avec légende « coupe fig.3 ».

Niveaux des formations géologiques très variables spatialement ; résolution des cartes disponibles d'environ 10m suivant la verticale.

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique





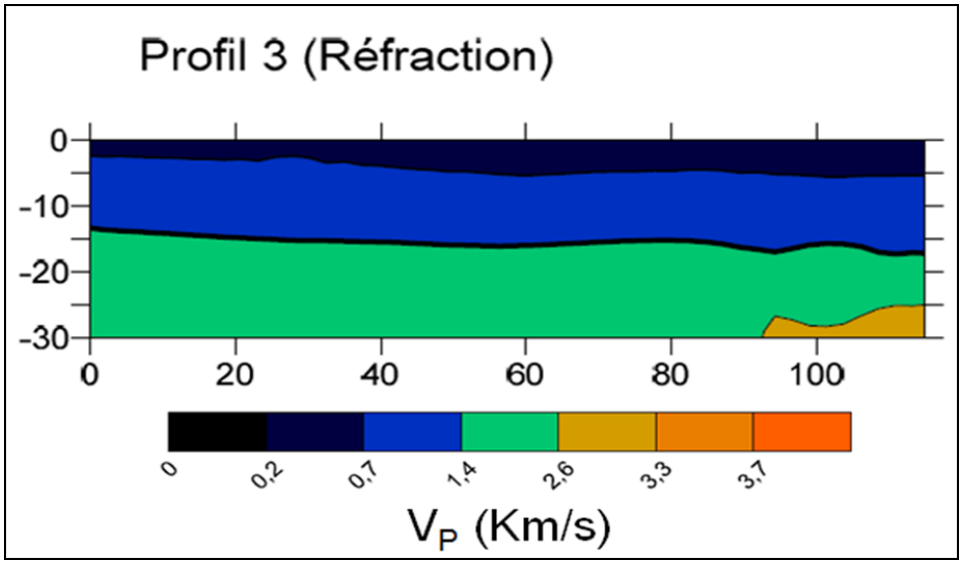
Un essai pénétromètre (SP) à proximité du profil sismique P1 (en jaune).
Deux profils P1 et P2 réalisés en ondes de surface (MASW).

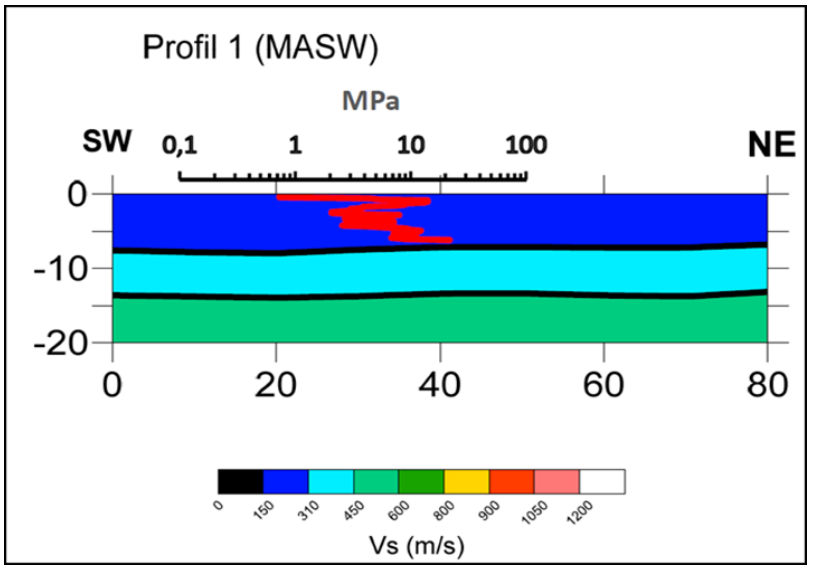
Profil P3 réalisé en sismique réfraction.

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

- **Profils de vitesse obtenus**

Ambiguïté des mesures avec sources artificielles (2 ou 3 couches/substratum?)

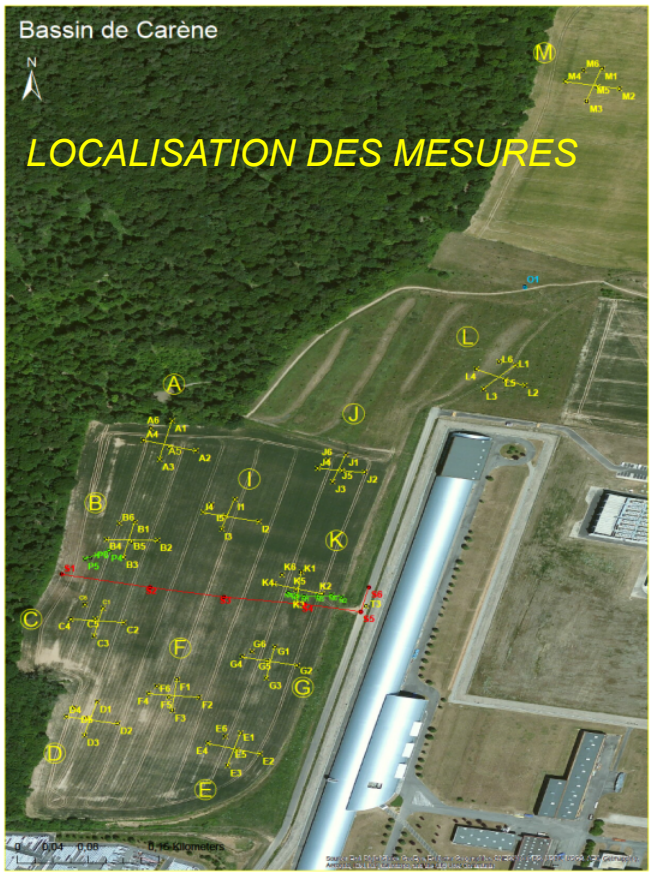


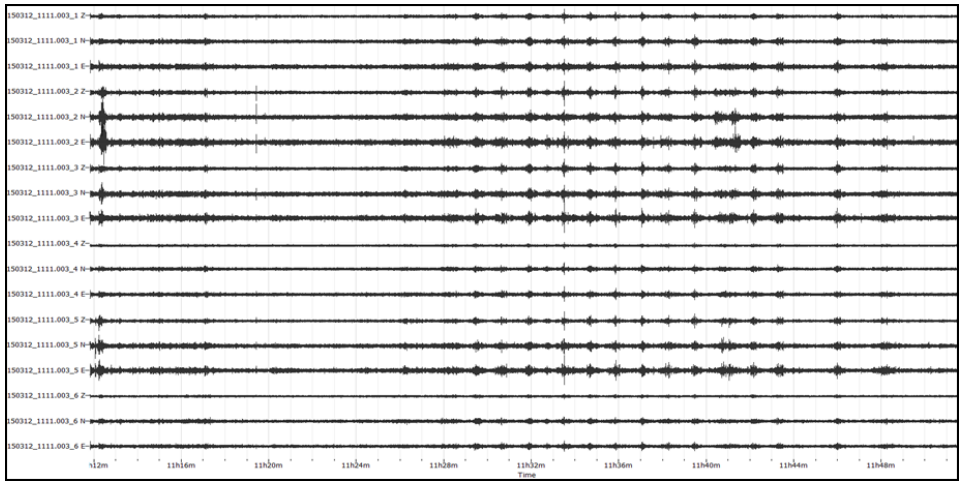


Procédure : simulations numériques 1D à caler sur les pics spectraux H/V bruit de fond (code viscoélastique EERA pour la propagation des ondes sismiques et des vibrations)

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

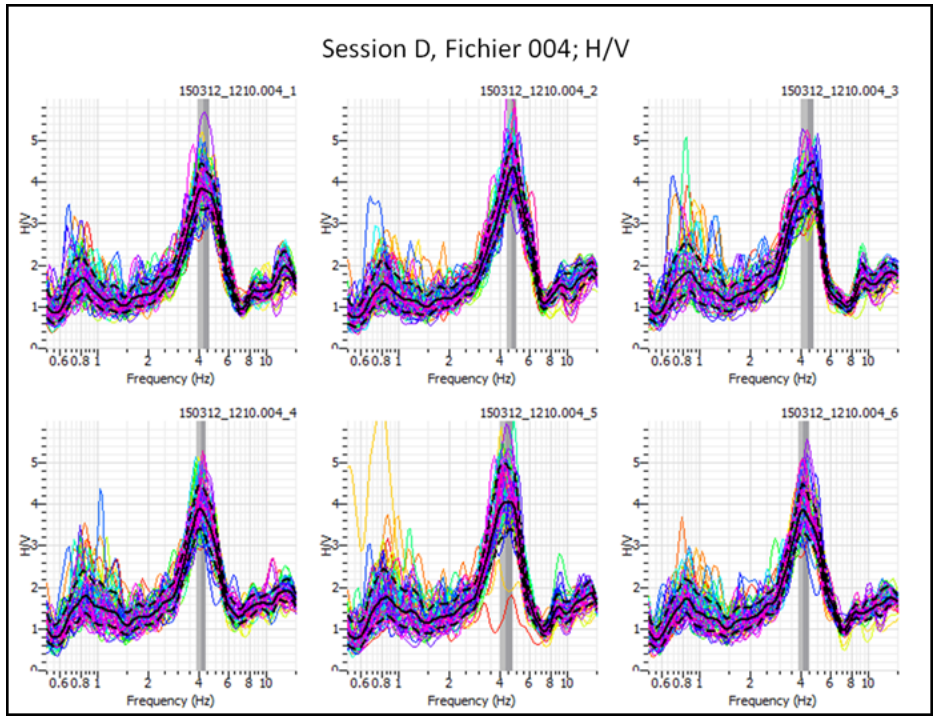
- **Bruit de fond**

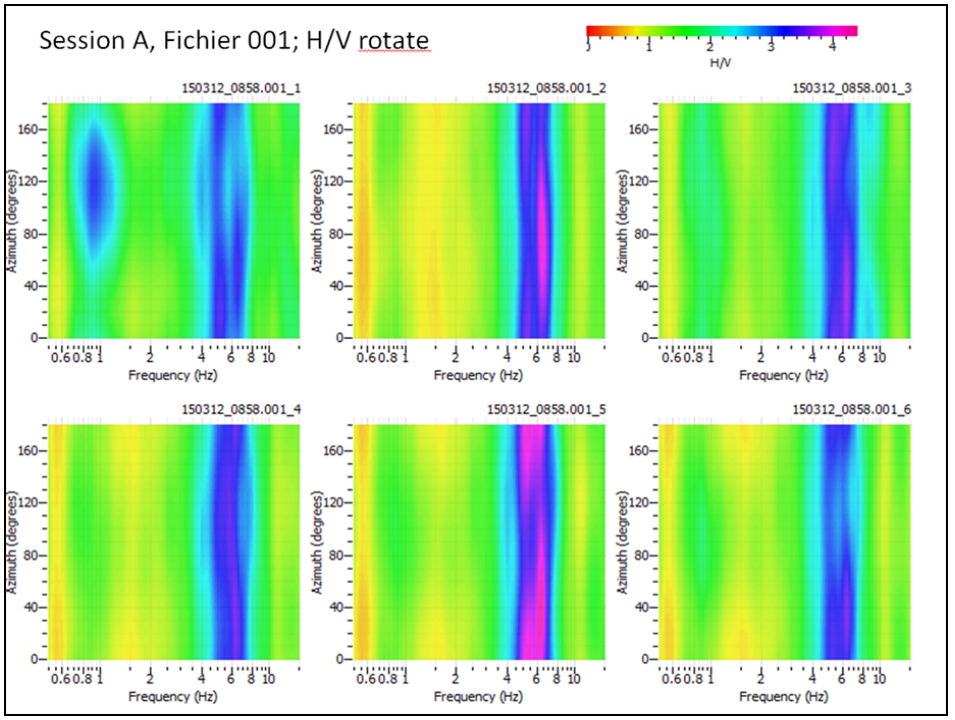




a) Filtrage : filtre 0.5-40Hz (Butterworth, 4 pôles);
b) Découpage en fenêtres d'environ 40s (minimum 75 sous évènements);
c) FFT de chaque fenêtre calculée sur 0-20Hz pour toutes les composantes ; moyenne des FFTs des comp. Horizontales divisée par FFT de composante verticale;
d) Rapports des FFTs moyennées sur l'ensemble des fenêtres (amplification avec son écart-type).
e) Analyse de directivité de H/V (dépend. azimuth)

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique



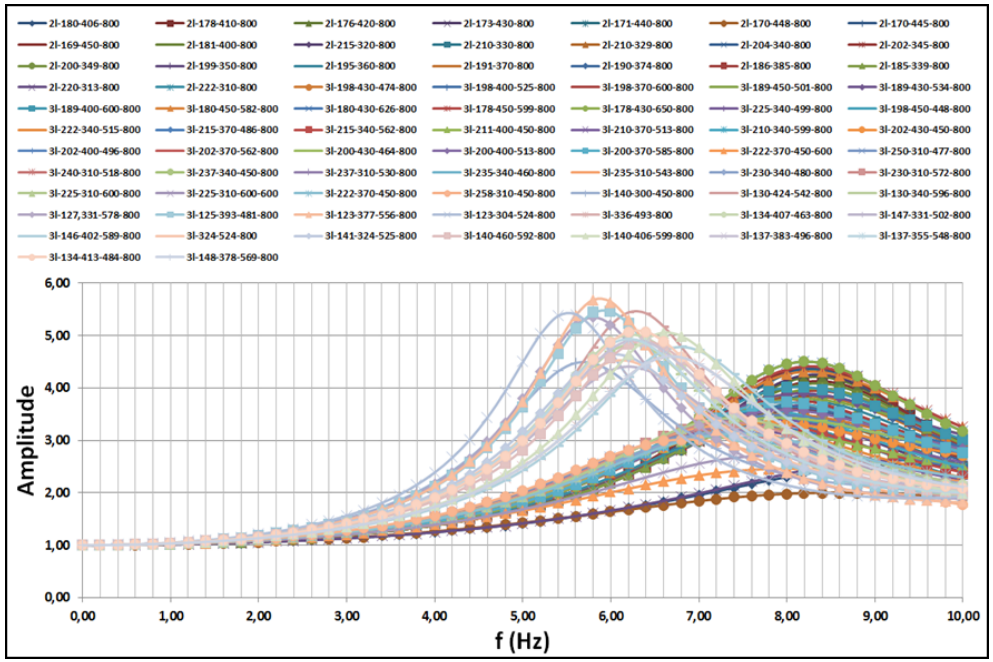


- **2 pics :** le 1er à environ 0.8Hz (11/72 sur l'ensemble) ;
  le 2ème : fréquence fondamentale des dépôts alluviaux (amplitude max. 5)
- **fréq. de résonance moyenne** pour l'ensemble des données est d'environ (5,3±0,7)Hz
- **amplitude moyenne** de cette fréquence est de (4,0±0,7)
- on considère **simulations 1D** pour retrouver la fréquence de résonance

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

- **Calage des simulations 1D**

Extrait de 200 simulations 1D



Résultats simulation 1D

Simulations à 3 couches :
fréquence 4,5-6,5Hz ;

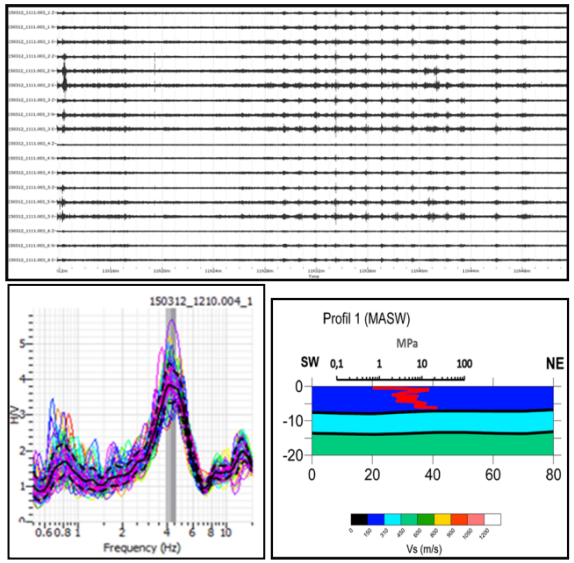
Simulations à 2 couches :
fréquence 7,5- 9,5Hz.

Impossible de reproduire fréquences pics issues des rapports H/V avec modèle 2 couches même avec valeurs des célérités estimées.

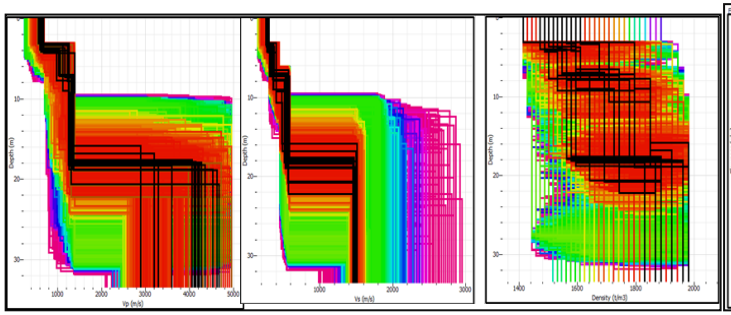
1/ Caractérisation géotechnique/géophysique

• Inversion à partir d'un modèle 3 couches

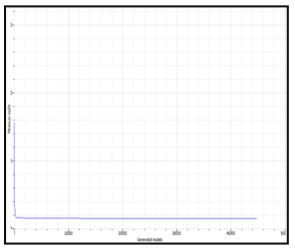
- **Paramètres libres pour l'inversion :** coefficients de Poisson, vitesses des ondes S et épaisseurs dans la limite des fourchettes des valeurs déjà trouvées.
- Paramètres inversés sont réintroduits dans le logiciel EERA pour validation.

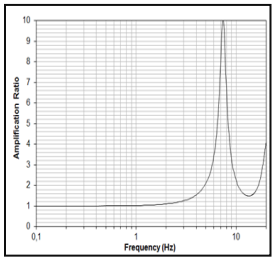


Données d'entrée



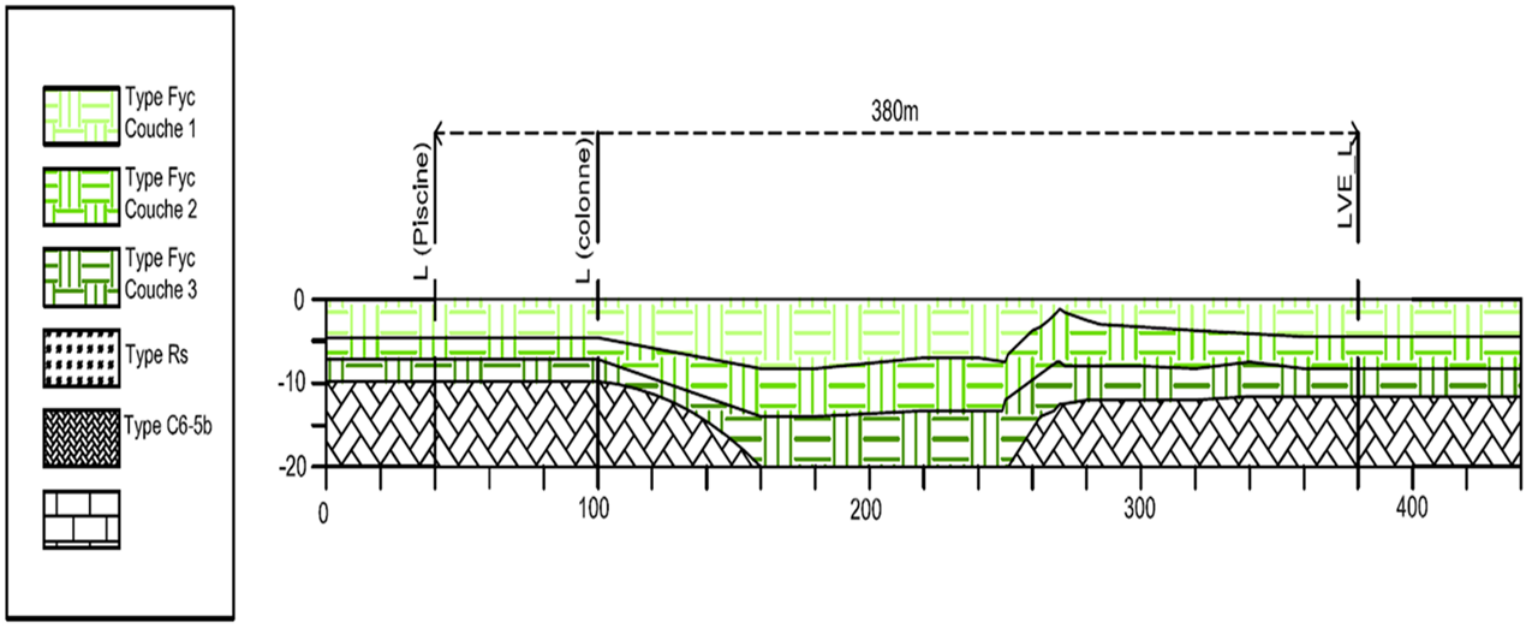
	h (m)	ρ (kg/m³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
Layer 1	4,6	1428	150	318
Layer 2	2,5	1658	433	1167
Layer 3	2,6	1832	480	1167
Layer 4	∞	1943	1639	4956





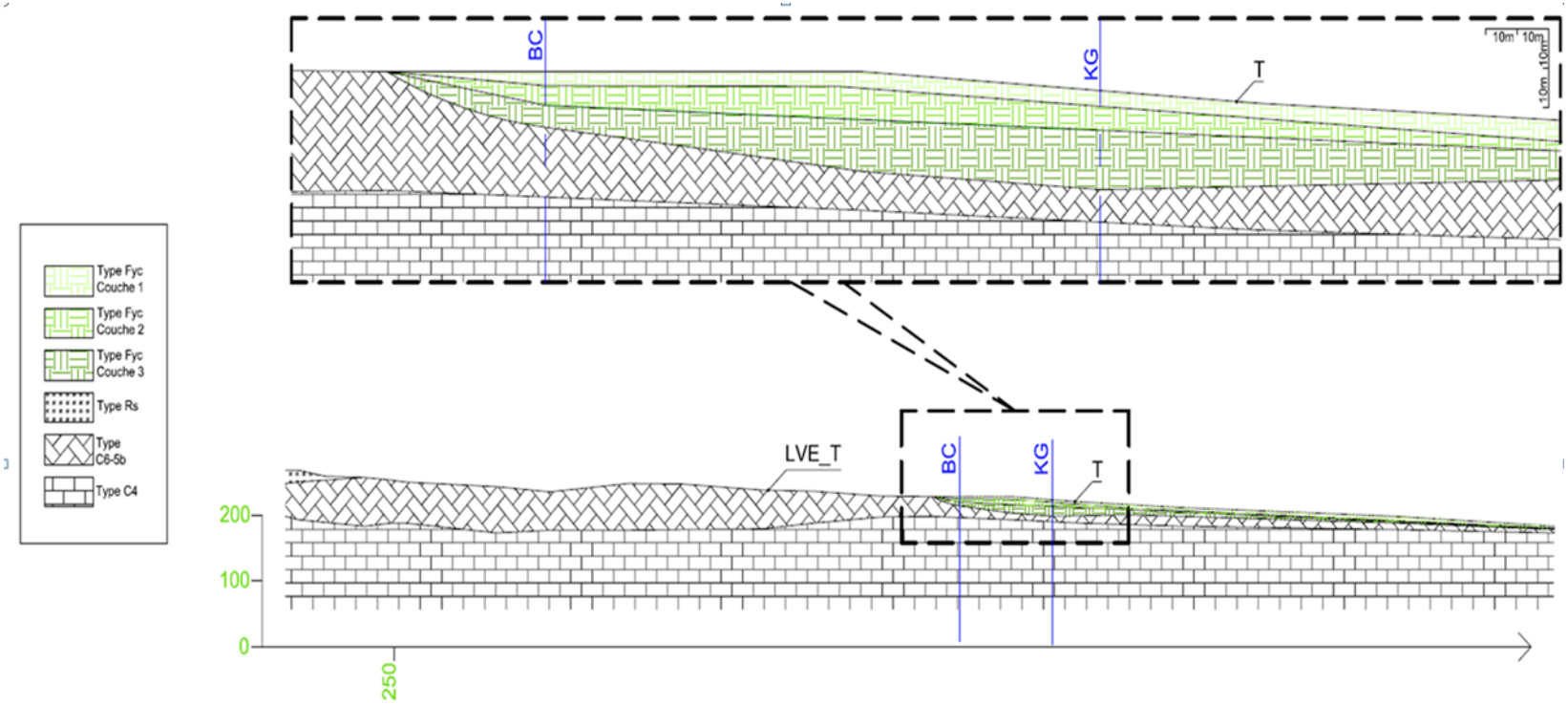
Données en sortie

1/ Caractérisation géotechnique/géophysique (L)



COUPE L	Masse vol, (kg/m3)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q (fact. qualité)	Am. (%)
Fyc1	1421	175	487	18	3
Fyc2	1572	483	1284	48	1
Fyc3	1674	1023	1284	102	0,5
Rs	------	------	------	------	------
C6-5b	1917	1505	3886	151	0,5
C4	------	------	------	------	------

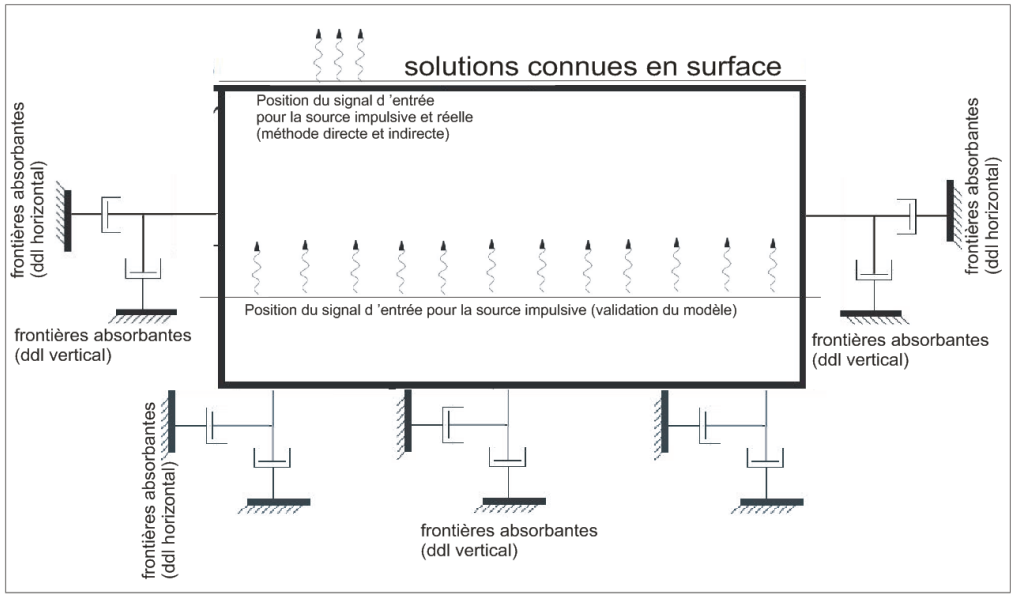
1/ Caractérisation géotechnique/géophysique (T)



COUPE T	Masse vol, (kg/m3)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q (fact. qualité)	Am. (%)
Fyc1	1458	190	550	19	3
Fyc2	1776	338	1268	34	2
Fyc3	1865	461	1341	46	1
Rs	------	------	------	------	------
C6-5b	1973	1505	3960	151	.5
C4	------	------	------	------	------

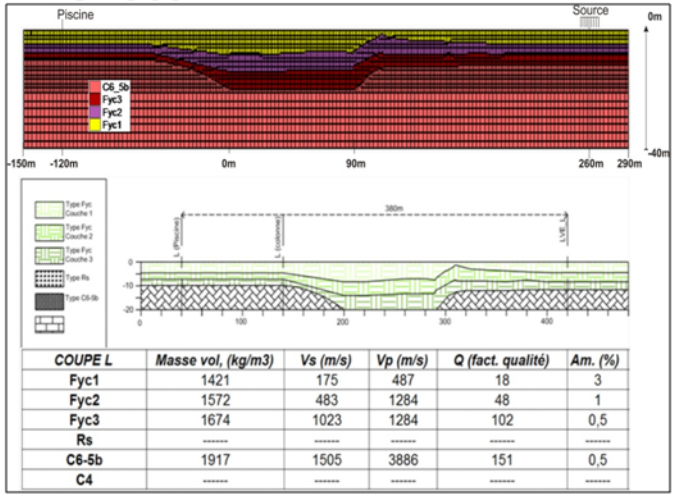
2/ Simulation numérique vibrations routières

- Simulations différences finies 2D
- Frontières absorbantes
- Tailles éléments fonction de Vs (f_{max}=110 Hz)
- Terme source ?



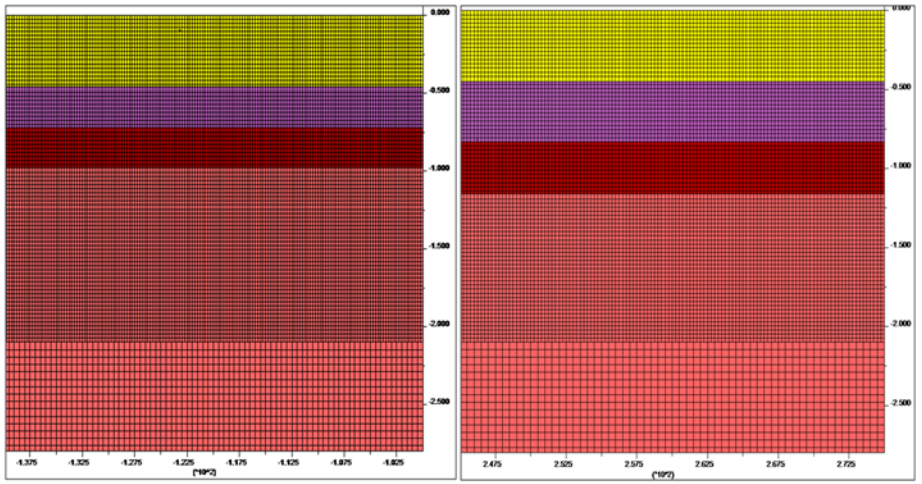
2/ Simulation numérique vibrations routières

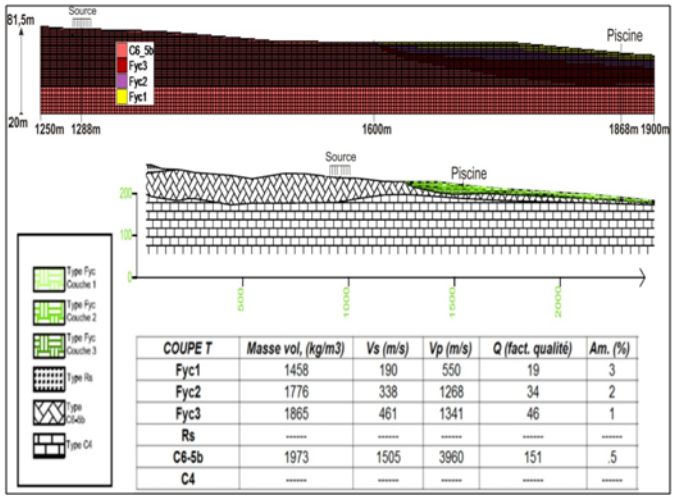
GROSSIER



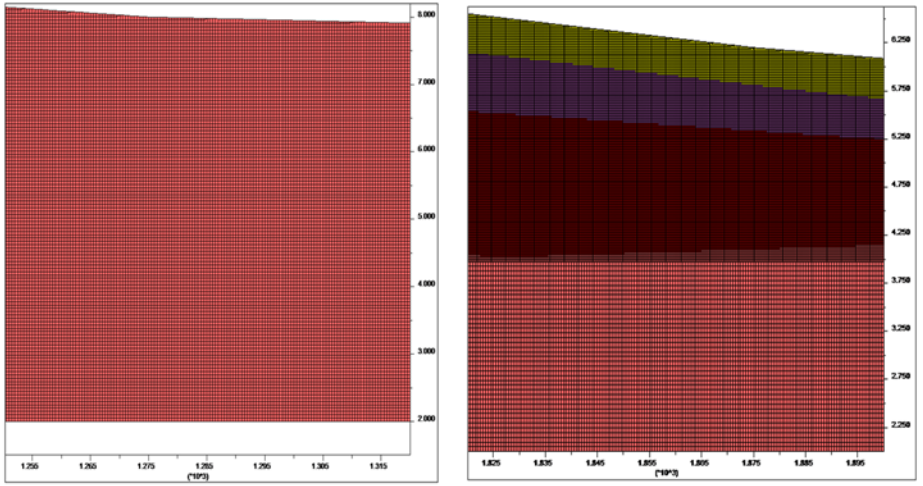
COUPE L	Masse vol, (kg/m3)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q (fact. qualité)	Am. (%)
Fyc1	1421	175	487	18	3
Fyc2	1572	483	1284	48	1
Fyc3	1674	1023	1284	102	0,5
Rs	------	------	------	------	------
C6-5b	1917	1505	3886	151	0,5
C4	------	------	------	------	------

FIN



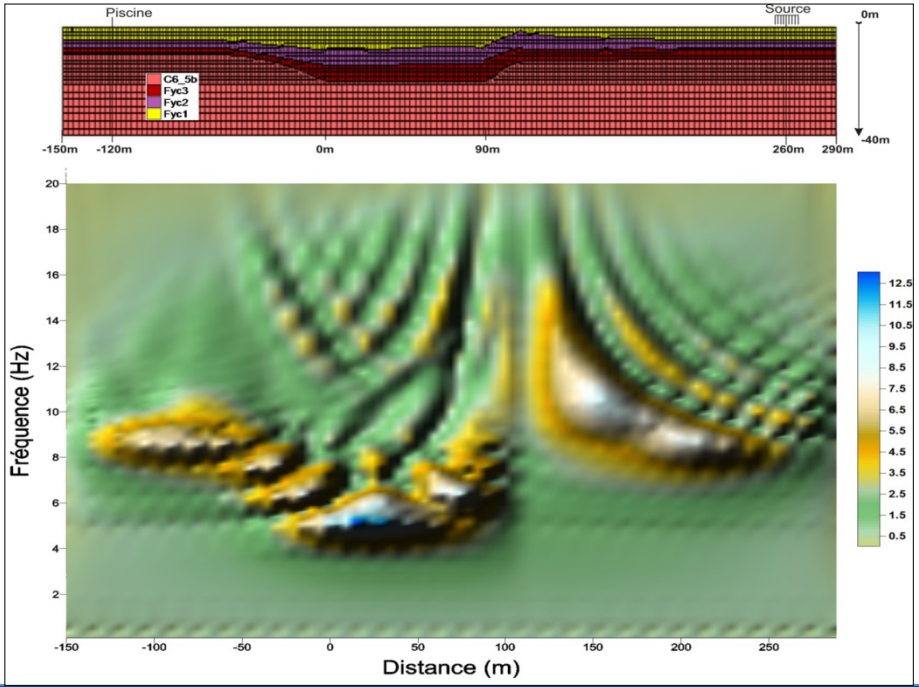


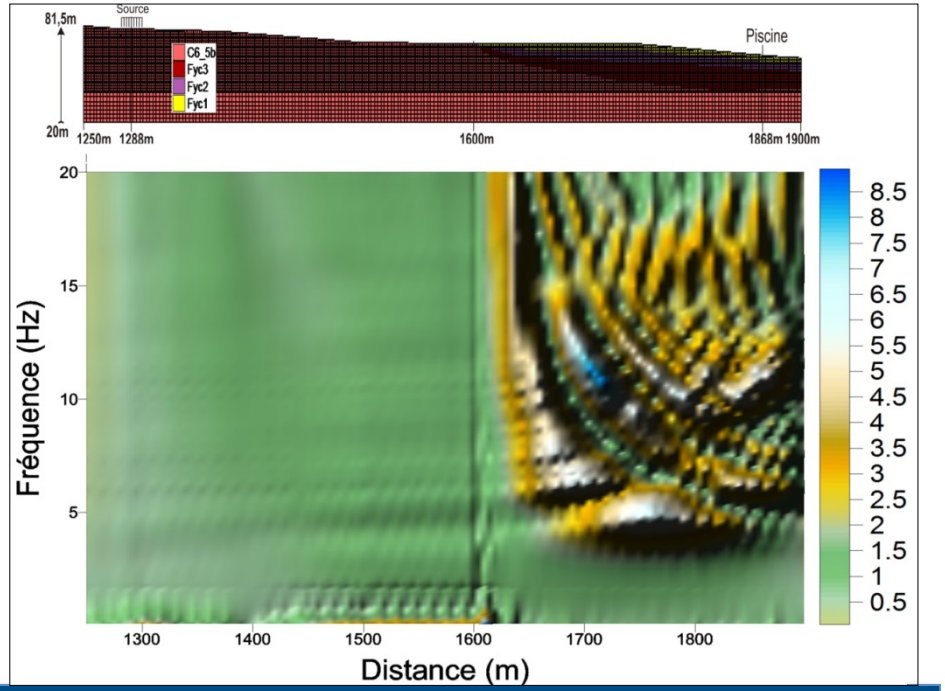
COUPE T	Masse vol, (kg/m3)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q (fact. qualité)	Am. (%)
Fyc1	1458	190	550	19	3
Fyc2	1776	338	1268	34	2
Fyc3	1865	461	1341	46	1
Rs	------	------	------	------	------
C6-5b	1973	1505	3960	151	.5
C4	------	------	------	------	------



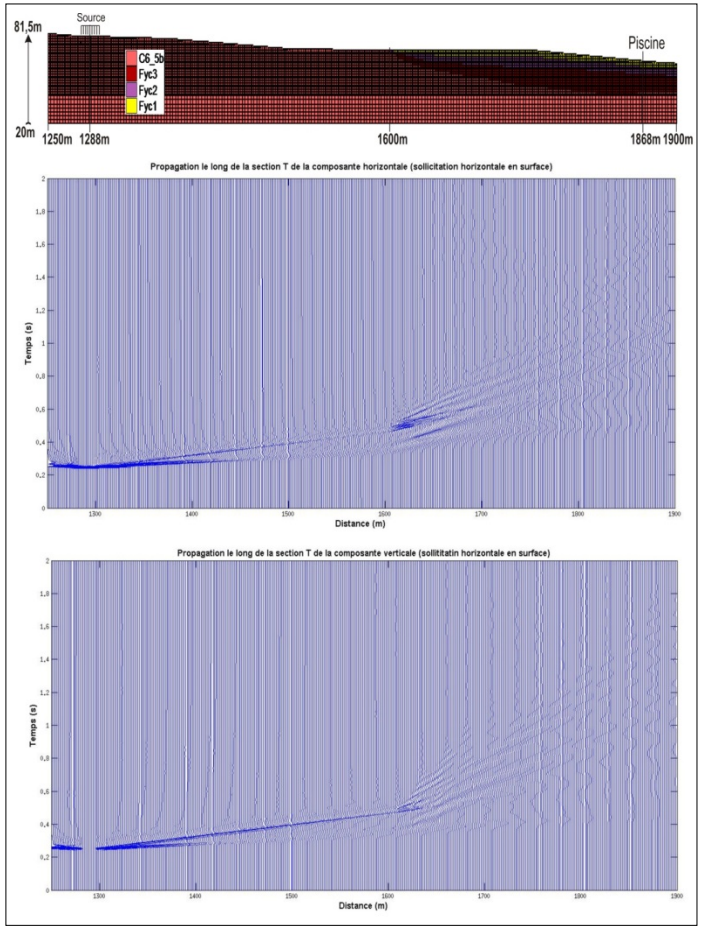
2/ Simulation numérique vibrations routières

- **Validation / onde sismique**
  - Amplitudes plus élevées où les couches s'affinent
  - Corrélation avec présence sédiments (≠colline)
  - Fréquences/amplitudes numériques proches *in situ*

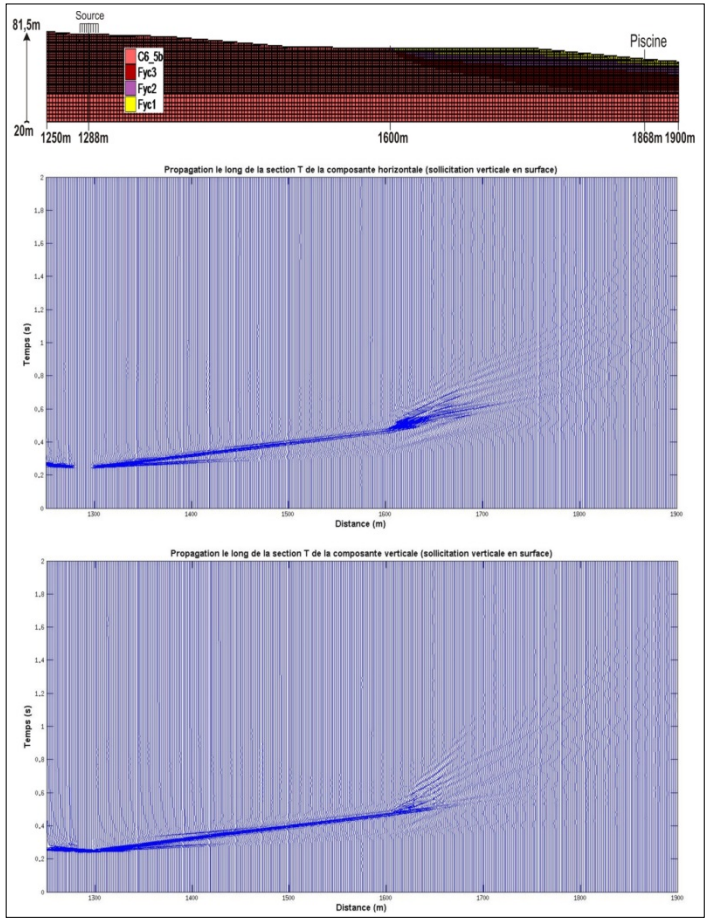




2/ Simulation numérique vibrations routières



Composantes horizontale et verticale pour une sollicitation **en surface** sous la forme d'une onde vibratoire impulsive **de cisaillement (type SV)** en vitesse particulaire.

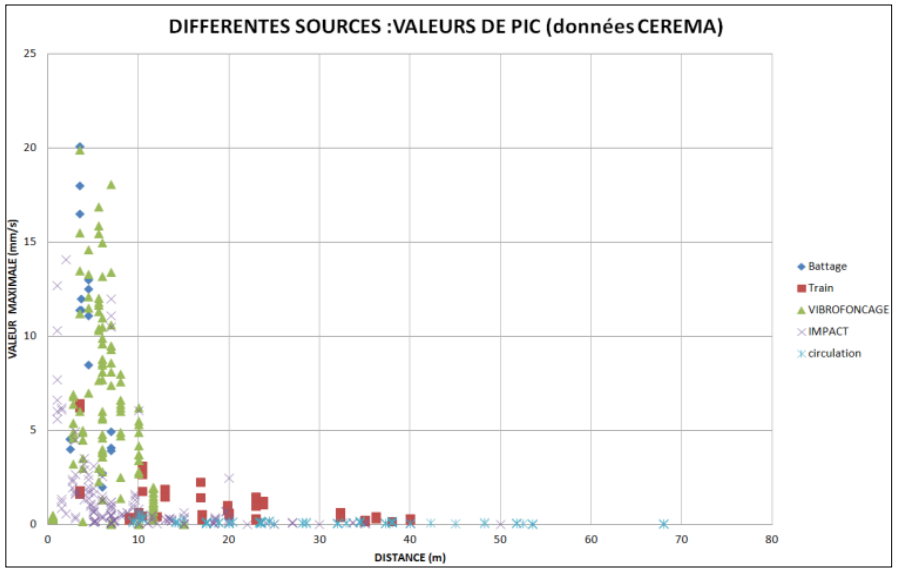


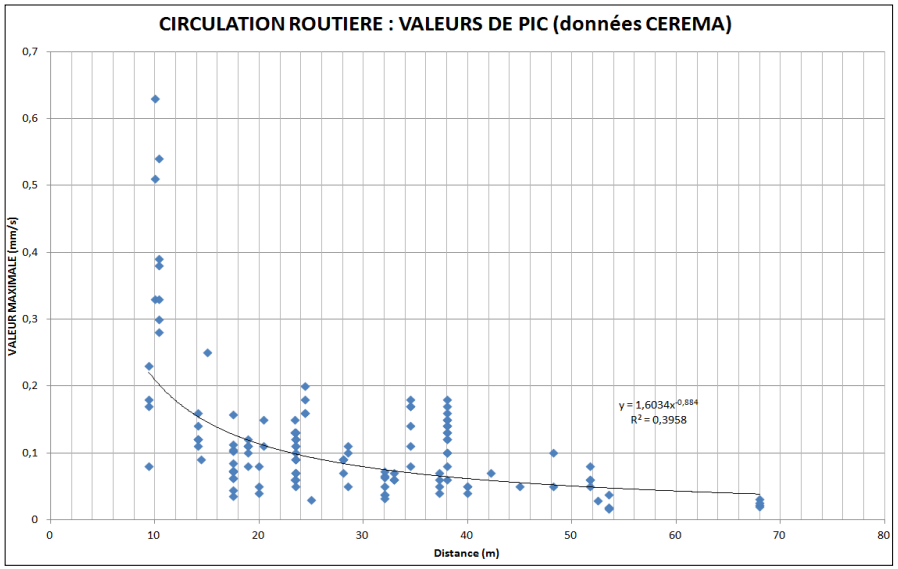
Composantes horizontale et verticale pour une sollicitation **en surface** sous la forme d'une onde vibratoire impulsive **de pression verticale (type P)** en vitesse particulaire

2/ Simulation numérique vibrations routières

- **Terme source (poids lourd à 5m)**

Données disponibles: base de données du CEREMA

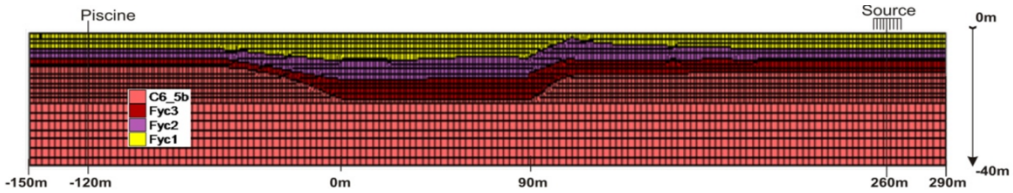


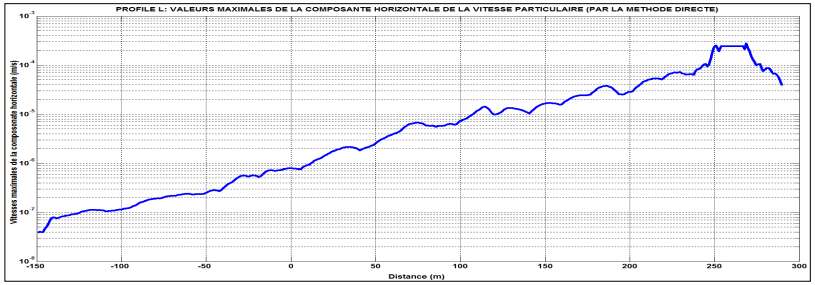


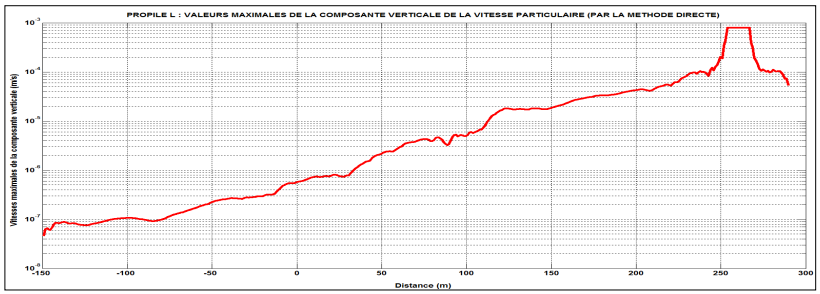
Gauche : valeurs de pic en vitesse particulaire pour tous types de sources, droite : trafic routier PL seul.

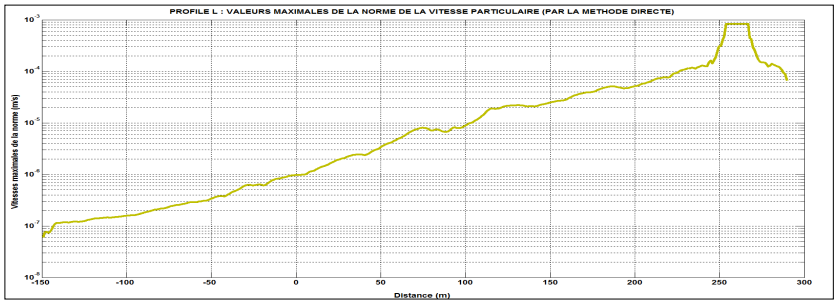
Solution : facteur correctif a été estimé; en suivant la loi de puissance permet de déduire qu'à 5m, les valeurs sont égales à 20% seulement des valeurs enregistrées à 0m. Le facteur correctif choisi pour la majoration des entrées résulte égale à 5

2/ Simulation numérique vibrations routières (L)







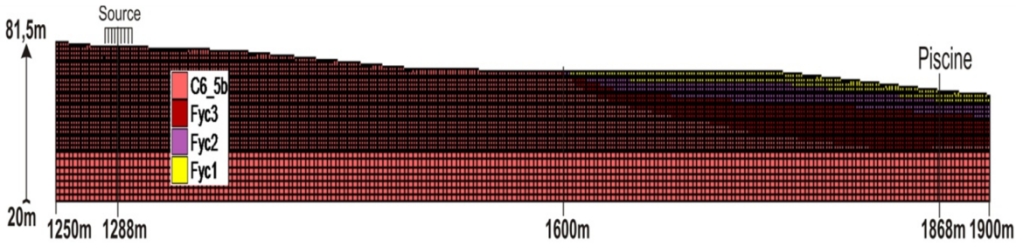


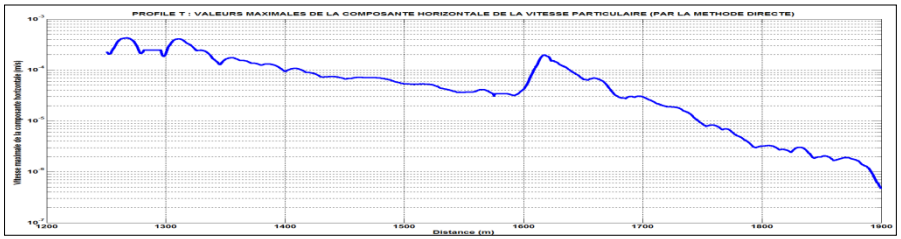
Méthode directe pour le profil L : valeurs de pic pour les composantes horizontale, verticale et la norme (distance minimale inter-nodale d'environ 25 cm)

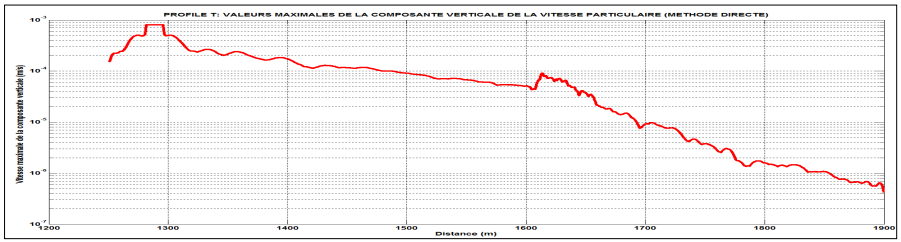
Max. profil L : les valeurs des normes à coté et sur la voie sont de l'ordre de 10^{-3}m/s et elles se réduisent à environ 10^{-7}m/s à coté de la piscine

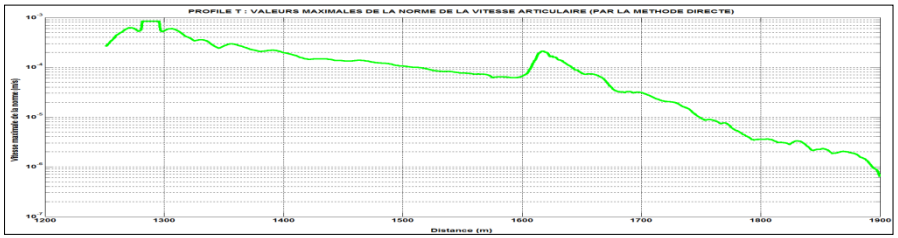
Sols de remplissage atténuent fortement vibrations mêmes si les amortissements sont de l'ordre de 3% seulement ; l'amortissement pour le rocher est d'environ 0.5% et il prédomine sur ce profil

2/ Simulation numérique vibrations routières (T)









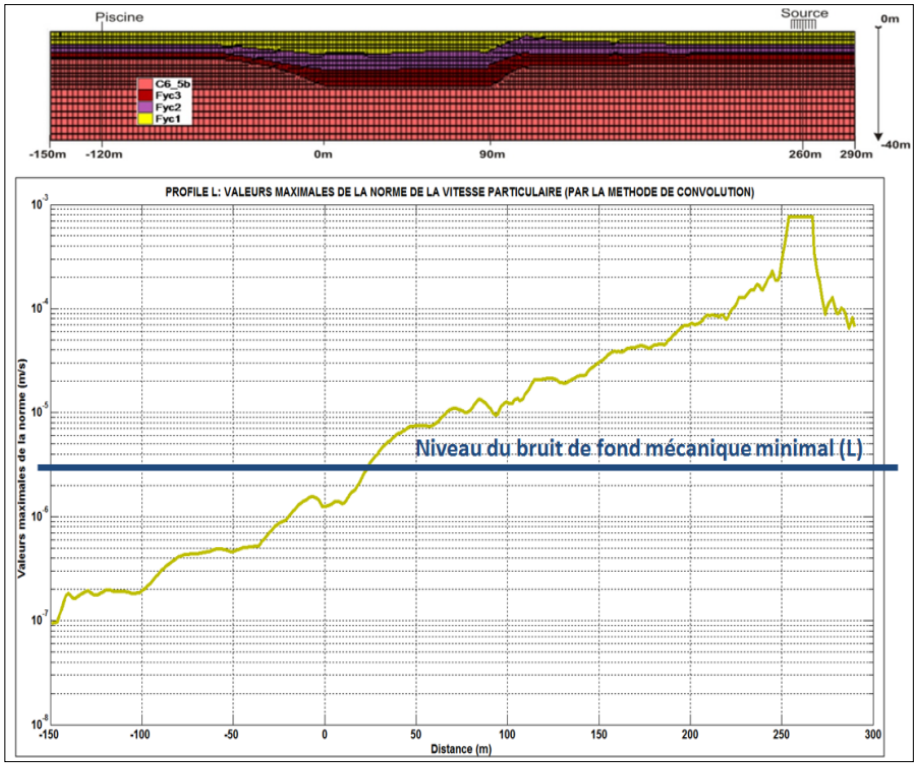
Méthode directe pour le profil T : valeurs de pic pour les composantes horizontale, verticale et la norme
(distance minimale inter-nodale d'environ 25 cm)

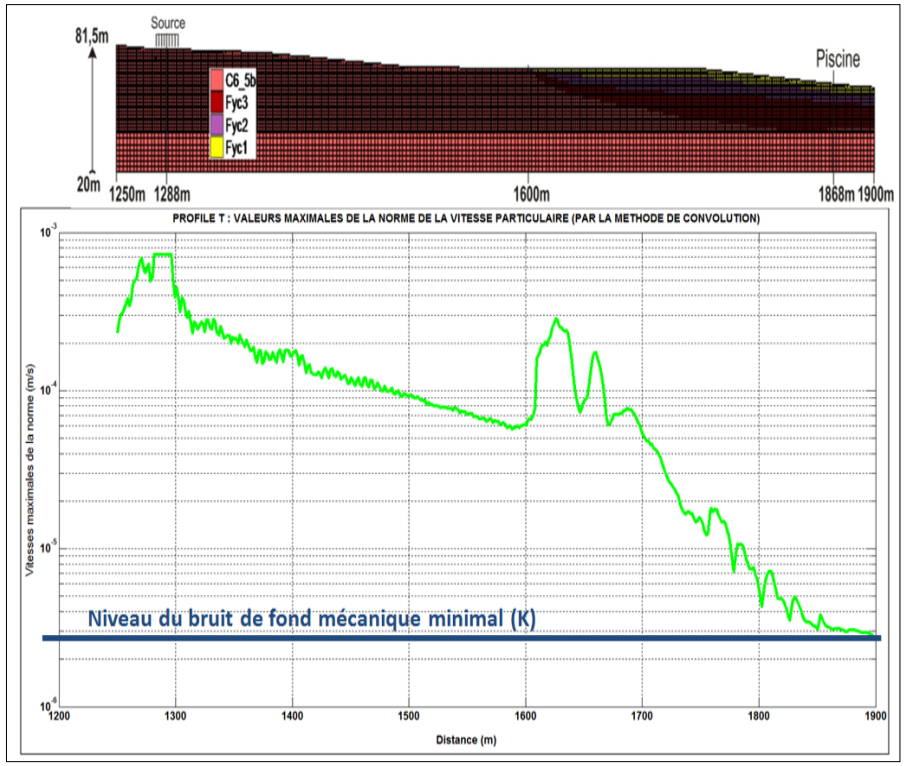
Max. profil T : normes près de la voie de l'ordre de 10^{-3}m/s et environ $3*10^{-6}$ m/s à coté de la piscine

Sols de remplissage atténuent fortement vibrations mêmes si les amortissements sont de l'ordre de 3% seulement ; l'amortissement pour le rocher est d'environ 0.5% et il prédomine sur ce profil

Très fort effet topographique en bord du bassin

2/ Simulation numérique vibrations routières





- Bruit de fond ≅ 10^{-6} m/s pour les deux sections
- Valeurs max. récepteur < bruit de fond
- **Pas de perturbation significative dans la piscine !**

Merci de votre attention

Luca Lenti, Jean-François Semblat
IFSTTAR, *Département Géotechnique, Environnement, Risques Naturels et Sciences de la Terre*
14-20 bd Newton
77447 Champs-sur-Marne
luca.lenti@ifsttar.fr, jean-francois.semblat@ifsttar.fr